

VARIABILIDAD Y ENLENTECIMIENTO COGNITIVO EN LOS ADULTOS MAYORES: LIMITACIONES DEL CONTROL ATENCIONAL

VARIABILITY AND COGNITIVE SLOWING IN ELDER INDIVIDUALS: LIMITATIONS ON THE ATTENTIONAL CONTROL

Félix Jesús Amador Romero ¹
Jorge Heliodoro Mayor Ríos ²

RESUMEN

Introducción: El análisis de la variabilidad del tiempo de reacción y su interpretación en términos de limitaciones en el control ejecutivo, ha sido utilizado para evaluar la contribución de ese factor al enlentecimiento cognitivo. **Objetivo:** Evaluar la variabilidad del tiempo de reacción en adultos mayores y controles sanos empleando un modelo de distribución no gaussiano, que permite estimar la contribución de factores no aleatorios a la varianza total del tiempo de reacción. **Materiales 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, capacidad intelectual y niveles de ansiedad y depresión. El componente central del tiempo de reacción fue registrado por separado y ajustado a la curva ex-gaussiana. Los parámetros μ , σ y τ (asociados a la variabilidad de la distribución) fueron estimados. **Resultados:** Primero, los adultos mayores son más lentos y variables que los controles; segundo, esa variabilidad está relacionada con la aparición de respuestas extremas lentas; y tercero, esa variabilidad se intensifica con el aumento de las demandas de la tarea. **Conclusiones:** Estos resultados son interpretables en términos de, por un lado, una reducción de la velocidad de las operaciones computacionales que procesan la información de la tarea μ y, por el otro, con la aparición de interrupciones transitorias de las operaciones que regulan y controlan a aquellas τ , es decir, con lapsus atencionales.

Palabras clave: enlentecimiento cognitivo, variabilidad del tiempo de reacción, lapsus de atención, ajuste de la curva ex-gaussiana

ABSTRACT

Introduction: The analysis of the reaction time variability and its interpretation in terms of limitations on executive control has been used to assess the contribution of that factor to cognitive slowing. **Objective:** To evaluate the variability of reaction time in elder individuals and healthy controls using a non-Gaussian distribution model, to estimate the contribution of non-randomized factors to the total variance of reaction time. **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 aca-

demically levels, intellectual performance and anxiety and depression levels. The central component of the reaction time was recorded separately and adjusted to ex-gaussian curve. The parameters μ , σ and τ (associated to the variability of distribution) were estimated. **Results:** First, elders are slower and more variables than controls; second, this variability is related to the occurrence of extreme slow responses; and third, that variability is intensified with the increasing demands of the task. **Conclusions:** These results are interpreted in terms of, on one hand, a reduction in the speed of computational operations that process the task information μ , and on the other, with the occurrence of temporary interruptions of operations that regulate and control those τ , ie with attentional lapses.

Keywords: cognitive slowing, reaction time variability, attentional lapses, ex-Gaussian fitting curve

INTRODUCCIÓN

La lentificación del tiempo de reacción (TR) que se observa en diversas condiciones patológicas del sistema nervioso central se ha asociado con trastornos en las funciones de control atencional ¹⁻⁵. Entre los efectos que provocan estas limitaciones sobre la velocidad de procesamiento de información se encuentran los llamados lapsus de atención o interrupciones transitorias en la regulación del curso eficiente de las operaciones computacionales ^{4,6-8}. La aparición de lapsus atencionales provoca, ante todo, el aumento de la variabilidad en la velocidad de respuesta y es correlativa del aumento de demandas de procesamiento, inclusive en sujetos sanos ⁹. Por variabilidad de la velocidad de respuesta se entienden las fluctuaciones intermitentes de corta duración en la ejecución, no los cambios duraderos y sistemáticos debidos al aprendizaje, la práctica, el desarrollo o la mejora o empeoramiento del estatus clínico ⁴.

Debido a la sensibilidad de este indicador, tanto para identificar la influencia de variables experimentales en la dinámica de la arquitectura cognitiva, como por su

¹ 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

² 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 1/2, N° 3035, entre Heredia y 1ª, La Esperanza,
Apartado 9064, CP10 900, Arroyo Naranjo, La Habana, Cuba
E-mail: felixz@infomed.sld.cu

significación para la comprensión de muchos de los trastornos a los que se asocia, su estudio se ha convertido en un tema de gran relevancia. Particular esfuerzo se ha dedicado al estudio de la variabilidad de la velocidad de procesamiento en la investigación del síndrome de inatención-hiperactividad, considerado eminentemente como un trastorno atencional, a partir de la observación de que esos sujetos, con no poca frecuencia, se distinguen de sus controles sanos, más por la variabilidad del TR que por su velocidad misma^{7,10,11}. En el estudio de otras patologías del sistema nervioso también se reporta una estrecha asociación entre lentificación del TR o de la velocidad de procesamiento en general, y el incremento de la variabilidad (demencias¹²⁻¹⁴; enfermedad de párkinson¹⁵; epilepsia¹⁷).

En sujetos sanos, las relaciones entre ejecución y control atencional se han estudiado, también, a partir del fenómeno de la variabilidad dentro y entre tareas¹⁷⁻²⁵, debido, sobre todo, a que en ellos, el incremento de la variabilidad está limitado casi exclusivamente a tareas cuyas condiciones requieren la participación directa de los procesos de control ejecutivo.

Por otra parte, el aumento de la variabilidad del TR a lo largo de la vida resulta tan evidente, que el estudio de la influencia de esta variable en el enlentecimiento cognitivo que caracteriza al envejecimiento, ocupa, en la actualidad, tanto espacio en la literatura sobre este grupo, como los estudios que evalúan directamente los cambios en el TR^{4,6,8,13,26-36}.

El efecto inmediato del aumento de la variabilidad, provocada por lapsus de atención sobre la velocidad de procesamiento de información, es el incremento de la frecuencia de aparición de repuestas lentas o atípicas con relación a la velocidad promedio de un sujeto en una tarea dada^{37,38}. La consecuencia de este fenómeno es el desplazamiento de la distribución de frecuencias del TR hacia la derecha de la distribución, un incremento del *skew* o asimetría positiva de la curva, con independencia de que la media del TR se desplace, también, en esa dirección, en razón de que esas repuestas atípicas lentas pueden coexistir con repuestas razonablemente rápidas⁷. Este efecto es diferente del que produce un déficit o limitación en la velocidad de los procesos que realizan la computación mental de la tarea, ya que un déficit de este tipo produce un aumento generalizado del TR a lo largo de toda la ejecución y el consiguiente desplazamiento de la media.

Dado el hecho de que, primero, en toda distribución de TR se introduce siempre una cantidad de repuestas atípicas lentas provocadas por la intervención azarosa de variables ajenas (distracciones involuntarias, interrupciones casuales, etc.); segundo, de que no existe ningún criterio objetivo para distinguir entre estas y las provocadas por un aumento de la variabilidad; y tercero, que tales repuestas espurias producen “ruido” que distorsiona la normal distribución del TR; el criterio usual es eliminarlas o practicar

alguna transformación de los datos que normalice la distribución antes del análisis.

Sin embargo, desde la perspectiva de que la variabilidad de la velocidad de respuesta puede ser una fuente, quizá la más sensible, de información relevante acerca del estado de las funciones de control de las operaciones cognitivas, este procedimiento de normalización de la distribución de los datos equivale a suprimirla. De hecho, ha sido demostrado que la distribución característica del tiempo de respuesta en la mayoría de las tareas de velocidad, inclusive en sujetos sanos, muestra una considerable asimetría positiva, lo que significa que se ajustan mal a la distribución *gaussiana*³⁹. Resulta así, que el estudio de la variabilidad del TR requiere de modelos que contemplen la forma completa de la distribución de los datos, pues pueden contener información sobre la variabilidad, relevante para comprender el estado del control ejecutivo.

El análisis de la distribución probabilística del tiempo de reacción: la distribución ex-gaussiana

Aunque existen aplicaciones con diversas distribuciones teóricas⁴⁰, la más difundida en el análisis del TR es la llamada distribución ex-gaussiana^{7,11,21,30,31,38}. La distribución ex-gaussiana es el resultado de la convolución de dos variables aleatorias independientes, una con distribución gaussiana o normal, y otra con distribución exponencial. Esta distribución se describe con tres parámetros: μ (μ), σ (σ) y τ (τ). Los parámetros μ y σ describen, respectivamente, la media y la desviación estándar del componente gaussiano de la distribución, y τ corresponde, precisamente, a la porción de la distribución donde se sitúan las repuestas atípicas extremas. De este modo, μ y σ reflejan la velocidad y la dispersión de la ejecución promedio, mientras que τ las repuestas extremas lentas.

Originalmente, el interés en la distribución ex-gaussiana estuvo estimulado por la intención de identificar cada uno de los dos componentes matemáticos de la misma (el gaussiano y el exponencial) con diversos estadios de procesamiento (codificación, decisión, motor, etc.)^{19,37,38}. Aunque ninguno de estos intentos resultó exitoso, el uso de esta distribución se ha extendido, en comparación con otros modelos posibles (lognormal, gamma, weibull, etc.), al análisis de curvas empíricas de TR y a su interpretación en términos de la dinámica del procesamiento cognitivo. En cualquier caso, aun cuando los parámetros de esta distribución puedan contribuir a comprender la dinámica de los procesos cognitivos (por ejemplo, la influencia de factores experimentales sobre el estadio de decisión³⁷), el empleo de esta distribución no puede ser interpretado en el sentido de que el TR que se estudia sea generado por algún proceso cognitivo específico que se comporta en forma ex-gaussiana. El modelo, como cualquier otro posible, es utilizado porque ofrece una vía para separar los componentes de una distribución de tiempos de reacción, en un grupo de indicadores que tienen una descripción psicológicamente

te significativa a la luz del paradigma experimental empleado y el modelo de procesamiento asumido.

La aplicación del modelo ex-gaussiano al análisis de la variabilidad del TR y su interpretación en términos de limitaciones en el control ejecutivo, ha sido utilizado ya en la psicología de la tercera edad para evaluar la contribución de este factor al EC^{24,30,31,41,42}.

Hasta donde se conoce, este tipo de análisis distribucional del TR podría contribuir a la comprensión de las disociaciones en los patrones de cambio temporal que, entre los componentes centrales y periféricos, se observa en la dinámica de este déficit, y al mismo tiempo a la demostración de un incremento sistemático de la variabilidad en los adultos mayores (AM), una evidencia de la intervención de influencias relacionadas con el control ejecutivo en el EC.

Correspondientemente, el presente experimento tiene como objetivo evaluar la variabilidad del TR en adultos mayores y controles sanos, empleando un modelo de distribución no gaussiano, que permite estimar la contribución de factores no aleatorios a la varianza total del TR.

A partir de este modelo, el presente experimento formula la hipótesis de que los adultos mayores, con independencia de la magnitud de los valores medios y la variabilidad del componente gaussiano de la distribución de su TR, diferirán de controles comparables en el parámetro τ del componente exponencial de la distribución ex-gaussiana, diferencia motivada, probablemente, por lapsus atencionales provocados por déficit en los procesos de regulación y control del desempeño.

MATERIAL Y MÉTODO

Muestra

La muestra corresponde a la estudiada en el experimento anterior⁴³.

Diseño y tareas

El presente experimento utiliza los datos del tiempo central (TC) del experimento anterior tal y como fueron derivados según se describe allí⁴³.

Análisis de la distribución del tiempo de reacción: el modelo ex-gaussiano

Considerando que dentro de la cola de la distribución ex-gaussiana están presentes no solo tiempos de respuestas lentos relacionados con el efecto de la variable de interés, sino también verdaderas respuestas espurias, provocadas por distracciones involuntarias, interrupciones imprevistas, etc., en el presente análisis se adoptó, como en el experimento anterior, el criterio de suprimir toda respuesta que excediera la media individual del TR en 3 DE. Aunque este punto de corte reduce, desde el principio, la magnitud del parámetro τ a estimar, protege

contra la inclusión de respuestas lentas espurias, que exagerarían el valor de este parámetro conduciendo a una sobreestimación potencial de las diferencias de variabilidad entre los grupos. Además de aplicar este procedimiento, fueron eliminadas también todas las respuestas inferiores a 250 ms para evitar, igualmente, las anticipaciones y adivinaciones. Los errores fueron excluidos del análisis.

Las distribuciones individuales de TR fueron ajustadas a la curva ex-gaussiana utilizando el sistema RT-SYS³⁹. El RT-SYS emplea un método iterativo de estimación, que proporciona estimadores de máxima verosimilitud para cada uno de los parámetros de la distribución: μ , σ y τ . La bondad de ajuste de los datos al modelo ex-gaussiano fue evaluada usando la prueba de chi-cuadrado que ofrece el sistema, además de por la inspección visual del gráfico de la superposición de la curva ex-gaussiana sobre el histograma de la función de densidad de probabilidad estimada.

Estadística

Los valores medios de los tres parámetros de la distribución ex-gaussiana de cada sujeto en cada grupo, fueron comparados separadamente mediante ANOVAS de medidas repetidas (grupo y tarea); donde fue apropiado, se utilizó 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 de La Habana autorizó el estudio.

RESULTADOS

Comparación entre los parámetros de la distribución ex-gaussiana

Después de suprimir las respuestas atípicas y los TR correspondientes a respuestas erróneas, la cantidad de tiempos de respuesta individuales disponibles para el análisis fue de no menos de 230 por tarea, cantidad que está bien por encima del mínimo de 40 datos recomendado para obtener un ajuste ex-gaussiano apropiado³⁹.

Las pruebas de chi cuadrado empleadas para evaluar el ajuste de las distribuciones empíricas al modelo ex-gaussiano, revelaron que el 18 % de las distribuciones individuales no mostró un ajuste satisfactorio ($p > 0,01$) (13 % adultos mayores y 22 % de controles). Aunque este valor pudiera parecer elevado, no debe resultar sorprendente, dada la notable sensibilidad de este test al tamaño de la muestra. Pequeñas variaciones debidas al ruido en muestras grandes son exageradas por un factor

de n en la estimación de chi cuadrado y, frecuentemente, producen significativas desviaciones del modelo, aun cuando estas no existan ⁴⁰. De hecho, ninguna de esas distribuciones se ajustó tampoco a la distribución normal, y todas mostraron algún grado considerable de asimetría positiva. Más aún, la suma de μ y τ para cada una de las distribuciones produjo valores dentro del intervalo de ± 1 ms de la media del TR, tal como se

espera de la relación lineal entre la media, μ y τ ³⁹. Por este motivo, fueron conducidos dos análisis, uno incluyendo sólo las curvas que se ajustaron a la distribución ex-gaussiana, y otro incluyendo todas las distribuciones. Dado que los resultados de ambos análisis fueron idénticos, se reporta el que incluyó todas las distribuciones. La tabla 1 muestra los valores medios de los tres parámetros ex-gaussianos por grupo y tarea.

Tabla 1
Valores medios de los componentes de la distribución ex-gaussiana en el TC

Grupo	μ			σ			τ		
	TRD1	TRD2	TRD3	TRD1	TRD2	TRD3	TRD1	TRD2	TRD3
Controles	488 (53)	528 (56)	559 (57)	49 (13)	51 (12)	56 (15)	41 (16)	50 (24)	88 (43)
AM	525 (60)	598 (108)	622 (85)	68 (19)	73 (35)	74 (25)	60 (38)	104 (50)	203 (83)

La comparación de los grupos en el parámetro μ reveló un efecto de grupo ($F_{1,113}=46,38$; $p<0,0001$); las comparaciones múltiples mostraron que los adultos mayores exhiben valores superiores a los controles en las tareas dos y tres [$p_{(tarea1)}=0,24$; $p_{(tarea2)}<0,001$; $p_{(tarea3)}<0,004$; $gl=335$]. También se observó un efecto de tarea ($F_{1,87,210,9}=43,79$; $p<0,0001$; $\epsilon=0,93$), pero no interacción de grupo por tarea ($F_{1,87,210,9}=1,71$; $p=0,19$; $\epsilon=0,93$).

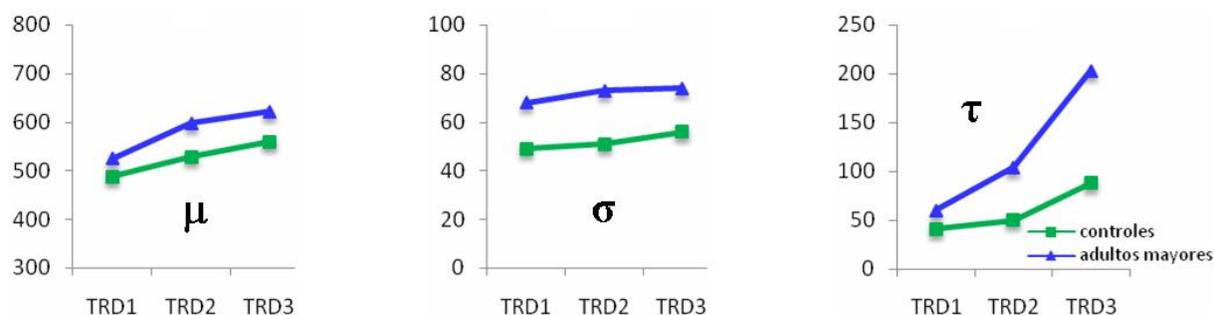
Por su parte, la comparación de los grupos en σ produjo un efecto de grupo ($F_{1,113}=71,65$; $p<0,0001$), los adultos mayores mostraron valores significativamente más altos en este parámetro que los controles [$p_{(tarea1)}<0,001$; $p_{(tarea2)}<0,0001$; $p_{(tarea3)}<0,004$; $gl=337$]. No hubo efecto de

tarea ($F_{1,85,209,6}=2,97$; $p=0,06$; $\epsilon=0,93$) ni interacción de grupo por tarea ($F_{1,85,209,6}=0,33$; $p=0,7$; $\epsilon=0,93$).

Finalmente, el ANOVA practicado a los valores de τ mostró un efecto principal de grupo ($F_{1,113}=158,9$; $p<0,0001$); de tarea ($F_{1,58,178}=141$; $p<0,0001$; $\epsilon=0,79$) y una interacción de grupo por tarea ($F_{1,58,178}=34,95$; $p<0,0001$; $\epsilon=0,79$). En las tareas dos y tres los adultos mayores mostraron valores de τ superiores a los controles [$p_{(tarea1)}=0,4$; $p_{(tarea2)}<0,0001$; $p_{(tarea3)}<0,0001$; $gl=339$].

La figura 1 presenta el comportamiento respectivo de cada parámetro.

Figura 1
Distribución de los promedios de cada componente de la distribución ex-gaussiana en el TC



DISCUSIÓN

Conforme a la predicción formulada, los adultos mayores de este estudio resultaron más variables que los controles en el componente central del TR. La descomposición de la velocidad de respuesta a través de los tres parámetros de la distribución ex-gaussiana (μ , σ y τ) mostró que los grupos difieren en los tres estadígrafos

de esta distribución, pero que tales diferencias muestran características particulares.

Primero, los grupos difieren en la media y la desviación estándar del componente gaussiano de la distribución (μ y σ), pero en ambos casos la diferencia es, exclusivamente, provocada por el factor edad. En ninguno de los dos se observa interacción entre la influencia de la complejidad de la tarea y la lentificación asociada

a la edad. Sobre el componente μ , se observó un efecto de tarea, pero de magnitud similar para ambos grupos. Sobre el componente σ no tuvo lugar tal efecto.

De acuerdo con esto, existen diferencias en la velocidad media de los grupos en los componentes relacionados con la discriminación y decisión de los estímulos, pero tales diferencias son aditivas o independientes de la tarea. Tal lentificación pudiera ser considerada, entonces, de una naturaleza similar a la que se observa en los componentes periféricos no relacionados con el procesamiento de las demandas en las tareas de TRS y TME, es decir, reflejarían la influencia del factor de velocidad sobre todas las operaciones de procesamiento.

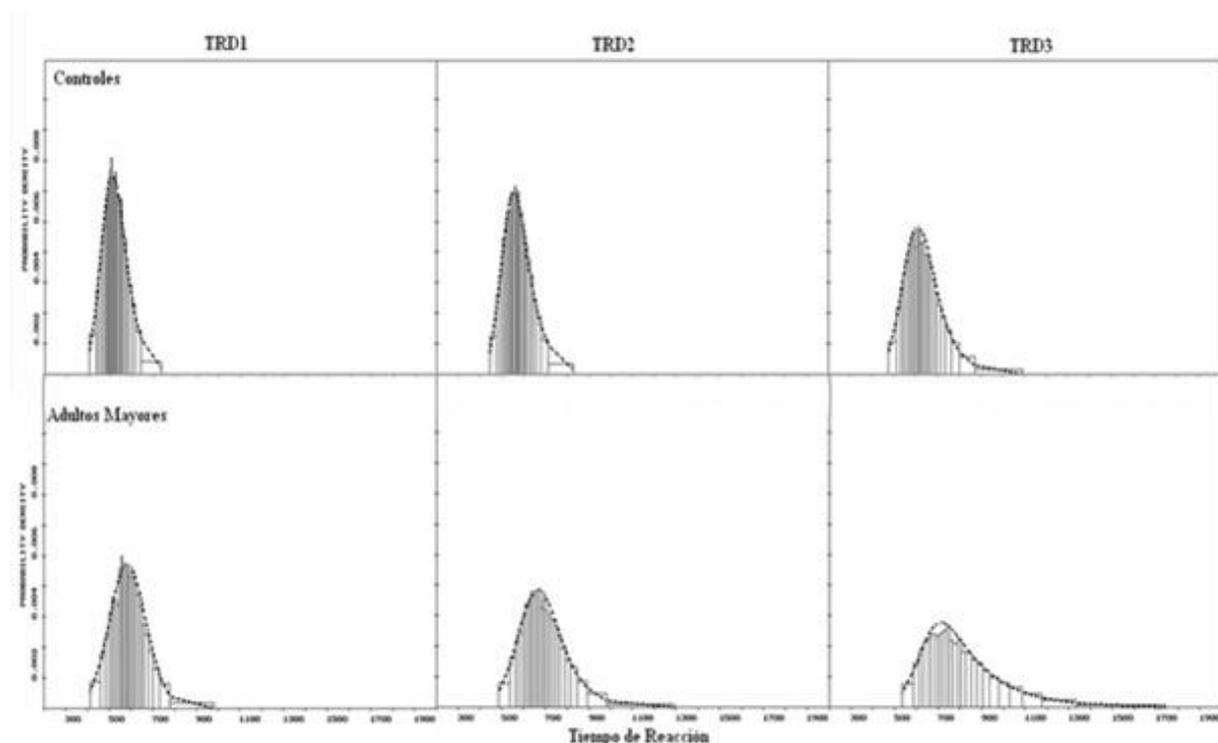
Segundo, en contraste con μ y σ , las diferencias entre los grupos en el parámetro τ resultaron modificadas por la influencia de la tarea (interacción entre grupo y tarea). Dada la relación lineal que existe en μ , τ y el TR total, que en el caso que nos ocupa corresponde al TC, ($\mu + \tau = \text{TR total}$)³⁹, ese incremento multiplicativo del parámetro τ sería la principal fuente de lentificación del TC que se observa en estos sujetos.

Tal comportamiento revela, entonces, que los adultos mayores exhiben, por un lado, una lentificación de las operaciones computacionales independiente de la influencia de la complejidad de las demandas que se ejercen sobre ellas, el efecto general de la reducción de

velocidad que se ha observado en los componentes periféricos en condiciones, inclusive, de procesamiento automático, y por otro, una lentificación provocada por la ocurrencia de tiempos de procesamiento de esas mismas operaciones extremadamente lentos, cuya frecuencia se incrementa, además, con el grado de dificultad de la tarea. Tales respuestas extremas lentas son compatibles con la ocurrencia de lapsus de atención provocados por limitaciones intermitentes del control atencional^{8,44}, en tanto reflejan el efecto de una variabilidad independiente de la inherente a la velocidad de respuesta media (σ).

Estos resultados serían consistentes con una hipótesis del EC que considerara que, en la génesis de la lentificación que caracteriza a los componentes centrales de procesamiento en la tercera edad, interviene, además de la mediación de la velocidad (diferencias en μ), un factor de variabilidad cuya acción provoca la “amplificación” del efecto de dicha mediación sobre el TR (diferencias en τ). La figura 2 presenta los histogramas de las distribuciones ex-gaussianas de los dos grupos en cada tarea. Obsérvese, como en la medida que se incrementa la dificultad, es más notoria la asimetría positiva de la curva en el grupo de adultos mayores con respecto a los controles.

Figura 2
Histogramas de las distribuciones ex-gaussianas de los dos grupos en las tareas de TRD



El comportamiento del componente τ , aumento de la variabilidad como función de las demandas, inclusive en sujetos sanos^{8,9,25}, ha sido reproducido por este experimento y su incremento desproporcionado en los adultos mayores con respecto al de los controles a lo largo de las tareas refleja, entonces, la intensificación, en ese grupo, de esa limitación del control atencional. De este modo, la apelación a un factor de control atencional en la forma de lapsus de atención en el EC asociado a la tercera, brindaría una explicación al patrón de enlentecimiento multiplicativo de los componentes centrales que revelan estos sujetos.

En la psicología de la tercera edad se dispone de algunos estudios que han empleado este modelo y que coinciden en demostrar la influencia de la variabilidad en el EC.

Así, West et al.⁴⁴, en un experimento que administró tareas de memoria y atención a adultos mayores y jóvenes, en múltiples ocasiones, mostró que el incremento de la variabilidad asociada a la edad estaba relacionada con la asimetría positiva de la distribución del TR y que esta era atribuible a períodos transitorios de funcionamiento ineficiente de control ejecutivo.

MacAuley et al.³¹ evaluaron a 43 adultos jóvenes y 33 adultos mayores (entre 61 y 82 años) con una tarea de compatibilidad-incompatibilidad estímulo-respuesta, tarea cuyas demandas de control ejecutivo son consideradas de control inhibitorio. El análisis ex-gaussiano mostró diferencias grupales significativas que dieron cuenta de un 8,9 de la varianza en μ , 30,6 de la varianza en σ y de un 4 % de la varianza en τ . Es decir, que los adultos mayores resultaron más lentos, más variables y produjeron más respuestas extremas que los jóvenes.

En otro estudio, de Madden et al.³⁰, fueron evaluados los componentes μ y τ de jóvenes y adultos mayores en dos condiciones de una tarea de memoria (codificación y reproducción) con relación a una línea de base y comparados con los niveles de activación de regiones cerebrales registrados como flujo sanguíneo cerebral. Los patrones de activación de los jóvenes solo se observaron relacionados con μ , mientras que en los adultos mayores, tales cambios se relacionaron tanto con μ como con τ , y el nivel de activación general fue mayor en ellos que en los jóvenes. Estas diferencias fueron interpretadas en el sentido de que los adultos mayores experimentan mayores demandas atencionales que los jóvenes ante los mismos niveles de dificultad de las tareas, y que ello los conduce al reclutamiento de sistemas neurales adicionales para ejecutarlas.

Asimismo, Spieler y Balota²⁴ compararon jóvenes y adultos mayores, sanos, con la tarea de Stroop. Se observó que las diferencias entre estos grupos se modulaban principalmente por el componente τ , aunque solo más allá de cierto umbral de dificultad, estas diferencias se manifestaban.

De conformidad con la predicción formulada, el análisis distribucional del TC en tareas de dificultad cognitiva creciente, indica, primero, que los adultos mayores son más lentos y variables que controles comparables; segundo, que esa variabilidad está relacionada con la aparición de respuestas extremas lentas; y tercero, que esa variabilidad se intensifica con el aumento de las demandas de la tarea.

Estos resultados son interpretables en términos de, por un lado, una reducción de la velocidad de las operaciones computacionales que procesan la información de la tarea (μ) y, por el otro, con la aparición de interrupciones transitorias de las operaciones que regulan y controlan a aquellas (τ), es decir, con lapsus atencionales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Andrés P, Guerrini C, Phillips L, Perfect T. Differential effects of aging on executive and automatic inhibition. *Dev Neuropsychol.* 2008;33(2):101-23.
2. Fairfield B, Mammarella N. The role of cognitive operations in reality monitoring: A study with healthy older adults and Alzheimer's-Type Dementia. *J Gen Psychol.* 2009;136(1):21-39.
3. Stuss D, Shallice T, Alexander MP, Picton TW. A multidisciplinary approach to anterior attentional functions. In: Grafman J, Keith J, Holyoak J, Boller F, eds. *Structure and functions of the human prefrontal cortex.* New York: Academy of Sciences; 1995. p.191-211.
4. Stuss DT, Murphy KJ, Binns MA, Alexander MP. Staying on the job: The frontal lobes control individual performance variability. *Brain.* 2003;126(11):2363-80.
5. Stuss DT, Alexander MP, Shallice T, Picton TW, Binns MA, Macdonald R, Borowiec A, Katzg DI. Multiple frontal systems controlling response speed. *Neuropsychologia.* 2005;43:396-417.
6. 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.
7. Hervey AS, Epstein JN, Curry JF, Toney S, Arnold LG, Conners CK, Hinshaw SP, Swanson JM, Hetchman L. Reaction time distributional analysis of neuropsychological performance in ADHD children. *Child Neuropsychol.* 2006;12:125-40.
8. West R, Murphy KJ, Armiljo ML, Craick FM, Stuss D. Lapsus of intention and performance variability reveal aged-related increases in fluctuations of executive control. *Brain Cognition.* 2002;49:402-19.
9. Van der Molen MW. Energetics and the reaction process: URNG threads through experimental psychology. In: Neuman O, Sanders AF, eds. *Hand-*

- book of perception and action. London: Academy Press; 1996. p. 229-75.
10. Castellanos FX, Sonuga-Barke EJ, Scheres A, Di Martino A, Hyde C, Walters JR. Varieties of attention-deficit/hyperactivity disorder-related intraindividual variability. *Biol Psychiatry*. 2005;57(11):1416-23.
 11. Leth-Steensen C, ElbazZK, Douglas VI. Mean response times, variability and skew in the responding of ADHD children: A response time distributional approach. *Acta Psychol*. 2000;104(2):167-90.
 12. Christensen H, Dear HB, Anskey KJ, Parslow RA, Sachdev P, Jorm AP. Within-occasion intraindividual variability and preclinical diagnostic status: is intraindividual variability an indicator of mild cognitive impairment. *Neuropsychol*. 2005;19(3):309-17.
 13. Escandon A, Al-Hammadi N, Galvin J. Effect of cognitive fluctuation on neuropsychological performance in aging and dementia. *Neurol*. 2010;74:210-7.
 14. Murtha S, Cismaru R, Waechter R, Chertkow H. Increased variability accompanies frontal lobe damage in dementia. *J Int Neuropsychol Soc*. 2002;8(3):360-72.
 15. Burton CL, Strauss E, Hultsch DF, Moll A, Hunter MA. Intraindividual variability as a marker of neurological dysfunction: a comparison of Alzheimer's disease and Parkinson's disease. *J Clin Exp Neuropsychol*. 2006;28(1):67-83.
 16. Bruhn P, Parsons OA. Reaction time variability in epileptic and brain damaged patients. *Cortex*. 1977;13(4):373-84.
 17. Balota DA, Spieler DH. Word frequency, repetition, and lexicality effect in word recognition tasks: Beyond measures of central tendency. *J Exp Psychol Gen*. 1999;128:32-55.
 18. Heitz RP, Engle RW. Focusing the spotlight: Individual differences in visual attention control. *J Exp Psychol Gen*. 2007;136:217-40.
 19. Hockley WE. Analyses of response time distributions in the study of cognitive processes. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*. 1984;10:598-615.
 20. Kane MJ, Conway AR, Hambrick DZ, Engle RW. Variation in working memory capacity as variation in executive attention and control. In: Conway AR, Jarrold C, Kane MJ, Miyake A, Towse JN, eds. *Variation in working memory*. NY: Oxford University Press; 2007. p. 281-96.
 21. Penner-Wilger M, Leth-Steense C, Smith-Chant BL, LeFevre J. Decomposing the mean in the problem-size effect: An investigation of response time distribution for a multiplication production task: Retrieved from; 2002.
 22. Perea M, Algarabel S. Puntuaciones atípicas y potencia estadística con diferentes procedimientos de análisis de los tiempos de reacción: Un estudio de simulación. *Psicol*. 1999;20:211-6.
 23. Schmiedek F, Oberauer K, Wilhelm O, Süß HM, Wittmann WW. Individual differences in components of reaction time distributions and their relations to working memory and intelligence. *J Exp Psychol Gen*. 2007;136(3):414-29.
 24. Spieler DH, Balota DA, Faust ME. Levels of selective attention revealed through analyses of response time distributions. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*. 2000;20(2):506-26.
 25. Unsworth N, Redick T, Lakey C, Young D. Lapses in sustained attention and their relation to executive control and fluid abilities: An individual differences investigation. *Intelligence*. 2010;38:111-22.
 26. Bellgrove MA, Hester R, Garavan H. The functional neuroanatomical correlates of response variability: evidence from a response inhibition task. *Neuropsychol*. 2004;42(14):1910-16.
 27. Hultsch DF, MacDonald SW. Intraindividual variability in performance as a theoretical window into cognitive aging. In: Dixon RA, Backman L, Nilsson LG, editors. *New Frontiers in Cognitive Aging*. Oxford: Oxford University Press; 2004. p.65-88.
 28. Luszcz MA. Intraindividual variability, change, and aging. *Gerontology*. 2004;50(1):34.
 29. MacDonald SW, Hultsch DF, Dixon RA. Performance variability is related to change in cognition: evidence from the Victoria Longitudinal Study. *Psychol Aging*. 2003;18(3):510-23.
 30. Madden DJ, Gottlob LW, Denny LI, Turkington TG, Provenzale JM, Hawk TC, Coleman RE. Aging and recognition memory: Changes in regional cerebral blood flow associated with components of reaction time distributions. *J Cogn Neuroscience*. 1999;11(5):511-20.
 31. MacAuley T, Yap M, Shawn EC, White DA. Revisiting inhibitory control across the life span: Insights from the Ex-Gaussian distribution. *Develop Neuropsychol*. 2006;29(3):447-58.
 32. Nesselroade JR, Salthouse TA. Methodological and theoretical implications of intraindividual variability in perceptual-motor performance. *J Gerontol B Psychol Sci Soc*. 2004;59(2):49-55.
 33. Salthouse TA, Berish DE. Correlates of within-person (across-occasion) variability in reaction time. *Neuropsychol*. 2005;19(1):77-87.
 34. Shami O, Bosman E, Stuss D. Aging and variability in performance. *Develop Cogn*. 1998;5(1):1-13.
 35. Smith JK, Valentine DA, Arruda JE. Rhythmic oscillations in the performance of a sustained attention task. *J Exp Clin Neuropsychol*. 2003;25(4):561-70.
 36. Williams BR, Hultsch DF, Strauss EH, Hunter MA, Tannock R. Inconsistency in reaction time across life span. *Neuropsychol*. 2005;19(1):88-96.

37. Heathcote A, Popiel SJ, Mewhort DJ. Analysis of reaction time distribution: An example using the Stroop task. *Psychol Bulletin*. 1991;109:340-7.
38. Luce RD. Response time: Their role in inferring elementary mental organization. New York: Oxford University Press; 1986.
39. Heathcote A. RTSYS: A DOS application for the analysis of the reaction time data. *Behav Res Meths Inst Comput*. 1996;28:427-45.
40. Van Zandt T. How to fit a response time distribution? *Psychon Bull Rev*. 2000;3:424-65.
41. Myerson J, Robertson S, Hale S. Aging and intraindividual variability in performance, analyses of response time distributions. *J Exp Anal Behav*. 2007; 88(3):319-37.
42. Rouder JN, Lu J, Speckman P, Sun D, Jiang Y. A hierarchical model for estimating response time distributions. *Psychon Bull Rev*. 2005;12:195-223.
43. Amador FJ, Mayor JH. Patrones dinámicos de enlentecimiento cognitivo en los adultos mayores: fragmentación conductual del tiempo de reacción. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*. 2016;17(4):12-23.
44. West R. In defence of the frontal lobe hypothesis of cognitive aging. *J Int Neuropsychol Soc*. 2000;6: 727-9.

Recibido: 24 de abril de 2015

Aprobado: 26 de junio de 2016