

PROCEDIMIENTO PARA EVALUAR EL EFECTO DEL ESFUERZO MENTAL SOBRE LA SALUD CARDIOVASCULAR UTILIZANDO LA VFC COMO INDICADOR DE LA ACTIVACIÓN CENTRAL

A PROCEDURE FOR ASSESSING THE EFFECT OF MENTAL EFFORT ON CARDIOVASCULAR HEALTH USING HRV AS AN INDICATOR OF CENTRAL ACTIVATION

Marilín Pérez Lazo de la Vega ¹
Pedro Juan Almirall Hernández ²
Aylen Pérez Barreda ³
Félix Jesús Amador Romero ⁴

RESUMEN

Introducción y objetivos: Existen evidencias de que la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) es un indicador del nivel de activación general de un sujeto, y que esta disminuye cuando se realizan tareas con exigencias de atención, emocionales o cuando hay una disminución del estado funcional. **Material y método:** Se les aplicó una evaluación cardiológica a treinta y dos parejas de sujetos "casi gemelos", lo cual permitió clasificarlos en casos y controles. Todos los participantes realizaron una prueba para evaluar su tiempo de discriminación (TD) en tres niveles de dificultad, simulados en el software Split. De manera simultánea, se les registró la VFC mediante una tecnología de medición continua Polar F7TM. Toda la información fue procesada en el SPSS en su versión 18. **Resultados:** Los sujetos que habían sufrido una cardiopatía mostraron una mayor disminución de la VFC, independientemente que estuvieran medicados o no, expresada en coeficientes de variabilidad. La diferencia fue a favor de los sujetos sanos, que mostraron un decrecimiento significativamente menor comparado con los cardiopatas. No se encontraron diferencias por sexo, edad, percepción de las exigencias de trabajo o escolaridad. **Conclusiones:** En una proporción significativa, los que han padecido de una cardiopatía tiene un nivel de activación reflejado por su VFC más baja al realizar una tarea que exige atención, que los sujetos sanos. Es recomendable la validación en condiciones de terreno de este procedimiento.

Palabras clave: frecuencia cardíaca, variabilidad de la frecuencia cardíaca, nivel de activación general

ABSTRACT

Introduction and objectives: There is evidence that the heart rate variability (HRV) is an indicator of the level of general activation of a subject, and that this decreases when performing tasks with demands

for attention, emotional or when there is a lowering of functional. **Material and methods:** We used an cardiological evaluation to thirty-two pairs of "almost twins" subjects, which allowed to classify them in cases and controls. All participants performed a test to assess their discrimination time (DT) in three difficulty levels, simulated in software SPLIT. Simultaneously, HRV data recorded by continuously measuring technology Polar F7TM. All information was processed in SPSS version 18. **Results:** Subjects who had suffered a heart showed a greater decrease in HRV, regardless of whether they were medicated or not, expressed as coefficients of variation. The difference was in favor of the healthy subjects showed significantly less decline compared with cardiac patients. No differences by sex, age, perception of the demands of work or school were found. **Conclusions:** In a significant proportion of those who have suffered a heart has a trigger level reflected by their lower when performing a task that demands attention HRV, than healthy subjects. We recommend validation under field conditions this procedure.

Keywords: heart rate, heart rate variability, general activation level

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades cardiovasculares constituyen un problema socio-sanitario de primer orden a nivel mundial, y durante décadas ha sido una de las principales causas de muerte y discapacidad en los países industrializados, La Oficina Nacional de Estadísticas, según el Anuario Estadístico de Cuba ¹, reportó que las enfermedades del corazón constituyen la primera causa de muerte a todas las edades en nuestro país, desde el año 2005 hasta el 2010.

¹ Licenciada en Psicología, Máster en Psicología Clínica, Investigadora Agregado. Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas, La Habana, Cuba

² Licenciado en Psicología, Doctor en Ciencias Médicas, Máster en Salud de los Trabajadores, Investigador y Profesor Titular. Vicedirección de Investigaciones y Docencia, La Habana, Cuba

³ Médico especialista de I grado en Cardiología, Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas, La Habana, Cuba

⁴ Licenciado en Psicología, especialista en Psicología de la Salud, Doctor en Ciencias de la Salud, Máster en Salud de los Trabajadores, Investigador Auxiliar, Profesor Instructor. Departamento de Fisiología, Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores, La Habana, Cuba

Correspondencia:

MSc Marilín Pérez Lazo de la Vega
Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas
Calle 216 y 11b, Reparto Siboney, Playa, La Habana, CP 12100, Cuba
E-mail: mplvega@infomed.sld.cu

No se ha reportado en nuestro país, ni a nivel mundial, ningún procedimiento en la clínica cardiológica o la psicológica, utilizando variables de que se expresen a nivel psicofisiológico y que evalúe el riesgo de eventos cardiovasculares que representa trabajar en un ambiente laboral expuesto a esfuerzo mental, o que permita realizar un pronóstico o cuando los pacientes que padecen de una enfermedad cardiovascular se encuentran aptos, desde el punto de vista psicológico, para la incorporación a este tipo de ambientes, al menos en conocimiento de estos autores. Por este motivo, muchas veces regresan a las consultas de los especialistas pacientes que han sufrido recaídas o nuevos eventos cardiológicos una vez reincorporados a sus mundos laborales, aptos desde el punto de vista clínico y físico. Por tanto, resulta necesario para la cardiología, la psicología de la salud y la medicina del trabajo, desarrollar métodos que permitan pronosticar este riesgo.

La actividad laboral constituye un área muy importante en la vida del ser humano y está catalogada como una de las mayores generadoras de estrés crónico². Los avances tecnológicos e informáticos condicionan cada vez más la vida del hombre al crear ambientes de trabajo físicamente menos agresivos y más confortables, pero más generadores de tensión y saturación emocional. El progreso científico-técnico condiciona el crecimiento de las exigencias cognoscitivas, aumenta la responsabilidad del trabajador y, sobre todo, el grado de participación en la toma de decisiones, por lo que se convierte en un problema de investigación la búsqueda de procedimientos que logren una verdadera prevención en los ambientes laborales, conocedores que en la dialéctica de las exigencias serán cada vez mayores las mentales que los esfuerzos físicos³.

¿Es efectivo el procedimiento que definiremos en esta investigación como *prueba de esfuerzo mental* para evaluar de modo confiable el comportamiento de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) como indicador pronóstico del riesgo de eventos cardiovasculares en pacientes con estas enfermedades y en sujetos sanos?

A partir de esta problemática, surgen las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cómo se expresan las características de la VFC durante la aplicación de protocolos incrementales escalonados de esfuerzo mental en pacientes diagnosticados con enfermedades cardiovasculares y en sujetos sanos?
- ¿Podemos formalizar indicadores para el diseño de un procedimiento diagnóstico que valore la respuesta autonómica (VFC) ante el esfuerzo mental?

Los métodos para evaluar la movilización psicofisiológica han sufridos grandes transformaciones y uno de ellos ha sido, sin lugar a dudas, el estudio de la variabilidad de la frecuencia cardiaca. La VFC como indicador

psicofisiológico de esfuerzo mental data de principio de siglo, siendo investigado durante muchos años, pero retomado su estudio por numerosos científicos en la década de los 90. Es una herramienta no invasiva, capaz de revelar la intensidad del esfuerzo mental y su repercusión sobre la funcionalidad humana mucho antes que cualquier deterioro en el rendimiento o en la ejecución de la tarea, convirtiéndose en un indicador de capacidad funcional en los sujetos expuestos a exigencias mentales⁴.

En épocas tan tempranas como la década de los 70, Luria considera que el hombre contaba con tres unidades funcionales fundamentales, que se expresaban por medio de la activación de los sistemas de acción que permitían la vida de relación, una unidad general que estaba representada por los ritmos biológicos, la unidad para almacenar información y la dedicada a la clasificación en interpretación de la misma. La VFC parece ser uno de esos genuinos representantes del nivel de activación general. De largo estudio en su devenir histórico, es el eje central de nuestra investigación.

MATERIAL Y MÉTODO

Muestra

En nuestro estudio participaron 64 sujetos, 32 pacientes con diagnósticos de enfermedades cardiovasculares y 32 sujetos sanos, cuyas edades estuvieron comprendidas entre 20 y 66 años, divididos por sexo. La media de la edad fue de 48,09 años, por lo que puede considerarse una población relativamente joven, donde la mayoría se encuentra vinculada a la actividad laboral. Todos fueron sometidos a un examen psicológico y cardiológico para su clasificación en sujetos cardiopatas y sanos.

Examen cardiológico

A cada paciente se le llenó una historia clínica con énfasis en las enfermedades cardiovasculares, así como en síntomas y signos asociados a estas enfermedades, a partir de un ecocardiograma.

Evaluación psicofisiológica del experimento

Todas las evaluaciones se realizaron por el mismo equipo de investigadores en un laboratorio que se habilitó en las instalaciones del Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas (CIMEQ).

Dicha evaluación consistió en la realización de la tarea tres del programa de estímulos *Split Reaction Time Test*, mientras se registra de manera continua el parámetro psicofisiológico VFC mediante el Polar F7™ (Polar Electro Oy, Finlandia).

Esta experiencia implica la realización de tres niveles de tareas de tiempo de reacción discriminativo con diferente nivel de complejidad, que exigen de una gran variedad de demandas de procesamiento (memoria, atención, percepción, toma de decisiones, etc.), que aumentan en la medida que aumenta el nivel de complejidad de la tarea. A estas tareas el sujeto se enfrenta con facilidad, e inclusive a la manera de un pasatiempo. Estos niveles de dificultad serán aplicados a los sujetos de manera aleatoria para combatir el efecto de la fatiga.

La tarea utilizada en el Split presenta dos estímulos visuales, a los cuales debe reaccionar el sujeto marcando si el estímulo comparativo es frecuente o infrecuente, categoría previamente acordada entre el investigador y el sujeto. En cada nivel se evaluaron con 50 estímulos, de los cuales 20 eran infrecuentes. Antes de la evaluación, se realiza el entrenamiento.

La respuesta cardiaca fue controlada por el Polar N° FT7™. La computadora para el entrenamiento graba y muestra su 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. 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 y el equipo registrador se encuentra en forma de reloj pulsera. Se evaluaron cuatro momentos, valores en la línea base, y después de concluida cada tarea aplicada.

Los valores de la variabilidad de la frecuencia cardiaca se calcularon a partir de las series de tiempo y se expresaron en coeficientes de variabilidad. Utilizamos la siguiente fórmula matemática para obtener la VFC:

$$\text{Media de la frecuencia cardiaca} = \text{XFC} = \text{Cantidad de latidos} / \text{tiempo de ejecución}$$

A partir de la cantidad de latidos, obtendremos la desviación estándar correspondiente y finalmente el coeficiente de variabilidad⁵.

Resumiendo, nuestro procedimiento cuenta con los siguientes pasos:

1. Colocación del registrador de la respuesta cardiovascular, Polar F7™.
2. Evaluación de la línea base.
3. Entrenamiento.
4. Momento evaluativo.

1. Colocación del registrador de la respuesta cardiovascular, POLAR F7™

Pasos necesarios para comenzar el registro de las respuestas psicofisiológicas:

- a. Mojar las áreas de los electrodos de la banda con agua.
 - b. Acoplar el transmisor a la banda. Ajustar la longitud de la banda de manera que quede ajustada, pero que no moleste.
 - c. Ajustar la banda alrededor del pecho justo debajo de los músculos pectorales y fijar la hebilla al otro extremo de la banda.
 - d. Comprobar que las áreas humedecidas de los electrodos estén firmemente adheridas a la piel y que el logotipo de Polar se encuentre en posición vertical y centrada.
 - e. Colocar el registrador.
2. Evaluación de la línea base

La línea de base se determinó registrando los parámetros cardiovasculares durante cinco minutos en condiciones basales. Esta evaluación se realizó después de que el sujeto reposara sentado por 10 minutos.

3. Entrenamiento

Con la intención de obtener resultados confiables en la evaluación psicofisiológica, se explica de manera exhaustiva a cada sujeto objeto de la evaluación la prueba en su totalidad y se realiza un entrenamiento, que tiene como objetivo fundamental lograr una comprensión de la tarea y ejercitar al sujeto en el paradigma para la evaluación del tiempo de reacción que exige la configuración de dicho programa. El número de exposiciones es de 25 (10 infrecuentes y 15 frecuentes).

4. Momento evaluativo

El sujeto tendrá que realizar las tareas sobre exigencias mentales del programa de estímulos que proporciona el programa Split. Son tareas de tiempo de reacción discriminante con tres niveles de dificultad. Consisten en la presentación de dos estímulos visuales, a los cuales debe reaccionar el sujeto marcando si el estímulo comparativo es frecuente o infrecuente, categoría previamente acordada entre el evaluador y el sujeto. En todos los casos se simultanean las medidas del tiempo de reacción y la VFC con la presentación de la prueba estandarizada del tiempo de reacción discriminativo con tres grados de dificultad creciente. Es importante aclarar que la ejecución de las tareas se debe realizar variando el orden de presentación según la dificultad de la tarea, con el objetivo de eliminar el efecto que el cansancio pudiera tener en los resultados obtenidos.

Al mismo tiempo en que el sujeto soluciona las tareas que demandan esfuerzo mental, se lleva a cabo

un registro continuo de medidas psicofisiológicas (VFC). Este registro permite la elaboración de tres mediciones del parámetro psicofisiológico, una medición para cada tarea de exigencia mental.

Al evaluar el desempeño por los tres niveles de complejidad de la tarea, es necesario que el sujeto tome un reposo de cinco minutos entre cada nivel. Todas las mediciones se hicieron por el mismo equipo de trabajo, contando con una computadora personal P4 con plataforma Windows XP.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La edad no mostró relación con la VFC para ninguno de los valores obtenidos en las cuatro evaluaciones realizadas según la prueba de χ^2 (Chi cuadrado). Estos resultados se pueden observar en las siguientes tablas agrupadas bajo el título Tabla 1.

Tabla 1
Pruebas de χ^2

		Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Edad – línea base	χ^2 de Pearson	126,321 ^a	124	0,425
	Nº de casos válidos	64		
Edad – tarea 1	χ^2 de Pearson	137,328 ^a	124	0,195
	Nº de casos válidos	64		
Edad – tarea 2	χ^2 de Pearson	68,641 ^a	62	0,262
	Nº de casos válidos	64		
Edad – tarea 3	χ^2 de Pearson	87,656 ^a	93	0,637
	Nº de casos válidos	64		

Estos datos permiten sugerir que la disminución de la VFC no está afectada por la edad del sujeto y es un buen indicador general del equilibrio autónomo. Los resultados coinciden con los de otras investigaciones consultadas⁶. Una interesante investigación donde se compara el comportamiento de la VFC entre individuos jóvenes (20-25 años) y adultos mayores (72-91) ante tareas que exigen atención, medidas a través de tiempos de reacción, reveló que la VFC disminuía ante la exi-

gencia cognitiva sin establecer diferencias entre los grupos, concluyendo que la modulación del sistema autónomo sobre la función cardíaca durante el estrés muestra respuestas fisiológicas similares en jóvenes y adultos mayores⁷.

En cuanto al sexo, no se encontraron diferencias significativas al comparar las medias de los valores de la VFC en sus cuatro evaluaciones (tablas 2 y 3).

Tabla 2
Comportamiento de la VFC por sexo

	Sexo	N	Media	Desviación típica	Error típico de la media
Línea base	Masculino	32	13,28	1,276	0,226
	Femenino	32	12,97	1,257	0,222
Tarea 1	Masculino	32	8,19	1,030	0,182
	Femenino	32	7,88	0,907	0,160
Tarea 2	Masculino	32	6,88	0,707	0,125
	Femenino	32	6,75	0,803	0,142
Tarea 3	Masculino	32	5,78	0,832	0,147
	Femenino	32	5,81	0,821	0,145

Tabla 3
Prueba de muestras independientes

Coeficiente de variabilidad		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Significación	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típico de la diferencia	Intervalo de confianza 95 % para la diferencia	
									Inferior	Superior
Línea base	Se han asumido varianzas iguales	0,119	0,731	0,987	62	0,327	0,313	0,317	-0,320	0,945
	No se han asumido varianzas iguales			0,987	61,986	0,327	0,313	0,317	-0,320	0,945
Tarea 1	Se han asumido varianzas iguales	1,718	0,195	1,288	62	0,202	0,313	0,243	-0,172	0,797
	No se han asumido varianzas iguales			1,288	61,026	0,203	0,313	0,243	-0,173	0,798
Tarea 2	Se han asumido varianzas iguales	2,396	0,127	0,661	62	0,511	0,125	0,189	-0,253	0,503
	No se han asumido varianzas iguales			0,661	61,020	0,511	0,125	0,189	-0,253	0,503
Tarea 3	Se han asumido varianzas iguales	0,052	0,821	-0,151	62	0,880	-0,031	0,207	-0,444	0,382
	No se han asumido varianzas iguales			-0,151	61,988	0,880	-0,031	0,207	-0,444	0,382

El resultado del análisis de las variables anteriores y de las que se exponen a continuación: nivel educacional, tipo de exigencia laboral, tiempo total de trabajo; fue muy útil, pues al no mostrar diferencias significativas entre grupos experimentales, permite focalizar la atención del comportamiento de la VFC a su relación con la exposición a esfuerzo mental y estado de salud.

Menos del 20 % de los sujetos evaluados por cada grupo, posee un nivel educacional secundario. La mayo-

ría pertenece a los niveles que comprenden una escolaridad igual o superior al 12° grado. La distribución de la muestra según los grupos experimentales y el nivel de escolaridad se exponen en la tabla 9. El nivel de escolaridad no mostró diferencias significativas para ambos grupos experimentales, según el coeficiente de contingencia, ($p = 0,932$) (tablas 4 y 5).

Tabla 4
Distribución de la muestra según el nivel de escolaridad

Grupos	Escolaridad					
	9° grado	%	Preuniversitario	%	Universitario	%
Enfermos	5	15,6	16	50,0	11	34,4
Sanos	4	12,5	17	53,1	11	34,4

Tabla 5
Medidas simétricas

		Valor	Sig. aproximada
Nominal por nominal	Coefficiente de contingencia	0,047	0,932
Nº de casos válidos		64	

La mayoría de los evaluados considera su trabajo en las categorías de tipos 1 y 2 de exigencias, es decir mixtas (40 % de la muestra) y mentales (60 %). Estos resultados se muestran en la tabla 6. El tipo de exigencias

ocupacionales percibidas a las que están expuestos en sus medios laborales se realizó según la clasificación de Yoshitake⁸.

Tabla 6
Distribución de los grupos estudiados según el tipo de exigencia autopercebida en el trabajo

Exigencia	Grupos		Total
	Enfermos	Sanos	
Mixtas	13	12	25
Mentales	18	19	37
Total	31	31	62

Dos de los sujetos evaluados son jubilados y, por tanto, no aparecen en la distribución al no responder a esta interrogante. El tipo de exigencias percibidas en el trabajo por el grupo de pacientes y por los sujetos sanos, no mostró diferencias significativas según el coeficiente de contingencia, $p = 0,796$, por lo que se consideró su composición homogénea para los fines de la investigación (tabla 7).

La media del tiempo de trabajo total fue de 26,53 años; para el grupo de sujetos sanos fue de 26,78 años, y para el grupo de enfermos de 26,28 años. No existen diferencias entre grupos para esta variable (tablas 8 y 9).

Análisis de los resultados obtenidos de la evaluación de las variables cardiológicas y su relación con la VFC ante el esfuerzo mental

En este análisis quedó demostrado que la condición enfermedad/salud establece una diferencia en la VFC entre ambos grupos. La media de la edad de debut de la enfermedad fue de 42,91 años. Se realizó una distribución de los pacientes según la cantidad de años desde el debut de la enfermedad, con el objetivo de comprobar si existía relación entre este dato con el comportamiento de la VFC ante el esfuerzo mental. Se establecieron dos rangos para llevar a cabo esta distribución, los que enfermaron antes de los 40 años y los que lo hicieron después de 40 años (tabla 10).

Tabla 7
Medidas simétricas

		Valor	Sig. aproximada
Nominal por nominal	Coefficiente de contingencia	0,033	0,796
N de casos válidos		62	

Tabla 8
Media del tiempo de trabajo para ambos grupos

Tiempo de trabajo	N	Media	Desviación típica	Error típico de la media
Enfermos	32	26,28	13,128	2,321
Sanos	32	26,78	12,883	2,277

Tabla 9
Prueba de muestras independientes

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típico de la diferencia	Intervalo de confianza 95 % para la diferencia	
								Inferior	Superior
Se han asumido varianzas iguales	0,052	0,821	-0,154	62	0,878	-0,500	3,252	-7,000	6,000
No se han asumido varianzas iguales			-0,154	61,978	0,878	-0,500	3,252	-7,000	6,000

Tabla 10
Distribución de los enfermos según la edad de debut

Años	Frecuencia	Porcentaje
Menos de 40	13	40,6
Más de 40	19	59,4
Total	32	100,0

No se encontraron diferencias en el comportamiento de la VFC ante las tareas de esfuerzo mental en relación con la edad de debut de la enfermedad, según la prueba de Mann Whitney (tablas 11 y 12).

La distribución de los sujetos según el diagnóstico se ofrece en la tabla 13. Esta tabla se corresponde con las estadísticas mundiales y nacionales, donde la cardiopatía

isquémica resulta el diagnóstico más frecuente dentro de las enfermedades cardiovasculares y la primera causa de muerte⁹.

No se encontraron diferencias significativas entre los diversos diagnósticos y el comportamiento de la VFC según la prueba de Kruskal Wallis (tablas 14 y 15).

Tabla 11
Rangos

Coefficiente de variabilidad	Edad de debut	Nº	Rango promedio	Suma de rangos
Línea base	Menos de 40	13	13,77	179,00
	Más de 40	19	18,37	349,00
	Total	32		
Tarea 1	Menos de 40	13	18,81	244,50
	Más de 40	19	14,92	283,50
	Total	32		
Tarea 2	Menos de 40	13	13,23	172,00
	Más de 40	19	18,74	356,00
	Total	32		
Tarea 3	Menos de 40	13	15,35	199,50
	Más de 40	19	17,29	328,50
	Total	32		

Tabla 12
Estadísticos de contraste

	CVLB	CVtarea1	CVtarea2	CVtarea3
U de Mann-Whitney	88,000	93,500	81,000	108,500
W de Wilcoxon	179,000	283,500	172,000	199,500
Z	-1,393	-1,212	-2,093	-0,732
Sig. asintótica (bilateral)	0,164	0,225	0,036	0,464
Sig. exacta [2* (Sig. unilateral)]	0,182 ^a	0,254 ^a	0,108 ^a	0,570 ^a

^a No corregidos para los empates.

Tabla 13
Diagnóstico cardiológico

	Frecuencia	Porcentaje
Cardiopatía isquémica	18	28,1
Enfermedad congénita	4	6,3
Enfermedad valvular	10	15,6
Sano	32	50,0
Total	64	100,0

Tabla 14
Rangos

Coefficiente de variabilidad	Diagnóstico	N	Rango promedio
Línea base	Cardiopatía isquémica	18	18,83
	Enfermedad valvular	10	14,40
	Enfermedad congénita	4	11,25
	Total	32	
Tarea 1	Cardiopatía isquémica	18	15,78
	Enfermedad valvular	10	16,10
	Enfermedad congénita	4	20,75
	Total	32	
Tarea 2	Cardiopatía isquémica	18	19,11
	Enfermedad valvular	10	13,60
	Enfermedad congénita	4	12,00
	Total	32	
Tarea 3	Cardiopatía isquémica	18	19,83
	Enfermedad valvular	10	12,75
	Enfermedad congénita	4	10,88
	Total	32	

Tabla 15
Estadísticos de contraste ^{a,b}

	CVLB	CVtarea1	CVtarea2	CVtarea3
χ^2	2,997	1,049	5,388	8,582
gl	2	2	2	2
Sig. asintótica	0,223	0,592	0,068	0,014

^a Prueba de Kruskal-Wallis

^b Variable de agrupación: dg1

Estos resultados coinciden con los de otras investigaciones, donde la VFC fue menor en 246 pacientes evaluados con respecto a sujetos sanos, con independencia del tipo de diagnóstico y de la medicación (betabloqueadores, nitratos o antagonistas del calcio)¹⁰.

Una revisión de estudios consultada donde se compara este indicador entre enfermos y sanos, revela esta diferencia para diversas enfermedades (diabetes, insuficiencia renal, parkinson, esclerosis múltiple, alcoholismo crónico, degeneración espinocerebelosa, síndrome

de Shy-Drager, cuadriplejía)¹¹, lo cual nos permite pensar que la VFC constituye un potente indicador de pronóstico de riesgos para la salud relacionados con enfermedades crónicas, y de acuerdo con Capdevila et al.¹², el registro de la VFC podría ser un indicador para el control de la salud en la población general.

La distribución de los sujetos según los resultados del ecocardiograma (normal y patológico), se expone en la tabla 16.

Tabla 16
Resultados del ecocardiograma para ambos grupos

Resultados del ecocardiograma	Clasificación		
	Enfermos	Sanos	Total
Normal	8	32	40
Patológico	24	0	24
Total	32	32	64

En la tabla 17 se muestran los valores de la media de los cinco parámetros evaluados del ecocardiograma: diámetro telediastólico, diámetro telesistólico, septum

interventricular, pared posterior y fracción de eyección, entre los grupos de enfermos y sanos.

Tabla 17
Valores medios de los parámetros del ecocardiograma en ambos grupos de experimentación

Variables del ecocardiograma	Valores de la media	
	Enfermos	Sanos
Diámetro telediastólico	51,83	48,81
Diámetro telesistólico	39,75	30,09
Porcentaje de engrosamiento del SI	12,44	10,42
Porcentaje de engrosamiento de la PP	11,63	10,47
Fracción de eyección	57,97	58,84

Según la prueba de rangos con signo de Wilcoxon., se demostró que en los pacientes con un eco patológico, la disminución de la VFC es significativamente mayor ante las tareas 2 y 3, es decir, las que demandan un mayor esfuerzo mental. Estos resultados pueden observarse en las tablas 18 y 19.

Al realizar un análisis discriminante de todas las variables cardiológicas con una función que discrimina entre los dos grupos de pacientes ($p = 0,001$), se encontró que las variables de mayor importancia son el diámetro telesistólico y la fracción de eyección. Estos resultados son coincidentes con los de Almirall et al.³ (tabla 20).

Por todo lo anterior podemos afirmar que el grupo de enfermos, independientemente del diagnóstico, déficit funcional, y otras particularidades clínicas, muestra una diferencia desfavorable en comparación con el grupo sano en relación con la VFC. Estos resultados confirman que la

VFC permite una estimación cuantitativa y no invasiva del balance simpático-parasimpático, está asociado a la función ventricular izquierda, y, por tanto, constituye un marcador de valor pronóstico.

Características de la VFC durante la aplicación de protocolos incrementales escalonados de esfuerzo mental para ambos grupos experimentales (enfermos y sanos)

Los resultados de este segmento parten del análisis de la ejecución de la tarea de esfuerzo mental. Como habíamos comentado anteriormente, el programa presentado por el software Split (nivel 3), tareas de tiempo de reacción discriminante, responde a la dificultad mantenida y en aumento de las exigencias neuropsíquicas, expresadas estas por los tiempos de reacción.

Tabla 18
Rangos

	Eco	N	Rango promedio
Línea base	Patológico	24	29,65
	Normal	40	34,21
	Total	64	
Tarea 1	Patológico	24	31,19
	Normal	40	33,29
	Total	64	
Tarea 2	Patológico	24	19,38
	Normal	40	40,38
	Total	64	
Tarea 3	Patológico	24	17,96
	Normal	40	41,23
	Total	64	

Tabla 19
Estadísticos de contraste^{a,b}

	Línea base	Tarea 1	Tarea 2	Tarea 3
χ^2	0,951	0,210	22,055	26,506
gl	1	1	1	1
Sig. asintótica	0,329	0,647	0,000	0,000

^a Prueba de Kruskal-Wallis
^b Variable de agrupación: eco

Tabla 20
Coefficientes estandarizados de las funciones discriminantes canónicas

	Función 1
Diámetro telediastólico	-0,039
Diámetro telesistólico	1,418
Porcentaje de engrosamiento del SI	0,446
Pared posterior	-0,301
Fracción de eyección	1,396

Se puede observar que la media del coeficiente de variabilidad de la VFC disminuye por cada nivel de tarea en comparación con este mismo valor en la línea base. Es decir, en la medida que aumenta la demanda de esfuerzo mental según aumenta la exigencia de la tarea, la VFC disminuye (tabla 21).

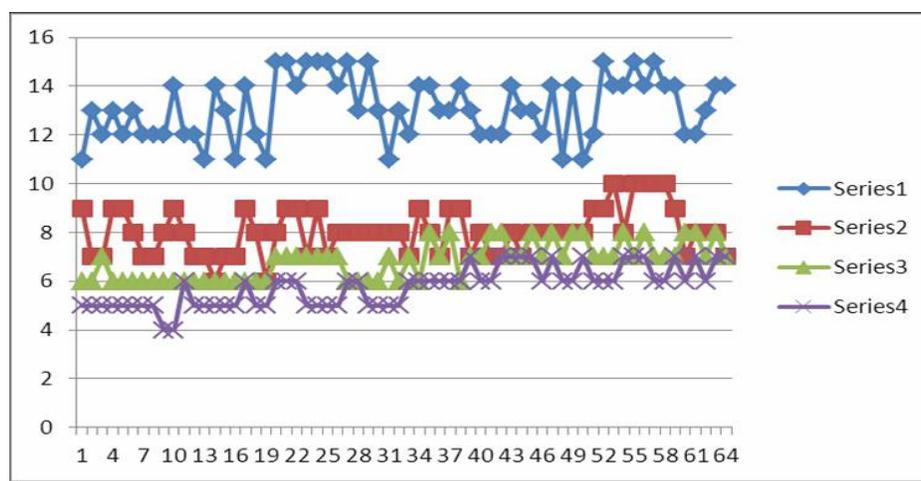
El comportamiento de la VFC de manera grupal es el siguiente: la disminución de la VFC se incrementa con la dificultad de la tarea en forma directa y ascendente; es decir, mientras más difícil resulta dar respuesta al paradigma propuesto de tiempo de reacción discriminante, menor es la variabilidad de la frecuencia cardíaca. La VFC ha

mostrado gran sensibilidad para expresar esfuerzos cognitivos o emocionales relacionados con el nivel de activación del ser humano, aspecto que coincide con resultados encontrados desde los primeros estudios de Kalsbeek et al.¹³⁻¹⁵, realizados en una época tan lejana como finales de los 60, hasta investigaciones más actuales como las realizadas por Escalona¹⁶, Dewey et al.¹⁷, Hercegy¹⁸ y Cowley et al.¹⁹. El resultado investigativo de estos últimos autores específica que el aumento de las demandas de memoria y de las tareas que exigen atención en relación al trabajo mental incide en la disminución de los índices de VFC. Este resultado se observa en la figura 1.

Tabla 21
Comparación de la VFC en reposo (línea de base) y durante los tres grados de dificultad de la tarea para los dos grupos

Coefficiente de variabilidad	Nº	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Línea base	64	4	11	15	13,13	1,266
Tarea 1	64	4	6	10	8,03	0,975
Tarea 2	64	2	6	8	6,81	0,753
Tarea 3	64	3	4	7	5,80	0,820
Nº válido (según lista)	64					

Figura 1
Comportamiento de la VFC para ambos grupos



Serie 1: línea base; Serie 2: tarea 1; Serie 3: tarea 3; Serie 4: tarea 4

La comparación del comportamiento de la VFC entre los sujetos portadores de una enfermedad cardiovascular y los sujetos sanos, expuesta en la tabla 22, muestra la existencia de diferencias entre ambos grupos.

Tabla 22
Comparación de la VFC en reposo (línea de base) y durante los tres grados de dificultad de la tarea entre los dos grupos

Coefficiente de variabilidad	N	Media	Desviación típica	Error típico de la media
Paciente sano	32	12,84	1,402	0,248
	32	13,15	1,128	0,199
Paciente sano	32	7,21	0,896	0,158
	32	8,60	1,016	0,180
Paciente sano	32	6,28	0,457	0,081
	32	7,86	0,602	0,106
Paciente sano	32	5,16	0,515	0,091
	32	6,56	0,504	0,089

La observación de la tabla 23 permite sugerir que la disminución de la VFC se incrementa con la dificultad de la tarea, pero que esto es aún más visible en los sujetos que padecen una enfermedad cardiovascular. Los pacientes con cardiopatías tienen un nivel de activación menos adecuado al realizar una tarea que exige atención

que los sujetos sanos. Estos resultados coinciden con los de otros estudios realizados en condiciones experimentales o de terreno^{20,21}. En nuestro país, conclusiones similares han sido encontradas en diferentes investigaciones y varios autores^{3,16,22}.

Tabla 23
Prueba de muestras independientes

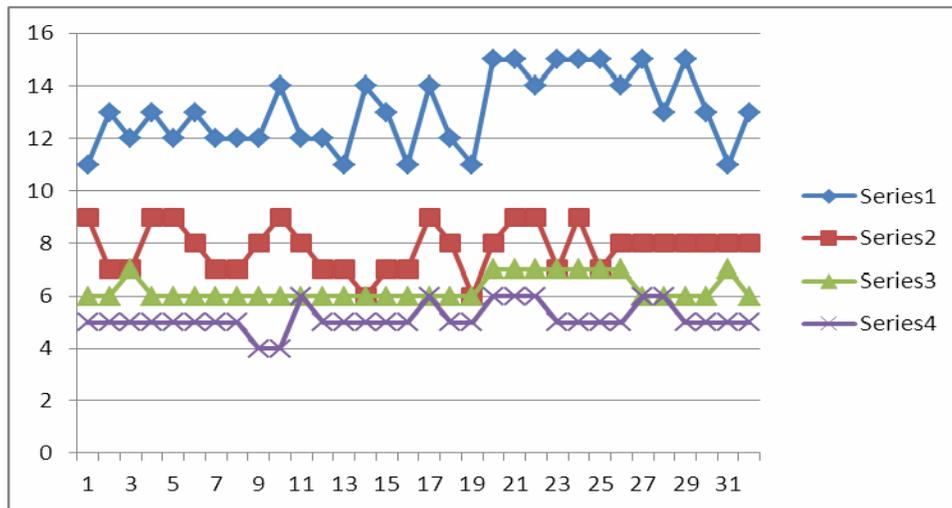
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Significación	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típico de la diferencia	Intervalo de confianza 95 % para la diferencia	
									Inferior	Superior
Línea base	Se han asumido varianzas iguales	1,399	0,241	-0,589	62	0,558	-0,188	0,318	-0,824	0,449
	No se han asumido varianzas iguales			-0,589	59,283	0,558	-0,188	0,318	-0,824	0,449
Tarea 1	Se han asumido varianzas iguales	0,493	0,485	-1,827	62	0,072	-0,438	0,239	-0,916	0,041
	No se han asumido varianzas iguales			-1,827	61,042	0,073	-0,438	0,239	-0,916	0,041
Tarea 2	Se han asumido varianzas iguales	4,907	0,030	-7,957	62	0,000	-1,063	0,134	-1,329	-0,796
	No se han asumido varianzas iguales			-7,957	57,829	0,000	-1,063	0,134	-1,330	-0,795
Tarea 3	Se han asumido varianzas iguales	3,772	0,057	-10,059	62	0,000	-1,281	0,127	-1,536	-1,027
	No se han asumido varianzas iguales			-10,059	61,972	0,000	-1,281	0,127	-1,536	-1,027
Situación experimental				Enfermos		Sanos		Diferencia		
Línea base				12,84		13,15		0,31		
Tarea 1				7,21		8,60		1,39		
Tarea 2				6,28		7,86		1,58		
Tarea 3				5,16		6,56		1,40		

En concordancia con nuestros hallazgos, Evrengul et al. y Cerati et al.^{23,24} comprobaron que 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 donde predomina una baja acti-

vación del parasimpático. Sin embargo, persiste gran incertidumbre con relación a la aplicación práctica de este conocimiento.

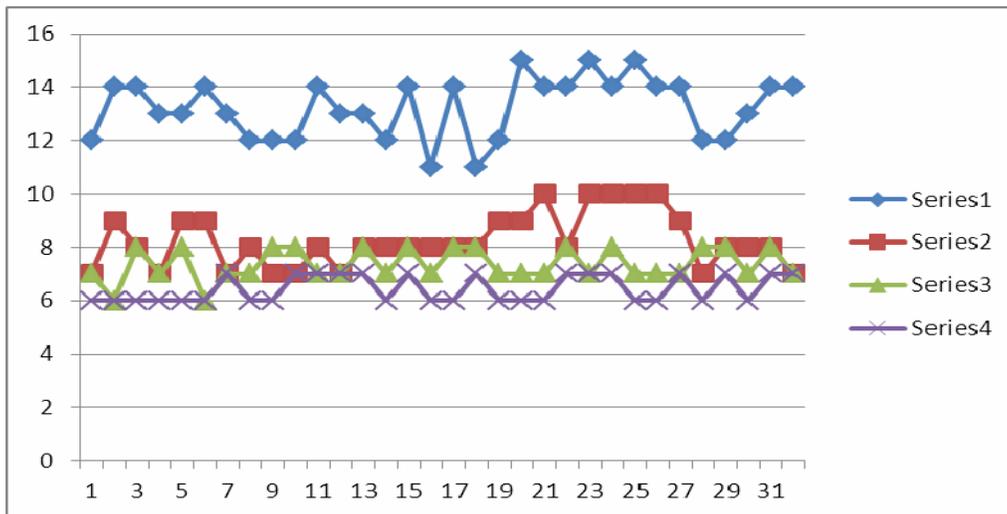
Los valores del coeficiente de variabilidad de la VFC ante el esfuerzo mental por cada grupo experimental, se muestran en las figuras 2, 3 y 4.

Figura 2
Coeficiente de variabilidad de la VFC en pacientes con enfermedad cardiovascular para cada tarea



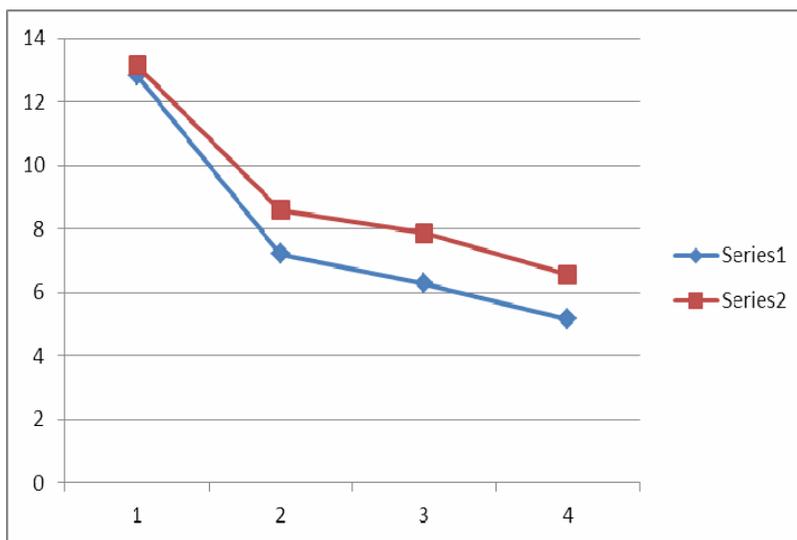
Serie 1: línea base; Serie 2: tarea 1; Serie 3: tarea 3; Serie 4: tarea 4

Figura 3
Coeficiente de variabilidad de la VFC en pacientes sanos para cada tarea



Serie 1: línea base; Serie 2: tarea 1; Serie 3: tarea 3; Serie 4: tarea 4

Figura 4
Coefficiente de variabilidad de la VFC para ambos grupos ante cada tarea



1 línea base; 2 tarea 1; 3 tarea 2; 4 tarea 3
 Serie 1: Pacientes enfermos; Serie 2: sujetos sanos

Formulación de indicadores cuantitativos a partir del comportamiento de la VFC ante el esfuerzo mental

A partir de los datos cuantitativos de los valores de la VFC, se calculó el porcentaje de disminución de la VFC para cada nivel de tarea en comparación con los valores de la línea base por cada grupo, y se calculó, además, la diferencia de esta disminución entre grupos experimentales por cada tarea (tabla 24).

En el caso del grupo de los sujetos sanos, la disminución total ante la tarea de máximo esfuerzo mental fue

de un 46 %. Este dato resultó sumamente llamativo y preocupante, pues resultados de investigaciones de Hyndman y Gregory²⁵, realizadas en pacientes psiquiátricos en magnitudes de decrecimiento de la VFC, afirmaron que sus valores oscilaban entre el 40 y 50 % de la disminución de su valor con respecto a la línea base, considerándolo factible, pues este tipo de pacientes se encontraba permanentemente bajo el impacto de presiones mentales internas. Otros estudios (Kalsbeck¹⁵) han considerado que una disminución del 10 % del valor de la VFC en comparación con la línea base es lo típico ante actividades que requieren esfuerzo mental.

Tabla 24
Porcentaje de disminución de la VFC por cada tarea por grupos experimentales en función de la línea base

Situación experimental	Grupos	Media	Porcentaje de disminución	Porcentaje 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	

Analizando los resultados anteriores y los encontrados en la investigación, consideramos que los sujetos

sanos evaluados se encuentran sometidos a muchas más exigencias mentales (además de las tareas de esfuerzo

mental a las que fueron expuestos durante el experimento) que hace cuatro décadas, momento en que se realizaron las investigaciones de Kalsbeck y Hyndman. Consideramos que esto puede ser causado por las demandas que impone el desarrollo científico y tecnológico, así como a estilos de vida que la sociedad moderna atribuye al ser humano y que son generadores de tensión psicológica y malestar emocional, facilitadores, además, de conductas no saludables como el hábito de fumar, ingerir bebidas alcohólicas, etc., lo cual lo podemos relacionar con el aumento de enfermedades cardiovasculares y su prevalencia en los cuadros de morbimortalidad.

Al observar los porcentajes de disminución en el grupo de enfermos, podemos constatar que los valores de la VFC disminuyen entre un 15 y un 16 % más que el ocurrido en el grupo de sujetos sanos para cada tarea. Ante la tarea de mayor requerimiento de esfuerzo mental, a estos pacientes la VFC les disminuyó en un 62 %.

Resulta muy llamativo el hecho de que el porcentaje mayor de disminución (46 %) de la VFC ante el esfuerzo mental en el grupo de sujetos sanos, fue el mismo valor de disminución alcanzado por los enfermos ante la primera tarea, es decir, la de menor complejidad.

El análisis de estos datos más la revisión bibliográfica realizada, permite formalizar los siguientes indicadores cuantitativos según los valores de la VFC, al realizar tareas que requieren esfuerzo mental:

- Sujeto sano: La disminución osciló entre un 30 y hasta un 46 % de la media de la VFC en comparación con el valor obtenido en la línea base.
- Sujetos enfermos: La disminución osciló entre más de un 46 y un 62 % de media de la VFC en comparación con el valor obtenido en la línea base.

Consideramos, entonces, que sería un sujeto en riesgo aquel donde la disminución de la media de la VFC oscile entre el 42 y el 45 % de la VFC ante un esfuerzo de carácter cognitivo, y que aún no haya debutado con enfermedad cardiovascular.

Si recordamos que la VFC es el resultado de las interacciones entre el sistema nervioso autónomo (SNA) y el aparato cardiovascular, y que mide la influencia del SNA en el nodo sinusal, asumiendo que refleja el control global de las actividades cardiovasculares, estos resultados de su comportamiento ante el esfuerzo mental, desde un punto de vista cuantitativo, alerta sobre la importancia que tiene para el mantenimiento de la salud y la calidad de la vida de este indicador del nivel general de la activación.

En síntesis, la VFC parece ser un buen indicador del equilibrio autonómico, no influenciado por la edad, el sexo y la percepción que se tenga sobre las exigencias de trabajo.

Los valores de disminución de la VFC ante estímulos mentales, en nuestra experiencia, son preocupantes si se comparan con investigaciones similares realizadas en enfermos mentales y sanos hace ya más de cuarenta años.

No obstante, son necesarios estudios de validación predictiva, dirigidos a relacionar la disminución de la VFC y con cardiopatías en condiciones de terreno.

BIBLIOGRAFÍA

1. Oficina Nacional de Estadísticas. Anuario Estadístico de Cuba 2010. La Habana: ONE; 2011.
2. Smith PJ, Blumenthal JA, Babyak MA, Georgiades A, Sherwood A, Sketch MH, et al. Ventricular ectopy: impact of self-reported stress after myocardial infarction. *Am Heart J.* 2007;153:133-9.
3. Almirall PJ, Pérez M, Alonso R, Castro J. Personalidad y evaluación del estado funcional en cardiopatas y sujetos sanos. Un estudio experimental. *Revista Investigaciones Médico Quirúrgicas.* 2010;2(1). ISSN 1025-7292.
4. Almirall PJ. Ergonomía cognitiva. Su uso en salud ocupacional. Caracas: Editora Universitaria. Universidad Central de Venezuela; 2001.
5. Siegel S. Estadística no paramétrica. México DF: Editorial Trilles; 1974.
6. Agelink MW, Malessa R, Baumann B, Majewski T, Akila F, Zeit T, et al. 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):65-6.
7. 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; 31:131-5.
8. Yoshitake, H. Three characteristic patterns of subjective fatigue symptoms. *Ergonomics.* 1978;21(3):231-3.
9. Serrano Y, Agramonte M, González JC, Miranda T. Relación de la hipertensión arterial en la aparición de la cardiopatía isquémica. *Revista Electrónica de PortalesMedicos.com.* [Publicado: 10 Feb 2012] [citado 2 Oct 2012]. Disponible en: <http://www.portalesmedicos.com/publicaciones/articulos/4022/1/Relacion-de-la-hipertension-arterial-en-la-aparicion-de-la-cardiopatia-isquemica.html>.
10. Carpeggiani C, Emdin M, Bonaguidi F, Landi P, Michelassi C, Trivella MG, Macerata A, L'Abbate A. Personality traits and heart rate variability predict long-term cardiac mortality after myocardial infarction. *European Heart Journal.* 2005;26(16):1612-17.
11. Q-HRV, health performance, 2012. Disponible en http://www.qhrv-5e.com/index_sp.html.
12. Capdevila L, Rodas G, Ocaña M, Parrado E, Pintanel M, Valero M. Heart rate variability as a health indi-

- cator in sports: validation with a health-related quality of life questionnaire (Short form-12) *Apunts. Medicina de l'Esport*. 2008;43:62-9.
13. Kalsbeek JW. On measurement of deterioration in performances caused by distraction. *Stress. Ergonomics*. 1964;7:18.
 14. Kalsbeek JWH. Objective measurement of mental load. *Acta Physiologic. Ergonomics*. 1965; 27:253.
 15. Kalsbeek JK. Do you believe in sinus arrhythmia? *Ergonomics*. 1973;16:99.
 16. Escalona Y. La variabilidad de la frecuencia cardiaca como indicador de efecto de las exigencias psíquicas. Estudio de simulación. Trabajo para optar por el título de Máster en Salud de los Trabajadores. La Habana: Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores; 2000.
 17. Dewey F, Freeman J, Engel G, Oviedo R, Abrol N, Ahmed N, et al. Novel predictor of prognosis from exercise stress testing: heart rate variability response to the exercise treadmill test. *Am Heart J*. 2007;153:281-8.
 18. Hercegfy K. Event-related assessment of hipermedia-based. E-learning materials with and HRV-based method that considers individual differences in users. *International Journals of Occupational Safety and Ergonomics*. 2011;17(2): 119-27.
 19. Cowley B, Ravaja N, Heikura T, Cardiovascular physiology predicts learning effects in a seriousgameactivity *Computers & Education*. 2013; 60(1):299-309.
 20. Jain D. Effects of mental stress on left ventricular and peripheral vascular performance in patients with coronary artery disease. *J Am CollCardiol*. 1998;31: 1314-22.
 21. Jeria C, Hernández R, Benn C. Alteración de la variabilidad del ritmo cardíaco en pacientes con síndrome coronario agudo sin supradesnivel del segmento ST. Experiencia preliminar. *Rev Chil Cardiología*. 2011;31:104-12.
 22. Almirall PJ, Santander J. La variabilidad de la frecuencia cardiaca como indicador del nivel de activación ante el esfuerzo mental. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. 1995:.
 23. Evrengul H, Kose S, Amasyali B, Kilic A, Celik T, Turhan H, et al. The relationship between heart rate recovery and heart rate variability in coronary artery disease. *Ann Noninvasive Electrocardiol*. 2006;11 (2):154-62.
 24. Cerati D, Nador F, Maestri R, Mantrea M, Binda A, Perlini S, et al. Influence of residual ischaemia on heart rate variability after myocardial infarction. *Circulation*. 2005;14;111(23):3022-4.
 25. Hyndman B, Gregory JR. Spectral análisis of sinus arrhythmia during mental loading. *Ergonomics* 1975;18(3):255.

Recibido: 23 de abril de 2013

Aprobado: 29 de enero de 2014