

# UNA PRUEBA PARA EVALUAR EL IMPACTO CARDIOVASCULAR (VFC) DE LAS EXIGENCIAS MENTALES. APLICABILIDAD Y VALIDEZ

# A TEST TO EVALUATE THE CARDIOVASCULAR IMPACT OF MENTAL DEMANDS. APPLICABILITY AND VALIDITY

Pedro Juan Almirall Hernández<sup>1</sup>

Alejandro Almirall Hernández<sup>2</sup>

Mónica Almirall Palenzuela<sup>3</sup>

Marilyn Pérez Lazo de la Vega<sup>4</sup>

## RESUMEN

**Introducción:** A partir de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) se cuenta con un procedimiento capaz de diferenciar los comportamientos cardiovasculares entre cardiopatas y sujetos sanos en condiciones de laboratorio. **Objetivos:** Modificar el procedimiento creado por Pérez y Almirall para ser utilizado en condiciones de terreno, evaluar trabajadores que están realizando su labor bajo exigencias mentales, y estudiar su validez predictiva. **Material y método:** En las instalaciones de la clínica cardiológica Coinsa de Barquisimeto, Venezuela, con todos los requerimientos ambientales se evaluaron 6 parejas, todos hombres, en un rango de edades de 36 a 64 años. De estas duplas uno era cardiopata diagnosticado por el servicio de cardiología de Coinsa y con una evolución de no menos de 60 ni mayor de 180 días. Todos los sujetos fueron pareados por edad, sexo y escolaridad, con seis sujetos sanos y sometidos todos a un procedimiento que se diseñó tomando en cuenta los resultados de una prueba enunciada por Pérez y Almirall, y que para nuestros intereses consta de dos momentos: a) la evaluación de la VFC en reposo, cinco minutos (línea de base), y b) el comportamiento de la VFC al ejecutar un ejercicio de tiempo de selección en una computadora personal portátil, donde se reprodujeron 50 estímulos y el sujeto debía escoger si era frecuente (cuadrado azul) o infrecuente (cuadrado amarillo). La VFC se evaluó mediante un Polar F7. **Resultados:** El enlentecimiento de la VFC fue significativamente ( $p < 0,01$ ) mayor en los cardiopatas (46-72 %) que en los sanos (8-12 %) cuando comparamos su línea de base con su ejecución; el 100% de los cardiopatas tuvieron una pérdida mayor de su "sinus arritmia", lo que nos hace pensar en un mayor desequilibrio autonómico en su Sistema Nervioso Autónomo. **Conclusiones:** El cambio de pantalla y la instrumentación en general para la presentación de los estímulos parece no influir en los resultados obtenidos, confirmando la hipótesis de que los que han sufrido alguna cardiopatía tiene un enlentecimiento de la VFC mayor que en un sujeto sano. El tamaño de la muestra es muy pequeño y no permite generalización alguna, pero los resultados son alentadores para continuar el camino de la investigación.

**Palabras clave:** variabilidad de la frecuencia cardiaca, cardiopatías, exigencias mentales

## ABSTRACT

**Introduction:** From the heart rate variability (HRV) a procedure is able to differentiate between behaviors cardiovascular heart disease and healthy subjects in laboratory conditions. **Objectives:** To modify the procedure created by Perez and Almirall to be used in field conditions, to evaluate workers realizing their work under mental demands, and to study its predictive validity. **Method:** On-site clinical cardiology COINSA of Barquisimeto, Venezuela, with all environmental requirements 6 couples were evaluated, all male, ranging in age from 36-64 years. Of these pairs one was diagnosed with heart disease by the cardiology service of COINSA and evolution of not less than 60 nor more than 180 days. All subjects were matched by age, sex and education, with six healthy and all subject to a procedure that was designed taking into account the results of a test enunciated by Perez and Almirall, and that for our interests has two moment: a) evaluation of HRV at rest, five minutes (baseline), and b) the behavior of HRV, to run an exercise of selection time in a portable personal computer, where 50 stimuli were played and the subject had to choose whether he was common (blue square) or infrequent (yellow square). HRV was assessed by a Polar F7. **Results:** The slowdown of HRV was significantly ( $p < 0.01$ ) greater in cardiac patients (46-72 %) than in healthy (8-12 %) when comparing the baseline with his execution; 100 % of patients with heart disease had a greater loss of their "sinus arrhythmia", which makes us think of a greater regional imbalance in the Autonomic Nervous System. **Conclusions:** The screen switching and instrumentation in general for the presentation of stimuli seems not to influence the results, confirming the hypothesis that those who have suffered heart disease has a greater slowing of the heart rate variability in a healthy subject. The sample size is very small and does not allow any generalization, but the results are encouraging to continue the path of research.

**Keywords:** heart rate variability, heart disease, mental demands

## INTRODUCCIÓN

Las enfermedades del corazón son un azote para la

<sup>1</sup> Licenciado en Psicología, Doctor en Ciencias Médicas, Máster en Salud de los Trabajadores, Investigador y Profesor Titular. Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores, La Habana, Cuba

<sup>2</sup> Médico especialista de I grado en Cardiología. Clínica COINSA, Barquisimeto, Venezuela

<sup>3</sup> Médico, Máster en Infectología. Clínica COINSA, Barquisimeto, Venezuela

<sup>4</sup> Licenciada en Psicología, Doctora en Ciencias Psicológicas, Investigadora Agregada. Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas, La Habana, Cuba

### Correspondencia:

DrC Pedro Juan Almirall Hernández

Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores

Calzada de Bejucal km 7½ nº 3035 entre Heredia y 1ª, La Esperanza, Arroyo Naranjo, La Habana, Cuba, CP10900

E-mail: [monape@infomed.sld.cu](mailto:monape@infomed.sld.cu)

humanidad. Influyen notablemente en la calidad de vida de la población mundial. Ocupa de los primeros lugares en el mundo con respecto a la mortalidad y los años de vida que no se disfrutan.

Podemos decir que dichas enfermedades son universales, ya que las estadísticas tanto de países desarrollados como en vías de desarrollo tienen a las cardiopatías entre los tres primeros lugares en el cuadro de salud-enfermedad de una población determinada<sup>1,2</sup>.

Una cantidad importante de aquejados de enfermedades crónicas en el mundo, número que va ascendiendo, y que está muy relacionado directa o indirectamente con la cardiopatías, lo aporta la población trabajadora, que según el país de que se trate, puede estar entre el 33 y el 60 % de la población total, de ahí que se le preste especial atención a los trabajadores que potencialmente pueden portar una cardiopatía<sup>1-3</sup>.

La reducción en la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) ha sido identificada como sensible y asociada a las exigencias mentales de una tarea y a la dificultad y exigencia emocional y atencional de la misma, aspecto que demostraron Kalsbeek en condiciones experimentales hace más de cuarenta años<sup>4-8</sup>.

Experimentos posteriores demostraron que la VFC es un indicador por excelencia del nivel de activación (NA) que determina, según Luria<sup>9</sup>, el tono funcional general de un sujeto, que en particular puede concebirse como un puente entre lo psíquico y lo físico, y que estas variaciones estaban asociadas a diversas enfermedades<sup>9-35</sup>.

El NA refleja el equilibrio del sistema nervioso autónomo (Simpático y Parasimpático), y numerosas enfermedades pueden estar asociadas a este NA, en particular las cardiopatías. Numerosas investigaciones se han realizado para relacionar la VFC con el esfuerzo mental. Desde los estudios de Kalbeek hasta la fecha se viene trabajando con este indicador, pues:

1. La VFC no es invasiva.
2. Resulta ser muy sensible a las exigencias mentales y a las variaciones de estas exigencias.
3. Son conocidas sus fuentes de variabilidad y, por tanto, pueden ser controladas.
4. No requiere de un equipamiento muy caro para su registro.

No se ha reportado en nuestro país ni a nivel mundial que conozcamos, ningún procedimiento que en la clínica cardiológica o en la salud ocupacional evalúe el riesgo de eventos cardiovasculares que representa trabajar en un ambiente laboral que impone exigencias mentales, o que permita realizar un pronóstico cuando los pacientes que padecen de una enfermedad cardiovascular se encuentran aptos, desde el punto de vista psicológico y cardiológico para la incorporación a este tipo de ambientes.

Esto ha centrado la investigación de que es posible lograr un procedimiento que pueda identificar aquellos trabajadores que potencialmente pueden padecer alguna enfermedad mucho antes de que la misma se manifieste.

Hace más de tres décadas un grupo de investigadores viene investigando en nuestra institución, el Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores de La Habana<sup>9-12,14,28</sup>, con los objetivos de:

1. Comprobar los hallazgos de múltiples investigaciones sobre la sensibilidad de este indicador.
2. Sentar las bases científicas para la creación de un procedimiento que pueda categorizar a los trabajadores en sanos o potencialmente enfermos.
3. Contar en la clínica psiquiátrica, cardiológica o psicológica, con una prueba estandarizada que evalúe la respuesta cardiovascular a partir de la VFC en sujetos realizando una actividad con exigencias mentales.

¿Que hallazgos pueden mostrar nuestros trabajos?

1. Han confirmado la sensibilidad y la capacidad de disminuir la VFC ante tareas que exigen un esfuerzo mental al realizarlas.
2. Que es necesario el cálculo de una línea de base, pues la sinus arritmia es particular de cada sujeto y se introducen grandes errores cuando se trabaja con valores promedios.
3. Que existe una asociación directa entre esta línea de base y el enlentecimiento de la VFC en la ejecución de la tarea.
4. Que la disminución de la VFC está en una proporción a la dificultad percibida por el sujeto sobre la solución de los paradigmas a que se someta.
5. Contamos con un procedimiento estandarizado en condiciones de laboratorio que logra discriminar entre sanos y cardiopatas en función del enlentecimiento de la VFC<sup>9-12,14,28</sup>.

Sin embargo, el procedimiento formalizado no es conveniente aún para ser llevado a terreno, ni permite la evaluación masiva de colectivos, o sea, trabajar con un criterio epidemiológico.

Se hace necesario transformar nuestro procedimiento de laboratorio en uno de terreno que permita a los investigadores estudiar su validez predictiva<sup>28</sup>.

## MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó una adecuación de la prueba de esfuerzo mental recomendada por Pérez<sup>28</sup>, pues esta resultó ser muy sensible en diferenciar cardiopatas de sanos a partir del enlentecimiento de la VFC. Esta prueba tiene las características siguientes:

1. Es una prueba de laboratorio con un enfoque “cuasiexperimental”.
2. Su ejecución consume alrededor de una hora, tiempo excesivo para evaluar poblaciones de trabajadores.
3. Se realiza con un dispositivo especial para evaluar los componentes del tiempo de reacción mediante el programa Split<sup>38</sup>, lo que puede tener un importante impacto en el *tiempo de reacción*, variable no contemplada en nuestra investigación.

Nótese que, independientemente del grado de dificultad que tenga el programa de estímulos en la prueba original, la diferencia entre sanos se mantiene en un 15-16 % de enlentecimiento, lo que sirvió de punto de partida para estudiar una prueba que pueda ser llevada al terreno sin considerar los tres momentos recomendados por los autores de la prueba original<sup>28</sup> (tabla 1).

**Tabla 1**  
Porcentajes de disminución de la VFC por cada tarea por grupos experimentales en función de la línea base

Situación experimental	Grupos	Media	% de disminución	% de diferencia entre grupos
Línea base	Enfermos	12,84		
	Sanos	13,15		
Tarea 1	Enfermos	7,21	46	15
	Sanos	8,60	31	
Tarea 2	Enfermos	6,28	54	16
	Sanos	7,86	38	
Tarea 3	Enfermos	5,16	62	16
	Sanos	6,56	46	

Fuente: Tesis de doctorado de Marilin Pérez Lazo de La Vega.(2013)

Mediante la adecuación se pretende que la prueba diseñada para el terreno:

1. Se pueda aplicar en cualquier PC, incluso portátil, para ser trasladada al ambiente laboral.
2. Que se consuma poco tiempo en su ejecución
3. Que mantenga su sensibilidad para clasificar sanos y cardiopatas.
4. Que sea apta para ser aplicada a grupos de trabajadores y clasificar a los mismos en sanos o potencialmente enfermos fundamentalmente.
5. Que permita ser sometida a un proceso de validación predictiva.

En esta experiencia intentaremos estudiar la validez predictiva de nuestra prueba tomando como criterios externos el diagnóstico de sanos o enfermos ya descrito.

En cuanto a los sujetos, fueron evaluados 6 cardiopatas, cuatro hombres y dos mujeres, diagnosticados a partir del ECO y el EKG y un examen físico, que eran pacientes del servicio de cardiología de Coinsa y con una evolución de no menos de 60 días ni mayor de 180. Todos los sujetos fueron pareados por edad, sexo y escolaridad, con seis sujetos sanos y que fueron diagnosticados con la aplicación de los mismos criterios (tabla 2).

**Tabla 2**  
Características generales de los sujetos sanos y los cardiopatas (N=12)

Cardiopatas/sanos	Edad	Sexo	Escolaridad
1	38	F	Secundaria
2	55	F	Secundaria
3	36	M	Primaria
4	64	M	Secundaria
5	59	M	Secundaria
6	62	M	Secundaria

Todos los indicadores utilizados para la clasificación en sanos y cardiopatas fueron los establecidos por las comparaciones con los valores normales: Modo M en

una población sana (mm) con edades comprendidas entre 20 y 97 años<sup>39</sup>.

Para la medida de la VFC, se utilizó la siguiente tecnología:

Polar. Medición de la respuesta cardiaca por Polar N° FT7™ (Polar Electro Oy, Finlandia). El registrador graba y muestra la frecuencia cardiaca, la frecuencia cardiaca promedio y el valor máximo de la frecuencia cardiaca en el intervalo de tiempo en que el sujeto está expuesto a la tarea de esfuerzo mental. Los valores de la VFC se calcularon a partir de las series de tiempo. Al este equipo solo ofrecer la frecuencia cardiaca y el intervalo de tiempo requerido, el transmisor WearLink®+ es el encargado de transmitir la señal de frecuencia cardiaca a la computadora de entrenamiento. El transmisor WearLink+ está formado por un transmisor y una banda; el equipo registrador se encuentra en forma de reloj pulsera (figuras 1 y 2). Los datos se llevaron

a coeficientes de variabilidad según la formula siguiente:

$$CL = X_{FC} \cdot \text{tiempo de ejecución}$$

donde:

CL        cantidad de latidos  
X<sub>FC</sub>     media de la frecuencia cardiaca

A partir de la cantidad de latidos se obtiene la desviación estándar con la siguiente fórmula, (Siegel, 1974) y finalmente el coeficiente de variabilidad:

$$DS = \frac{1}{2} \sqrt{CL}$$

**Figura 1**  
**Registrador en forma de reloj pulsera**



**Figura.2**  
**Transmisor, banda e interfase del Polar FT7™**



El programa de estímulos se aplicó mediante el software Split, el que fue utilizado por el autor como paradigma para la evaluación del tiempo de reacción, logrando descomponer el tiempo de reacción total en dos componentes: tiempo de decisión y tiempo motor<sup>36</sup>.

En nuestra experiencia solo se utilizó una de las posibilidades del Split, la de configurar un paradigma del tiempo de elección, mostrado en la pantalla de una PC portátil marca Dell y con 80 GB de memoria RAM, en la versión original, y que para otras investigaciones esta tarea solo se utilizó como aprendizaje de los sujetos.

Los resultados se expresan en una serie de tiempos utilizando para ello el coeficiente de variabilidad [CV = (DS /Media).100], y los cuales se consignan en por ciento Siegel (1974). Esta medida, aunque muy simple, ha tenido gran uso en los estudios de laboratorio, y en los intentos de llevar a terreno este indicador se calcula a partir de los r-r que se registran en nuestro dispositivo de evaluación continua, el Polar F7.

La tarea estandarizada consistía en la presentación de dos estímulos cromáticos (amarillo y azul) en una pantalla de fondo negro. Su aparición es controlada por el sujeto con el espaciador de la PC.

Uno es el llamado frecuente, que el sujeto reconoce al marcar con la mano derecha la tecla extrema de la parte inferior del teclado de la PC; el estímulo es un cuadrado azul, que debe marcar con el dedo índice de la mano derecha la tecla que aparece en la PC al extremo inferior derecho.

Con la misma mano derecha debe retornar al espaciador, y si aparece en pantalla un cuadrado amarillo, según nuestro paradigma este se denominará como infrecuente, y debe marcar la tecla del extremo izquierdo. No cabe duda de que las exigencias de la tarea son de

carácter mental, aunque reconocemos que no hay tareas completamente mentales ni completamente físicas<sup>3,21</sup>.

Primero se le hace un entrenamiento (nunca fue mayor de 5 minutos), asegurándonos que el sujeto comprende la tarea y su ejecución. Todos los sujetos fueron sometidos a 50 estímulos, 30 frecuentes y 20 infrecuentes, aleatorizados para cada sujeto.

La línea de base (LB) se calculó después de 5 minutos de reposo, sentado, donde se le evaluó la VFC o "arritmia sinusal" normal en condiciones de reposo. Sobre el cálculo de la LB hay diferentes puntos de vista en relación al tiempo que se debe usar para ese cálculo; algunos autores recomiendan desde 3 minutos hasta 24 horas usando diversas técnicas de registro y cálculo para establecer esta LB.

Inmediatamente, todos los sujetos fueron sometidos a la prueba descrita de elección de frecuente e infrecuente, según la aleatorización del propio software.

Todas las evaluaciones fueron realizadas en las instalaciones de Coinsa con los valores recomendados de temperatura, (20-25 °C), ruido [<75 dB(A)] y humedad (42 %).

Los datos fueron procesados mediante el programa SSPS en su versión 18, con el subprograma dedicado a estadística no paramétrica.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 3 vemos los resultados cuando comparamos los sujetos sanos y los cardiópatas en cuanto a su diferencia en la (LB) y la ejecución de la prueba. Los resultados obtenidos en esta comparación se ofrecen en por cientos, que expresan la VFC llevada esta a coeficientes de variabilidad (CV), los cuales son expuestos entre paréntesis.

**Tabla 3**  
**Resultados en la comparación de la LB y la ejecución de la tarea**

Sujeto	Sanos			Cardiópatas		
	Línea de base VFC	Ejecución de la tarea	% de variación (CV) (%)	Línea de base VFC	Ejecución de la tarea	% de variación
1	14,8	12,2	-2,6 (17,5)	10,2	7,8	-2,4 (23,5)
2	12,2	10,2	-2,0 (16,3)	9,6	6,1	-3,5 (36,4)
3	14,3	11,5	-2,8 (13,5)	11,5	9,1	-2,5 (12,1)
4	15,9	13,6	-2,3 (19,8)	10,2	5,9	-4,3 (23,5)
5	16,2	13,4	-2,8 (17,2)	11,6	8,8	-2,8 (24,1)
6	17,8	14,7	-3,1 (17,4)	12,5	6,5	-6,0 (48,0)
Media	15,2	12,6	-2,6 (17,2)	10,3	7,6	-3,6 (39,1)

El signo es para consignar que en todas las comparaciones encontramos un enlentecimiento de la VFC entre la LB y la ejecución de la tarea, o sea, que los doce sujetos evaluados disminuyeron su VFC cuando realiza-

ron la tarea con exigencias mentales y de atención., resultado descrito por numerosos autores citados en la literatura consultada y concordante con las investigaciones realizadas por nuestro equipo<sup>9-12,14,28</sup>.

Si comparamos la línea de base, volvemos a encontrar diferencias significativas entre la media de los cardiopatas y los sanos; la línea de bases es menor en los que sufren o han sufrido una cardiopatía, lo que nos habla de una menor variabilidad en su ritmo cardiaco, aun en condiciones de reposo.

Al menos en las condiciones de esta experiencia al contrastar las medias usando la estadística para pequeñas muestras, vemos que la VFC es significativamente diferente ( $T=0,649$ ;  $p<0,01$ ).

La observación de la tabla permite sugerir que la disminución de la VFC se presentó, aunque la tarea no exigía grandes esfuerzos para su realización, y aunque innegablemente sus exigencias fueron de carácter mental (selección de frecuente o infrecuente), pero la disminución de la VFC fue más visible en los sujetos con enfermedad cardiovascular.

Como se declara en el acápite anterior, todo el programa fue administrado en una PC portátil, sin descartar que esto tenga un fuerte impacto sobre los tiempos de reacción, pues cambia la estandarización que del procedimiento exigen sus autores.

Resultados similares con pruebas que requirieron incrementos en el esfuerzo mental en sujetos sanos fueron descritos por numerosos autores dentro y fuera del país en distintas épocas del estudio de la VFC<sup>9-25</sup>.

Perseguimos la hipótesis de que los pacientes con enfermedades cardiovasculares tienen un nivel de activación menos adecuado al realizar una tarea que exige atención, que los sujetos sanos. Estos resultados coinciden con otros estudios realizados en condiciones experimentales o de terreno.

En concordancia con estos hallazgos, algunos autores comprobaron que también existía una reducción estadísticamente significativa de la VFC entre los enfermos del corazón y los sujetos sanos al realizar una prueba de esfuerzo físico a partir de una disfunción del sistema autonómico (SNA) donde predomina una baja activación del parasimpático. Sin embargo, persiste gran incertidumbre con relación a la aplicación práctica de este conocimiento.

La disfunción del sistema nervioso autónomo parece estar en la base de este fenómeno y juega un rol destacado en la respuesta humana ante cualquier estímulo externo e inducido de forma controlada por el desempeño de una actividad en la que modificamos la homeostasis del sistema; este influye de carácter decisivo en la regulación de la actividad circulatoria, de la cual la VFC parece ser el indicador por excelencia y el nivel de activación su expresión más acabada<sup>32,37</sup>.

Cuando en la comparación entre sanos y cardiopatas podemos asegurar que la LB esta asociada a la disminución de la VFC. Aplicamos el modelo de correlación por rangos de Sperman ( $rs\ 0,78$ ;  $p<0,01$ ), que nos habla que existe un cierto condicionamiento funcional por parte

de los cardiopatas entre esta línea y la capacidad de activación evaluada esta mediante la VFC.

Los resultados apuntan a varias hipótesis, que deberán aclararse en próximos estudios. ¿Es particular esta disminución en la LB de los cardiopatas o es una respuesta funcional de carácter sistémico que nos esta anunciando que hay un desequilibrio autonómico producido por cualquier enfermedad en sus primeros estadios y en su curso?<sup>37-39</sup>.

Los límites recomendaron por los autores que primero llamaron la atención sobre este indicador y que pueden considerarse ya clásicos, que consideraban que un 10 % o más era producto de una disminución significativa del SNA<sup>4-7</sup>.

Inclusive los de Hydmann y Gregory<sup>20</sup>, investigando en psicóticos autistas, llegaron a demostrar que estos disminuían hasta un 40 % en condiciones de reposo, o sea, que constantemente estos sujetos se encontraban bajo los efectos de un “esfuerzo mental” considerable.

El enlentecimiento de la VFC superó ampliamente estos “puntos de corte” recomendados por estos autores, acercándose bastante a las cifras encontradas en psicóticos. Esto da pie a otra pregunta; ¿es la vida moderna, con su estrés cotidiano, responsable de la alza en las cardiopatías?

Otro aspecto importante es el cálculo de la LB y las variaciones que esta puede presentar, pues hemos comprobado que existe una relación entre la VFC de la LB y la ejecución de la prueba, y hay que encontrar el rango de tiempo óptimo para el cálculo de la LB.

A manera de conclusiones, no es posible ninguna generalización por lo reducido de la muestra y lo arbitrario de los criterios externos utilizados para el estudio de validación. No obstante, los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con los expuestos en nuestro programa de investigaciones; todos los sujetos en enlentecieron en más del 16 % su VFC al comparar su línea de base con la ejecución de la tarea. La VFC resulta mucho menor en los cardiopatas, los que tuvieron un enlentecimiento mayor que los sanos y siempre por encima del 16 %.

No parecen tener un impacto significativo para la evaluación de la VFC el no uso de la tecnología recomendada originalmente y su evaluación usando una PC portátil.

Los resultados fueron equivalentes a los obtenidos en el laboratorio con la nueva prueba. Debemos continuar investigando sobre la validez, quizás elaborando mejores criterios externos y aumentando y diversificando la muestra.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Organización Mundial de la Salud. Anuario estadístico. Ginebra: OMS; 2011.

2. Orduñez P. Enfermedades cardiovasculares en Cuba: determinantes para una epidemia y desafíos para la prevención y control. *Rev Cubana Salud Pública [serie en Internet]*. 2005 Dic [citado 13 Sep 2010];31(4). Disponible en: [http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-34662005000400002&lng=es](http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662005000400002&lng=es).
3. Almirall P. Ergonomía cognitiva. Usos y aplicaciones en salud ocupacional. Caracas: Editorial de la Universidad Central de Venezuela; 2001.
4. Kalsbeek JW. On measurement of deterioration in performances caused by distraction Stress. *Ergonomics*. 1964;7:187.
5. Kalsbeek JW. Objective measurement of mental load. *Acta Physiologic. Ergonomics*. 1965;27:253.
6. Kalsbeek JW. Mesure objective de la surcharge mentales mauvelles applications de la Methode des doubles taches. *Le travail Human*. 1965;28 :121.
7. Kalsbeek, JW. Do you believe in the sinus arrhythmia? *Ergonomics*. 1978;17:93.
8. Luria AR. El cerebro en acción. Madrid: Editorial Fontanella; 1974.
9. Almirall PJ. Relación entre índices subjetivos y objetivos de fatiga. Validación de una prueba. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. 1982; 20;2.
10. Almirall P, Santander J, Vergara A. La variabilidad de la frecuencia cardiaca como indicador del nivel de activación ante el esfuerzo mental. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. 1995;18(2).
11. Almirall P. Personalidad y evaluación del estado funcional en cardiopatas y sujetos sanos. Un estudio experimental. *Rev Investigaciones Medicoquirúrgicas*. 2010;2(1):5-11. ISSN 1025 – 7292
12. Almirall P. Metodisches Vergeben sur Messung von Wirkungen mentaler Belasturgen. *Hygiene und in Grensgebiete*. 1986;5.
13. Cowley B, Revaja N, Heikura T. Cardiovascular physiology predicts learning effects in a serious game activity. *Computers & Education*. 2013;60(1): 299–309.
14. Escalona Y. La VFC como indicador de carga psíquica. Un estudio de simulación. Trabajo de terminación de maestría. La Habana: Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores; 2000.
15. Meerwijk EL, Chesla CA, Weiss SJ. Psychological pain and reduced resting-state heart rate variability in adults with a history of depression. *Psychophysiological*. 2014;51(3):247–56.
16. Evrengul H, Tanriverdi H, Kose S, Amasyali B, Kilic A, Celik T, Turhan H. The relationship between heart rate recovery and heart rate variability in coronary artery disease. 2006;11(2):154-62.
17. Garde AH, Laursen B, Jørgensen AH, Jensen BR. Effects of mental and physical demands on heart rate variability during computer work. *Eur J Appl Physiol*. 2002;87(4-5):456-61.
18. Park G, Vasey MW, Van Bavel JJ, Thayer JF. When tonic cardiac vagal tone predicts changes in phasic vagal tone: The role of fear and perceptual load. *Psychophysiology*. 2014;51(5):419-26.
19. Hemingway H, Shipley M, Brunner E, Britton A, Malik M, Marmot M. Does autonomic function link social position to coronary risk? The Whitehall II study. *Circulation*. 2005;14;111(23):3022-4.
20. Hyndman B, Gregory JR. Spectral analysis of sinus arrhythmia during mental loading. *Ergonomics* 1975; 18(3):255.
21. Yoshitake H. Three characteristic patterns of subjective fatigue symptoms. *Ergonomics*, 1978;21(3):231-3.
22. Hoogwegt MT, Pedersen SS, Theuns DA, Kupper N. Relation between emotional distress and heart rate variability in patients with an implantable cardioverter-defibrillator. *Psychophysiology*. 2014; 51(2):187–96.
23. Makowiec-Dabrowska T, Bortkiewicz A, Radwan-Włodarczyk Z, Koszada-Włodarczyk W, Leśnik H [Participation of mental workload in circulatory system reaction to occupational work. *Med Pr*. 1992;43(5):391-401.
24. Rosas M, Sandoval J, Attie F, Pulido T, Santos E, Granados NZ, Miranda T, Escobar V. Implicaciones clínicas y pronosticas del estudio circadiano de la modulación simpático-vagal de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en pacientes con hipertensión arterial pulmonar grave. *Gac Méd.Méx*. 2006;142(1): 19-28.
25. Mazurak N, Seredyuk N, Teufel M, Saber H, Enck P. Heart rate variability in the irritable bowel syndrome: a review of the literatura. *Neurogastroenterology & Motility*. 2006; 24(3):206–16.
26. Park SB, Lee BC, Jeong KS. Standardized tests of heart rate variability for autonomic function tests in healthy Koreans. *Int J Neurosci*. 2007;117(12):1707-17.
27. Landsbergis P, Cedillo L, De León-León G, Sean ME, Collins M, Díaz FJ, A job strain and heart rate variability in resident physicians within a general hospital. *American Journal of Industrial Medicine*. 2013;56:38–48.
28. Pérez LM. Procedimiento para evaluar el efecto del esfuerzo mental utilizando la variabilidad de la frecuencia cardiaca. Tesis de doctorado en Psicología. La Habana: Cimeq – Insat; 2013.
29. Agelink MW, Malessa R, Baumann B, Majewsky T, Akila F, Zeit T, Ziegler D. Standardized tests of heart rate variability: normal ranges obtained from 309 healthy humans, and effects of age, gender, and heart rate. *Clin Auton Res*. 2001;11(2):99-108.
30. Straburzyńska-Migaj E, Ochotny R, Wachowiak-Baszyńska A, Straburzyńska-Lupa A, Leśniewska K, Wiktorowicz K, Cieśliński A. Cytokines and heart

- rate variability in patients with chronic heart. Failure. *Kardiol Pol.* 2005;63(5):478-85.
31. van Amelsvoort LG, Schouten EG, Maan AC, Swenne CA, Kok FJ. Occupational determinants of heart rate variability. *Int Arch Occup Environ Health.* 2000;73(4):255-62.
  32. Mazzeo T, La Monaca E, Di Leo R, VITAL G, Santamaria B. Heart rate variability: a diagnostic and prognostic tool in anesthesia and intensive care. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica.* 2011;55(7):797-811.
  33. Meerwijk EL, Chesla CA, Weiss SJ. Psychological pain and reduced resting-state heart rate variability in adults with a history of depression. *Psychophysiological.* 2014;51(3):247-56.
  34. Ten Sande JN, Damman P, Tijssen JG, De Groot JR, Knops RE, Wilde AA, Van Dessel PF. Value of serial heart rate variability measurement for prediction of appropriate icd discharge in patients with heart failure. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology.* 2014;25(1)60-5.
  35. Ahmad S, Ramsay T, Huebsch L, Flanagan S, McDiarmid S, Batkin I, McIntyre L, Sundaresan SR, Maziak DE, Shamji FM, Hebert P, Fergusson D, Tinmouth A, Seely AJE. Continuous multi parameter heart rate variability analysis heralds onset of sepsis in adults. *Plos ONE.* 2009;4(8):1-10.
  36. Amador Romero FJ. Detección temprana de enlentecimiento cognitivo en la infección por VIH: ¿un signo de envejecimiento prematuro? Tesis de doctorado en Ciencias de la Salud. La Habana: Universidad de Ciencias Médicas de La Habana; 2010.
  37. Oh JK. *Echo Manual*, Mayo Clinic. Assessment of ventricular function. Ed Little Brown and Company; 2010.
  38. Park G, Vasey MW, van BavellianJJ, Julian F, Thayer F. When tonic cardiac vagal tone predicts changes in phasic vagal tone: The role of fear and perceptual load. *Psychophysiology.* 2014;51(5):419-26.
- 

**Recibido:** 20 de julio de 2014

**Aprobado:** 30 de septiembre de 2015