

Evaluación de un sistema de monitoreo telemétrico (Movicorde) desarrollado en Cuba

Assessment of a telemetry monitoring system (Movicorde) developed in Cuba

Martha Mireya Rivero Varona^I, Eduardo Rivas Estany^{II}, Mary Eugenia Cartaya Lopez^I, Juliette Valles Cruz^I, Gay Meissimilly González^I, Susana Hernández García^{II}, Nury B. Armas Rojas^{II}

^IInstituto Central de Investigación Digital. La Habana, Cuba.

^{II}Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. La Habana, Cuba.

RESUMEN

Introducción	El Sistema Movicorde fue diseñado para ayudar a los cardiólogos y fisioterapeutas en las sesiones de entrenamiento físico, donde se necesita una vigilancia constante de parámetros relevantes.
Objetivo	Evaluar el Movicorde en pacientes de alto riesgo cardíaco teniendo en cuenta arritmias, desniveles del ST y comportamiento del pulso de entrenamiento.
Método	Estudio transversal descriptivo de 80 pacientes de alto riesgo, que acudieron al gimnasio del Instituto de Cardiología desde julio 2009 a abril 2011, para un plan de Rehabilitación Cardiovascular (RC). Se compararon las mediciones del Movicorde con lo planteado por los cardiólogos y se realizó una base de datos para el análisis estadístico.
Resultados	En 62 pacientes se encontraron complejos ventriculares prematuros (CVP). Se describe la elevada especificidad (99,87%) del sistema, la sensibilidad de 80,33% y el valor predictivo positivo (VPP) de 83,42%, en la detección de CVP. Hubo una coincidencia total entre el equipo y los médicos en 57 pacientes (71,25%) en el infradesnivel del segmento ST de un valor observado muy superior al esperado con evidencia de que los resultados son representativos ($p < 0,005$). Los pacientes con Infarto del Miocardio (IM), agudo, reciente y cardiopatía isquémica crónica tuvieron una mediana del tiempo total de la sesión de ejercicios y del tiempo en pulso de entrenamiento en valores similares y este último fue menor en comparación con el resto de los pacientes.
Conclusiones	El Sistema Movicorde mostró una alta eficiencia para el análisis telemétrico de las sesiones de entrenamiento físico y se recomienda su introducción en la práctica clínica.

Palabras clave: entrenamiento físico, monitoreo electrocardiográfico, pulso de entrenamiento.

ABSTRACT

Introduction	The Movicorde system was designed in order to help cardiologists and physiotherapists at exercise training sessions, where constant supervision of relevant parameters is required.
Objectives	To evaluate the use of Movicorde in high-risk cardiac patients, including the presence of arrhythmias, ST segment abnormalities and target heart rate.
Methods	A descriptive, cross-sectional study of 80 high-risk patients who attended the gymnasium of the Institute of Cardiology, from July 2009 through April 2011, in a Cardiac Rehabilitation (CR) program. The measurements taken by Movicorde were compared to those taken by the cardiologists and a data base was created for statistical analyses.
Results	Sixty two (62) patients had premature ventricular complexes (PVC). The high specificity (99.87 %), sensibility (80.33%) and the 83.42% positive predictive value (VPP) of the system to detect PVC, was described. There was total concordance between the equipment and the physicians in 57 patients (71.25%) with respect to ST segment depression. This had a very superior observed value to that expected and showed that the results were representative ($p < 0,005$). Patients who had acute or recent Myocardial Infarction or chronic ischemic heart disease had intermediate total exercise-session duration and their target heart rate had a similar value which was lesser with respect to the rest of the patients.
Conclusions	The Movicorde system showed high efficiency for the telemetric analyses of exercise training sessions and its use is recommended in clinical practice.

Key words: Exercise training. electrocardiographic monitoring. target heart rate.

INTRODUCCIÓN

El ejercicio físico forma parte del contexto lúdico de la sociedad y de los programas de RC con sus beneficios.¹⁻³ El entrenamiento físico no carece de riesgo. El riesgo principal se encuentra en pacientes con disfunción ventricular izquierda, isquemia y arritmias ventriculares no tratadas ni diagnosticadas; así como al realizar ejercicios de igual o mayor intensidad a los que despiertan los trastornos en las pruebas de esfuerzo. Por esta razón, la frecuencia cardíaca máxima (FC) esperada en el entrenamiento físico debe ser menor que la FC en la cual aparecieron las anomalías en la prueba.² El ejercicio de entrenamiento más seguro se logra mejor con una selección y supervisión adecuada de los pacientes durante el ejercicio, en grupos supervisados y con monitoreo electrocardiográfico continuo.³⁻⁵

El sistema Movicorde fue diseñado para ayudar a los cardiólogos y fisioterapeutas en el programa de RC, donde se necesita una vigilancia constante de parámetros fisiológicos relevantes, mientras el paciente realiza la actividad física.⁶ Desde hace más de dos años se encuentra en explotación un Movicorde en el Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular en La Habana y desde hace más de un año en el Centro Nacional de Rehabilitación Dr. Alejandro Rhode de la República Bolivariana de Venezuela.

Este trabajo tiene como objetivo fundamental la evaluación del sistema Movicorde en los pacientes de alto riesgo que se encuentran en el programa de RC del ICCCV; teniendo en cuenta fundamentalmente, los cambios electrocardiográficos que indiquen isquemia miocárdica (ST), arritmias cardíacas y el comportamiento del pulso de entrenamiento (PE) durante las sesiones de ejercicios físicos en esos pacientes.

MÉTODOS

Descripción y funcionamiento del Sistema Movicorde

El Movicorde es un sistema de monitorización inalámbrico concebido para ser empleado en el programa de RC. Este sistema es capaz de adquirir una derivación del electrocardiograma (ECG) mediante un equipo portátil y transmitirlo hacia una computadora para calcular continuamente la FC y medir los desniveles del segmento ST, de hasta 8 pacientes a la vez. Toda la información se almacena en una base de datos para su posterior revisión por parte del especialista, lo que permite realizar estudios con el ECG grabado para evaluar el efecto del protocolo de ejercicios propuesto al paciente y prevenir complicaciones.

Emisión de reportes sobre los resultados de la sesión de entrenamiento en el Movicorde

1. Gráficos de tendencias del segmento ST y la FC.
 2. Grabación completa de una derivación del ECG durante la sesión para el análisis, clasificación del QRS y de sus ciclos promedio, detección de CVP.
 3. Reporte resumen con los datos más relevantes de la sesión de entrenamiento que incluye entre otros: FC mínima, máxima, final y promedio, tiempo total de ejercicios, cálculo del PE y comportamiento del mismo en todas las etapas de la sesión, así como estudios de los desniveles del segmento ST, entre otros.
 4. Mantenimiento de un directorio de pacientes.
 5. Instalación de las facilidades del sistema
 6. Variación de los umbrales de decisión y clasificación.
- El Sistema Movicorde incorpora adelantos tecnológicos que le permiten una avanzada funcionalidad entre los cuales se destacan:
- a. Monitorización inalámbrica de pacientes en movimiento.
 - b. Facilidad de la colocación del transmisor en el paciente por la creación de un arnés ergonómico especialmente diseñado.
 - c. Bajo consumo de potencia. Facilita la operación prolongada mediante baterías estándares.

Experiencia en su utilización

Se realizó un estudio transversal y descriptivo con 80 pacientes (60 hombres y 20 mujeres), la edad promedio fue de $60,09 \pm 11,71$ años, con cardiopatías, clasificados de alto riesgo por Prueba Ergométrica y Ecocardiograma según la clasificación de la American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation; que acudieron al Centro de Rehabilitación, del Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular (ICCCV), en el período de julio del 2009 a abril del 2011.⁷ Todos ellos fueron sometidos a un plan de entrenamiento físico al menos durante 1 mes (junto a otras medidas de prevención secundaria), teniendo en cuenta en este análisis solo a quienes asistieron a más de 4 sesiones del total y alcanzaron pulso de entrenamiento (PE). El control, la enseñanza de los ejercicios físicos en la sesión de entrenamiento, así como la operabilidad del Movicorde estuvo a cargo de los licenciados en cultura física. Los especialistas médicos designados interpretaron las sesiones de entrenamiento y posteriormente estudiaron los reportes del Movicorde, compararon sus planteamientos con los del sistema y en cada registro señalaron las coincidencias y también, si el sistema había hecho

diagnósticos falsos positivos o negativos, sobre todo, en el criterio de CVP. A partir de la base de datos del Movicorde se elaboró una tabla en Excel para el análisis estadístico con el sistema Boxplot. Para el análisis del segmento ST se corroboró mediante el sistema MINITAB 15 con la prueba chi cuadrado con bondad de ajustes. Se organizó la información en tablas y gráficos para facilitar su interpretación y se utilizaron distribuciones de frecuencias, medidas de tendencia central: mediana, media, DE y cálculos porcentuales. Se empleó el estadígrafo χ^2 y se asumió $p \leq 0,05$ como nivel de significación estadística. Fue calculada la sensibilidad, la especificidad y el VPP para el criterio de CVP según fórmulas extraídas de las normas.⁸

RESULTADOS

En la Tabla 1 se aprecia que el 75% correspondió al sexo masculino y el 25% al sexo femenino. Más de la mitad de los pacientes tenía IM agudo y reciente (81,8% en los hombres y 18,2% en las mujeres). La cardiopatía isquémica crónica se presentó con predominio en el sexo masculino (62,5%). Todos los operados de revascularización miocárdica fueron hombres para un 11,3% de la muestra.

En la Tabla 2, se muestra que en 62 pacientes se encontraron CVP durante las sesiones de entrenamiento físico que representó el 77,5%.

Se destaca en la Tabla 3 la elevada especificidad del sistema Movicorde (99,87%) para la detección de CVP, así como los valores de sensibilidad (80,33%) y de VPP (83,42%); que están acorde con este tipo de sistema con el que los pacientes realizan entrenamiento físico.

Como se observa en el Gráfico 1 se realizaron mediciones de los desniveles del segmento ST en la sesión de entrenamiento a 80 pacientes y se compararon, las mediciones del infradesnivel del segmento ST promedio, cuyos valores se obtuvieron de las mediciones realizadas por el sistema, con las realizadas por un médico y se encontró una elevada coincidencia en 57 pacientes para el 71,25%. La contribución de chi cuadrado para coincidencia total entre el equipo y el médico, muestra un valor observado muy superior al esperado, y el estadístico chi cuadrado con bondad de ajustes es significativo. Para la diferencia en el rango entre 0,2 hasta 0,4 mv, el valor observado es muy inferior al esperado y, para estos casos, la contribución de chi cuadrado es la misma. Otro elemento importante es que la probabilidad es 0, inferior a la hipótesis nula ($p=0,005$). Por tanto, hay evidencia de que los resultados son representativos de la muestra poblacional seleccionada.

Tabla 1. Distribución de los pacientes por diagnóstico y sexo.

Diagnóstico	Masc	%	Fem	%	Total	%
IMA y reciente	36	81,8	8	18,2	44	55
CI crónica	10	62,5	6	37,5	16	20
RVM	9	100	0	0	9	11,3
C. Valvulares	1	33,3	2	66,7	3	3,8
MCP	2	50	2	50	4	5
MP	2	50	2	50	4	5
Total	60	75	20	25	80	100

Leyenda: IMA: Infarto del miocardio agudo; CI: cardiopatía isquémica crónica; RVM: operados de revascularización miocárdica; C valvulares: Cardiopatías valvulares, MCP: Miocardiopatías; MP: marcapaso.

Tabla 2. Clasificación de las arritmias según número de pacientes.

Tipo de arritmia	No. de pacientes	(%)
CVP	62	77,5
Parejas de CVP	4	5
Bigeminismo	2	2,5
TV no sostenida	1	1,2
Fibrilación auricular	1	1,2
Sin arritmias	10	12,5
Total	80	100

Leyenda: CVP: complejo ventricular prematuro; TV: Taquicardia ventricular.

Tabla 3. Eficiencia del Movicorde en el criterio de CVP.

Referencia Médica	Sistema Movicorde	
	Normal	Patológico
Normal	VN(236927)	FP(290)
Patológico	FN(549)	VP(1510)
Sensibilidad	80,33%	
Especificidad	99,87%	
Valor Predictivo Positivo	83,42%	

Leyenda: VN: verdaderos normales; FP: falsos positivos; FN: falsos normales, VP: verdaderos positivos.

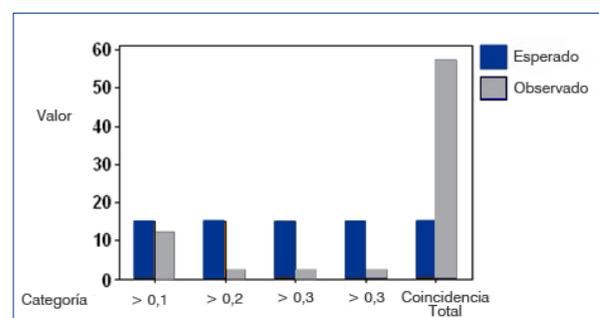


Gráfico 1. Valores observados y esperados para la diferencia en mv del segmento ST según Movicorde y médicos ($p < 0,05$).

En el Gráfico 2 se muestra que los pacientes con infarto del miocardio y reciente tuvieron una mediana del tiempo total de la sesión de ejercicios de 36,30 min ± 13,04 (DE), similar al valor de los pacientes con cardiopatía isquémica crónica 32,31 min. ± 22,41 (DE).

Los pacientes con IM agudo y reciente, cardiopatía isquémica crónica tuvieron la mediana del tiempo en pulso de entrenamiento de manera similar: 12,50 min. y 13,38 ± 7,67 (DE) respectivamente; y fue menor que en el resto de los casos. En los pacientes operados de revascularización miocárdica, cardiopatías valvulares, miocardiopatías, y Marcapasos (MP) la mediana del tiempo en pulso de entrenamiento estuvo entre 21,44 ± 12,59 (DE) a 32 ± 22,86 (DE) como puede verse en el Gráfico 3.

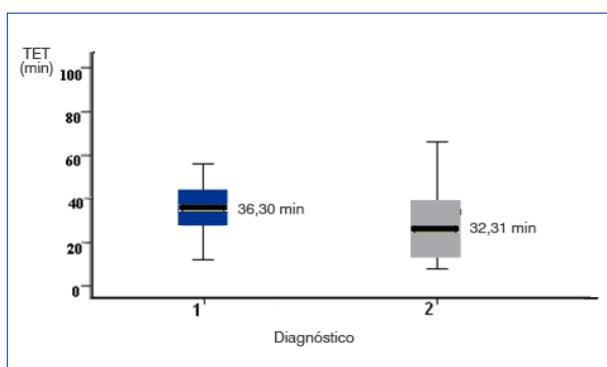


Gráfico 2. Relación del diagnóstico con el tiempo total de ejercicios.
Leyenda: 1: IM agudo y reciente; 2: Cardiopatía isquémica crónica.

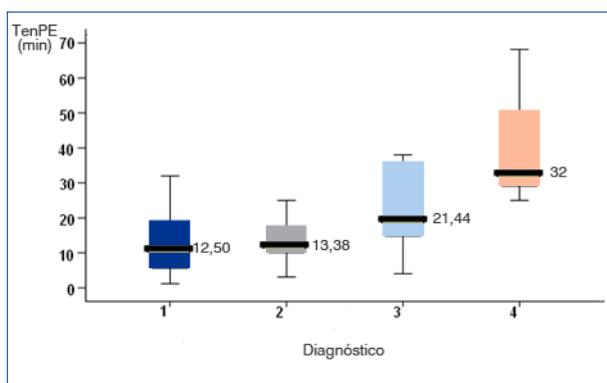


Gráfico 3. Distribución del tiempo en pulso de entrenamiento según diagnóstico.
Leyenda: 1: IM agudo y reciente; 2: Cardiopatía isquémica crónica; 3: Operados de revascularización miocárdica; 4: Cardiopatía valvular, miocardiopatía, marcapasos.

DISCUSIÓN

El Movicorde constituye el primer sistema desarrollado en Cuba para monitoreo telemétrico en gimnasios y es el primer equipo de este tipo que está siendo evaluado oficialmente por el MINSAP. Los datos presentados sugieren que la versión actual del sistema reúne características que permiten considerarlo eficiente y se distingue

de otros equipos telemétricos por la posibilidad que brinda de monitorear el pulso de entrenamiento por etapas y durante toda la sesión de ejercicios.⁹⁻¹¹ Por otra parte, se plantea que el desarrollo de la electrónica ha propiciado la aparición en el mercado de un número de equipos similares que no han sido evaluados rigurosamente para determinar su eficacia.¹² Se constató una alta coincidencia del sistema (71,25%) con el criterio médico en cuanto a las mediciones realizadas para el infradesnivel del segmento ST y la probabilidad esperada (teórica) que es igual a la probabilidad observada, por lo que se puede concluir, que los resultados son representativos de la muestra poblacional seleccionada. Se obtuvo una alta correspondencia del sistema y la probabilidad esperada, teniendo en cuenta el nivel de las diferencias y la poca precisión que se puede esperar al realizar mediciones de forma visual.¹³ Estos resultados permiten asegurar que el Movicorde tuvo una alta capacidad de detección de los desniveles del segmento ST y que cuando los planteó, la probabilidad de que realmente estuvieran presentes fue elevada.

En este contexto, los autores desean recordar las principales limitaciones del Movicorde sobre la base de los criterios con sensibilidad y VPP inferiores al 90% sobre la base del criterio de CVP. Se ha mencionado que la eficacia de un equipo de este tipo en el reconocimiento de una arritmia es más baja que cuando el ritmo es regular y por eso coincidimos también en que hay muchas limitaciones para visualizar la espiga y los cambios de repolarización secundarios a un MP y en este estudio teníamos pacientes con MP y Desfibriladores automáticos implantables.¹³⁻¹⁵ Cabe señalar que en un ECG de ejercicio existen muchas caídas de electrodos, movimiento de extremidades, etc., que son causantes de los falsos positivos encontrados. Por otra parte, es importante decir que aunque se ha estimado que la ocurrencia anual de muerte súbita (MS) en atletas jóvenes (menores de 35 años) alcanza a 1 caso cada 200 mil deportistas, probablemente estas cifras sean menores a las reales.^{9,16} De manera general, al menos el 80% de las MS en adultos, son de origen cardiaco de ahí que la monitorización con sistemas telemétricos durante la sesión de entrenamiento físico tenga un valor inestimable en términos de prevención.

Los efectos del entrenamiento físico se consiguen en un menor tiempo cuando se entrena al individuo sobre la base de un tiempo mayor de su PE en cada sesión.^{2,3} En relación con este aspec-

to, el Movicorde tiene la opción de mantener todo el tiempo el registro del PE en cada etapa de la sesión; lo que permite que pueda evaluarse cada día la sesión de entrenamiento físico y se modifique el PE de manera que la intensidad del ejercicio reporte el máximo beneficio con el mínimo riesgo posible.

El conocimiento de los datos presentados permitirá nuevas modificaciones al programa y el refinamiento de los algoritmos que posee para mejorar la sensibilidad y VPP en aquellos criterios que lo requieran.

IMPACTO ECONÓMICO

El costo de producción del Movicorde resulta muy inferior al precio de compra de equipos con menores prestaciones en el mercado internacional, por lo que constituye una fuente importante en la reducción de importaciones. De igual manera, es una fuente importante de entrada de divisas a partir de su exportación a otros países. Poder contar en el país con su servicio técnico, contribuye, a disminuir notablemente el tiempo de inactividad en caso de roturas y los costos de mantenimiento.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a partir de la explotación y evaluación del Movicorde permiten asegurar su alta eficiencia para el análisis telemétrico de las sesiones de entrenamiento, por lo que se recomienda su introducción en la práctica clínica.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco la experiencia y magnífica ayuda prestada por Basilio Zubillaga y Tamara Rodríguez-Parra, así como a Arlem Fernández, Evelia Medina y Jorge Rodríguez que incondicionalmente contribuyeron a la terminación de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Burdiat Rampa G. Seguridad y eficacia de un programa de Rehabilitación Cardíaca con pacientes de alto riesgo en un medio hospitalario. *Rev Urug Cardiol* 2008;23:150-156.
2. Daniel Sifontes J, Machado Sánchez A. Importancia del control telemétrico en la rehabilitación, 2010. [Internet] Disponible en: <http://portal.inder.cu/index.php/recursos-informacionales/arts-cient-tec/10010-importancia-del-control-telemetrico-en-la-rehabilitacion>.

3. Piepoli M, Corra U, Benzer W, Bjarnason-Wehrens B, Dendale P, Gaita D and et al. Secondary prevention through cardiac rehabilitation: from knowledge to implementation. A position paper from the Cardiac Rehabilitation Section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2010;17:1-17.
4. Corra U, Mendes M, Piepoli M, Saner H. Future perspectives in cardiac rehabilitation: a new European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation Position Paper on secondary prevention through cardiac rehabilitation. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*. 2007;14:723-725.
5. Lavie CJ, Milani RV. Cardiac rehabilitation and exercise training in secondary coronary heart disease prevention. *Prog Cardiovasc Dis*. 2011;53:397-403.
6. Valles J, Meissimilly G, Cartaya M E, Guerra A. Rivero MM. Diseño de un sistema para Monitoreo electrocardiográfico por telemetría Movicorde. *Memorias VIII Congreso Internacional de Informática en Salud*, 2011.
7. Mezzani A, Agostoni P, CohenSolal A, Corra U, Jegier A, Koudi E and et al. Standards for the use of cardiopulmonary exercise testing for the functional evaluation of cardiac patients: a report from the Exercise Physiology Section of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2009;16:249-267.
8. IEC 60601, Particular requirements for safety, including essential performance, of recording and analysing single channel and multichannel electrocardiographs, 2003, pp 4-69.
9. Pérez A, González Zuelgaray J, Importancia del reconocimiento de las miocardiopatías, *Insuf. Card*. 2009;4(3);43-59.
10. Vainoras A, Marozas V, Stars K. Cardiological Telemetry in Rehabilitation and Sports Medicine. *Rev. Studies in Health Technology and Informatics*. 2004;105:121-130.
11. Telemetry Monitor Course and Class Descriptions. [Internet] Disponible en: http://education-portal.com/telemetry_monitor_course.html en 5/05/2011
12. Boskis M, Marcos A. Protocolos en rehabilitación. *Revista argentina de cardiología*, 2010;78:80-81. [Internet] Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/rac/v78n1/v78n1a17.pdf>
13. Morejón A, Rivero MM, Toruncha A, Ergocid: Sistema para el diagnóstico y evaluación de Pruebas Ergométricas. *Rev. CID-INSAC*. 1993; 1:12-14.
14. Corra U, Mezzani A, Bosimini E, Giannuzzi P. Prognostic value of time-related changes of cardiopulmonary exercise testing indices in stable chronic heart failure: a pragmatic and operative scheme. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2006;13:186-92.
15. Zayas Molina R. El electrocardiograma del paciente con marcapasos cardíaco. La Habana: Editorial Ciencias Médicas, 2009.
16. Gayan Torrente A. Muerte Súbita de Origen Cardíaco en Adolescentes Deportistas ¿Un problema real? [Internet] Revisado en 5-05-2011 Disponible en: <http://www.mednet.cl/link.cgi/Medwave/Reuniones/pediatriaHPH/1/2555>

Recibido:19 de agosto del 2011.

Aceptado:10 de enero del 2012.