

**Modificaciones del trazado electrocardiográfico y la contractilidad  
cardíaca en pacientes con cardiopatía isquémica rehabilitados  
mediante ejercicio físico**

Modifications of the electrocardiographic tracing and heart contractility in  
patients with ischemic cardiopathy rehabilitated by means of physical  
exercise

Dr. Ernesto Cartaya Ortiz<sup>1\*</sup>

Dra. Lisset del Prado de la Torre<sup>1</sup>

Lic. Dalgis León Duharte<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Policlínico Docente “28 de Septiembre”, Universidad de Ciencias Médicas. Santiago de Cuba, Cuba.

<sup>2</sup>Facultad de Medicina No. 2, Universidad de Ciencias Médicas. Santiago de Cuba, Cuba.

\*Autor para la correspondencia. Correo electrónico: [ernestocartaya@infomed.sld.cu](mailto:ernestocartaya@infomed.sld.cu)

**RESUMEN**

Se realizó una investigación descriptiva, longitudinal y prospectiva de 41 pacientes con antecedentes de infarto agudo del miocardio, que formaron parte de un programa de rehabilitación cardiovascular en el Servicio de Terapia Física y Rehabilitación del Hospital General Docente “Dr. Juan Bruno Zayas Alfonso” de Santiago de Cuba, desde mayo de 2017 hasta igual mes de 2018, con vistas a evaluar el efecto del entrenamiento físico sobre la función cardiovascular de estos. Se examinó la función cardiovascular a través del ecocardiograma y el electrocardiograma, antes y después de aplicado el programa, y al final del estudio se obtuvo una modificación positiva de las variables eco- y electrocardiográficas, con un mayor grado de recuperación de la contractilidad segmentaria. Pudo concluirse que el programa tuvo un papel importante en la

restauración de la función cardíaca y, con ello, se mejoró la capacidad física y psicológica de los pacientes, de manera que fue beneficioso para estos y para la sociedad.

**Palabras clave:** infarto del miocardio; electrocardiografía; contracción miocárdica; terapia por ejercicio; ejercicio físico.

## **ABSTRACT**

A descriptive, longitudinal and prospective investigation of 41 patients with a history of acute myocardial infarction who were part of a program of cardiovascular rehabilitation in the Service of Physical Therapy and Rehabilitation from "Dr. Juan Bruno Zayas Alfonso" Teaching General Hospital in Santiago de Cuba was carried out from May, 2017 to the same month in 2018, with the aim of evaluating the effect of the physical training on their cardiovascular function. The cardiovascular function was examined through the echocardiogram and the electrocardiogram, before and after the program was applied, and at the end of the study a positive modification of the echocardiographical and electrocardiographical variables was obtained with a higher degree of recovery of the segmental contractility. It could be concluded that the program had an important role in the restoration of the heart function and, with it, the physical and psychological capacity of the patients improved, so that it was beneficial for them and for the society.

**Key words:** myocardial infarction; electrocardiography; myocardial contraction; exercise therapy; physical exercise.

Recibido: 18/09/2018

Aprobado: 11/12/2018

## **Introducción**

Se refiere<sup>(1)</sup> que hace 2 300 años un sabio médico ofreció la respuesta más simple a la prescripción de ejercicios físicos: "Si todas las partes del cuerpo que tienen una función están acostumbradas, se vuelven sanas, bien desarrolladas y envejecen más lentamente.

Pero si no se usan y se descuidan en la indolencia, se tornan propensas a enfermedades, defectuosas en su crecimiento y envejecen rápidamente”. Ese sabio fue Hipócrates.

En la práctica médica actual se persigue prevenir las enfermedades y conseguirlo al mínimo costo posible. Al respecto, la actividad física regular puede contribuir a alcanzar estos objetivos, especialmente si se plantea como un hábito de vida saludable. La respuesta aguda al ejercicio produce un aumento en las necesidades de O<sub>2</sub> y en la actividad simpática, lo cual representa una situación de potencial riesgo, de modo que resulta necesario conocer el estado de salud cardiovascular y, en su defecto, el comportamiento individualizado del que desea realizar ejercicio físico.<sup>(1,2)</sup>

Cabe señalar que la enfermedad cardíaca, en cualquiera de sus cuatro formas básicas (coronaria, valvular, miocárdica o congénita), puede alterar el intercambio de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> durante la actividad física. De hecho, las cardiopatías, a lo largo de su evolución, originan una disminución de la capacidad funcional, que puede ser utilizada como método de evaluación; la pérdida de capacidad física se debe básicamente a una disminución del gasto cardíaco, que no se incrementa adecuadamente durante la actividad física por diversas causas. En el caso del paciente con cardiopatía isquémica —en las formas clínicas dadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que incluyen paro cardíaco, angina de pecho, infarto agudo del miocardio, insuficiencia cardíaca y arritmias— el grado de afectación depende de la función sistólica y diastólica, así como de la gravedad anatómica y funcional de las lesiones.<sup>(2,3)</sup>

La inestabilidad del aporte coronario a las necesidades miocárdicas de oxígeno es la llamada insuficiencia coronaria, cuyas causas son múltiples, pero todas ellas actúan a través de 2 mecanismos: el aumento desproporcionado de las necesidades miocárdicas de oxígeno en presencia de un árbol coronario normal o una reducción del flujo sanguíneo por afección de los vasos coronarios. Ambos mecanismos llevan a la necrosis o destrucción de una zona del miocardio o músculo del corazón, lo que se define como infarto agudo del miocardio (IMA).<sup>(3,4)</sup>

Durante el ejercicio aumentan las necesidades metabólicas que deben ser satisfechas especialmente a través del aumento del gasto cardíaco, donde el corazón es el órgano que soporta una mayor sobrecarga y notables modificaciones por dicha práctica, hasta alcanzar, en un momento determinado, la adaptación cardiovascular al ejercicio; esta

última no es más que el conjunto de transformaciones derivadas de la práctica de una actividad física de suficiente intensidad y frecuencia.<sup>(2,5,6)</sup>

Los programas de rehabilitación cardíaca (PRC) son sistemas de actuación multifactorial, que fueron aconsejados por la OMS en los años 60 del pasado siglo, y han sido definidos como el “conjunto de actividades necesarias para asegurar a los cardiopatas una condición física, mental y social óptima que les permita ocupar por sus propios medios un lugar tan normal como les sea posible en la sociedad”; se indica fundamentalmente si existe cardiopatía isquémica, pero es aplicable ante todo tipo de enfermedad cardiovascular.<sup>(6,7)</sup>

Los procedimientos de rehabilitación cardíaca en los pacientes que han padecido un infarto coronario agudo están relacionados con el pronóstico y el riesgo subsecuente de presentar nuevos infartos; dichos procedimientos disminuyen la morbilidad y la mortalidad, al optimizar la capacidad funcional, el perfil psicológico y la calidad de vida. En cuanto a las contraindicaciones, se han reducido con el paso del tiempo gracias al mejor conocimiento de los resultados y peligros inherentes a la práctica del ejercicio, de manera que en la actualidad son consideradas como absolutas los aneurismas disecantes de aorta y las obstrucciones graves del tracto de salida del ventrículo izquierdo no quirúrgicas; en tanto, otras afecciones son consideradas como relativas y temporales en la mayoría de los casos, a saber: arritmias graves, persistencia del dolor anginoso, insuficiencia cardíaca, pues desaparecerán cuando se controle el proceso, aunque en muchos pacientes será obligatorio realizar un seguimiento muy cuidadoso.<sup>(8)</sup>

En resumen, la prescripción de ejercicios físicos, como la de cualquier fármaco o dieta, debe basarse en un buen conocimiento de los beneficios y riesgos, así como en la individualidad del paciente para el que se prescribe. Cuando se realiza así, los beneficios son máximos.

Sobre la base de los planteamientos anteriores, se decidió evaluar el efecto de un programa de rehabilitación física sobre el trazado electrocardiográfico en pacientes con cardiopatía isquémica, examinados antes de ser incluidos en el programa y cuyos riesgo y pronóstico deben ser valorados antes del alta hospitalaria o bien en el momento previo a la rehabilitación. Igualmente, se debe estudiar los antecedentes de cada paciente, su evolución durante la fase aguda de la enfermedad y los resultados de las

pruebas valorativas y exploraciones que se crea conveniente practicar individualmente.<sup>(2,3,9)</sup>

## **Métodos**

Se realizó una investigación descriptiva, longitudinal y prospectiva en el Hospital General Docente “Dr. Juan Bruno Zayas Alfonso” de Santiago de Cuba en el periodo comprendido desde mayo de 2017 hasta igual mes de 2018. El universo estuvo constituido por 41 pacientes con antecedentes de infarto agudo del miocardio que formaron parte de un programa de rehabilitación cardiovascular en el Servicio de Terapia Física y Rehabilitación de dicho centro asistencial.

El dato primario fue extraído de las historias clínicas y se introdujo en un modelo de planilla creado a los efectos. En el procesamiento estadístico se empleó el porcentaje como medida de resumen y se aplicó la prueba de McNemar para determinar el nivel de significación de probabilidad asociada, con un nivel de confianza de 95 % ( $p < 0,05$ ).

A los pacientes se les realizó anamnesis, examen físico completo y pruebas complementarias, que proporcionaron los fundamentos necesarios para el estudio. La evaluación se llevó a cabo mediante el ecocardiograma y el electrocardiograma (ECG), antes y después de la aplicación del programa terapéutico.

La frecuencia del ejercicio físico fue de 4-5 días a la semana, con una duración de 45-60 minutos por día, según lo recomendado en el Programa Nacional de Rehabilitación Cardiovascular.

## **Resultados**

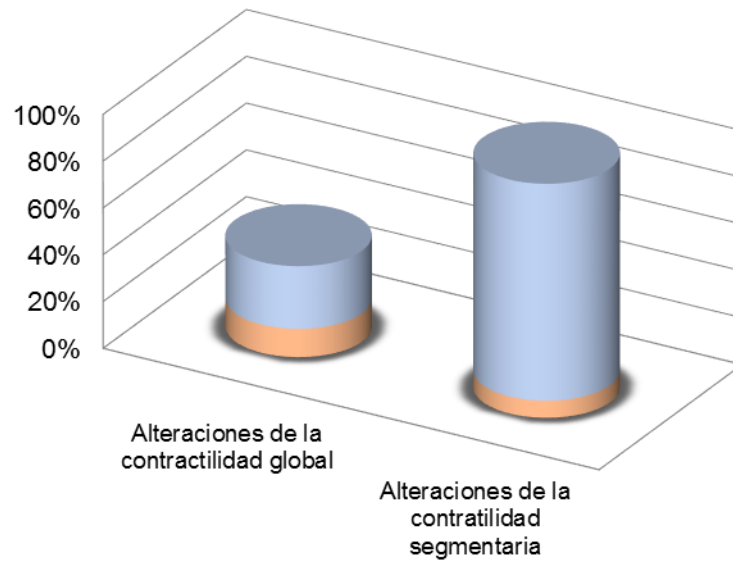
Todos los pacientes de la serie presentaban alteraciones electrocardiográficas antes de comenzar el PRC, y después de este las anomalías habían desaparecido en los registros electrocardiográficos de 6 pacientes, de manera que esta variable fue modificada tan solo en 14,6 %. Asimismo, 35 pacientes mantuvieron las alteraciones eléctricas luego de aplicada la rehabilitación física, para 85,4 % del total.

También fue necesario conocer cuáles eran las alteraciones eléctricas predominantes para definir en qué momento evolutivo se encontraban. Así, se obtuvo una preponderancia de las alteraciones de la onda Q en 73,2 % de los pacientes, lo que superó en 1,6 veces las anomalías de la onda T, que figuraron en 43,9 %. No existieron alteraciones del segmento ST.

Según el trazado eléctrico específico correspondiente a cada fase de desarrollo del IMA, al finalizar el PRC 85,4 % (35 pacientes) presentaba un trazado eléctrico indicativo de infarto antiguo, mientras que 14,6 % (6) mostró un trazado eléctrico normal. Es importante señalar que ningún paciente mantuvo un trazado eléctrico patológico.

En el ecocardiograma inicial las alteraciones de la contractilidad segmentaria (motilidad) se encontraron en 97,6 % (40 pacientes); esta variación fue la más frecuente en el grupo estudiado. Por su parte, las alteraciones de la contractilidad global se observaron en un menor porcentaje, con 26,8; sin embargo, no por ello este fue menos significativo.

Consecuentemente se deseó conocer el grado de adaptación alcanzado por los pacientes al terminar el programa, utilizando las variables ecocardiográficas medidas con anterioridad. En la figura se muestra que dichas variables se modificaron positivamente, con un mayor grado de recuperación de la contractilidad segmentaria.



	Alteraciones de la contractilidad global	Alteraciones de la contratilidad segmentaria
■ Antes	26,8	97,6
■ Después	12,1	7,3

**Fig.** Evolución de variables ecocardiográficas

## Discusión

En la actualidad, a pesar del desarrollo de las técnicas imagenológicas, perdura el empleo del electrocardiograma, puesto que es un procedimiento poco costoso y de fácil realización, que no requiere una gran complejidad técnica, y cuyo valor en el diagnóstico topográfico del infarto miocárdico agudo y en la información que brinda sobre la magnitud del daño, lo constituyen en la piedra angular para la toma de decisiones médicas ante pacientes con episodios coronarios o arrítmicos.<sup>(3,10,11)</sup>

Las manifestaciones eléctricas aportadas por el electrocardiograma son diferentes en cada momento evolutivo del IMA; pueden ser detectadas 3 fases importantes en su desarrollo: isquemia, lesión y necrosis, que se suceden ininterrumpidamente en corto tiempo. Resulta significativo que en ninguno de los pacientes se presentaron alteraciones del segmento ST. Con estos datos fue fácil ubicar a los integrantes de esta casuística en la etapa de necrosis.

Además, desde el punto de vista evolutivo, pueden definirse cuatro etapas en el desarrollo del infarto agudo del miocardio, que se inicia con el llamado infarto precoz, al que le continúan el infarto agudo, infarto reciente e infarto antiguo; la evolución a largo plazo trae consigo una significativa desaparición de los criterios electrocardiográficos del IMA.<sup>(1,2,11)</sup>

Entonces, si las alteraciones eléctricas registradas dependen del momento en que se realiza el ECG con respecto al inicio de los síntomas, y varían de paciente a paciente, la persistencia de un trazado eléctrico anómalo, que no se corresponda con el trazado eléctrico definido o conocido como normal, no obligatoriamente es signo de una alteración funcional, sino la huella de un proceso patológico ya superado.

Al analizar detenidamente los datos, se determinó que ni los pacientes con infarto antiguo ni los que mostraban un trazado eléctrico normal habían presentado alteraciones electrocardiográficas que se correspondieran con la isquemia aguda; o sea, no existió un trazado eléctrico patológico en ninguno al finalizar el programa de rehabilitación cardíaca.

El resultado anterior constituyó un logro, pues indica el beneficio del ejercicio físico en la prevención de episodios isquémicos secundarios, es decir, la llamada prevención secundaria de la cardiopatía isquémica. Se infiere, entonces, que el paciente en su evolución ha alcanzado un grado de adaptación fisiológica, con un nivel de compensación en su capacidad funcional, que le permite obtener los mejores resultados físicos, mentales y sociales, de manera que disfrute de una vida activa y productiva en la comunidad. Puede afirmarse, así, que el ejercicio físico, más que garantizar la curación del daño existente, previene la ocurrencia de nuevos daños.<sup>(13)</sup>

La utilidad de la ecocardiografía para identificar y establecer el pronóstico durante el examen del paciente con cardiopatía isquémica resulta un hecho establecido hoy día y que ha sido demostrado. Su capacidad para la evaluación completa del sistema cardiovascular, tanto en el aspecto estructural como en el funcional y hemodinámico, conduce a su uso en la valoración del paciente con cardiopatía isquémica.<sup>(11,12)</sup>

Resulta oportuno destacar que la cardiopatía isquémica trae aparejados cambios celulares muy complejos que incluyen modificaciones en la regulación del calcio, en la estructura y el funcionamiento del aparato contráctil y de los miocitos.<sup>(2,3,12)</sup>



En el presente estudio se observó un mayor grado de recuperación de la contractilidad segmentaria, que, según el criterio de los autores, pueda ser el resultado de las adaptaciones morfofuncionales que ocurren cuando se utiliza el entrenamiento físico supervisado, donde se precisa que el sistema cardiovascular mantenga una perfusión que corresponda al incremento de las demandas energéticas. La repetición continuada de un tipo de ejercicio provoca un incremento del gasto cardíaco, proporcional a la intensidad del ejercicio, lo que lleva a la remodelación morfológica y funcional característica del corazón en un individuo bajo entrenamiento; este órgano probablemente es el que soporta una mayor sobrecarga durante la práctica de ejercicio físico y, por ello, sufre notables modificaciones. Estos cambios relativamente estables en el tiempo (aumento del gasto cardíaco y del consumo de O<sub>2</sub>, incremento del retorno venoso, aumento de la contractilidad del miocardio y disminución de las resistencias periféricas), derivados de la realización de una actividad física de suficiente intensidad y frecuencia, suponen una mejora funcional del corazón enfermo y representan lo que se define como adaptaciones cardíacas al entrenamiento.<sup>(3,13,14)</sup>

De esta forma quedaría explicada la presencia de las alteraciones de la motilidad en la mayoría de los pacientes de esta investigación, así como de la hiperquinesia de los segmentos no isquémicos que pueden compensar la disfunción y mantener la fracción de eyección global normal, lo cual es el resultado de las adaptaciones morfofuncionales que ocurren cuando se utilizan los ejercicios físicos bien planificados y dosificados para aumentar la capacidad funcional del organismo, y que obliga al sistema cardiovascular a mantener un aporte de oxígeno adecuado al aumento de la demanda metabólica.<sup>(2,3,15)</sup>

Los programas de entrenamiento físico producen una mejoría en la capacidad funcional debido a un incremento de la capacidad de extracción de oxígeno por los músculos que se entrenan, o sea, al aumento del flujo sanguíneo y la vasodilatación muscular, y la consecuente mejoría de la capacidad oxidativa del músculo esquelético entrenado y el aumento de la tolerancia celular a la acidosis. Se produce, además, un aumento en el número y tamaño de las mitocondrias, que permiten mejorar la captación de oxígeno por los tejidos y, con ello, aumentar el rendimiento y optimizar la forma física.<sup>(12,14,15)</sup>

Para dar por concluido, los programas de rehabilitación cardíaca integral o de ejercicio programado, bajo consejo y control médico, mejoran la capacidad física de los pacientes,

refuerzan su estado psicológico, aumentan el umbral de presentación de anginas y arritmias y ayudan a la normalización de la vida social, laboral y sexual, con la reducción de la mortalidad global por cardiopatía isquémica. Con el entrenamiento físico pueden recuperarse los pacientes con cardiopatías coronarias, independientemente del tamaño del infarto previo o de la gravedad de la disfunción ventricular.

## Referencias bibliográficas

1. Pérez Coronel PL. Rehabilitación Cardíaca Integral. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2009. p. 1-122.
2. Mcphee SJ, Ganong WF. Fisiopatología Médica: una introducción a la medicina clínica. 5 ed. México, D. F.: El Manual Moderno; 2007. p. 257-323.
3. Hernández García S, Mustelier J, González Guerra R, Rivas Estany E, Rodríguez Nande L, Álvarez Gómez JA. Introducción del entrenamiento de resistencia en el programa de rehabilitación cardiovascular. Rev Cubana Cardiol Cir Cardiovasc. 2012 [citado 10/06/2018]; 18(1): 24-30. Disponible en: <http://www.revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/185/266>
4. Guyton AC, Hall JE. Tratado de Fisiología Médica. 11 ed. T 1. Madrid: Elsevier; 2010. p. 101-42.
5. Piepoli MF, Hoes AW, Agewall S, Albus C, Brotons C, Catapano AL, et al. 2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. Eur Heart J. 2016 [citado 10/06/2018]; 37(29): 2315-81. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4986030/pdf/ehw106.pdf>
6. Pepe MS, Fan J, Feng Z, Gerds T, Hilden J. The Net Reclassification Index (NRI): a Misleading Measure of Prediction Improvement Even with Independent Test Data Sets. Stat Biosci. 2015 [citado 10/06/2018]; 7(2): 282-95. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4615606/pdf/nihms623071.pdf>

7. Inouye M, Abraham G, Nelson CP, Wood AM, Sweeting MJ, Dudbridge F, et al. Genomic risk prediction of coronary artery disease in nearly 500,000 adults: implications for early screening and primary prevention. *BioRxiv*. 2018 [citado 10/06/2018]. Disponible en: <https://www.biorxiv.org/content/biorxiv/early/2018/01/19/250712.full.pdf>
8. Khera AV, Emdin CA, Drake I, Natarajan P, Bick AG, Cook NR, et al. Genetic Risk, Adherence to a Healthy Lifestyle, and Coronary Disease. *N Engl J Med*. 2016 [citado 10/06/2018]; 375: 2349-58. Disponible en: <https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMoa1605086>
9. Assimes TL, Roberts R. Genetics: Implications for Prevention and Management of Coronary Artery Disease. *J Am Coll Cardiol*. 2016 [citado 10/06/2018]; 68(25): 2797-818. Disponible en: [https://www.clinicalkey.es/service/content/pdf/watermarked/1-s2.0-S0735109716368279.pdf?locale=es\\_ES](https://www.clinicalkey.es/service/content/pdf/watermarked/1-s2.0-S0735109716368279.pdf?locale=es_ES)
10. Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, Casey DE, Collins KJ, Dennison Himmelfarb C, et al. 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management of High Blood Pressure in Adults: Executive Summary. *Hypertension*. 2018 [citado 10/06/2018]; 71(6): 1269-324. Disponible en: <https://www.ahajournals.org/doi/pdf/10.1161/HYP.0000000000000066>
11. Franco SG. *Electrocardiografía*. 5 ed. La Habana: Editorial de Ciencias Médicas; 2005.
12. Boraita PA. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología sobre la actividad física en el cardiópata. *Rev Española Cardiol*. 2000 [citado 10/06/2018]; 53(5): 684-726. Disponible en: <http://www.revespcardiol.org/es/guias-practica-clinica-sociedad-espanola/articulo/9730/>
13. Stone NJ, Robinson JG, Lichtenstein AH, Bairey Merz CN, Blum CB, Eckel RH, et al. 2013 ACC/AHA guideline on the treatment of blood cholesterol to reduce atherosclerotic cardiovascular risk in adults: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation*. 2014 [citado 10/06/2018]; 129(25 Suppl 2). Disponible en: <https://www.ahajournals.org/doi/pdf/10.1161/01.cir.0000437738.63853.7a>

14. Anderson TJ, Gregoire J, Pearson GJ, Barry AR, Couture P, Dawes M, et al. 2016 Canadian Cardiovascular Society guidelines for the management of dyslipidemia for the prevention of cardiovascular disease in the adult. *Can J Cardiol.* 2016 Nov; 32(11):1263-82.

15. van der Leeuw J, Ridker PM, van der Graaf Y, Visseren FLJ. Personalized cardiovascular disease prevention by applying individualized prediction of treatment effects. *Eur Heart J.* 2014 [citado 10/06/2018]; 35(13): 837-43. Disponible en: <https://academic.oup.com/eurheartj/article/35/13/837/633890>



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).