

# VARIABILIDAD NEUROCONDUCTUAL Y DE LA FRECUENCIA CARDIACA EN ADULTOS MAYORES SANOS: EFECTO DE LA COMPLEJIDAD DE LA TAREA

# NEUROBEHAVIORAL AND HEART RATE VARIABILITY IN HEALTHY OLDER ADULTS: EFFECT OF TASK COMPLEXITY

Roselia Inés Bustamante Rojas <sup>1</sup>  
Félix Jesús Amador Romero <sup>2</sup>

## RESUMEN

**Introducción:** Existen pocos estudios que analicen la variabilidad en la velocidad de respuesta y en la frecuencia cardiaca de adultos mayores ante tareas de complejidad creciente. **Objetivo:** Describir los patrones de variabilidad de velocidad de la respuesta y de la frecuencia cardiaca durante la ejecución de tareas con demandas crecientes de dificultad decisional en un grupo de adultos mayores y controles jóvenes sanos, además de comparar ambos patrones de variabilidad. **Material y método:** Estudio descriptivo realizado en 18 adultos mayores de más de 60 años sin estados depresivos y un grupo control conformado por 18 jóvenes sanos entre 20 y 25 años. Se compararon los patrones de variabilidad de ambos grupos. Se aplicaron tres tareas de tiempo de reacción discriminativo. Al finalizar cada tarea, se les midió tensión arterial sistólica, diastólica y frecuencia cardiaca. Se registró la actividad electrocardiográfica. El tiempo central y los indicadores de variabilidad de la frecuencia cardiaca se compararon mediante análisis de varianza de medidas repetidas, con confiabilidad de 95 %. **Resultados:** Los adultos mayores mostraron más retardo psicomotor pero las comparaciones pareadas entre grupos mostraron que solo se diferenciaron de los controles en la tarea tres ( $p < 0,003$ ). La reactividad cardiovascular mostró que la tensión sistólica y la diastólica, solo tuvieron efecto de grupo donde los adultos mayores presentaron los mayores valores; en la frecuencia cardiaca no se apreció ningún efecto. **Conclusiones:** Los adultos mayores sanos exhiben un patrón de enlentecimiento que se amplifica con la complejidad de la tarea y que estaría relacionado con la ocurrencia de lapsus de atención que inducen a un aumento de la variabilidad.

**Palabras clave:** tiempo de reacción, variabilidad de la velocidad de respuesta, enlentecimiento cognitivo, variabilidad de la frecuencia cardiaca

## ABSTRACT

**Introduction:** There are few studies that analyze the variability in the response speed and heart rate of older adults when faced with tasks of increasing complexity. **Objective:** To describe the patterns of variability of response speed and heart rate during the execution of tasks with increasing demands of decisional difficulty in a group of healthy older adults and young controls, in addition to comparing both patterns of variability. **Material and method:** Descriptive study

conducted in 18 older adults over 60 years old without depressive states and a control group made up of 18 healthy young people between 20 and 25 years old. The variability patterns of both groups were compared. Three discriminative reaction time tasks were applied. At the end of each task, systolic, diastolic blood pressure and heart rate were measured. Electrocardiographic activity was recorded. Central time and heart rate variability indicators were compared using repeated measures analysis of variance, with 95% reliability. **Results:** Older adults showed more psychomotor retardation but paired comparisons between groups showed that they only differed from controls in task three ( $p < 0.003$ ). Cardiovascular reactivity showed that systolic and diastolic pressure only had a group effect where older adults presented the highest values; no effect was seen on heart rate. **Conclusions:** Healthy older adults exhibit a pattern of growth that is amplified with the complexity of the task and that would be related to the occurrence of attention lapses that induce an increase in variability.

**Keywords:** reaction time, response speed variability, cognitive slowdown, heart rate variability

## INTRODUCCIÓN

El incremento del esfuerzo mental a consecuencia del enlentecimiento cognitivo es consustancial al envejecimiento natural y patológico.<sup>(1,2)</sup> Induce aumento de la variabilidad de la velocidad de respuesta y alteración de la frecuencia cardiaca (FC).

La frecuencia cardiaca es el parámetro no invasivo más utilizado para valorar la actividad del corazón. En el individuo sano en reposo, el intervalo entre dos latidos cardíacos consecutivos, medida en milisegundos, es variable y es lo que se conoce como variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC). Es muy utilizado en la predicción de muerte de origen cardiovascular posterior a un infarto miocárdico agudo (IMA).<sup>(3-5)</sup> Además, desde principios del siglo XX hasta la actualidad se ha utilizado como indicador psicofisiológico de esfuerzo mental.<sup>(6)</sup>

<sup>1</sup> Médico especialista de I grado en Medicina Interna, Máster en Urgencias Médicas y en Salud Ocupacional. Servicio de Psicología y Fisiología, Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores, La Habana, Cuba. <https://orcid.org/0000-0003-4872-9661>

<sup>2</sup> Licenciado en Psicología, Doctor en Ciencias de la Salud, Máster en Psicología de la Salud y en Salud de los Trabajadores, Investigador y Profesor Titular. Servicio de Psicología y Fisiología, Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores, La Habana, Cuba. <https://orcid.org/0000-0001-5302-9964>

## Correspondencia:

Roselia Inés Bustamante Rojas  
Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores  
Calzada de Bejuca km 7½ n° 3035 entre Heredia y 1ª, La Esperanza, Arroyo Naranjo, La Habana, Cuba, CP10900  
E-mail: [roselia.rojas@insat.sld.cu](mailto:roselia.rojas@insat.sld.cu)

Conociendo que el envejecimiento poblacional en Cuba ha conllevado a un incremento de la edad media en la población trabajadora sometida cada día a una carga mental en medio del deterioro cognitivo propio de la senectud, y teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, con el presente trabajo se trazó como objetivo general describir los patrones de variabilidad de velocidad de la respuesta y de la frecuencia cardiaca durante la ejecución de tareas con demandas crecientes de dificultad decisional en un grupo de adultos mayores y controles jóvenes sanos, además de comparar ambos patrones de variabilidad y se trazaron los siguientes objetivos específicos: 1) Describir los patrones de variabilidad de velocidad de la respuesta durante la ejecución de tareas con demandas crecientes de dificultad decisional en un grupo de adultos mayores sanos y en un grupo de jóvenes, 2) describir los patrones de variabilidad de la frecuencia cardiaca durante la ejecución de tareas con demandas crecientes de dificultad decisional en un grupo de adultos mayores sanos y en un grupo de jóvenes, y 3) comparar los patrones de variabilidad de la velocidad de respuesta y de la variabilidad de la frecuencia cardiaca obtenidos durante la ejecución de tareas con carga mental en ambos grupos.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

Se realizó un estudio cuasi-experimental con 36 sujetos. La muestra se dividió en dos grupos: un grupo, el de los adultos mayores, integrado por 18 individuos de 60 o más años, y el otro, el de jóvenes o grupo control, formado por 18 sujetos con edades de entre 20 y 25 años. Todos cumplían con los mismos criterios de inclusión: no tener antecedentes patológicos personales de enfermedad cardiovascular, diabetes mellitus, enfermedad neurológica o psiquiátrica, no llevar tratamiento con drogas psicotrópicas o con efecto a nivel cardiaco, tener capacidad intelectual normal, no tener depresión en el momento de estudio y poseer una visión normal o corregida. Se les orientó que no debían realizar actividad física intensa o ingerir bebidas alcohólicas 24 horas previas al estudio, y no ingerir bebidas con cola o cafeína 2 horas antes del experimento.

Después de un período de descanso de cinco minutos y estando los individuos sentados y relajados, se les midió la tensión arterial sistólica (TAS), tensión arterial diastólica (TAD) y la frecuencia cardiaca (FC) con un esfigmomanómetro digital marca Omron M4. Se realizaron dos lecturas, separadas por 2 min como mínimo, y los valores obtenidos fueron promediados. Se les realizó un electrocardiograma (ECG) durante 5 minutos. Este registro se usó para calcular en estado basal los índices de la VFC mediados por el control vagal del corazón. En esta investigación se midieron dos de ellos, uno en el dominio de la frecuencia que es el componente espectral de alta frecuencia (HF, por sus siglas en inglés) y otro en el dominio del tiempo, como es la raíz cuadrada del

promedio de la suma de las diferencias al cuadrado, entre intervalos R-R adyacentes (RMSSD). Se continuó con la aplicación de tres tareas de tiempo de reacción discriminativo (TRD) con grado de dificultad creciente. Los estímulos estuvieron 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 determinó tres niveles progresivos de dificultad de discriminación, de la misma naturaleza perceptual. Los estímulos se presentaron en el centro de un vídeo monitor. 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 aparecieron sucesivamente (un programa controlaba las series). Los sujetos debieron responder presionando una tecla para cada estímulo infrecuente y otra para el frecuente, usando el dedo índice de su mano preferida. Simultáneamente se realizaron los registros de ECG empleados en el cálculo de la VFC. Al finalizar cada tarea, se les midió TAS, TAD y FC. Cada sujeto ejecutó un bloque de 150 ensayos para cada tarea, separados por un intervalo de aproximadamente 5 minutos de descanso. Antes del comienzo de cada tarea, la pareja de estímulos correspondiente les fue mostrada a los sujetos hasta que declararon que podían discriminarlos con precisión. Cada sesión duró aproximadamente 20 minutos.

Por medio del Split Reaction Time Test, se fragmentó el TR en los componentes básicos del procesamiento cognitivo: el tiempo central (TC) y el tiempo motor (TMO), permitiendo evaluar, además, el tiempo motor espontáneo (TME) mediante una tarea de procesamiento automático. Este programa también permite computar los errores de comisión y los de omisión. En esta investigación se analizó solo el TC y los errores de comisión.

Para el análisis de la distribución del TR se utilizó el modelo ex-gaussiano. Se adoptó el criterio de suprimir toda respuesta que excediera la media individual del TR en 2,5 DE. Después de suprimir estas respuestas atípicas (hasta un 10 %), la cantidad de tiempos de respuestas individuales disponibles para el análisis fue de no menos de 135 por tarea, total que está por encima del mínimo de 40 datos recomendado para obtener un ajuste ex-gaussiano apropiado.<sup>(7)</sup>

Los registros electrocardiográficos para el análisis de la VFC se procesaron a través del programa HRV Analysis

Station 3,5, desarrollado para plataforma Windows de 32 bits y que utiliza algoritmos matemáticos.<sup>(8)</sup>

De entre los parámetros de la VFC computados, se escogieron dos índices del control vagal del corazón: la HF y la RMSSD, en razón de que existe una fuerte asociación entre la VFC controlada por el sistema vagal y la actividad cerebral implicada en los lapsus atencionales.<sup>(9)</sup>

### Análisis estadístico

El análisis de los resultados se efectuó utilizando el programa Statistical Package for Social Sciences (SPSS v. 23). La precisión de la significación estadística de las medidas se estableció para un 95 % de confianza.

La comparación del desempeño en el TC, los indicadores de la VFC (HF y RMSSD) y los errores de comisión, se realizaron mediante ANOVA de medidas repetidas, donde el grupo y la complejidad de la tarea se introdujeron como factores intra y entre grupos respectivamente.

Las distribuciones individuales del TR fueron ajustadas a la curva ex-gaussiana mediante el paquete Retimes, versión 0,1-2 del lenguaje de programación para análisis estadístico R.<sup>(10)</sup> Los valores medios de los tres parámetros de la distribución ex-gaussiana fueron comparados por separado mediante ANOVA de medidas repetidas (grupo y tarea).

En los casos de incumplimiento del supuesto de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk), se practicó una transformación logarítmica de los datos.

En los casos de incumplimiento del supuesto de esfericidad, se utilizó la corrección de Greenhouse-Geisser.

Las estimaciones del tamaño de los efectos se calcularon mediante el estadístico Eta cuadrado parcial ( $\eta^2_{\text{parcial}}$ ).

**Tabla 1**  
**Variables generales**

Variables		Adultos mayores	Controles
Edad		67,11 (3,38)*	23,33 (1,75)*
Sexo	Masculino	9 (50 %)	7 (61 %)
	Femenino	9 (50 %)	11 (39 %)
Coeficiente de inteligencia		92,5**	82,5**
Años de estudio		15,66 (4,79)	13,56 (2,67)
Depresión		1,67 (1,94)	42,56 (7,45)

\* Media y desviación estándar; \*\* mediana

Con respecto a la evaluación de la velocidad de la respuesta, TC, la comparación entre los grupos reveló un efecto de grupo [ $F_{(1,34)} = 6,93$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta^2_{\text{parcial}} > 0,17$ ] (los adultos mayores mostraron más retardo psicomotor), un efecto de la tarea [ $F_{(2,68)} = 81,46$ ;  $p < 0,0001$ ;  $\eta^2_{\text{parcial}} > 0,71$ ] y una interacción multiplicativa de grupo

Valores de 0,01; 0,06 y 0,14 fueron definidos como pequeños, medianos y grandes, respectivamente.<sup>(11)</sup>

El nivel de significación de las comparaciones múltiples se ajustó mediante la corrección de Bonferroni para controlar la tasa del error de tipo I.

Para determinar la relación entre los patrones de variabilidad temporal del TR y de la VFC se efectuaron análisis de correlación de Pearson. Valores de  $r \geq 0,50$  fueron considerados significativos.<sup>(11)</sup>

### Aspectos éticos

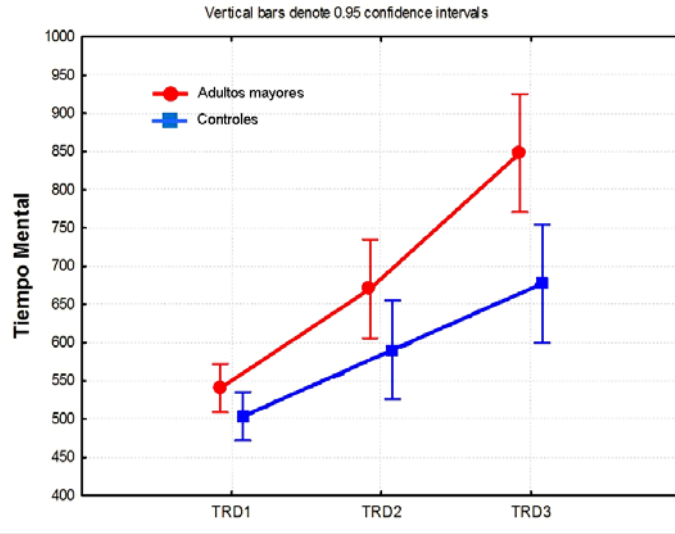
Esta investigación fue aprobada por el Comité de Ética del Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores de Cuba. Se informó a los evaluados de manera pormenorizada sobre el propósito de este estudio y su alcance, como se establece en los acuerdos del Código de Nuremberg<sup>(12)</sup> y los principios de la ética médica cubana para la investigación en seres humanos.<sup>(13)</sup> Previo a la participación en el estudio, se les solicitó leer y firmar un documento de consentimiento informado.

### RESULTADOS

En la tabla 1, que muestra las características generales de la muestra, es de destacar que el nivel de inteligencia de ambos grupos estuvo en el rango considerado dentro de la norma; el cómputo de los años de estudios vencidos fue superior en los adultos mayores, y la evaluación de la depresión estimada mediante la escala de Yesavage (adultos mayores) y Zung (jóvenes) descartó la presencia de esta sintomatología.

y tarea [ $F_{(2,68)} = 6,58$ ;  $p < 0,002$ ;  $\eta^2_{\text{parcial}} > 0,16$ ]. Las comparaciones pareadas entre grupos mostraron que los adultos mayores difieren de los controles solo en la tarea tres ( $p < 0,003$ ). Dentro de cada grupo se observó un incremento significativo del TR ( $p < 0,005$ ). En la figura 1 se pueden observar los efectos descritos.

Figura 1  
Distribución del tiempo central por grupo y tarea



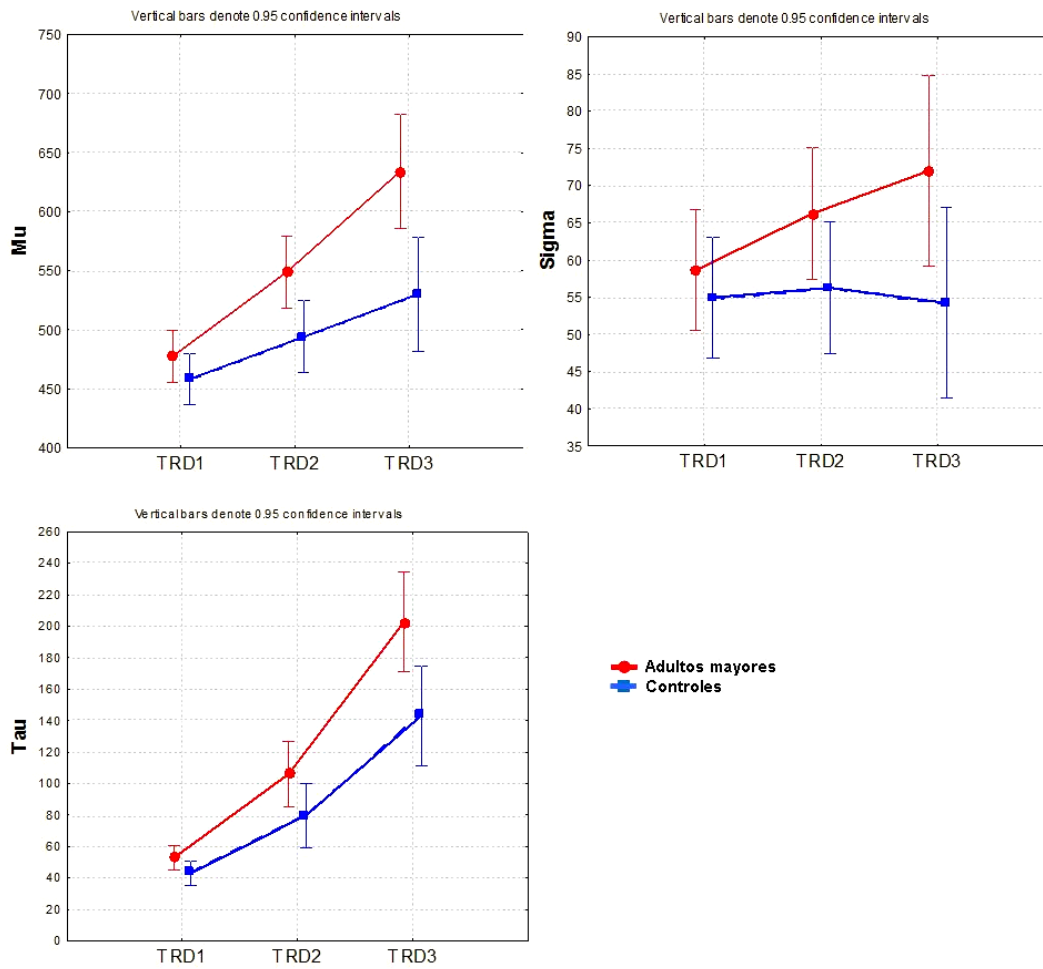
El cálculo de los componentes de la distribución gaussiana del TC mostró para  $\mu$  un efecto de grupo [ $F_{(1,34)} = 8,65$ ;  $p < 0,005$ ;  $\eta^2_{\text{parcial}} > 0,20$ ], uno de tarea [ $F_{(2,68)} = 44,34$ ;  $p < 0,0001$ ;  $\eta^2_{\text{parcial}} > 0,57$ ] y una interacción de grupo por tarea [ $F_{(2,68)} = 6,20$ ;  $p < 0,003$ ;  $\eta^2_{\text{parcial}} > 0,15$ ]. Las comparaciones múltiples entre grupos exhibieron diferencias significativas a partir de la tarea tres ( $p < 0,004$ ): en los adultos mayores fueron más lentos. Dentro de cada grupo se observó un aumento considerable de la pendiente de los TR entre tareas ( $p < 0,049$ ). En el componente Sigma ( $\sigma$ ) no se apreciaron efectos significativos. Por su parte, en el componente Tau ( $\tau$ ) se observó un patrón similar al descrito en  $\mu$ . Efecto de grupo [ $F_{(1,34)} = 8,72$ ;  $p < 0,005$ ;  $\eta^2_{\text{parcial}} > 0,20$ ], de tarea [ $F_{(2,68)} = 86,83$ ;  $p < 0,0001$ ;  $\eta^2_{\text{parcial}} > 0,72$ ], e interacción de grupo por tarea [ $F_{(2,68)} = 3,49$ ;  $p < 0,03$ ;  $\eta^2_{\text{parcial}} > 0,09$ ]. Los adultos mayores son más variables y emiten más respuestas extremas lentas. La figura 2 ilustra lo descrito.

En cuanto al análisis de los errores de comisión, se encontró un efecto de grupo [ $F_{(1,34)} = 5,63$ ;  $p < 0,02$ ;  $\eta^2_{\text{parcial}} > 0,14$ ], un efecto de tarea [ $F_{(2,68)} = 41,62$ ;  $p < 0,0001$ ;  $\eta^2_{\text{parcial}} > 0,55$ ], pero no interacción [ $F_{(2,68)} = 1,21$ ;  $p > 0,31$ ;  $\eta^2_{\text{parcial}} > 0,03$ ]. De modo general, los adultos mayores cometieron más errores. Aquí las diferencias entre los grupos tuvieron lugar solo en la tarea dos ( $p < 0,04$ ). Por su parte, el análisis dentro de cada grupo mostró que en los adultos mayores los errores se fueron incrementando significativamente a lo largo de las tres tareas ( $p < 0,004$ ). Sin embargo, en los jóvenes no resultó así; entre la tarea uno y la dos no hubo diferencias ( $p > 0,9$ ), estas emergieron entre la dos y la tres ( $p < 0,002$ ) cuando la dificultad se acrecentó. Esa es la razón por la cual, entre grupos, en las tareas 2 y 3 el efecto que se observó fue aditivo (líneas paralelas). En otras palabras, la proporción de errores fue la misma en ambos grupos; la diferencia es de grado, no de calidad. La figura 3 ofrece la información descriptiva de estos resultados.

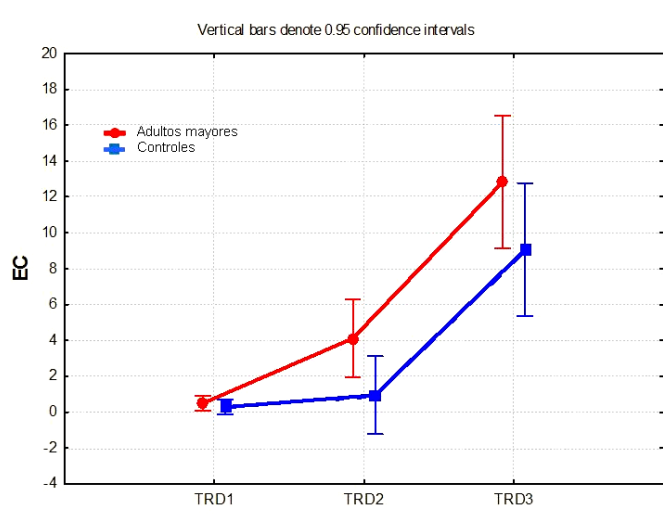
El examen de los parámetros de la reactividad cardiovascular mostró, para el caso de la tensión sistólica, solo efecto de grupo [ $F_{(1,34)} = 15,49$ ;  $p < 0,0004$ ;  $\eta^2_{\text{parcial}} > 0,31$ ]; los adultos mayores presentaron los mayores niveles, las diferencias entre grupos fueron equivalentes en todas las tareas. En el caso de la tensión arterial diastólica (TAD), se observó efecto de grupo [ $F_{(1,34)} = 8,50$ ;  $p < 0,006$ ;  $\eta^2_{\text{parcial}} > 0,20$ ], similar al descrito anteriormente, y también de tarea [ $F_{(3,102)} = 4,03$ ;  $p < 0,009$ ;  $\eta^2_{\text{parcial}} > 0,11$ ]; el incremento de la TAD por efecto de la complejidad fue semejante a lo largo de las tareas en los dos grupos. En resumen, en ambas tensiones arteriales el efecto observado fue aditivo. En la frecuencia cardiaca no se apreció ningún efecto. Estos resultados se muestran en la figura 4.

En razón de que los indicadores de la VFC utilizados en este estudio, HF (dominio de la frecuencia) y RMSSD (dominio del tiempo), incumplían el supuesto de normalidad, se les practicó una transformación logarítmica (ln: logaritmo natural) buscando precisamente obtener ese ajuste. Los análisis que a continuación se exponen están sujetos a esa transformación. El ln HF observó un efecto de grupo [ $F_{(1,34)} = 23,52$ ;  $p < 0,0001$ ;  $\eta^2_{\text{parcial}} > 0,41$ ], un efecto de tarea [ $F_{(3,102)} = 11,95$ ;  $p < 0,0001$ ;  $\eta^2_{\text{parcial}} > 0,26$ ] y una interacción de grupo por tarea [ $F_{(3,102)} = 6,44$ ;  $p < 0,0001$ ;  $\eta^2_{\text{parcial}} > 0,16$ ]. Entre grupos, las diferencias en cada tarea fueron significativas ( $p < 0,003$ ); los adultos mayores mostraron los valores medios menores. Las comparaciones por parejas en cada grupo revelaron, en el caso de los sujetos de la tercera edad, un crecimiento gradual de la pendiente desde el estado basal hasta la tarea tres ( $p < 0,0001$ ). En cambio, en los controles jóvenes la pendiente fue la misma entre tareas ( $p > 0,99$ ): no se produjo ningún incremento. La interacción observada es, por tanto, una consecuencia del desempeño de las personas de la tercera edad. La figura 5 representa estos datos.

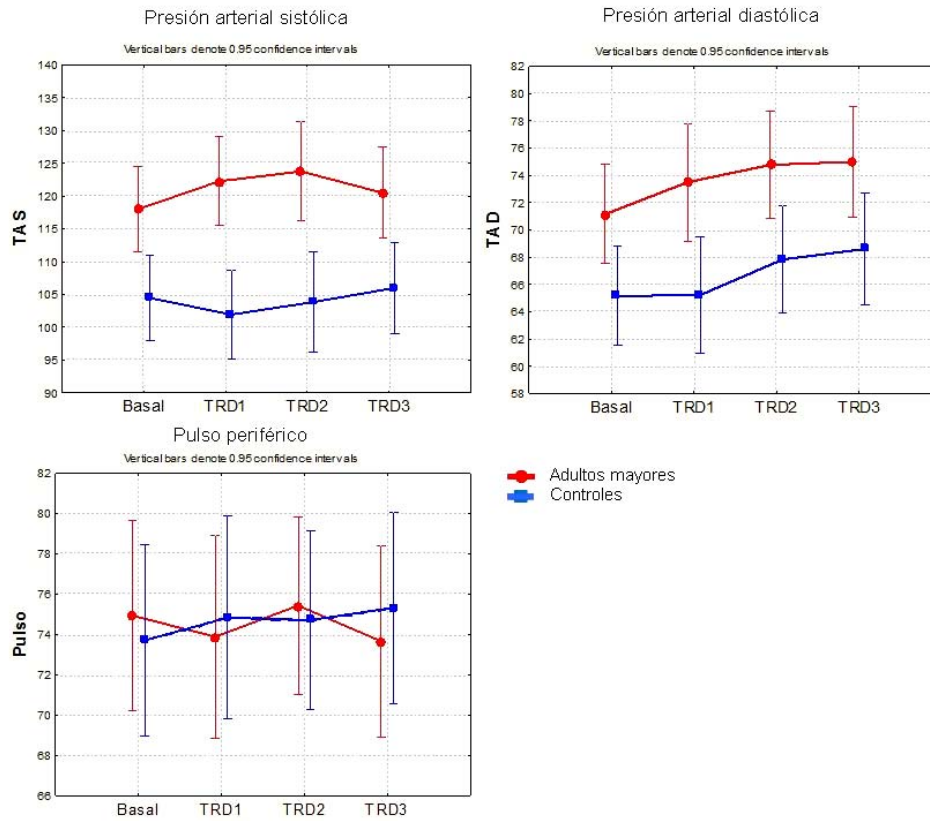
**Figura 2**  
**Distribución de los componentes de la distribución ex-gaussiana**



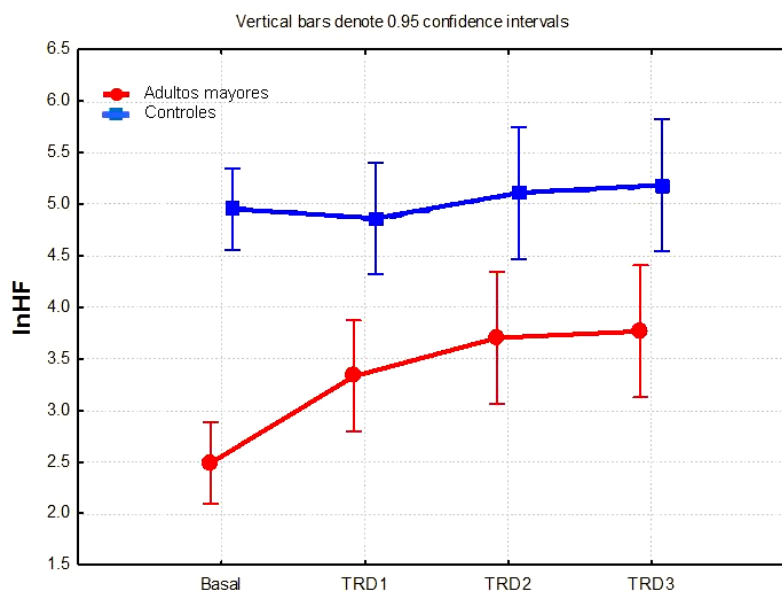
**Figura 3**  
**Distribución de los errores de comisión por grupo y tarea**



**Figura 4**  
Distribución de los parámetros de la reactividad cardiovascular



**Figura 5**  
Distribución del logaritmo natural de la HF por grupo y tarea

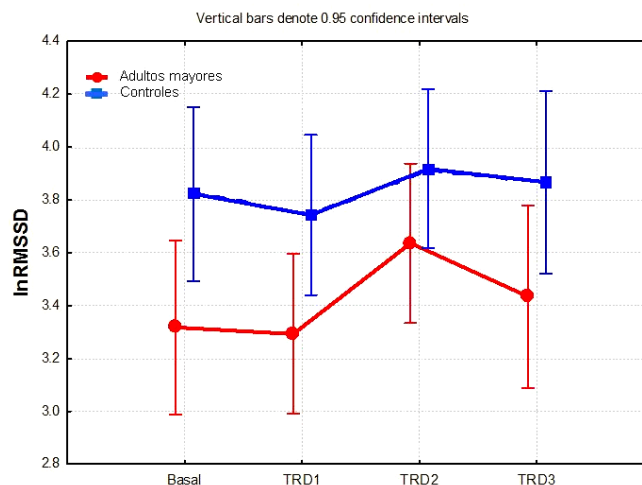


El ln RMSSD presentó un efecto de grupo [ $F_{(1,34)} = 4,18$ ;  $p < 0,049$ ;  $\eta^2_{\text{parcial}} > 0,11$ ], de tarea [ $F_{(3,102)} = 4,81$ ;  $p < 0,004$ ;  $\eta^2_{\text{parcial}} > 0,12$ ], pero no interacción [ $F_{(3,102)} = 0,86$ ;  $p < 0,46$ ;  $\eta^2_{\text{parcial}} > 0,25$ ]. Los adultos mayores exhibieron los valores medios menores. Los grupos difirieron entre sí en el estado basal y en la tarea 1 ( $p < 0,04$ ); a partir de la tarea 2 estas diferencias no se suscitaron ( $p > 0,08$ ). En las personas envejecidas se apreció un crecimiento entre el estado basal y la tarea 3, que no llegó a ser significativo excepto entre las tareas 1 y 2 ( $p < 0,001$ ). En los controles no se produjo aumento ( $p > 0,08$ ), comportamiento similar al explicado para el indicador ln HF. La figura 6 ilustra estos efectos <sup>a</sup>.

En el análisis de correlación en cada grupo por tareas, entre el componente  $\tau$  de la distribución ex-gaussiana, el

cual caracteriza la variabilidad de la velocidad de respuesta (VVR) provocada por lapsus de atención, y por la otra, la HF y RMSSD, que representan el control vagal del corazón, se encontró en los adultos mayores que a partir de la tarea dos, emergió una asociación positiva y significativa entre el componente  $\tau$  y ln HF ( $r_{\text{tarea2}} = 0,63$ ,  $p < 0,005$ ;  $r_{\text{tarea3}} = 0,50$ ,  $p < 0,035$ ) y entre  $\tau$  y ln RMSSD ( $r_{\text{tarea2}} = 0,54$ ,  $p < 0,022$ ;  $r_{\text{tarea3}} = 0,51$ ,  $p < 0,03$ ). En los controles jóvenes no se observó ninguna pauta de asociación ( $p > 0,09$ ). La tabla 2 puntualiza este análisis; obsérvense los valores remarcados. Estos resultados deben ser tomados con cautela, pues requiere de nuevos estudios para verificar su consistencia.

**Figura 6**  
Distribución del logaritmo natural de la RMSSD por grupo y tarea



**Tabla 2**  
Correlaciones entre  $\tau$  y los indicadores de la VFC

	$\tau$	ln HF	ln RMSSD
Adultos mayores	1	$r = 0,34$ , $p < 0,17$	$r = 0,19$ , $p < 0,48$
	2	<b><math>r = 0,63</math>, <math>p &lt; 0,005</math></b>	<b><math>r = 0,54</math>, <math>p &lt; 0,022</math></b>
	3	<b><math>r = 0,5</math>, <math>p &lt; 0,035</math></b>	<b><math>r = 0,51</math>, <math>p &lt; 0,03</math></b>
Controles	1	$r = 0,22$ , $p < 0,38$	$r = 0,30$ , $p < 0,23$
	2	$r = 0,41$ , $p < 0,09$	$r = 0,27$ , $p < 0,27$
	3	$r = 0,13$ , $p < 0,61$	$r = -0,07$ , $p < 0,78$

<sup>a</sup> La mayoría de las estimaciones del tamaño del efecto calculadas hasta aquí ( $\eta^2_{\text{parcial}}$ ) sobrepasaron el valor de 0,14, lo que habla a favor de la consistencia de estos resultados. Eta cuadrado parcial ( $\eta^2_{\text{parcial}}$ ) es una estimación de la proporción de la variación de la variable dependiente explicada por cada efecto.



## DISCUSIÓN

Esta investigación ha replicado los resultados obtenidos por Amador et al. en estudios anteriores: el decremento de la velocidad de procesamiento de la información por unidad de tiempo aparece como un déficit básicamente central que emerge cuando se incrementa la dificultad.<sup>(1)</sup> El carácter multiplicativo de este enlentecimiento, según se postula, es inherente a un proceso de reducción de la eficiencia en la coordinación o transmisión de la información en las redes neurales y se relaciona con una limitación en los mecanismos de control atencional.<sup>(1,7,14)</sup>

En una investigación realizada con una muestra de 56 choferes (25 con edades entre 22 y 44 años y 33 adultos mayores de 70 años) se corroboró el deterioro de las capacidades cognitivas inherentes al envejecimiento y el riesgo que esto conlleva para el desempeño de algunas ocupaciones.<sup>(15)</sup>

El análisis distribucional del TR llevado a cabo en el presente estudio, muestra que los grupos difieren en la media del componente ex-gaussiano ( $\mu$ ); estas diferencias son sensibles a las demandas de la tarea (efecto multiplicativo) y guardan relación con una reducción de la velocidad de las operaciones computacionales centrales (procesamiento de información de la tarea), hecho compatible con la influencia de un enlentecimiento general de todas las operaciones cognitivas. El patrón de enlentecimiento del parámetro  $\mu$  difiere del reportado en estudios anteriores, donde el efecto encontrado fue aditivo.<sup>(1,7)</sup> Pareciera como si las personas de la tercera edad estudiadas aquí experimentaran mayores demandas atencionales o de control ejecutivo.

De modo semejante a lo que sucede con  $\mu$ , las respuestas extremas lentas ( $\tau$ ), provocadas por la presencia de interrupciones transitorias en la regulación del curso eficiente de las operaciones mentales (lapsus de atención), exhiben una amplificación multiplicativa. Estos lapsus de atención inducen un aumento de la variabilidad en la distribución de los TR, y por esta vía una disminución de la velocidad de respuesta. Ese patrón de incremento del parámetro  $\tau$  sería la principal fuente, de conjunto con  $\mu$ , del enlentecimiento del tiempo central que se observa, no solo en el grupo de adultos mayores, sino también en las personas jóvenes.

En esta investigación también se encontró una asociación significativa entre el número de errores de comisión y el incremento de los componentes de la curva ex-gaussiana ( $\mu$ ,  $\sigma$  y  $\tau$ ), coherente con el hecho de que el decremento de la velocidad de respuesta en general y el aumento de la variabilidad en particular inducen una disminución de la calidad de la respuesta en los adultos mayores, debido a fallas del control ejecutivo.

En resumen: los adultos mayores son más variables y lentos que los controles jóvenes en el componente central del TR.

Resultados similares fueron obtenidos por MacAuley, West, Madden y Amador y sus respectivos colaboradores.<sup>(2,16)</sup>

En cuanto al análisis de la VFC mediada por el control vagal (HF y RMSSD) durante la ejecución de tareas de grado creciente de dificultad decisional, mostraron diferencias entre los grupos. Los adultos mayores exhibieron en ambos indicadores los valores menores, lo que pudiera estar revelando más preocupación, debido al alto nivel de expectativas con que asumen la realización del experimento. Sin embargo, en uno y otro indicador, en la medida en que aumenta la complejidad se produce un incremento gradual del tono vagal en estos sujetos, más evidente entre el nivel basal y la tarea tres. Inclusive, en el caso de la RMSSD a partir de la tarea dos las diferencias con el grupo control dejaron de existir (tabla 2). Este hecho no sucede en el grupo de jóvenes, en donde las comparaciones pareadas a lo largo de las tareas no resultaron significativas en ninguno de los dos indicadores. Entonces, la tendencia que se observa en el grupo de adultos mayores estudiados: incremento gradual del tono vagal como función de la complejidad, pudiera estar apuntando hacia una transición paulatina entre un foco atencional cerrado y otro flexible. Estos resultados son consistentes con el vínculo previamente establecido entre la variabilidad de la frecuencia cardiaca, los procesos inhibitorios y la función de la corteza prefrontal.<sup>(17)</sup>

Estudios que han investigado la modulación de la variabilidad cardiaca dependiendo de los retos y cómo estos evolucionan con las demandas específicas del contexto en adultos sanos han encontrado que las tareas atencionales que requieren un procesamiento cognitivo activo y una respuesta motora (tiempo de reacción, aritmética mental) contribuyen a una supresión vagal, aunque este efecto no siempre ocurre.<sup>(17)</sup>

Incluso se ha llegado a vaticinar que la pobre regulación autonómica durante y tras un suceso emocional estresante (ejemplo: la complejidad de la tarea), pudiera ser el nexo fisiológico entre un determinado trastorno psicopatológico y un deterioro cardiovascular.<sup>(18)</sup>

Por otro lado, también se plantea que en reposo una elevada VFC mediada por el control vagal, es expresión de un control prefrontal inhibitorio altamente funcional sobre estructuras subcorticales que permiten que el organismo produzca respuestas adaptativas ante determinadas situaciones, como, por ejemplo, distinguir entre seguridad y amenaza.<sup>(19)</sup>

Gazzellini et al. demostraron que con niveles elevados de preocupación, la VFC suele disminuir con respecto a la línea de base, y los lapsus de atención se incrementan al igual que los tiempos de reacción.<sup>(20)</sup>

Park et al. encontraron evidencias del vínculo que existe entre la actividad del tono vagal y la corteza prefrontal (mecanismo de *top down*) en el procesamiento de los estímulos emocionales, que se asocia a una atención



emocional flexible que parece ser adaptativa ante una situación determinada.<sup>(19)</sup>

En otro estudio donde se empleó una tarea de atención (detección de objetivos) y se midió el TR, se encontró que la VFC controlada por el sistema parasimpático pronosticaba una mayor variabilidad intraindividual del TR.<sup>(21)</sup>

Wood et al. encontraron en su investigación que, independientemente de las diferencias de la VFC relacionadas con la edad, la respuesta central cardiovascular ante un esfuerzo mental se mantiene intacta en adultos sanos.<sup>(22)</sup>

En el estudio realizado por Wawrzyniak et al. concluyeron que el enlentecimiento intraindividual del TR tiene una activación vagal y vascular sostenida, después de un estrés mental moderado.<sup>(7)</sup>

En el presente estudio al analizar la asociación a lo largo de las tareas, entre, por una parte, la variabilidad neuroconductual, expresada por el componente  $\tau$  de la distribución ex-gaussiana y, por la otra, la VFC estudiada a partir de dos indicadores propios del control vagal del corazón, la HF y la RMSSD, reveló asociaciones positivas significativas en el grupo de los adultos mayores a partir de la tarea dos: grado de dificultad medio. Así, en la medida en que se incrementa la complejidad y las consiguientes expectativas, aumenta la variabilidad asociada con lapsus de atención y también el control vagal del corazón, probablemente como un mecanismo homeostático de adaptación. En los controles esta pauta de asociación no se observó; la dificultad de la tarea no provocó expectativas, razón probable de un desempeño menos variable.

Una investigación publicada en el año 2018 encontró que aquellos individuos con valores altos de la variabilidad mediada por el control vagal, podían prevenir mejor los lapsus de atención, pero no las dificultades derivadas del control motor, y concluyeron que existe una relación diferencial entre el control vagal y los procesos cognitivos que debe ser esclarecida para entender el desempeño humano.<sup>(23)</sup>

En su conjunto, los resultados aportados aquí sugieren que en la muestra de adultos mayores sanos estudiada el incremento de la complejidad provoca, por una parte, un aumento de los lapsus de atención y correlativamente de la variabilidad neuroconductual y, por la otra, un predominio del control vagal como un mecanismo adaptativo de control homeostático de la corteza prefrontal a los desafíos del entorno. El vínculo entre estos procesos psicofisiológicos estrechamente relacionados con la salud supone un reto teórico y metodológico aún por dilucidar, en cuyo intento se inscribe la presente investigación.

A manera de síntesis, los adultos mayores sanos exhiben un patrón de enlentecimiento que se amplifica con la complejidad de la tarea y que estaría relacionado con limi-

taciones en los mecanismos de control atencional que provocan la ocurrencia de lapsus de atención que inducen un aumento de la variabilidad y, por consiguiente, el incremento de respuestas extremas lentas conducentes al aumento desproporcionado del tiempo de reacción. En los jóvenes este efecto es considerablemente menor. En las personas mayores estudiadas se observa desde los inicios una variabilidad de la frecuencia cardiaca mediada por el control vagal disminuida, que aumenta paulatinamente con el incremento de la dificultad de la tarea. Este efecto no fue observado en los jóvenes. En los adultos mayores sanos el incremento de la complejidad provoca, por una parte, un aumento de los lapsus de atención y correlativamente de la variabilidad neuroconductual y, por la otra, un predominio del control vagal como un mecanismo adaptativo de regulación de la corteza prefrontal a los desafíos del entorno.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Amador FJ, Mayor JH. Enlentecimiento cognitivo en la infección por el VIH: ¿un signo de envejecimiento prematuro? Revista Cubana de Salud y Trabajo. 2017 [acceso 26/01/2019];18(1):14-21 Disponible en: [http://bvvs.sld.cu/revistas/rst/vol18\\_1\\_17/rstsu117.htm](http://bvvs.sld.cu/revistas/rst/vol18_1_17/rstsu117.htm).
2. Amador FJ, Mayor JH. Variabilidad y enlentecimiento cognitivo en los adultos mayores: limitaciones del control atencional. Revista Cubana de Salud y Trabajo. 2016 [acceso 26/10/2017];17(4): 24-31 Disponible en: [http://bvvs.sld.cu/revistas/rst/vol17\\_4\\_16/rstsu416.htm](http://bvvs.sld.cu/revistas/rst/vol17_4_16/rstsu416.htm).
3. Jeria C, Hernández R, Benn C. Alteración de la variabilidad del ritmo cardiaco en pacientes con síndrome coronario agudo sin supra desnivel del segmento ST. Experiencia preliminar. Rev Chil Cardiológ. 2011 [acceso 22/03/2016];31:104-12. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-85602011000200003](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-85602011000200003).
4. León CA. Predicción de la muerte súbita cardiaca post infarto: ¿Tenemos otros métodos para predecir la muerte súbita cardiaca post infarto agudo de miocardio, además de la fracción de eyección? Insufic Card. 2011 [acceso 22/03/2016];6(3):144-50. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/3219/321927795006/>.
5. Pérez M, Almirall PJ, Pérez A, Amador FJ. Procedimiento para evaluar el efecto del esfuerzo mental sobre la salud cardiovascular utilizando la VFC como indicador de la activación central. Revista Cubana de Salud y Trabajo. 2014 [acceso 23/03/2016];15(2):57-72. Disponible en: <http://www.revcimeq.sld.cu/index.php/imq/articulo/viewFile/330/413>.
6. Pérez M, Almirall PJ, Pérez A. La variabilidad de la frecuencia cardiaca, un incuestionable indicador de la unidad biopsicosocial. Invest Medicoquir. 2015 [acceso 23/03/2016];7(2):292-312. Disponible en:

- <http://www.revcimeq.sld.cu/index.php/img/article/viewFile/330/413>.
7. Wawrzyniak AJ, Hamer M, Steptoe A, Endrighi R. Decreased reaction time variability is associated with greater cardiovascular responses to acute stress. *Psychophysiology*. 2016 [acceso 12/03/2018];53(5): 739–48. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26894967>.
  8. Hernández D. Desarrollo del software HRV Station v3.5 para el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) [trabajo de diploma]. Santa Clara: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas; 2012 [acceso 29/05/2020]. Disponible en: <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/2533/Day%C3%A1n%20Hern%C3%A1ndez%20Castro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
  9. Beissner F, Meissner K, Bär KJ, Napadow V. The autonomic brain: an activation likelihood estimation meta-analysis for central processing of autonomic function. *J. Neurosci*. 2013 [acceso 12/03/2018];33(25):10503–11. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23785162>.
  10. Massidda D. Reaction time analysis. 2013 [acceso 12/03/2018]; Disponible en: <http://www.humandata.it/>.
  11. Sink CA, Mvududu NH. Power, sampling, and effect sizes. Three keys to research relevancy. *Journal Counseling Outcome Research and Evaluation*. 2010 [acceso 12/03/2018];1(2):1-18. Disponible en: <https://sci-hub.tw/10.1177/2150137810373613>.
  12. Shuster E. Fifty years later: the significance of the Nuremberg Code. *New England Journal of Medicine*. 1997;337:1436-40.
  13. Amaro MC. Ética médica y Bioética. La Habana: ECIMED; 2009. p. 172. 2012 [acceso 3/10/2018]; Disponible en: <http://www.umc-products.com>.
  14. Amador FJ, Valdivieso JF, Bustamante RI, del Toro R, Ferrer Y. Enlentecimiento cognitivo en adultos mayores. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*. 2018 [acceso 26/01/2019];19(2):28-33. Disponible en: [http://bvs.sld.cu/revistas/rst/vol19\\_2\\_18/rstsu218.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/rst/vol19_2_18/rstsu218.htm).
  15. Salvia E, Petit C, Champely S, Chomette R, Di Rienzo F, Collet C. Effects of age and task load on drivers' response accuracy and reaction time when responding to traffic lights. *Front Aging Neurosci*. 2016 [acceso 26/01/2019];8:169. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4940374/>.
  16. 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. [http://bvs.sld.cu/revistas/rst/vol18\\_1\\_17/rstsu117.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/rst/vol18_1_17/rstsu117.htm).
  17. Mata JL. Mecanismos atencionales y preatencionales de los reflejos defensivos [tesis doctoral]. Granada: Facultad de Psicología de la Universidad de Granada; 2006 [acceso 14/04/2018]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=107238>.
  18. Castillo R, Anelo J, Fernández-Berrocal P. Regulación emocional y variabilidad de la frecuencia cardiaca en directivos varones sanos. *Rev Esp Cardiol*. 2013 [acceso 26/10/2017];66(9):753-4. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/extaut?codigo=2571113>.
  19. Park G, Van Bavel JJ, Vasey MW, Thayer JF. Cardiac vagal tone predicts attentional engagement to and disengagement from fearful faces. *Emotion*. 2013 [acceso 26/01/2019];13(4):645-56. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23914769>.
  20. Gazzellini S, Dettori M, Amadori F, Paoli B, Napolitano, Mancini F, et al. Association between Attention and heart rate fluctuations in pathological worriers. *Front Hum Neurosci*. 2016 [acceso 12/03/2018];10:648. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5187380>.
  21. Williams DP, Thayer JF, Koenig J. Resting cardiac vagal tone predicts intraindividual reaction time reaction time variability during an attention task in a sample of young and healthy adults. *Psychophysiology*. 2016 [acceso 12/03/2018];53(12):1843-51. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27658566>.
  22. Wood R, Maraj B, Lee CM, Reyes R. Short-term heart rate variability during a cognitive challenge in young and older adults. *Age and Ageing*. 2002 [acceso 28/03/2018];31:131-5. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11937476>.
  23. Spangler DP, Williams DWP, Speller LF, Brooks JR, Thayer JF. Resting heart rate variability is associated with ex-Gaussian metrics of intraindividual reaction time variability. *International Journal of Psychophysiology*. 2018 [acceso 12/03/2018];125:10–16. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167876017304932?openEntitledRecommendationsModal=true>.

---

Recibido: 26 de marzo de 2020      Aprobado: 15 de junio de 2020


---

## CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

**COPYRIGHT © 2020:** Roselia Inés Bustamante Rojas y Félix Jesús Amador Romero

## LICENCIA CREATIVE COMMONS

	<p>Este artículo de la <a href="#">Revista Cubana de Salud y Trabajo</a> está bajo una licencia <a href="#">Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)</a>. Esta licencia permite el uso, distribución y reproducción del artículo en cualquier medio o formato, siempre y cuando se otorgue el crédito correspondiente al autor del artículo y al medio en que se publica, en este caso <a href="#">Revista Cubana de Salud y Trabajo</a>.</p>
---	---