

# PATRONES DINÁMICOS DE ENLENTECIMIENTO COGNITIVO EN LOS ADULTOS MAYORES: FRAGMENTACIÓN CONDUCTUAL DEL TIEMPO DE REACCIÓN

## DYNAMIC PATTERNS OF COGNITIVE SLOWING IN ELDER INDIVIDUALS: BEHAVIOR SPLITTING OF THE REACTION TIME

Félix Jesús Amador Romero <sup>1</sup>

Jorge Heliodoro Mayor Ríos <sup>2</sup>

### RESUMEN

**Introducción:** El enlentecimiento cognitivo se considera el signo cardinal y más temprano del envejecimiento natural. Sin embargo, los resultados reportados denotan ambigüedades en la interpretación funcional de su patrón dinámico. **Objetivos:** Diseñar un procedimiento automatizado de evaluación cognitiva que permita la fragmentación conductual del tiempo de reacción en sus componentes centrales y periféricas (*Split Reaction Time Test*), y describir los patrones de cambio temporal de enlentecimiento cognitivo en los adultos mayores durante la ejecución de tareas de procesamiento controlado y automático. **Material y método:** 35 adultos mayores sanos fueron comparados con 80 controles jóvenes durante la ejecución de tareas de tiempo de reacción discriminativo con demandas crecientes de dificultad decisional y exactamente las mismas demandas de respuesta motora. Los grupos fueron equiparados en años de escolaridad vencidos, rendimiento intelectual y niveles de ansiedad y depresión. Los componentes centrales y periféricos del tiempo de reacción fueron registrados por separado, así como los errores. **Resultados:** En los adultos mayores se observó un patrón de enlentecimiento caracterizado por la intervención de por lo menos dos factores, uno de lentificación general aditivo consistente en una reducción exclusiva de la velocidad, y otro multiplicativo, relacionado con el procesamiento de la complejidad. **Conclusiones:** La disociación observada sugiere que el enlentecimiento cognitivo en los adultos mayores esta modulado por el llamado factor general de enlentecimiento que provoca una reducción general de la velocidad de procesamiento, y también, probablemente, por un segundo factor relacionado con limitaciones en los mecanismos de control atencional.

**Palabras clave:** enlentecimiento cognitivo, dificultad de la tarea, tiempo de reacción discriminativo, envejecimiento

### ABSTRACT

**Introduction:** The cognitive slowing is considered the cardinal and earliest sign of the natural aging process. However, the reported results show certain ambiguity in the functional interpretation of its dynamic pattern. **Objectives:** To design an automated procedure for cognitive evaluation to allow the behavior splitting of the reaction time in its central and peripheral components (*Split Reaction Time Test*) and describe the patterns of temporal change of cognitive slowing in elder individuals during the execution of controlled and automated processing tasks. **Method:** 35 healthy elders were compared with 80

young controls using several discriminative reaction time tasks of increasing demands of decision difficulty and exactly the same demands of motor response. The groups were paired by similar academic levels, intellectual performance and anxiety and depression levels. The central and peripheral components of the reaction time were recorded separately as well as the errors. **Results:** Elders showed a slowing pattern characterized by the interventions of at least two factors, one of additive general slowing consisting of an exclusive reduction of speed and the other one, multiplicative, related to complexity processing. **Conclusions:** The observed dissociation suggests that the cognitive slowing in elders is modulated by the so-called general slowing factor that produces a general reduction of the processing speed and also, most likely by a second factor related to certain limitations in attention control mechanisms.

**Keywords:** cognitive slowing, task difficulty, discriminative reaction time, aging

### INTRODUCCIÓN

La mayoría de los datos aportados por la investigación sobre la naturaleza y características del enlentecimiento cognitivo (EC) en la tercera edad en las últimas cuatro décadas, indican que este déficit sería comprensible, básicamente, a partir de la intervención de un factor único de reducción sistemática y progresiva de la velocidad de procesamiento de la información que influye en todos los dominios de la actividad cognitiva (efecto independiente de la tarea), y que se intensifica multiplicativamente con el aumento del nivel o grado de complejidad de la tarea (efecto de demandas o de dificultad) <sup>1-6</sup>. Al mismo tiempo, este enlentecimiento parece no comprometer sensiblemente la eficiencia de la actividad de los componentes sensoriomotores del tiempo de reacción (TR). Sin embargo, se disponen también de hallazgos de diverso tipo que no pueden ser explicados inequívocamente por el modelo del llamado factor general de enlentecimiento, es decir, apelando únicamente a la reducción de la velocidad de procesamiento, ni atribuyendo el enlentecimiento solo a la lentificación de la

<sup>1</sup> Licenciado en Psicología, Doctor en Ciencias de la Salud, Máster en Salud de los Trabajadores, Especialista en Psicología de la Salud, Investigador y Profesor Auxiliar. Servicio de Fisiología, Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores, La Habana, Cuba

<sup>2</sup> Licenciado en Psicología, Doctor en Ciencias Psicológicas, Máster en Salud de los Trabajadores, Investigador y Profesor Titular

### Correspondencia:

DrC Félix Jesús Amador Romero  
Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores Calzada de Bejucal km 7 ½, N° 3035, entre Heredia y 1ª, La Esperanza,  
Apartado 9064, CP10 900, Arroyo Naranjo, La Habana, Cuba  
E-mail: felixz@infomed.sld.cu

velocidad de los procesos decisionales<sup>7</sup>.

Ante todo, se ha reportado enlentecimiento de los componentes centrales en condiciones de altas demandas de procesamiento pero ejecutada sin límites de tiempo<sup>7</sup>, es decir, las diferencias de velocidad entre adultos mayores (AM) y jóvenes han emergido por la sola presencia de demandas de control. Un resultado como este sugiere que el EC en la tercera edad puede ser modulado por más de un factor<sup>8,9</sup>.

Ese otro factor parece asociado principalmente con el incremento de las demandas de procesamiento, y se le ha relacionado con limitaciones en los mecanismos de control atencional encargados de garantizar la activación y coordinación de las operaciones computacionales invocadas para la ejecución de las tareas<sup>10</sup>.

Por otra parte, son numerosos los trabajos que reportan diferencias entre adultos mayores y jóvenes en tareas de tiempo de reacción simple (TRS), donde la participación de los componentes centrales de procesamiento (discriminación, toma de decisión, selección de respuesta) es mínima<sup>12</sup>.

Asimismo, y en un contexto diferente, existen condiciones en las que ni se imponen límites de tiempo a la ejecución, ni la tarea contiene demandas de procesamiento, y sin embargo se observa, también, enlentecimiento de la velocidad de procesamiento en los adultos mayores. Tal es el caso de la llamada tarea de *tapping* libre o espontáneo, donde el sujeto debe ejecutar una acción motora única y repetitiva, pero a la frecuencia o ritmo preferido<sup>11</sup>.

Estos resultados sugieren, entonces, un modelo de EC menos simple que el propuesto en la hipótesis del factor general de velocidad. Tal modelo debe contemplar no solo la intervención de un segundo factor de enlentecimiento, cuya naturaleza lo relacionaría con limitaciones en los mecanismos de control, sino también, la posibilidad de evaluar su acción bajo condiciones donde las demandas y el efecto de la velocidad puedan ser disociados.

Existe un estudio<sup>12</sup> donde el registro de la velocidad de procesamiento de los componentes centrales y periféricos ha sido obtenido de forma independiente, y donde las demandas de respuesta motora se mantuvieron constantes a través de varias tareas de tiempo de reacción discriminativo (TRD). Aquí, junto al efecto de lentificación multiplicativa del componente decisional esperado, se observó un efecto aditivo de la edad sobre el componente motor. Un resultado como este apunta hacia una disociación entre el enlentecimiento de los procesos de discriminación y decisión (multiplicativo) y los de activación de respuesta (aditivo o constante).

Otro grupo de trabajos donde se han empleado indicadores psicofisiológicos para estimar la duración de los componentes centrales y periféricos del TR en tareas de dificultad creciente (latencia de P300 como indicador de velocidad de los procesos centrales y sustracción del TR de la P300, como indicador de velocidad de los procesos periféricos), han reportado enlentecimiento multiplicativo en el componente periférico y ausencia de déficit en las operaciones de evaluación del estímulo<sup>12</sup>.

Finalmente, el mayor apoyo con que cuenta la conclusión de la preservación de los componentes periféricos en el mode-

lo EC correspondiente a la hipótesis del factor general, proviene de la interpretación del intercepto de la función de regresión derivada de los *BrinleyPlots*, cuya validez ha sido objeto de reiterado cuestionamiento<sup>13-15</sup>.

Tomados en su conjunto, estos resultados sugieren un panorama más complejo que el que ofrece la hipótesis del factor general de velocidad.

Y es que el EC usualmente se evalúa a partir de la latencia del TR total, un agregado de componentes centrales y periféricos. Además, no se emplea ninguna condición que permita evaluar la dinámica de los componentes involucrados en las tareas, pero sin la presencia de demandas de procesamiento.

Un enfoque apropiado para abordar estas dos cuestiones es la de la fragmentación conductual de TR en sus componentes centrales y periféricos durante la ejecución de tareas que impongan demandas de procesamiento creciente a las operaciones decisionales (discriminación y toma de decisión entre señales), pero mantengan constantes las demandas de preparación y ejecución motora (selección de respuesta), de tal manera que la única urgencia que actúe sobre la ejecución de respuesta sea la de su activación.

Técnicas de este tipo cuentan con cierta tradición en el estudio de la velocidad de procesamiento<sup>16-18</sup>. Sin embargo, factores como la tendencia de los adultos mayores a adoptar estrategias conservadoras de respuesta: "negociar" velocidad por precisión<sup>1</sup> y la corrección en línea del error<sup>19</sup>, pueden resultar un gravamen extra al acto motor.

De acuerdo con estos presupuestos, el presente experimento tiene como objetivos: primero, diseñar un procedimiento automatizado de evaluación cognitiva que permita la fragmentación conductual del TR en sus componentes centrales y periféricos, y segundo, describir los patrones de cambio temporal de EC en los adultos mayores en los componentes centrales y periféricos durante la ejecución de una tarea de procesamiento controlado con demandas crecientes de dificultad decisional y exactamente las mismas demandas de respuesta motora, y durante la ejecución de una tarea de procesamiento automático.

En consonancia con las evidencias descritas, se formulan las siguientes conjeturas: primero, bajo condiciones de procesamiento controlado, el efecto del enlentecimiento de los componentes centrales tendrá un carácter multiplicativo que puede extenderse a los componentes postdecisionales, y segundo, bajo condiciones de procesamiento automático los componentes periféricos mostrarán una reducción generalizada de la velocidad de una magnitud probablemente uniforme.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

### **Muestra**

115 sujetos sanos, 35 adultos mayores y 80 controles jóvenes, reclutados en los municipios de La Lisa, Arroyo Naranjo y Boyeros, de la ciudad de La Habana, Cuba, participaron en este estudio. Todos pertenecían al sexo masculino, así se controló la variabilidad intersexo en la

emisión de los tiempos de reacción.

Los mismos fueron seleccionados a partir de los siguientes criterios de inclusión: edad, entre 25 y 35 los jóvenes y 65 o más los adultos mayores; puntuaciones dentro de límites normales en las siguientes pruebas:

- Escala autoaplicada de depresión de Zung<sup>20</sup> administrada a los jóvenes.
- Escala de depresión geriátrica de Yesavage<sup>21</sup> administrada a los adultos mayores.
- Escala de Cattell para la determinación de la ansiedad<sup>22</sup>.
- Subpruebas de vocabulario y diseño de bloques de la escala de inteligencia para adultos de Wechsler<sup>23</sup>.
- Coeficiente de inteligencia (CI) estimado a partir de las subpruebas anteriores
- Prueba de acentuación de palabras (PAP)<sup>24</sup>.

Los años de escolaridad vencidos fueron recogidos adicionalmente.

Una evaluación de la historia clínica y una entrevista inicial permitió excluir a aquellos individuos con antecedentes o presencia de alteraciones psiquiátricas o neurológicas, abuso de alcohol, psicofármacos u otras drogas.

Todos los sujetos poseían visión normal o corregida.

Como resultado del proceso de selección, siete adultos mayores fueron descartados por presentar limitaciones motoras en los miembros superiores, lo que les dificultaba la ejecución prolongada de la tarea.

### Diseño y administración de las tareas

Se emplearon tres tareas de TRD de tipo *odd-ball* de dificultad cognitiva creciente y con exactamente las mismas demandas de producción de respuesta.

Los estímulos estaban conformados por tres parejas de cuadrados blancos con líneas negras paralelas insertadas. Un cuadrado blanco con 17 líneas negras horizontales fue usado como estímulo frecuente en las tres tareas. En la primera tarea (TRD1), el estímulo infrecuente consistió en un cuadrado blanco con seis líneas negras verticales. En la segunda tarea (TRD2), el estímulo infrecuente consistió en un cuadrado blanco con 13 líneas negras horizontales. En la tercera tarea (TRD3), el estímulo infrecuente consistió en un cuadrado blanco con 15 líneas negras horizontales. La diferencia de orientación y el número de líneas determinaron tres niveles progresivos de dificultad de discriminación de la misma naturaleza perceptual. Emplear estímulos de este tipo garantiza que el cambio en las demandas de procesamiento tenga un carácter estrictamente cuantitativo y no provoque la intervención de otras operaciones cognitivas. Adicionalmente, con el estímulo frecuente como “di-ana”, los sujetos ejecutaron una tarea de TRS.

Los estímulos fueron presentados en el centro de un video monitor (el sujeto permanecía aproximadamente a 1,25 m de la pantalla), abarcando un ángulo visual de 5 grados durante 2 segundos y contra un fondo negro. Para cada

tarea, la probabilidad de aparición de cada tipo de estímulo, frecuente e infrecuente, fue de 70 y 30 %, respectivamente. La secuencia de estímulos en cada tarea fue suministrada al azar, con la restricción de que no más de dos estímulos infrecuentes aparecieran sucesivamente (un programa controlaba las series).

El orden de presentación de las tareas fue balanceado a través de los sujetos de tal modo que cada tarea fue ejecutada, aproximadamente, el mismo número de veces en cada uno de los tres órdenes posibles. El orden de asignación de las teclas a cada tipo de estímulo también fue balanceado.

Los sujetos debían responder presionando una tecla para cada estímulo infrecuente y otra para el frecuente, usando el dedo índice de su mano preferida.

Cada ensayo fue precedido por una señal pre-estímulo de duración variable (entre 1 000 y 2 500 ms).

Cada sujeto ejecutó un bloque de 300 ensayos para cada tarea. Entre bloques recibieron un descanso de cinco minutos. Antes del comienzo de cada tarea, la pareja de estímulos correspondiente les fue mostrada hasta que declararan que podían discriminarlos con precisión.

Al inicio de cada sesión de trabajo, cada sujeto ejecutó 200 ensayos de entrenamiento usando dos cuadrados coloreados de azul y amarillo como estímulos (50 % de probabilidades para la ocurrencia de cada respuesta) y presentados bajo las mismas condiciones que las tareas del experimento. Esto aseguró que cualquier diferencia entre los grupos que se observó en los componentes del TR no pudo ser atribuida a la adquisición de la destreza para desempeñarse.

Se asumió como criterio de recorte suprimir todas aquellas respuestas que excedieran en 3 desviaciones estándar el valor de la media individual del promedio del TR en las tres tareas. Adicionalmente, con vistas a eliminar las respuestas provocadas por adivinaciones y anticipaciones, toda respuesta que resultara inferior a 250 ms fue eliminada de las series de datos correspondientes al TC y al TME. Para el TMO se empleó un punto de corte de 150 ms.

Cada sesión duraba aproximadamente dos horas.

### Fragmentación del tiempo de reacción

Con el propósito de obtener un estimado independiente de los componentes centrales y motores del TR, la ejecución de las tareas fue administrada utilizando el siguiente procedimiento computarizado. Cada ensayo comenzaba cuando el sujeto presionaba un botón o tecla de inicio. Este acto desencadenaba la presentación de la señal pre-estímulo, que indicaba al sujeto el comienzo del ensayo. La respuesta del sujeto se emitía oprimiendo una de dos teclas de respuesta equidistantes del botón de inicio. El intervalo que transcurría desde el instante en que aparecía el estímulo hasta el momento en que el sujeto liberaba el botón de inicio para emitir su respuesta, fue registrado como tiempo central (TC). A su vez, el intervalo que transcurría desde el momento en que el sujeto liberaba el botón de inicio hasta

que presionaba uno de los dos botones de respuesta, fue registrado como tiempo motor (TMo).

Finalmente, dado que los sujetos para iniciar cada ensayo debían retornar al botón de inicio, el tiempo que transcurría desde que se liberaba el botón de respuesta hasta que se presionaba nuevamente el botón de inicio fue registrado como *tapping* o medida del tiempo motor espontáneo (TME).

Los sujetos fueron instruidos para que respondieran tan rápido y preciso como les fuera posible. No se ofreció ninguna instrucción acerca de la velocidad con que el sujeto debía regresar al botón de inicio una vez efectuada cada respuesta. Solo se indicó de modo general el procedimiento necesario para dar inicio a cada ensayo.

Cada estímulo permanecía en pantalla durante dos segundos, pero el sujeto disponía de hasta tres para completar su respuesta; si esto no sucedía, el ensayo se consideraba invalidado, se computaba como un error de omisión de tiempo central (EOTC) y recibía un mensaje indicándole que debía reiniciar el ensayo. Para emitir la respuesta motora, el sujeto disponía de hasta dos segundos, al cabo de los cuales si la respuesta no era ejecutada, el ensayo se consideraba invalidado, se computaba como un error de omisión de tiempo motor (EOTMo) y recibía un mensaje indicándole que debía reiniciar el ensayo. Los errores de comisión (ErrCom), respuestas incorrectas, también, fueron computados.

Como dispositivo para ejecutar las tareas se empleó un teclado convencional de computadora colocado dentro de una cubierta que ocultaba todas las teclas excepto tres (el botón de inicio y los dos botones de respuesta) las cuales sobresalían de la cubierta al colocárseles unas tapas, negra (botón de inicio) y blancas (botones de respuesta). Las tres

teclas fueron seleccionadas sobre la hilera de teclas de función, del tal modo que el botón de inicio ocupaba el centro del espacio de trabajo<sup>25,26</sup>. Una descripción más detallada del algoritmo se brinda en el anexo 1, y el anexo 2 muestra el dispositivo de registro.

### Estadística

Se empleó la prueba t de Student para comparar el desempeño de los grupos en las variables de inclusión.

Las medias del TC, del TMo y del TME de la tarea de TRS, fueron comparadas a través de ANOVAS de un factor (Grupo). Las medias del TC, del TD, del TMo, del TME y de los errores en las tareas de TRD, fueron comparadas mediante ANOVAS de medidas repetidas, donde el Grupo y las Tareas fueron empleados como factores. El TD fue calculado sustrayendo el TC de cada tarea de TRD del TC de la de TRS,  $[TD_{(1,2,3)} = TRD_{(1,2,3)} - TRS]$ .

El nivel de significación del factor de medidas fue ajustado empleando la corrección de Greenhouse–Geisser.

### Ética

Todos los sujetos participaron de forma voluntaria después de expresar por escrito su consentimiento informado. El Comité de Ética del Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores refrendó el estudio.

## RESULTADOS

La tabla 1 ofrece la comparación de los grupos.

**Tabla 1**  
**Comparación de los grupos**

Variables	Adultos mayores (n=35)	Controles (n=80)	p
Edad	72,49 (4,65)	28,91 (4,72)	—
Años de escolaridad	10,06 (4,25)	12,64 (2,81)	0,12
Ansiedad	5,60 (0,69)	5,68 (0,59)	0,55
Depresión	1,49 (1,12)	26,41(1,52)	—
PAP	24,34 (3,56)	22,74 (3,32)	0,021
Vocabulario	13,31 (2,13)	13,60 (1,15)	0,46
Cubos	10,63 (3,02)	10,71 (1,69)	0,88
Total	23,94 (4,82)	24,31 (2,24)	0,67
CI	110,97 (13,52)	112,31 (6,36)	0,58

Excepto en la prueba de Acentuación de Palabras ( $p=0,021$ ), donde los adultos mayores resultaron superiores a los controles, en las restantes variables no se observaron diferencias significativas entre ellos ( $p>0,12$ ). Ningún adulto mayor mostró puntuaciones por encima del límite superior de normalidad en la depresión; la comparación no se ofrece en razón de que se emplearon escalas diferentes.

### Tiempo de reacción simple: componentes centrales y motores

Se observó un efecto de grupo tanto en el componente central de la tarea como en el motor, TC ( $F_{1,113}=7,63$ ;  $p<0,007$ ), TMo ( $F_{1,113}=292,13$ ;  $p<0,0001$ ). En ambos casos, los adultos mayores se mostraron más lentos que los con-

troles. La tabla 2 presenta los valores medios de cada uno de estos componentes en cada grupo.

**Tabla 2**  
Valores medios de los componentes del TR en la tarea de TRS

Grupo	TRS	
	TC	TMo
Controles	345 (47)	194 (36)
AM	374 (60)	402 (95)

**Tiempo de reacción discriminativo: componentes centrales y motores**

La comparación del TC de los grupos reveló un efecto principal de grupo ( $F_{1,113}=59,18$ ;  $p<0,0001$ ), un efecto de tarea ( $F_{1,7,188,7}=324,48$ ;  $p<0,0001$ ;  $\epsilon=0,84$ ), y una interacción de grupo y tarea ( $F_{1,7,188,7}=36,06$ ;  $p<0,0001$ ,  $\epsilon=0,84$ ). Las comparaciones múltiples revelaron que los adultos mayores fueron más lentos que los controles en las tareas dos y tres [ $p_{(tarea1)}=0,30$ ;  $p_{(tarea2)}<0,005$ ;  $p_{(tarea3)}<0,0001$ ,  $gl=167$ ]. Dentro de cada grupo se observó un aumento

progresivo del TC ( $p<0,0001$  en todos los casos).

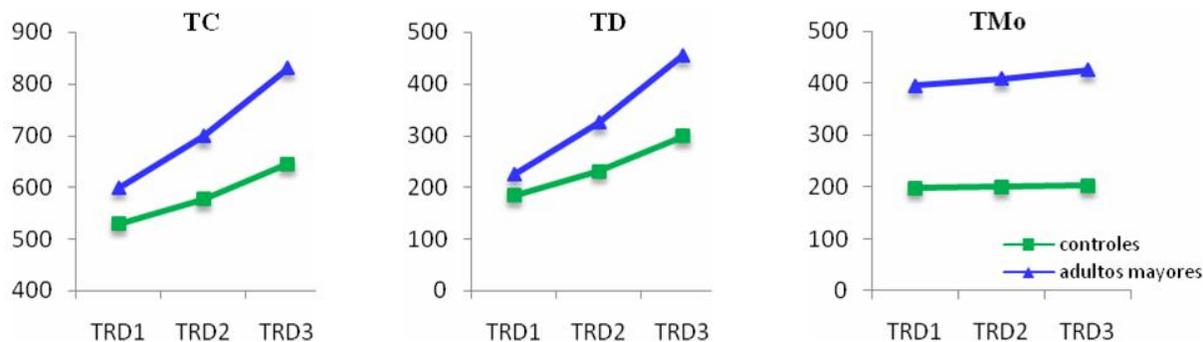
A su vez, el análisis del TD reflejó un comportamiento similar al del TC, a saber, diferencias entre los grupos ( $F_{1,113}=30,92$ ;  $p<0,0001$ ), efecto de tarea ( $F_{1,7,188,7}=324,5$ ;  $p<0,0001$ ;  $\epsilon=0,84$ ) e interacción de grupo por tarea ( $F_{1,7,188,7}=36$ ;  $p<0,00001$ ,  $\epsilon=0,84$ ). Las comparaciones entre los grupos mostraron diferencias entre ellos en la tarea tres [ $p_{(tarea1)}=0,86$ ;  $p_{(tarea2)}=0,09$ ;  $p_{(tarea3)}<0,0004$ ,  $gl=160$ ]. Dentro de cada grupo se observó, en todos los casos, un aumento progresivo del TD por tareas ( $p<0,0001$ ).

El ANOVA de las medias del TMo, por su parte, mostró igualmente efecto de grupo ( $F_{1,113}=246,43$ ;  $p<0,0001$ ), de tarea ( $F_{1,9,217,9}=10,28$ ;  $p<0,0001$ ,  $\epsilon=0,96$ ) e interacción de grupo por tarea ( $F_{1,9,217,9}=4,94$ ;  $p<0,01$ ,  $\epsilon=0,96$ ). Los adultos mayores resultaron más lentos que los controles en las tres tareas ( $p<0,0001$ ;  $gl=139,3$ ). Dentro del grupo de control el TMo no se modificó a lo largo de las tareas ( $p>0,80$ ). En cambio, en los adultos mayores se observó un incremento de la tarea tres con respecto a la tarea uno [ $p_{(tarea1-2)}=0,28$ ;  $p_{(tarea2-3)}=0,13$ ;  $p_{(tarea1-3)}<0,0001$ ;  $gl=139,3$ ]. Esta diferencia es la que da cuenta de la interacción que se observa entre grupo y tarea. La tabla 3 y la figura 1 ilustran estos efectos.

**Tabla 3**  
Valores medios de los componentes centrales, decisionales y motores del TR

Grupo	TC			TD			TMO		
	TRD1	TRD2	TRD3	TRD1	TRD2	TRD3	TRD1	TRD2	TRD3
Controles	529 (60)	577 (65)	645 (80)	184 (42)	231 (49)	299 (62)	198 (36)	200 (31)	203 (39)
AM	599 (108)	699 (109)	830 (152)	225 (134)	325 (139)	456 (182)	395 (104)	408 (120)	425 (118)

**Figura 1**  
Distribución del TC, el TD y el TMo en cada tarea por grupos



**Errores**

La cantidad total de errores cometidos en las tareas de TRS

por cada grupo fue muy baja (controles: EOTC=0,01; EOTMo=1,06, adultos mayores EOTC=0,26; EOTMo=0,57), por lo que no fueron analizados.

En cuanto a la comparación entre los errores en las tareas de TRD, el análisis de los ErrCom reveló diferencias entre los grupos ( $F_{1,113}=46,6$ ;  $p<0,0001$ ), entre las tareas ( $F_{2,112}=86,72$ ;  $p<0,0001$ ) e interacción entre grupo y tarea ( $F_{2,112}=23,17$ ;  $p<0,0001$ ). Los adultos mayores sólo cometieron más errores con respecto a los controles en la tarea tres [ $p_{(tarea1)}=0,99$ ;  $p_{(tarea2)}=0,73$ ;  $p_{(tarea3)}<0,0001$ ;  $gl=167$ ]. Las comparaciones dentro de los grupos revelaron que los controles cometieron más errores en las tareas dos y tres que en la uno [ $p_{(tarea1-2)}=0,99$ ;  $p_{(tarea2-3)}<0,0001$ ;  $p_{(tarea1-3)}<0,0001$ ;  $gl=167$ ]. Los adultos mayores, por su parte, mostraron un patrón similar [ $p_{(tarea1-2)}=0,33$ ;  $p_{(tarea2-3)}<0,0001$ ;  $p_{(tarea1-3)}<0,0001$ ;  $gl=167$ ].

Los EOTC también mostraron diferencias entre los grupos ( $F_{1,113}=33,25$ ;  $p<0,0001$ ), entre las tareas ( $F_{1,7,201,1}=6,26$ ;  $p<0,003$ ;  $\epsilon=0,89$ ), pero no interacción entre grupo y tarea ( $F_{1,7,201,1}=3$ ;  $p=0,06$ ;  $\epsilon=0,89$ ). Los grupos mostraron diferencias en la tarea tres [ $p<0,0006$ ;

$gl=336,6$ ]. Dentro de los grupos, los controles cometieron la misma cantidad de errores en todas las tareas ( $p>0,90$ ;  $gl=336,3$ ), en los adultos mayores, en contraste, el número de errores resultó superior en la tarea tres con respecto a la tarea uno [ $p_{(tarea1-2)}=0,94$ ;  $p_{(tarea2-3)}=0,12$ ;  $p_{(tarea1-3)}<0,007$ ;  $gl=336,6$ ].

Finalmente, los errores de omisión de tiempo motor, EOTMo, no revelaron diferencias entre los grupos ( $F_{1,113}=0,12$ ;  $p=0,72$ ), sí mostraron diferencias entre tareas ( $F_{2,112}=3,74$ ;  $p<0,03$ ) pero no interacción entre grupo y tarea ( $F_{2,112}=1,03$ ;  $p=0,36$ ). No se observaron diferencias entre grupos en ninguna tarea ( $p>0,96$ ;  $gl=295,8$ ). De modo similar, dentro de los grupos, el número de EOTMo fue equivalente a lo largo de todas las tareas ( $p>0,14$ ;  $gl=295,8$ ). Este resultado confirma la equivalencia entre los grupos en la habilidad para emplear el dispositivo de respuesta. La tabla 4 muestra la distribución de los errores en cada grupo.

**Tabla 4**  
Valores medios de cada tipo de error en las tareas de TRD

Grupo	ErrCom			EOTC			EOTMo		
	TRD1	TRD2	TRD3	TRD1	TRD2	TRD3	TRD1	TRD2	TRD3
Controles	0,21 (0,52)	0,95 (1,65)	8,65 (7,09)	0,01 (0,11)	0,00 (0,00)	0,06 (0,24)	0,68 (1,34)	0,48 (0,93)	0,85 (1,25)
AM	0,17 (0,38)	3,74 (6,52)	25,94 (20,65)	0,17 (0,45)	0,25 (0,61)	0,48 (0,88)	0,48 (0,78)	0,51 (0,81)	1,22 (3,30)

#### Tapping: tiempo motor espontáneo

Tanto en la tarea de TRS ( $F_{1,113}=189,03$ ;  $p<0,0001$ ) como en las de TRD, los adultos mayores resultaron más lentos en la tarea de TME. La comparación entre grupos en las tareas de TRD mostró un efecto de grupo ( $F_{1,113}=179,32$ ;  $p<0,0001$ ) y

de tarea ( $F_{1,7,191}=3,90$ ;  $p<0,03$ ;  $\epsilon=0,85$ ), pero no interacción de grupo y tarea ( $F_{1,7,191}=1,54$ ;  $p=0,22$ ;  $\epsilon=0,85$ ). Los grupos difirieron entre si en las tres tareas ( $p<0,0001$ ;  $gl=144,4$ ). Dentro de cada grupo no hubo diferencias entre tareas ( $p>0,17$ ). La tabla 5 describe estos resultados en las cuatro tareas empleadas.

**Tabla 5**  
Valores medios del tiempo motor espontáneo en cada tarea de TRD

Grupo	TME			
	TRS	TRD1	TRD2	TRD3
Controles	307(59)	298(58)	303(58)	309(59)
AM	626(188)	627(213)	659(263)	659(212)

## DISCUSIÓN

El presente experimento ha examinado las características dinámicas o el patrón temporal del EC en adultos mayores bajo las condiciones típicas de los experimentos que estudian este fenómeno, a saber, tareas de TRD, donde las demandas de procesamiento se incrementan progresivamente mientras se mantienen constantes los

requerimientos de respuesta motora bajo el supuesto, formulado por la hipótesis del factor general de que el EC, en este grupo, es una función de la reducción de la velocidad de procesamiento de los componentes centrales que se incrementa con la dificultad de las demandas y que los componentes periféricos del TR no se afectan por esta influencia<sup>3-6</sup>.

Sin embargo, a diferencia de esos estudios, en que el

único indicador del TR analizado es la latencia del TR total, en este se ha empleado un procedimiento conductual de fragmentación del TR, donde los componentes centrales (decisionales) y de ejecución (motor) han sido registrados en forma independiente. Adicionalmente, se ha introducido, dentro del mismo diseño experimental, un acto motor de naturaleza equivalente al del componente motor de las tareas de TR, pero que es ejecutado como un acto automático. Finalmente, una tarea de TRS que utilizó las mismas demandas de codificación sensorial que la tarea de TRD, pero donde se fragmentó igualmente el registro de los dos componentes del TR, permitió obtener un estimado del tiempo sensorial y del TD.

Además, y también a diferencia de otros estudios y del criterio de dificultad o complejidad con que se incluyen las tareas de TR en los metanálisis examinados, en el presente, las demandas o grado de complejidad de la tarea han sido manipuladas sobre la base de la variación exclusiva de la dimensión cuantitativa de los estímulos de tal modo, que se puede asumir, con razonable certeza, que la arquitectura funcional del sistema de operaciones que interviene en cada nivel de dificultad de la tarea no se modifica y que cualquier cambio en la velocidad del TR observado sea atribuible, exclusivamente, a cambios en la velocidad de las mismas operaciones cognitivas.

El resultado observado en este contexto ha puesto de manifiesto un patrón temporal de EC en los adultos mayores que no coincide completamente con el predicho por la hipótesis del factor general.

Primero, la comparación entre los grupos, ha mostrado un enlentecimiento multiplicativo del componente central del TR en los adultos mayores, que reproduce el señalado por la hipótesis del factor general a partir del análisis de la latencia del TR total<sup>3,6</sup>.

En contraste, y a diferencia de la expectativa que se deriva de la hipótesis del factor general, pero en consonancia con la mayor parte de la literatura<sup>1,2,7,8</sup>, diferencias entre los grupos que favorecen a los controles fueron observadas en el componente central de la tarea de TRS, lo que revela un enlentecimiento específico de los componentes sensoriales de codificación.

En segundo lugar, se ha observado enlentecimiento del componente motor del TR. Pero, a diferencia del encontrado por Bunce<sup>12</sup>, donde tuvo lugar un enlentecimiento aditivo de ese componente, el ocurrido aquí mostró un crecimiento multiplicativo.

Un efecto similar a este, en una porción del TR relativamente comparable al segmento definido aquí como TMO, (TR-P300), ha sido reiteradamente reportado en metanálisis que han comparado adultos mayores y jóvenes a través de una amplia variedad de tareas de TRD<sup>1,2</sup>. En estos estudios, tal lentificación ha sido atribuida a la intervención de factores no neurales, esto es, a la adopción de estrategias de respuesta conservadoras por parte de los adultos mayores y, también, a una lentificación

específica de las operaciones de preparación motora posteriores a las de discriminación y evaluación de los estímulos, es decir, en las operaciones del final del procesamiento del estímulo (selección y activación de respuesta).

Con independencia de que el segmento temporal considerado en esos estudios, el intervalo post-P300 (TR-P300), incluye operaciones de decisión, hecho que por sí mismo podría dar cuenta del efecto multiplicativo observado allí, la interpretación en términos de intervención de estrategias puede ser razonablemente excluida en este experimento. Aunque un examen completo de la función de precisión-velocidad no fue llevado a cabo, un análisis post hoc de correlación entre el TMO y la comisión de errores en cada tarea, dentro de cada grupo, mostró, en todos los casos, correlaciones nulas o positivas entre estas variables, lo que indica que el aumento del TMO de los adultos mayores no tiene relación con la tendencia general en la comisión de errores (anexo 3).

Sin embargo, el mantener constantes las demandas de respuesta (selección de respuesta) excluiría, en principio, la intervención de mecanismos de control atencional sobre ese componente y reduciría a un déficit de activación de respuesta la lentificación observada, en cuyo caso la lentificación esperada debería ser aditiva o constante a través de las tareas, tal y como tuvo lugar en el estudio de Bunce<sup>18</sup>.

No obstante, vale la pena notar aquí, por las implicaciones que tiene para el análisis que sigue, que, en el citado estudio, se consideró, como componente motor, el intervalo que transcurrió desde que el sujeto liberaba el botón de respuesta hasta que oprimía el botón de inicio para dar comienzo a un nuevo ensayo, es decir, justamente, el definido aquí como TME. En este experimento, en cambio, el acto que constituía la respuesta a cada ensayo (TMO), quedó asociado al componente central (la selección de respuesta) y, por tanto, no puede ser directamente comparado con el componente motor de ese estudio.

Por ello, para comprender la naturaleza del enlentecimiento del componente motor observado aquí (efecto de grupo e interacción de grupo y tarea), es necesaria una inspección detallada del carácter del enlentecimiento tanto del componente central como del motor que ha tenido lugar en este experimento. La misma descubre algunas diferencias entre sus características dinámicas que deben ser tenidas en cuenta para comprender sus diferencias con los experimentos de Bunce<sup>18</sup> y Bashore<sup>1</sup>.

Respecto al componente central, tanto en adultos mayores como en los controles, el TR se lentifica progresivamente a lo largo de las tareas, es decir, que el efecto de dificultad se manifiesta en ambos. Al comparar la magnitud de este efecto entre los grupos, se constata que el mismo es superior en los adultos mayores en las tres tareas: por cada nivel de dificultad añadido, el TC de los adultos mayores se enlentece significativamente

más que el de los jóvenes. Sin embargo, aunque el TC de los grupos es diferente en las tres tareas, las diferencias alcanzan significación estadística sólo a partir de la segunda. Este patrón indica que, aunque los adultos mayores tienden a ser más lentos en el componente central, bajo cualquier nivel de dificultad de la tarea, sus diferencias con los jóvenes se hacen evidentes solo después de superar un cierto umbral de complejidad de demandas. Más aún, el análisis del TD, que elimina la influencia de los componentes sensoriales del TC, muestra más claramente esta tendencia: el TD de ambos grupos tiende a crecer a lo largo de las tareas, pero un incremento sensible del mismo en los adultos mayores con respecto a los jóvenes tiene lugar, únicamente, en la tarea tres, es decir, ante elevadas demandas de control.

Para ambos grupos, entonces, el incremento de las demandas de procesamiento impone el mismo patrón de cambio en la duración de la actividad de los componentes centrales: a mayores demandas mayor TR, las diferencias entre los grupos dependen, en primera instancia, de la sensibilidad de esas operaciones al efecto de la complejidad. El patrón dinámico de enlentecimiento es común para ambos, su diferencia es de grado, no de clase.

Respecto al componente motor, el panorama es diferente. Primero, las diferencias existen entre los grupos en las tres tareas. Los adultos mayores son siempre significativamente más lentos que los jóvenes. Segundo, como cabría esperar en condiciones en que los requerimientos de respuesta se mantienen constantes, en los controles, el TMo es prácticamente idéntico a través de las tres tareas, es decir, su velocidad no muestra ninguna relación con la variación en el nivel de las demandas de procesamiento. Tercero, y en contraste con esto último, en los adultos mayores, la velocidad de este componente muestra una tendencia a incrementarse entre tareas. Ese incremento es el que da cuenta de la interacción que tiene lugar entre grupo y tarea.

Tal comportamiento del TMo sugiere que su duración puede estar reflejando, simultáneamente, un déficit en el componente de preparación motora (efecto aditivo), y, como en el caso del componente decisional, un déficit inducido por la complejidad o demandas de la tarea. Este último, sin embargo, parece mostrar un mayor umbral de complejidad.

Dos argumentos pueden ser invocados para apoyar esta conclusión. Primero, si existe un efecto de lentificación del TMo en los adultos mayores, independiente de la magnitud de las demandas y asociado a un déficit específico de velocidad de las operaciones de preparación motora, las diferencias en TMo, entre los grupos, en la tarea de TRS y en las dos primeras condiciones de la tarea de TRD deben ser equivalente. Un ANOVA efectuado para dilucidar esta incógnita y que incluyó como variables dependientes el TMo de la tarea de TRS y el de las dos primeras condiciones de la tarea de TRD,

no reveló ningún efecto. Dentro de cada grupo el TMo fue equivalente entre tareas (anexo 4).

Segundo, si este déficit existe y traduce una reducción generalizada de la velocidad de procesamiento, una lentificación aditiva o constante debería ser observada en el acto motor de la tarea de TME que reproduce el acto motor de la tarea experimental en ausencia de demanda de control. El análisis del TME mostró, precisamente ese efecto.

El análisis precedente conduce así a considerar que el aumento de duración del componente motor de este experimento refleja una doble modulación. Por una parte, revela la influencia de un factor de lentificación constante (tareas uno y dos), probablemente, relacionado con un déficit en las operaciones de activación de respuesta y que sería responsable, también, de la lentificación observada en el TME y en el componente motor de la tarea de TRS, es decir, de un factor general de lentificación. Por otra, una influencia relacionada con la complejidad o dificultad de la tarea de una naturaleza similar a la que muestra el componente decisional (tarea 3). Aparentemente, el déficit de control que lentifica las operaciones discriminación y decisión binaria se extiende a las de selección de respuesta amplificando el déficit específico de activación motora cuando las demandas de control atencional son elevadas.

Esta interpretación es consistente con el efecto multiplicativo del intervalo post-P300 reportado por Bashore<sup>1</sup> y puede ser, también, interpretado como un déficit en los componentes del llamado final del procesamiento con independencia de cualquier influencia adicional de la adopción de estrategias conservadoras de respuesta por parte de los adultos mayores.

El examen de la distribución de los errores registrados brinda un apoyo adicional a esta conclusión. Mientras que en los controles el número de errores omisión de TC no varía a lo largo de las tareas, en los adultos mayores, la proporción se triplica de la tarea uno a la tarea tres.

Por su parte, las diferencias en los errores de comisión, coinciden, claramente, con el patrón general del TD: a mayor dificultad de la tarea, el número de errores de cada grupo se incrementa pero los adultos mayores lo hace en mayor proporción.

Sí los errores de comisión revelan la proporción de decisiones o selecciones erróneas entre respuestas, los de omisión de TC, indican, o bien que la decisión o la selección entre respuestas no fue tomada a tiempo, o bien, que el nivel de la activación de las respuestas no fue suficiente para completar la respuesta en el período apropiado.

De este modo, tanto el análisis del componente central como el del componente motor de este experimento, dan apoyo a la idea de una doble modulación del EC en los adultos mayores. Aquí intervienen tanto un factor general de velocidad como un factor dependiente de la

necesidad de control atencional sobre las operaciones computacionales necesarias para completar la tarea ya sean estas las decisionales o las relacionadas con la preparación de respuesta. El hecho, de que en el estudio de Bunce<sup>12</sup> no se haya observado lentificación multiplicativa en el componente motor puede ser comprendido sobre la base de que el componente motor en ese estudio, aunque fue ejecutado bajo la urgencia de velocidad (“regrese al botón de inicio tan rápido como pueda”), no formaba parte, en rigor, de las operaciones necesarias para completar cada ensayo de la tarea, es decir, estaba supeditado, solamente a una demanda de activación de respuesta, comparable, en todo caso con el de la tarea de TRS del presente experimento.

El análisis del TME, es decir, del mismo acto motor pero ejecutado en ausencia de demandas de control atencional y donde la velocidad de ejecución es establecida bajo condiciones de procesamiento automático, ha revelado, que los adultos mayores exhiben un déficit de velocidad en el componente motor. Junto con ello, la presencia de un déficit similar en el componente de codificación sensorial en la tarea de TRS pone de manifiesto que esa reducción de velocidad de procesamiento alcanza en los adultos mayores a todos los componentes de procesamiento. La magnitud de ese efecto, sin embargo, depende de la modalidad de procesamiento en el que es activado: controlado o automático. Existe, efectivamente, un déficit general de velocidad de procesamiento asociado a la edad que alcanza a todos las operaciones computacionales (codificación, discriminación, decisión, selección y activación de respuesta) pero, ante la necesidad de aplicar control atencional, la influencia de ese déficit se “amplifica”.

Se disponen de evidencias que demuestran que los adultos mayores no son capaces de mantener el control sobre el procesamiento durante el mismo tiempo que los jóvenes cuando ejecutan tareas con demandas elevadas de procesamiento<sup>27,28</sup>.

De Jong ha proporcionado datos que indican que el costo atencional del cambio de tarea no puede ser reducido en los adultos mayores proporcionándoles tiempo adicional para prepararse. Ellos ejercen un control efectivo sobre una menor proporción de ensayos que los jóvenes. West y colaboradores han sugerido que esta limitación está relacionada específicamente con situaciones de elevadas demandas de control y que puede ser manifestación de lapsus de atención cuyas consecuencias son un aumento de la variabilidad de la velocidad de procesamiento de los componentes afectados y, por esa vía, causa de lentificación del TR. De hecho, el aumento de la variabilidad de la velocidad de procesamiento por efecto del incremento de las demandas de control atencional se observa, en una amplia gama de estados patológicos del sistema nervioso (demencias, trauma craneal, síndrome de inatención hiperactividad) e inclusive, en sujetos sanos<sup>18</sup>.

Otros estudios han revelado que, en los adultos mayores, aparece un déficit en las operaciones de inhibición y discriminación entre estímulos cuando estos se ven precisados a ejecutar tareas con altas demandas atencionales<sup>29,30</sup>. Del mismo modo, pero desde una perspectiva neurobiológica, Reuter-Lorenz y Cappell<sup>31</sup>, han planteado la hipótesis de CRUNCH (hipótesis compensatoria relacionada con la utilización de los circuitos neurales), para dar cuenta del hecho de que en las personas de la tercera edad ocurre una sobreactivación compensatoria de los circuitos neurales ante el incremento de las demandas de la tarea, para poder hacer lo mismo que los jóvenes y hacerlo bien. Esta sobreactivación es más acentuada en las regiones prefrontales, que es donde, paradójicamente, más evidencia de atrofia cortical existe relacionada con la edad. Ellos plantean que son las funciones ejecutivas las que sustentan esta activación, al ser reclutadas “adaptativamente” para enfrentar los cambios de la dificultad, aunque, más allá de cierto punto, la estrategia de reclutar más áreas falla y el procesamiento comienza a ser ineficiente; circunstancia que no ocurre en los jóvenes. Esta explicación sobre los mecanismos de adaptación que emplea el cerebro para contrarrestar su propio envejecimiento, es coherente con los resultados alcanzados en este experimento y podría ser la causa subyacente que explicase, por ejemplo, la “amplificación” de los errores de comisión en la tarea de tiempo de reacción discriminativo tres, en el grupo de los adultos mayores.

Sin embargo, el estudio de la influencia de la variabilidad sobre la velocidad de procesamiento comporta dificultades metodológicas relacionadas con el hecho de que al funcionamiento de todo proceso o sistema biológico le son inherentes fluctuaciones momento a momento que son, en principio, indistinguibles de aquellas que pueden ser provocadas por la acción de variables experimentales o clínicas (lapsus de atención, por ejemplo)<sup>32</sup>. Esta circunstancia exige la utilización de modelos de distribución del TR donde tal distinción sea posible.

En consecuencia, el presente estudio ha revelado que el enlentecimiento en los adultos mayores tiene un carácter general que abarca probablemente a todos los componentes del TR. La naturaleza de esta influencia parece, no obstante, ser modificable por las demandas de la tarea, en cuyo caso, adquiere una dimensión interactiva. Ello explicaría el efecto multiplicativo que se observa bajo condiciones de procesamiento controlado y el efecto aditivo que tiene lugar bajo condiciones de procesamiento automático. La disociación observada sugiere que, el EC en los adultos mayores esta modulado por el llamado factor general de enlentecimiento provocado por una reducción general de la velocidad de procesamiento y también, probablemente, por un segundo factor relacionado con los mecanismos de control atencional.

La naturaleza de este segundo factor estaría vinculada con la ocurrencia de lapsus de atención que inducen un

aumento de la variabilidad en los adultos mayores y por consiguiente el incremento de respuestas extremas lentas

que provocan el aumento desproporcionado del TR.

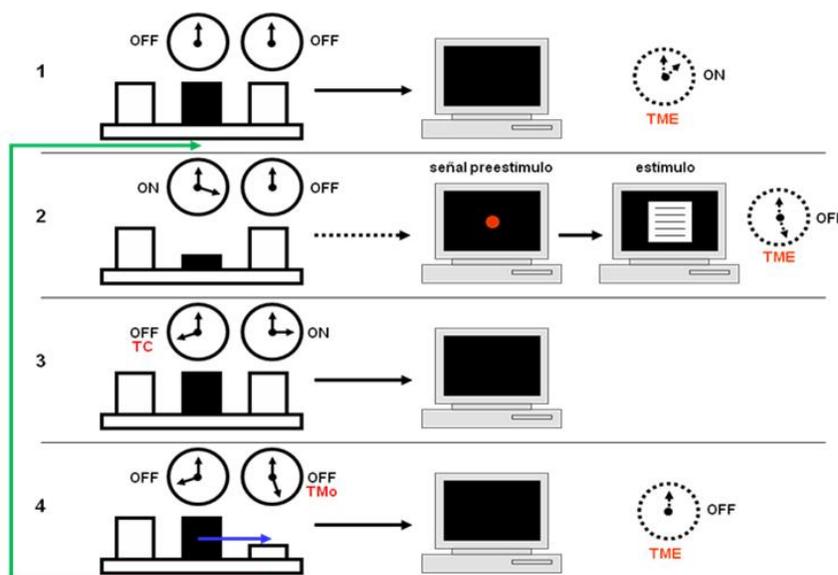
## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Bashore TR. Age-related changes in mental processing revealed by analyses of event-related brain potentials. In Rohrbaugh J, Parasuraman R, Johnson Jr R, editors. *Event-related brain potentials: Basic issues and applications*. New York: Oxford University Press; 1990.p. 242-75.
2. Bashore TR, Ridderinkhof KR. Older Age, Traumatic Brain Injury and Cognitive Slowing: Some Convergent and Divergent Findings. *Psychol Bull.* 2002; 128(1):151-98.
3. Cerella J. Information processing rates in the elderly. *Psychol Bull.* 1985; 98(1): 67-83.
4. Salthouse TA. *Theoretical perspective in cognitive aging*. New York: Lawrence Erlbaum Associates; 1991
5. Salthouse TA. When does age-related cognitive decline begin? *Neurobiol Aging.* 2009; 30(4):507-14.
6. Salthouse TA, Babcock RL. Decomposing adult age differences in working memory. *Dev Psychol.* 1991;26:128-36.
7. Verhaeghen P, Cerella J. Aging, executive control, and attention: A review of meta-analyses. *Neurosci Biobehav Rev.* 2002; 26: 849-57.
8. Fisk AD, Fisher DL, Rogers WA. General slowing alone cannot explain age-related search effects: Reply to Cerella (1991). *J Exp Psychol Gen.* 1992;21(1):73-8.
9. Band GH, Ridderinkhof KF, Segalowitz S. Explaining Neurocognitive Aging: Is one Factor Enough? *Brain Cogn.* 2002;49(3):259-67.
10. Verhaeghen P, Cerella J, Kara, LB, Chandramallika B. Aging and Varieties of Cognitive Control: A Review of Meta-Analyses on Resistance to Interference, Coordination, and Task Switching, and an Experimental Exploration of Age-Sensitivity in the Newly Identified Process of Focus Switching. In: Randall W, GrzegorzSedek E, Ulrich von Hecker, McIntosh DN, editors. *Cognitive Limitations in Aging and Psychopathology*. New York: Cambridge University Press; 2005. p.160-89.
11. Baudouin A, Vanneste S, Isingrini M. Age-related cognitive slowing: The role of spontaneous tempo and processing speed. *Exp Aging Res.* 2004;30 (3):225-9.
12. Bunce D. The Locus of Age  $\times$  Health-Related Physical Fitness Interactions in Serial Choice Responding as a Function of Task Complexity: Central Processing or Motor Function? *Exp Aging Res.* 2001;27: 103-22.
13. Myerson J, Adams DR, Hale S, Jenkins L. Analysis of group differences in processing speed, Brinley plots, Q-Q plots, and other conspiracies. *Psychon Bull Rev.* 2003;10(1):224-37.
14. Perfect TJ. What can Brinley plots tell us about cognitive aging? *J Gerontol.* 1994;49(2):60-4.
15. Ratcliff R, Spieler D, McKoon G. Analysis of group differences in processing speed: Where are the models of processing? *Psychon Bull Rev.* 2004; 11(4):755-69.
16. Jensen AR. Methodological and Statistical Techniques for the Chronometric Study of Mental Abilities. In: Reynolds CR, Wilson VL, editors. *Methodological and Statistical Advances in the Study of Individual Differences*. New York: Plenum Press; 1983.
17. Klimkeit EI, Mattingley JB, Sheppard DM, Lee P, Bradshaw JL. Motor preparation, motor execution, attention, and executive functions in attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Child Neuropsychol.* 2005;11(2):153-73.
18. Bunce D, MacDonald SW, Hultsch DF. Inconsistency in serial choice decision and motor reaction time dissociate in younger and older adults. *Brain Cogn.* 2004;56(3):320-7.
19. Allain S, Carbonnell L, Burle B, Hasbroucq T, Vidal F. On-line executive control: An electromyographic study. *Psychophysiol.* 2004;41(1):113-6.
20. Zung, WW. A self-rating depression scale. *Arch Gen Psychiatry.* 1965;12:63-70.
21. Yesavage JA, Brink, TL, Rose TL, Lum O. Development and validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report. *J Psychiatry Res.* 1983;17(1):37-49.
22. González FM. Instrumentos para el estudio de la ansiedad y la depresión. En: *Instrumentos de evaluación psicológica*. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2007.p. 165-216.
23. Wechsler D. *WAIS-R Manual*. Wechsler Adult Intelligence Scale-Revised. New York: Psychological Corporation; 1981.
24. Moltó JM, Igual B, Pastor I, González-Aniorte R, Asensio M. Test de acentuación de palabras de González-Montalvo en una población sana. *Rev Neurol.* 1997;25(148):2062-3.
25. Mayor JH, Amador FJ, Ramírez I. La reserva cognitiva mejora la velocidad de procesamiento de los componentes centrales del TR en adultos mayores pero no en jóvenes. *Revista Cubana de Salud y Trabajo.* 2008; 9(1):7-18.
26. Amador FJ. *Detección temprana de enlentecimiento cognitivo [tesis]*. La Habana: Escuela Nacional de Salud Pública; 2010.

27. De Jong R. Adult age differences in goal activation and goal maintenance. *Europe J Cogn Psychol.* 2001;13:71-90.
28. West R, Murphy KJ, Armilio ML, Craick FM, Stuss D. Lapsus of intention and performance variability reveal aged-related increases in fluctuations of executive control. *Brain and Cognition.* 2002;49:402-19.
29. Andrés P, Guerrini C, Phillips L, Perfect T. Differential Effects of Aging on Executive and Automatic Inhibition. *Dev Neuropsychol.* 2008;33(2): 101-23.
30. Fairfield B, Mammarella N. The role of Cognitive Operations in Reality Monitoring: A Study With Healthy Older Adults and Alzheimer's-Type Dementia. *Original TextJ Gen Psychol.* 2009;136(1): 21-39.
31. Reuter-Lorenz PA, Cappell KA. Neurocognitive Aging and the Compensation Hypothesis. *Curr Dir Psychol Sci.* 2008;17(3):177-82.
32. Castellanos FX, Sonuga-Barke EJ, Scheres A, Di Martino A, Hyde C, Walters JR. Varieties of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder-Related Intra-Individual Variability. *Biol Psychiatry.* 2005;57(11): 1416-23.

## ANEXO 1

**El programa: *Split Reaction Time Test*** (Diagrama de fragmentación conductual del TR en sus componentes básicos)



El programa *Split Reaction Time Test* opera mediante la implementación de tres contadores que trabajan sincrónicamente a partir de la manipulación de las teclas por parte del sujeto. En un primer momento, cuando aún no se ha realizado ninguna acción sobre el teclado, los contadores ubicados a la izquierda del diagrama permanecen sin funcionar (etapa 1). A continuación y una vez que el sujeto presiona el botón de inicio (etapa 2), aparece una señal preestímulo de duración variable y después el estímulo; solo con la aparición del estímulo es que el primer contador comienza el registro del TC, que concluye cuando se libera ese botón (etapa 3). En sincronía con ese acto, un segundo contador comienza a registrar el TMO, el cual culmina con la opresión de uno de los dos botones de respuesta que están equidistantes del botón de inicio, la flecha azul indica una de las dos posibles direcciones del movimiento (etapa 4). Por último, un tercer contador se activa (aparece dibujado en líneas discontinuas), cuando el sujeto libera el botón de respuesta y regresa a presionar el botón de inicio para dar comienzo a un próximo ensayo, quedando registrado, así, el TME (flecha verde).

**ANEXO 2**  
**Dispositivo de registro para fragmentar el TR**



Botón de Respuesta Botón de Inicio Botón de Respuesta

---

**ANEXO 3**

Controles:  $r_{(TMo1-ErrCom1)}=0,05$ ;  $p=0,63$ ;  $r_{(TMo2-ErrCom2)}=0,07$ ;  $p=0,55$ ;  $r_{(TMo3-ErrCom3)}=0,38$ ;  $p<0,01$

Adultos mayores:  $r_{(TMo1-ErrCom1)}=0,02$ ;  $p=0,90$ ;  $r_{(TMo2-ErrCom2)}=-0,08$ ;  $p=0,65$ ;  $r_{(TMo3-ErrCom3)}=0,10$ ;  $p=0,56$

---

**ANEXO 4**

Grupo:  $F_{1,113}=294,6$ ;  $p<0,0001$ ; Tarea:  $F_{1,6,182,6}=1,40$ ;  $p=0,25$ ;  $\epsilon=0,81$ ; Grupo por tarea:  $F_{1,6,182,6}=0,93$ ;  $p=0,38$ ;  $\epsilon=0,81$

---

**Recibido:** 18 de abril de 2015

**Aprobado:** 20 de junio de 2016