

Rehabilitación cardiovascular en pacientes con infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST e intervencionismo coronario percutáneo

Dr. Ángel A. Cuellar-Gallardo¹, Dra. MSc. Yannelys del C. Gómez-García¹, Dr. Yaniel Castro-Torres¹✉, Dr. Alexander Triana-Díaz¹, Dr. Juan M. Gómez-Lauchy¹, Dr. MSc. Reinaldo Gavilanes-Hernández¹, Dra. Yulietsy Herrera-León² y Dr. Arnaldo Rodríguez León¹

¹ Servicio de Cardiología, Hospital Universitario Celestino Hernández Robau. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

² Servicio de Neumotisiología, Hospital Universitario Celestino Hernández Robau. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Full English text of this article is also available

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 9 de febrero de 2019

Aceptado: 7 de marzo de 2019

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Abreviaturas

FC: frecuencia cardíaca

FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo

ICP: intervencionismo coronario percutáneo

RC: rehabilitación cardiovascular

RESUMEN

Introducción: La rehabilitación cardiovascular es beneficiosa en múltiples situaciones clínicas. En pacientes que son tratados mediante intervencionismo coronario es necesario seguir profundizando su estudio.

Objetivo: Determinar los efectos de la rehabilitación cardiovascular en pacientes con infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST a quienes se les realizó intervencionismo coronario percutáneo.

Método: Estudio cuasi-experimental en 30 pacientes con infarto agudo de miocardio con elevación del ST después de ser tratados con angioplastia coronaria y que se atendieron en el Servicio de Rehabilitación Cardiovascular del Hospital Universitario Celestino Hernández Robau, en el período de septiembre de 2016 a marzo de 2018. Se recolectaron datos clínicos y epidemiológicos, y se analizaron variables ergométricas y ecocardiográficas al inicio y luego de 12 semanas de realizar un programa de rehabilitación cardiovascular.

Resultados: Existió un efecto positivo en la frecuencia cardíaca en reposo (66 ± 11 vs. 61 ± 11 latidos/minuto; $p=0,008$), el tiempo de ejercicio ($8,3 \pm 2,5$ vs. $10,2 \pm 2,0$ minutos; $p<0,0001$) y del máximo consumo de oxígeno ($24,2 \pm 5,0$ vs. $27,6 \pm 4,9$ ml/kg/min; $p<0,0001$). Existió mejoría de la fracción de eyección y reducción del diámetro del ventrículo izquierdo en diástole, pero sin diferencia estadística significativa.

Conclusiones: Existió mejoría en los parámetros ergométricos y ecocardiográficos luego del programa de rehabilitación cardiovascular, que fue más beneficioso en pacientes con hipertensión arterial, hábito de fumar e intervencionismo coronario percutáneo de dos arterias.

Palabras clave: Rehabilitación cardiovascular, Intervención coronaria percutánea, Infarto agudo de miocardio, Ergometría

Cardiac rehabilitation in patients with ST-segment elevation acute myocardial infarction and percutaneous coronary intervention

ABSTRACT

Introduction: Cardiovascular rehabilitation is beneficial in multiple clinical situations. In patients who are treated through percutaneous coronary intervention it is necessary to continue deepening its study.

Objectives: To determine the effects of cardiovascular rehabilitation in patients

✉ Y Castro-Torres
Luz Caballero N° 161 e/ Hospital y
Alejandro Oms. Santa Clara CP
50200. Villa Clara, Cuba.
Correo electrónico:
castrotorresy@gmail.com

with ST-segment elevation acute myocardial infarction who underwent percutaneous coronary intervention.

Method: Quasi-experimental study in 30 patients with ST-segment elevation acute myocardial infarction after being treated with coronary angioplasty, and who were attended at the Department of Cardiovascular Rehabilitation of the Hospital Universitario Celestino Hernández Robau, in the period from September 2016 to March 2018. Clinical and epidemiological data were collected, and ergometric and echocardiographic variables were analyzed before and after 12 weeks of developing a cardiovascular rehabilitation program.

Results: There was a positive effect on heart rate at rest (66 ± 11 vs. 61 ± 11 beats/minute; $p=0.008$), exercise time (8.3 ± 2.5 vs. 10.2 ± 2.0 minutes; $p<0.0001$) and maximum oxygen consumption (24.2 ± 5.0 vs. 27.6 ± 4.9 ml/kg/min; $p<0.0001$). There was improvement of the ejection fraction and reduction of the diameter of the left ventricle in diastole left ventricular end diastolic diameter, but without significant statistical difference.

Conclusions: There was improvement in the ergometric and echocardiographic parameters after the cardiovascular rehabilitation program, which was more beneficial in patients with high blood pressure, smoking habit and percutaneous coronary intervention of two arteries.

Keywords: Cardiovascular rehabilitation, Percutaneous coronary intervention, Acute myocardial infarction, Ergometry

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades cardiovasculares son una de las primeras causas de morbilidad y mortalidad a nivel mundial. Su forma más usual es la cardiopatía isquémica y dentro de ella, el infarto agudo de miocardio es una forma de presentación muchas veces fatal¹⁻³.

Los procedimientos de revascularización, como cateterismo o cirugía, se aplican en proporción cada vez mayor a pacientes que han sufrido un evento cardiovascular. Este panorama brinda miles de casos que podrían beneficiarse con programas de rehabilitación cardiovascular (RC)⁴⁻⁶.

La RC de la cardiopatía isquémica se ha adaptado a las circunstancias del paciente con diferentes técnicas de revascularización, las cuales han evolucionado rápidamente en las últimas décadas. De ellas, la más empleada es la colocación de endoprótesis coronarias o *stents*. Su uso ha modificado considerablemente las estancias hospitalarias, circunstancia que afecta a la primera fase de la RC. La incorporación precoz a la vida habitual del enfermo al que se le ha realizado una angioplastia con *stent*, por ausencia de impedimentos propios de la técnica, ha permitido incluir más temprano a estos pacientes en la fase II de la RC⁷.

Los beneficios de la RC en pacientes a quienes se les ha realizado intervencionismo coronario percutáneo (ICP) con la colocación de *stent* han sido am-

pliamente estudiados e incluyen: disminución de la mortalidad por eventos cardiovasculares adversos, mejoría de la capacidad funcional, la función ventricular, el remodelado ventricular, la función endotelial y un aumento en la circulación colateral⁸⁻¹⁰. Sin embargo, en nuestro medio no existen estudios que muestren los cambios que, sobre diferentes variables ergométricas y ecocardiográficas, muestra el desarrollo de un programa de RC en este tipo de pacientes durante la fase aguda del infarto de miocardio.

Sobre la base de estos elementos, la presente investigación se propuso determinar los cambios que se presentan en variables ergométricas y ecocardiográficas luego de completar el protocolo de entrenamiento físico como parte de un programa de RC, en pacientes con ICP debido a infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST, y relacionar los cambios en los parámetros ergométricos según la presencia de factores de riesgo cardiovasculares y número de arterias coronarias tratadas durante el ICP.

MÉTODO

Tipo de estudio y población

Se realizó un estudio cuasi-experimental en una población de estudio definida por la totalidad de pacientes con infarto agudo de miocardio con eleva-

ción del segmento ST a los cuales se les realizó angioplastia coronaria con implantación de *stent*, y que se incorporaron al programa de RC adscrito al Servicio de Cardiología del Hospital Universitario Celestino Hernández Robau de la ciudad de Santa Clara, Cuba, en el período de septiembre de 2016 a marzo de 2018.

Muestra y criterios de inclusión

Se seleccionaron a los 30 pacientes de la población de estudio que cumplieron los criterios de inclusión y exclusión definidos para la investigación; específicamente aquellos con infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST a quienes se les realizó ICP y cumplieran los criterios para ser incluidos en el programa de RC.

Criterios de Exclusión

Fueron excluidos aquellos pacientes que abandonaron el programa antes de la realización de la ergometría final, los que no cumplieron al menos el 75% de las sesiones de ejercicios planificadas y los que, a pesar de estar incorporados al programa, presentaron contraindicaciones para la realización de ejercicio físico. Además, los pacientes que no estuvieron de acuerdo a participar en el estudio.

Procedimientos

Para la recogida de la información se confeccionó un cuestionario que abarcó las variables de interés, a través de la revisión de las historias clínicas individuales de los pacientes, ubicadas en el departamento de RC del Hospital Universitario Celestino Hernández Robau (Santa Clara, Cuba).

Para evaluar los efectos del programa de RC se analizó la información aportada por la prueba ergométrica, según el protocolo RAMPA realizado al comienzo del programa y luego de finalizar la fase II. Todas las pruebas ergométricas se realizaron en cinta sin fin (Ergocid-AT Plus, ICID, Cuba). Al finalizar las 12 semanas de sesiones de entrenamiento físico planificadas se analizaron las modificaciones en variables ergométricas (frecuencia cardíaca máxima, doble producto y tiempo de ejercicio) y su relación con variables clínicas y el número de arterias coronarias epicárdicas tratadas con implantación de *stents* durante el ICP.

Por ecocardiografía transtorácica (ALOKA SSD 5000 Alpha 10, Japón) se determinaron el diámetro telediastólico (modo bimodal en vista del eje largo paraesternal) y la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI, método de Simpson) al inicio y

final del programa de rehabilitación.

Protocolo de entrenamiento físico

Después de una correcta estratificación de riesgo que incluyó elementos clínicos, eléctricos, hemodinámicos y ecocardiográficos, los pacientes se incorporan al programa de entrenamiento físico. Las sesiones de ejercicio fueron realizadas en el área de RC del hospital donde se realizó la investigación y fueron supervisadas por un cardiólogo. El programa duró 12 semanas y contó con tres sesiones de ejercicios físicos a la semana en una intensidad del 60 al 70% de la frecuencia cardíaca alcanzada en la ergometría basal. Los restantes días se realizaron caminatas de aproximadamente 30 minutos en su domicilio.

La sesión de ejercicio físico comenzó con una fase inicial de 15 minutos de estiramiento y calistenia. Posteriormente continuaron con 20 minutos de ejercicios aeróbicos, y terminaron con 15 minutos de ejercicios de enfriamiento y relajación.

El tratamiento se complementó con intervención psicológica, charlas educativas sobre la enfermedad, control de factores de riesgo y actividades de tiempo libre. A cada paciente se le realizaron revisiones periódicas efectuadas por el cardiólogo, quien vigiló la evolución de la enfermedad y el efecto del entrenamiento sobre esta.

Variables evaluadas antes y al finalizar el programa de rehabilitación

- Frecuencia cardíaca (FC) en reposo (latidos/minuto): Cantidad de latidos cardíacos en un minuto luego de 10 minutos en reposo y de 30 minutos sin fumar o haber tomado café.
- FC máxima (latidos/minuto): Máxima frecuencia alcanzada durante la fase de ejercicio de la prueba ergométrica.
- Tiempo de ejercicio (minutos): Tiempo transcurrido durante la fase de ejercicio de la prueba ergométrica.
- Doble producto: Se obtiene de la multiplicación de la tensión arterial sistólica máxima por la FC máxima durante la fase de ejercicio de la prueba ergométrica. Se expresa en un número entero, sin unidad de medida.
- Consumo máximo de oxígeno (ml/kg/min): Es un indicador de la capacidad física aeróbica del paciente obtenida durante el pico máximo de la fase de ejercicio de la prueba ergométrica.
- Carga energética (MET): Constituye el resultado del trabajo aeróbico junto con el anaeróbico, se

estima al dividir el consumo máximo de oxígeno entre 3,5.

- Diámetro del ventrículo izquierdo en diástole (milímetros): Medida del ventrículo izquierdo en telediástole obtenido en eje largo paraesternal en modo bimodal.
- FEVI (%): Fracción o porcentaje del volumen de sangre propulsado por el ventrículo izquierdo durante la sístole, con respecto al volumen telediastólico. Fue obtenido por el método de Simpson.

Análisis estadístico

Los datos recolectados fueron introducidos en un fichero y procesados mediante el paquete de programas estadísticos SPSS, versión 21.0 para Windows. Estos datos fueron resumidos en tablas y gráficos estadísticos.

Las variables cualitativas se expresaron en frecuencias absolutas y relativas, y las cuantitativas en su media y desviación estándar. Para evaluar las diferencias entre las variables cuantitativas, antes y después del programa de rehabilitación, se empleó la prueba de Wilcoxon. Para la interpretación de la significación estadística de los estadígrafos utilizados se evaluó el valor de p de la siguiente manera: Si $p \leq 0,01$ indica un resultado muy significativo del estadígrafo, si $p < 0,05$ indica un resultado significativo y si $p > 0,05$ indica un resultado no significativo.

Ética

La presente investigación fue aprobada por el Comité de Ética del Hospital Universitario Celestino Hernández Robau y el protocolo de entrenamiento físico, aprobado por el Comité Científico local. Todos los pacientes firmaron el consentimiento informado.

RESULTADOS

En la **tabla 1** se muestran las características epidemiológicas de la muestra estudiada. Predominó

el sexo masculino con un 73,3% del total. La edad promedio en hombres fue significativamente superior con respecto a las mujeres ($58,6 \pm 6,7$ vs. $52,0 \pm 6,2$ años; $p=0,021$).

En la **figura 1** se muestra el contexto clínico en el que se realizó el ICP. En un 43,3% de los pacientes fue luego de una trombolisis fallida (ICP de rescate); de forma electiva, en un 36,7%, y sólo en 2 pacientes (6,7%) se realizó ICP primaria.

En la **tabla 2** se muestra el comportamiento de las principales variables ergométricas antes de comenzar el programa de RC y luego de 12 semanas de complementar el protocolo de entrenamiento físico. Como se puede observar, existió una reducción muy significativa de la FC en reposo (66 ± 11 vs. 61 ± 11 latidos/minuto; $p=0,008$), con un incremento muy significativo del tiempo de ejercicio ($8,3 \pm 2,5$ vs. $10,2 \pm 2,0$ minutos; $p<0,0001$) y del máximo consumo de oxígeno ($24,2 \pm 5,0$ vs. $27,6 \pm 4,9$ ml/kg/min; $p<0,0001$).

Tabla 1. Características epidemiológicas de la muestra estudiada.

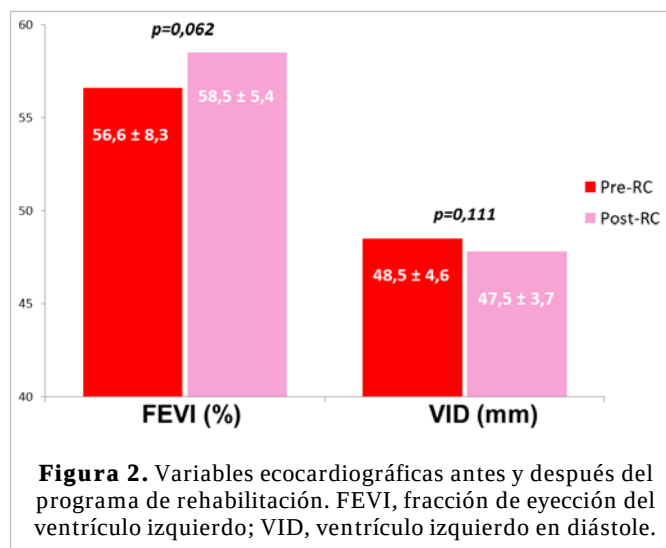
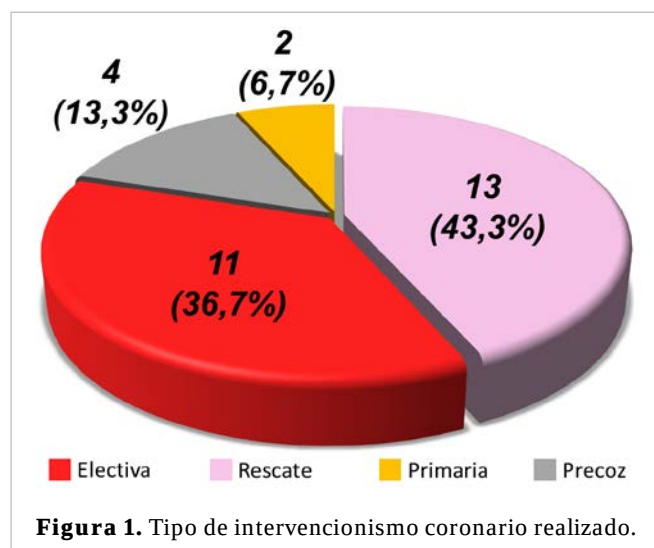
Variables	Sexo		Total
	Masculino	Femenino	
Pacientes [n (%)]	22 (73,3%)	8 (26,7%)	30 (100%)
Edad [X $\pm$ DE]	$58,6 \pm 6,7^*$	$52,0 \pm 6,2$	$56,9 \pm 7,1$
Factores de riesgo [n (%)]			
Hipertensión arterial	16 (72,7%)	6 (75,0%)	22 (73,3%)
Hábito de fumar	10 (45,5%)	3 (37,5%)	13 (43,3%)
Diabetes mellitus	6 (27,3%)	2 (25,0%)	8 (26,7%)
Dislipidemia	5 (22,7%)	1 (12,5%)	6 (20,0%)
Ninguno	3 (13,6%)	1 (12,5%)	4 (13,3%)

* $p=0,021$

Tabla 2. Parámetros ergométricos antes y después del programa de entrenamiento físico.

Variables ergométricas	Pre RC	Post RC	p
FC en reposo (lpm)	66 ± 11	61 ± 11	0,008
FC máxima (lpm)	131 ± 21	129 ± 23	0,764
Tiempo de ejercicio (min)	$8,3 \pm 2,5$	$10,2 \pm 2,0$	<0,0001
Doble producto	20215 ± 3878	20577 ± 3799	0,465
Carga energética (MET)	$6,9 \pm 1,5$	$7,9 \pm 1,4$	0,001
MVO ₂ (mL/kg/min)	$24,2 \pm 5,0$	$27,6 \pm 4,9$	<0,0001

FC, frecuencia cardíaca; lpm, latidos por minuto; MET, equivalentes metabólicos; min, minutos; MVO₂: máximo consumo de oxígeno



En el **Figura 2** se muestra el comportamiento de la FEVI y del diámetro del ventrículo izquierdo en telediástole al inicio y luego de terminar el programa de ejercicios físicos. Se observa que después de 12 semanas de entrenamiento físico existió un incremento de la FEVI de 56,6±8,3% al inicio vs. 58,5±5,4% al final del programa, aunque la diferencia no fue estadísticamente significativa ($p=0,062$).

La **Tabla 3** muestra los cambios en los parámetros ergométricos antes y después del programa de ejercicios según la presencia de factores de riesgo. Se puede apreciar que los pacientes hipertensos y fumadores fueron los más beneficiados al tener me-

joría significativa, los primeros, en los tres parámetros evaluados (FC en reposo [66±12 vs. 61±12; $p=0,03$], tiempo de ejercicio [8,4±2,8 vs. 10,4±2,2; $p<0,0001$] y máximo consumo de oxígeno [24,5±5,7 vs. 28,0±5,0; $p<0,0001$]), y los segundos, en la FC en reposo (68±11 vs. 60±14; $p=0,03$) y el tiempo de ejercicio (7,9±1,7 vs. 9,7±1,1; $p=0,03$).

En la **tabla 4** se observa el valor de estas variables ergométricas, evaluadas antes y después del programa de ejercicios, según la cantidad de arterias coronarias tratadas durante el ICP. Los mayores cambios se constataron en los pacientes con uno o dos arterias tratadas. De los 2 pacientes con tres ar-

Tabla 3. Parámetros ergométricos antes y después del programa de entrenamiento físico según los factores de riesgo presentes.

Variables	Factores de riesgo									
	HTA	p	DM	p	Dislipemia	p	Fumar	p	Ninguno	p
Frecuencia cardíaca en reposo (lpm)										
Pre RC	66 ± 12	0,03	66 ± 13	0,24	60 ± 11	0,78	68 ± 11	0,03	64 ± 9	0,59
Post RC	61 ± 12		61 ± 12		59 ± 3		60 ± 14		61 ± 3	
Tiempo de ejercicio (minutos)										
Pre RC	8,4 ± 2,8	0,00*	9,5 ± 3,6	0,16	8,6 ± 2,2	0,07	7,9 ± 1,7	0,03	8,0 ± 2,1	0,06
Post RC	10,4 ± 2,2		10,7 ± 2,6		10,5 ± 1,1		9,7 ± 1,1		9,5 ± 1,3	
Máximo consumo de O ₂ (ml/kg/min)										
Pre RC	24,5 ± 5,7	0,00*	26,7 ± 7,5	0,12	26,4 ± 7,4	0,04	24,3 ± 5,3	0,08	22,9 ± 0,9	0,06
Post RC	28,0 ± 5,0		29,3 ± 7,1		31,9 ± 6,8		27,1 ± 4,7		24,3 ± 0,7	

* $p<0,0001$. Los valores se expresan en media ± desviación estándar.

DM, diabetes mellitus; HTA, hipertensión arterial; lpm, latidos por minuto; RC, rehabilitación cardíaca.

Tabla 4. Parámetros ergométricos antes y después del programa de entrenamiento físico según la cantidad de arterias coronarias tratadas.

Variables	Número de vasos tratados					
	Uno (n=21)	p	Dos (n=7)	p	Tres (n=2)	p
Frecuencia cardíaca en reposo (lpm)						
Pre RC	65 ± 11	0,06	74 ± 7	0,02	53 ± 12	0,65
Post RC	60 ± 11		64 ±12		57 ± 1	
Tiempo de ejercicio (minutos)						
Pre RC	8,4 ± 2,8	0,00*	7,3 ±1,2	0,02	10,3 ± 1,6	0,65
Post RC	10,3 ± 2,3		9,8 ±1,0		10,1 ± 0,1	
Máximo consumo de O ₂ (ml/kg/min)						
Pre RC	24,3 ± 5,3	0,00*	23,0 ±4,0	0,02	27,2 ± 6,8	0,32
Post RC	27,4 ± 5,5		28,0 ±3,3		28,3 ± 5,3	

*p<0,0001. Los valores se expresan en media ± desviación estándar.

terias tratadas, uno de ellos presentó un alto consumo de oxígeno desde el inicio del programa, que se mantuvo luego del programa de rehabilitación (32 ml/kg/min antes y después) y el otro paciente no presentaba factores de riesgo cardiovasculares, y sólo presentó un discreto aumento del máximo consumo de oxígeno (22,4 vs. 24,4 ml/kg/min; p > 0,05).

DISCUSIÓN

La presente investigación es la primera en nuestra provincia que evalúa las modificaciones de varios parámetros ergométricos y hemodinámicos antes y después de un programa de ejercicios físicos en pacientes sometidos a ICP debido a infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST.

Existen varios factores que explican la mayor proporción de hombres con respecto a las mujeres. De manera constante, el sexo masculino es el más afectado en el contexto de los síndromes coronarios agudos y ciertos grupos etarios, por la mayor propensión biológica ampliamente demostrada¹¹; además, específicamente, respecto a los métodos de reperfusión, existe una tendencia a una menor utilización del ICP en mujeres.

En un estudio realizado en pacientes que fueron tratados con angioplastia primaria, Hurtado-Martínez *et al*¹¹ informaron sólo un 22% de pacientes del sexo femenino atendidas. Entre las razones se expone una mayor edad de debut de las mujeres, un mayor tiempo de evolución de los síntomas al llegar al salón de hemodinámica, así como una mortalidad hos-

pitalaria incrementada. De manera similar ocurrió en el estudio de Goel *et al*¹² donde se evaluó el impacto de la RC en 2395 pacientes que fueron tratados con angioplastia coronaria, un 40% de los pacientes participó en el programa de RC y el 70% de ellos eran hombres.

Con relación a los factores de riesgo, la hipertensión arterial fue el más prevalente en nuestro estudio, seguido del hábito de fumar, y sólo 4 pacientes no presentaron ningún factor de riesgo. Como es conocido, los pacientes que presentan alguna manifestación de enfermedad cardiovascular tienen un mayor perfil de riesgo y de ellos, los modificables como el hábito de fumar y la dislipidemia son un blanco ideal de acción en el contexto de la RC. Otros como la hipertensión y la diabetes mellitus precisan un mayor control y el escenario de la rehabilitación es el adecuado pues de manera rutinaria se realizan controles y ajustes a los participantes en el programa.

Nuestros resultados son similares a los encontrados en el citado estudio de Goel *et al*¹² quienes informan a la hipertensión arterial (62%), el hábito de fumar (43%) y la diabetes mellitus (17%) como los factores de riesgo más prevalentes en sus pacientes incorporados a RC¹².

Aunque las diferencias no resultaron estadísticamente significativas, se observó que luego de 12 semanas de entrenamiento físico existió un incremento de la FEVI y una reducción del diámetro telediastólico del ventrículo izquierdo. Esta mejoría se debe considerar relevante teniendo en cuenta que ambas variables no estaban en un rango patológico,

pues como ya se ha comentado, la angioplastia evita que exista un mayor remodelado ventricular. Además, la escasa variación de la FEVI y el diámetro del ventrículo izquierdo en diástole pudo ser debida, en parte, al corto período de tiempo entre una determinación y otra; pues en otros estudios, donde el tiempo entre la realización del ecocardiograma al inicio del programa de RC y el de seguimiento fue mayor (6 meses), sí se observó un incremento significativo de la FEVI ($52,3 \pm 16\%$ vs. $57,3 \pm 15\%$; $p=0,02$) y una reducción del volumen sistólico final del ventrículo izquierdo¹³; así como mejoría en el consumo miocárdico de oxígeno (26% , $p<0,001$) y la calidad de vida ($26,8\%$, $p=0,001$), que solo se observó en los pacientes del programa del grupo de entrenamiento.

Aunque la tasa de reestenosis angiográfica, en esa investigación¹³, no varió con el entrenamiento (29% vs. 33% , $p>0,05$) y no existieron diferencias significativas después de angioplastia o implantación de *stent*, la estenosis residual fue menor en los pacientes entrenados ($-29,7\%$; $p=0,045$); y en aquellos con reestenosis angiográfica, la captación de talio mejoró solo en el grupo de entrenamiento (19% ; $p<0,001$). Durante el seguimiento (33 ± 7 meses), los pacientes entrenados tuvieron una menor tasa de eventos cardiovasculares ($11,9$ vs. $32,2\%$; RR: $0,71$ [IC 95%: $0,60-0,91$]; $p=0,008$) y de reingreso hospitalario respecto a los controles ($18,6$ vs. 46% ; RR: $0,69$ [IC 95%: $0,55-0,93$]; $p<0,001$).

Al evaluar el comportamiento de las principales variables ergométricas, encontramos una reducción muy significativa de la FC en reposo, con un incremento muy significativo del tiempo de ejercicio y del máximo consumo de oxígeno. Un interesante estudio de Uematsu *et al*¹⁴ en 29 pacientes con infarto agudo de miocardio a los cuales se les realizó tomografía por emisión de fotón único antes y después de 6 meses de un programa de RC, se observó que en los que existió mejoría en los parámetros de perfusión miocárdica, se encontró simultáneamente una reducción de la FC en reposo al finalizar el programa de RC.

La carga energética es un parámetro que se obtiene dividiendo el máximo consumo de oxígeno por 3,5; motivo por el cual su comportamiento va en consonancia con este último parámetro y no aporta más información analizarlos por separado.

La FC máxima alcanzada en la prueba ergométrica y el doble producto no se modificaron significativamente luego del programa. Una posible explicación es que la frecuencia máxima teórica a la cual el paciente debe llegar ($220 - \text{edad del paciente}$)¹⁵ se

mantiene constante, y al lograr un mayor tiempo de ejercicio se cumple uno de los criterios de finalización de la prueba ergométrica al lograrse una FC máxima o submáxima sin presentar síntomas o cambios eléctricos. También, el efecto de medicamentos como los beta-bloqueadores, pueden influir en este comportamiento.

Con respecto al doble producto, no se observaron diferencias significativas después del protocolo de ejercicios. Este resultado se debe fundamentalmente a que los pacientes no experimentaron incrementos significativos en la presión arterial sistólica durante la fase de ejercicio, a pesar de presentar un mayor tiempo de ejercicio y máximo consumo de oxígeno. Este es un resultado positivo pues se logra un mejor rendimiento global durante el ejercicio físico sin incrementar el consumo miocárdico de oxígeno, la poscarga, ni el trabajo del músculo cardíaco de un modo clínicamente importante.

Respecto a la relación entre los parámetros ergométricos y los factores de riesgo, los pacientes hipertensos y los fumadores fueron los más beneficiados. Esto puede reflejar no sólo los beneficios del ejercicio físico directamente, sino de toda la intervención multidisciplinaria que se lleva a cabo durante la RC, donde la intervención en los factores de riesgo, hábitos dietéticos y conductuales forman parte integral de este programa^{16,17}. En el otro extremo, los pacientes con diabetes mellitus y los que no tenían factores de riesgo, fueron los que no presentaron cambios significativos de las variables en análisis. En el caso de los primeros, se trata de un subgrupo de pacientes de muy alto riesgo, con mayores comorbilidades en los que es probable obtener menos beneficios. En el caso de los pacientes sin factores de riesgo, por el contrario, parten de un perfil de riesgo menor y no se evidencia el efecto del control de los factores de riesgo sobre el aparato cardiovascular.

En la literatura consultada no se encontró un análisis de la variación de los parámetros ergométricos según la presencia de factores de riesgo, no obstante, es necesario identificar cuáles son los pacientes que pueden tener menores beneficios, lo que permitiría realizar un trabajo más profundo y personalizado.

Respecto a la cantidad de arterias coronarias afectadas. Los mayores cambios se constataron en aquellos pacientes con uno o dos arterias tratados durante el ICP. En los pacientes en los que se trataron 2 arterias se apreciaron cambios de mayor magnitud en los parámetros ergométricos en compara-

ción con los pacientes que fueron tratados en una sola arteria. Es probable que, en estos pacientes al lograrse una revascularización más completa, presentaran una mejor recuperación de la función ventricular izquierda. Estos resultados coinciden con Zhao *et al*¹⁸ quienes informaron la ausencia de beneficios luego de la RC en pacientes con enfermedad multivaso y revascularización incompleta; pero contrastan con Mori Junco *et al*¹⁹, los que demostraron mediante regresión de Cox, ajustada por edad, sexo, presencia de diabetes mellitus y número de vasos coronarios afectados, que no hubo diferencias significativas en el riesgo de nuevos eventos cardiovasculares en pacientes con revascularización parcial o completa después de un programa de RC.

Como se ha podido apreciar, la RC es una intervención muy útil en el escenario del ICP. Resulta beneficiosa no sólo para la mejoría de la función cardiopulmonar del paciente sino que, al ser un proceso multidisciplinario, el control de factores de riesgo como el hábito de fumar, los niveles de lípidos y la optimización de enfermedades crónicas como la diabetes mellitus, influyen positivamente en el paciente a quien se le implanta un *stent* coronario^{20,21}.

CONCLUSIONES

Existió mejoría en los parámetros ergométricos (frecuencia cardíaca en reposo, tiempo de ejercicio y máximo consumo de oxígeno) y ecocardiográficos (fracción de eyección y diámetro telediastólico del ventrículo izquierdo) estudiados luego de un programa de rehabilitación cardíaca en los pacientes que se les realizó intervencionismo coronario percutáneo luego de un infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST. Se encontró un mayor beneficio en pacientes con hipertensión arterial, hábito de fumar y en aquellos con dos arterias coronarias tratadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Scirica BM, Morrow DA. Infarto de miocardio con elevación del ST: anatomía patológica, fisiopatología y manifestaciones clínicas. En: Mann DL, Zipes DP, Libby P, Bonow RO, eds. Braunwald Tratado de Cardiología. Texto de Medicina Cardiovascular. 10^{ma} Ed. Barcelona: Elsevier España; 2016. p. 1068-94.
- Pek PP, Zheng H, Ho AFW, Wah W, Tan HC, Foo LL, *et al*. Comparison of epidemiology, treatments and outcomes of ST segment elevation myocardial infarction between young and elderly patients. *Emerg Med J*. 2018;35(5):289-96.
- Gerber Y, Weston SA, Jiang R, Roger VL. The changing epidemiology of myocardial infarction in Olmsted County, Minnesota, 1995-2012. *Am J Med*. 2015;128(2):144-51.
- Olsen SJ, Schirmer H, Bønaa KH, Hanssen TA. Cardiac rehabilitation after percutaneous coronary intervention: Results from a nationwide survey. *Eur J Cardiovasc Nurs*. 2018;17(3):273-9.
- Al Quait A, Doherty P, Gutacker N, Mills J. In the modern era of percutaneous coronary intervention: Is cardiac rehabilitation engagement purely a patient or a service level decision? *Eur J Prev Cardiol*. 2017;24(13):1351-7.
- Cabello Mijares G, Morales Carreto A, Guerrero Domínguez GS. Eficacia del programa de rehabilitación cardíaca en pacientes con cardiopatía isquémica. *An Med (Mex)*. 2010;55(1):24-8.
- García-Porrero E, Andrade-Ruiz M, Sosa-Rodríguez V. Rehabilitación de los pacientes después de la colocación de una endoprótesis coronaria. *Rev Esp Cardiol Supl*. 2011;11(E):50-6.
- Anderson L, Thompson DR, Oldridge N, Zwisler AD, Rees K, Martin N, *et al*. Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2016 [citado 29 Ene 2019];(1):CD001800. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001800.pub3>
- Hambrecht R, Wolf A, Gielen S, Linke A, Hofer J, Erbs S, *et al*. Effect of exercise on coronary endothelial function in patients with coronary artery disease. *N Engl J Med*. 2000;342(7):454-60.
- Zhang Y, Cao H, Jiang P, Tang H. Cardiac rehabilitation in acute myocardial infarction patients after percutaneous coronary intervention: A community-based study. *Medicine (Baltimore)*. 2018 [citado 31 Ene 2019];97(8):e9785. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5841979/pdf/medi-97-e9785.pdf>
- Hurtado-Martínez J, Pinar-Bermúdez E, Teruel-Carrillo F, Gimeno-Blanes JR, Lacunza-Ruiz J, Valdesuso R, *et al*. Mortalidad a corto y largo plazo en mujeres con infarto de miocardio tratado con angioplastia primaria. *Rev Esp Cardiol*. 2006;59(11):1113-22.
- Goel K, Lennon RJ, Tilbury T, Squires RW, Thomas RJ. Impact of cardiac rehabilitation on mortality and cardiovascular events after percu-

- taneous coronary intervention in the community. *Circulation*. 2011;123(21):2344-52.
13. Belardinelli R, Paolini I, Cianci G, Piva R, Georgiou D, Purcaro A. Exercise training intervention after coronary angioplasty: The ETICA Trial. *J Am Coll Cardiol*. 2001;37(7):1891-900.
 14. Uematsu M, Akashi YJ, Ashikaga K, Yoneyama K, Kida K, Suzuki K, *et al*. Association between heart rate at rest and myocardial perfusion in patients with acute myocardial infarction undergoing cardiac rehabilitation – A pilot study. *Arch Med Sci*. 2012;8(4):622-30.
 15. Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, Arena R, Balady GJ, Bittner VA, *et al*. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2013;128(8):873-934.
 16. Perk J, De Backer G, Gohlke H, Graham I, Reiner Z, Verschuren M, *et al*. Guía europea sobre prevención de la enfermedad cardiovascular en la práctica clínica (versión 2012). *Rev Esp Cardiol*. 2012;65(10):937:e1-e66.
 17. Hernández García S, Mustelier Oquendo JA, Rivas Estany E. Fase hospitalaria de la rehabilitación cardíaca. Protocolo para el síndrome coronario agudo. *CorSalud* [Internet]. 2014 [citado 6 Feb 2019];6(1):97-104. Disponible en: <http://www.revcorsalud.sld.cu/index.php/cors/article/view/185/420>
 18. Zhao W, Bai J, Zhang F, Guo L, Gao W. Impact of completeness of revascularization by coronary intervention on exercise capacity early after acute ST-elevation myocardial infarction. *J Cardiothorac Surg* [Internet]. 2014 [citado 3 Feb 2019];9:50. Disponible en: <http://doi.org/10.1186/1749-8090-9-50>
 19. Mori Junco R, Dalmau Gonzalez-Gallarza R, Castro Conde A, González Fernandez O, Álvarez Ortega C, Blázquez Bermejo Z, *et al*. Clinical outcomes in myocardial infarction and multivessel disease after a cardiac rehabilitation programme: Partial versus complete revascularization. *Arch Cardiovasc Dis*. 2017;110(4):234-41.
 20. Vlachojannis GJ, Yu J, Mehran R. Clinical presentation, evaluation, and treatment of restenosis. En: Price MJ, Ed. *Coronary Stenting: A Companion to Topol's Textbook of Interventional Cardiology*. Nueva York: Elsevier Saunders; 2014. p. 93-104.
 21. Lee H, Kim JH, Kim BO, Byun YS, Cho S, Goh CW, *et al*. Regular exercise training reduces coronary restenosis after percutaneous coronary intervention in patients with acute myocardial infarction. *Int J Cardiol*. 2013;167(6):2617-22.

Cardiac rehabilitation in patients with ST-segment elevation acute myocardial infarction and percutaneous coronary intervention

Ángel A. Cuellar-Gallardo¹, MD; Yannelys del C. Gómez-García¹, MD, MSc; Yaniel Castro-Torres¹✉, MD; Alexander Triana-Díaz¹, MD; Juan M. Gómez-Lauchy¹, MD; Reinaldo Gavilanes-Hernández¹, MD, MSc; Yulietsy Herrera-León², MD; and Arnaldo Rodríguez León¹, MD

¹Department of Cardiology, Hospital Universitario Celestino Hernández Robau. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

²Department of Pneumotisiology, Hospital Universitario Celestino Hernández Robau. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Este artículo también está disponible en español

ARTICLE INFORMATION

Received: February 9, 2019

Accepted: March 7, 2019

Competing interests

The authors declare no competing interests

Abbreviations

CR: cardiovascular rehabilitation

HR: Heart rate

LVEF: Left ventricular ejection fraction

PCI: Percutaneous coronary intervention

ABSTRACT

Introduction: Cardiovascular rehabilitation is beneficial in multiple clinical situations. In patients who are treated through percutaneous coronary intervention it is necessary to continue deepening its study.

Objectives: To determine the effects of cardiovascular rehabilitation in patients with ST-segment elevation acute myocardial infarction who underwent percutaneous coronary intervention.

Method: Quasi-experimental study in 30 patients with ST-segment elevation acute myocardial infarction after being treated with coronary angioplasty, and who were attended at the Department of Cardiovascular Rehabilitation of the *Hospital Universitario Celestino Hernández Robau*, in the period from September 2016 to March 2018. Clinical and epidemiological data were collected, and ergometric and echocardiographic variables were analyzed before and after 12 weeks of developing a cardiovascular rehabilitation program.

Results: There was a positive effect on heart rate at rest (66 ± 11 vs. 61 ± 11 beats/minute; $p=0.008$), exercise time (8.3 ± 2.5 vs. 10.2 ± 2.0 minutes; $p<0.0001$) and maximum oxygen consumption (24.2 ± 5.0 vs. 27.6 ± 4.9 ml/kg/min; $p<0.0001$). There was improvement of the ejection fraction and reduction of the diameter of the left ventricle in diastole left ventricular end-diastolic diameter, but without significant statistical difference.

Conclusions: There was improvement in the ergometric and echocardiographic parameters after the cardiovascular rehabilitation program, which was more beneficial in patients with high blood pressure, smoking habit and percutaneous coronary intervention of two arteries.

Keywords: Cardiovascular rehabilitation, Percutaneous coronary intervention, Acute myocardial infarction, Ergometry

Rehabilitación cardiovascular en pacientes con infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST e intervencionismo coronario percutáneo

RESUMEN

Introducción: La rehabilitación cardiovascular es beneficiosa en múltiples situaciones clínicas. En pacientes que son tratados mediante intervencionismo coronario es necesario seguir profundizando su estudio.

✉ Y Castro-Torres

Luz Caballero N° 161 e/ Hospital y Alejandro Oms. Santa Clara CP 50200. Villa Clara, Cuba.

E-mail address:

castrotorresy@gmail.com

Objetivo: Determinar los efectos de la rehabilitación cardiovascular en pacientes con infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST a quienes se les realizó intervencionismo coronario percutáneo.

Método: Estudio cuasi-experimental en 30 pacientes con infarto agudo de miocardio con elevación del ST después de ser tratados con angioplastia coronaria y que se atendieron en el Servicio de Rehabilitación Cardiovascular del Hospital Universitario Celestino Hernández Robau, en el período de septiembre de 2016 a marzo de 2018. Se recolectaron datos clínicos y epidemiológicos, y se analizaron variables ergométricas y ecocardiográficas al inicio y luego de 12 semanas de realizar un programa de rehabilitación cardiovascular.

Resultados: Existió un efecto positivo en la frecuencia cardíaca en reposo (66 ± 11 vs. 61 ± 11 latidos/minuto; $p=0,008$), el tiempo de ejercicio ($8,3 \pm 2,5$ vs. $10,2 \pm 2,0$ minutos; $p<0,0001$) y del máximo consumo de oxígeno ($24,2 \pm 5,0$ vs. $27,6 \pm 4,9$ ml/kg/min; $p<0,0001$). Existió mejoría de la fracción de eyección y reducción del diámetro del ventrículo izquierdo en diástole, pero sin diferencia estadística significativa.

Conclusiones: Existió mejoría en los parámetros ergométricos y ecocardiográficos luego del programa de rehabilitación cardiovascular, que fue más beneficioso en pacientes con hipertensión arterial, hábito de fumar e intervencionismo coronario percutáneo de dos arterias.

Palabras clave: Rehabilitación cardiovascular, Intervención coronaria percutánea, Infarto agudo de miocardio, Ergometría

INTRODUCTION

Cardiovascular diseases are one of the leading causes of morbidity and mortality worldwide. Their most common form of presentation is the ischemic heart disease and within it, the acute myocardial infarction, which is often fatal¹⁻³.

Revascularization procedures, such as catheterization or surgery, are applied in an increasing proportion to patients who have suffered a cardiovascular event. This scenario provides thousands of cases that could benefit from cardiovascular rehabilitation (CR)^{4,6} programs.

The CR of ischemic heart disease has adapted to the patient's circumstances with different revascularization techniques, which have evolved rapidly in recent decades. Among them, the most used is the placement of stents. Its use has significantly changed hospital stays, a circumstance which affects the first phase of the CR. Early incorporation into the usual life of the patient, to which an angioplasty with stent has been performed, due to absence of the technique's impediments, has allowed the early inclusion of these patients in phase II of the CR⁷.

The benefits of the CR in patients who have undergone percutaneous coronary intervention (PCI) with placement of stents have been widely studied and include: decrease of mortality from adverse cardiovascular events, better functional capacity, ventricular function, ventricular remodeling, endo-

thelial function and increased collateral circulation⁸⁻¹⁰. However, in our country, there are no studies which expose the changes that, on different ergometric and echocardiographic variables, show the development of a CR program in such patients during the acute phase of the myocardial infarction.

Based on these elements, the present research was intended to determine the changes that take place in ergometric and echocardiographic variables after completing the physical training protocol as part of a CR program, in patients with PCI due to ST-segment elevation acute myocardial infarction, and to relate changes in the ergometric parameters according to the presence of cardiovascular risk factors and number of coronary arteries treated during the PCI.

METHOD

Type of study and population

A quasi-experimental study was conducted in a study population defined according to all patients with ST-segment elevation acute myocardial infarction who underwent coronary angioplasty with implantation of stent, and that joined the CR program assigned to the Department of Cardiology of the Hospital Universitario Celestino Hernández Robau in the city of Santa Clara, Cuba, in the period from September 2016 to March 2018.

Sample and inclusion criteria

There were selected 30 patients in the study population who met the inclusion and exclusion criteria defined for the research; specifically, those with ST-segment elevation acute myocardial infarction who underwent PCI and met the inclusion criteria in the CR program.

Exclusion criteria

There were excluded those patients who quit the program before carrying out the final ergometry, the ones that did not fulfilled, at the least, 75% of the scheduled exercise sessions and those that, despite being incorporated into the program, presented contraindications while performing physical exercise. Moreover, patients who did not agree to participate in the study.

Procedures

For the collection of the information, a questionnaire was prepared, which covered the variables of interest, through the review of the individual medical records of the patients, located in the CR department of the *Hospital Universitario Celestino Hernández Robau* (Santa Clara, Cuba).

In order to assess the effects of the CR program, the information provided by the ergometric test was analyzed, according to the RAMPA protocol performed at the beginning of the program and after ending phase II. All ergometric tests were performed on endless tape (Ergocid-AT Plus, ICID, Cuba). At the end of the 12 weeks of the physical training sessions planned, changes in ergometric variables (maximum heart rate, double product and exercise time) were analyzed and their relationship with clinical variables and the number of epicardial coronary arteries treated with implantation of stents during the PCI.

Through transthoracic echocardiography (ALOKA SSD 5000 Alpha 10, Japan) were determined the diastolic diameter (bimodal mode in view of the parasternal long axis) and the left ventricle ejection fraction (LVEF, Simpson's method) at the beginning and at the end of the CR program.

Physical training protocol

After a successful risk stratification that included clinical, electrical, hemodynamic and echocardiographic elements, patients were incorporated into the fitness program. The exercise sessions were conducted in the area of CR of the hospital where the research was conducted and they were supervised by a cardiologist. The program lasted 12 weeks and

had three sessions of exercise a week at an intensity of 60 to 70% of the heart rate reached in the basal ergometry. During the remaining days, walks of about 30 minutes were carried out at home.

The physical exercise session began with an initial phase of 15 minutes of stretching and calisthenics. Later, 20 minutes of aerobic exercises, and last, 15 minutes of cooling and relaxation exercises.

The treatment was complemented with psychological intervention, educational talks about the disease, risk factor control and leisure time activities. Each patient underwent periodic reviews conducted by the cardiologist, who monitored the evolution of the disease and the effect of training on it.

Variables evaluated before and after the rehabilitation program

- Heart rate (HR) at rest (beats/minute): Number of heart beats in a minute after 10 minutes at rest and 30 minutes without smoking or drinking coffee.
- Maximum HR (beats/minute): Maximum rate reached during the exercise phase of the ergometric test.
- Exercise time (minutes): Time elapsed during the exercise phase of the ergometric test.
- Double product: It is obtained by multiplying the maximum systolic blood pressure by the maximum HR during the exercise phase of the ergometric test. It is expressed in an integer, without unit of measure.
- Maximum oxygen consumption (ml/kg/min): It is an indicator of the aerobic physical capacity of the patient, obtained during the maximum peak of the exercise phase of the ergometric test.
- Energy charge (MET): It is the result of aerobic work together with the anaerobic; it is estimated by dividing the maximum oxygen consumption between 3.5.
- Diameter of the left ventricle in diastole (millimeters): Measurement of the left ventricle in telediastole obtained in the parasternal long axis in bimodal mode.
- LVEF (%): Fraction of percentage of blood volume propelled by the left ventricle during systole, with respect to the telediastolic volume. It was obtained through the Simpson's method.

Statistical analysis

The data collected were entered into a file and processed using the statistical software package SPSS, version 21.0 for Windows. These data were summa-

rized in tables and statistical graphs.

The qualitative variables were expressed in absolute and relative frequencies, and the quantitative variables with the mean and standard deviation. For evaluating the differences between the quantitative variables, before and after the rehabilitation program, the Wilcoxon test was used. For the interpretation of the statistical significance of the used statisticians, the value of p was evaluated as follows: If $p \leq 0.01$ indicates a very significant result of the statistician, if $p < 0.05$ indicates a significant result and if $p > 0.05$ indicates a non-significant result.

Ethics

This research was approved by the Ethics Committee of the *Hospital Universitario Celestino Hernández Robau* and the physical training protocol, approved by the local Scientific Committee. All patients signed the informed consent.

RESULTS

In **table 1** are displayed the epidemiological characteristics of the studied sample. The male sex predominated, with 73.3% of the total. The mean age was significantly higher in men over women (58.6 ± 6.7 vs. 52.0 ± 6.2 years; $p = 0.021$).

In **figure 1** is displayed the clinical context in which the PCI was performed. In 43.3% of patients it was following a failed thrombolysis (rescue PCI); in an elective form, in 36.7%, and only 2 patients (6.7%) underwent primary PCI.

In **table 2** is shown the behavior of the main ergometric variables before starting the CR program and after 12 weeks of complementing the protocol of physical training. As it can be observed, there was a very significant reduction in the HR at rest (66 ± 11 vs. 61 ± 11 beats/min; $p = 0.008$), with a significant increase in exercise time (8.3 ± 2.5 vs. 10.2 ± 2.0 minutes; $p < 0.0001$) and the maximum oxygen consumption

(24.2 ± 5.0 vs. 27.6 ± 4.9 mL/kg/min; $p < 0.0001$).

In **Figure 2** is shown the behavior of the LVEF and the diameter of the left ventricle in telediastole before and after the exercise program. It is observed that after 12 weeks of physical training there was an increase in the LVEF of $56.6 \pm 8.3\%$ at the start vs. $58.5 \pm 5.4\%$ at the end of the program, although the difference was not statistically significant ($p = 0.062$).

In **table 3** are displayed the changes in the ergometric parameters before and after the exercise program according to the presence of risk factors. It can be observed that patients with high blood pressure and smoking had the biggest benefits by improving significantly, the first, in the three parameters evaluated (HR at rest [66 ± 12 vs. 61 ± 12 ; $p = 0.03$], exercise time [8.4 ± 2.8 vs. 10.4 ± 2.2 ; $p < 0.0001$] and maximum oxygen consumption [24.5 ± 5.7 vs. 28.0 ± 5.0 ; $p < 0.0001$]), and the second ones in the HR at rest

Table 1. Epidemiological characteristics of the sample studied.

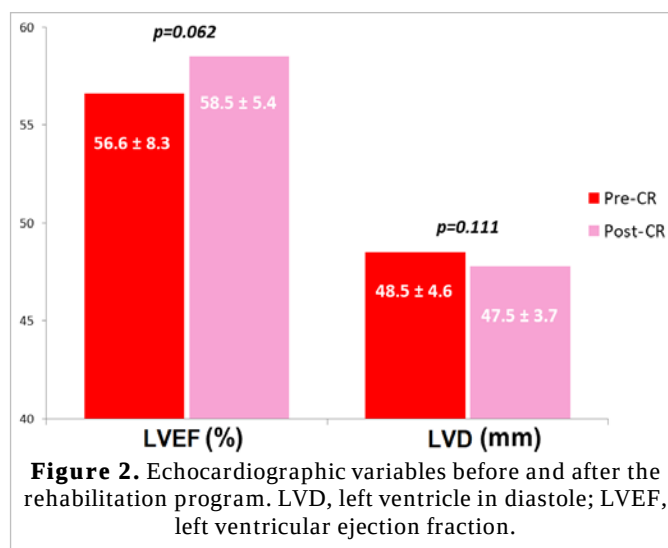
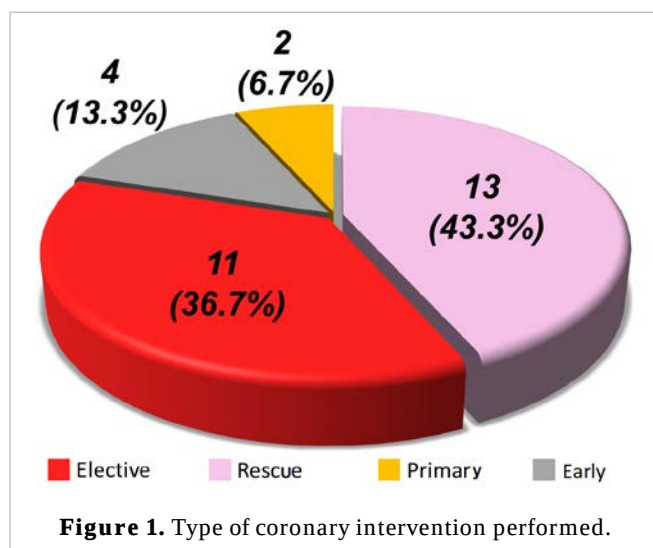
Variables	Sex		Total
	Male	Female	
Patients [n (%)]	22 (73.3%)	8 (26.7%)	30 (100%)
Age (X $\pm$ SD)	$58.6 \pm 6.7^*$	52.0 ± 6.2	56.9 ± 7.1
Risk factors [n (%)]			
High blood pressure	16 (72.7%)	6 (75.0%)	22 (73.3%)
Smoking habit	10 (45.5%)	3 (37.5%)	13 (43.3%)
Diabetes mellitus	6 (27.3%)	2 (25.0%)	8 (26.7%)
Dyslipidemia	5 (22.7%)	1 (12.5%)	6 (20.0%)
None	3 (13.6%)	1 (12.5%)	4 (13.3%)

* $p = 0.021$

Table 2. Ergometric parameters before and after the physical training program.

Ergometric variables	Pre CR	Post CR	p
HR at rest (bpm)	66 ± 11	61 ± 11	0.008
Maximum HR (bpm)	131 ± 21	129 ± 23	0.764
Exercise time (min)	8.3 ± 2.5	10.2 ± 2.0	<0.0001
Double product	20215 ± 3878	20577 ± 3799	0.465
Energy charge (MET)	6.9 ± 1.5	7.9 ± 1.4	0.001
MVO ₂ (mL/kg/min)	24.2 ± 5.0	27.6 ± 4.9	<0.0001

bpm, beats per minute; HR, heart rate; MET, metabolic equivalents; min, minutes; MVO₂: maximum oxygen consumption.



(68±11 vs. 60±14; $p=0.03$) and the exercise time (7.9±1.7 vs. 9.7±1.1; $p=0.03$).

In **table 4** is observed the value of these ergometric variables, evaluated before and after the exercise program, depending on how many coronary arteries were treated during PCI. The biggest changes were observed in the patients with one or two treated arteries. From the two patients with three treated arteries, one of them presented a high oxygen consumption since the beginning of the program, which was maintained after the rehabilitation program (32 ml/kg/min before and after) and the other patient did not present cardiovascular risk

factors, and only showed a slight increase of the maximum oxygen consumption (22.4 vs. 24.4 ml/kg/min; $p>0.05$).

DISCUSSION

The present research is the first in our province in terms of evaluating changes in several ergometric and hemodynamic parameters before and after an exercise program in patients undergoing PCI due to ST-segment elevation acute myocardial infarction.

There are several factors that explain the greater

Table 3. Ergometric parameters before and after the physical training program according to the evidenced risk factors.

Variables	Risk factors									
	HBP	p	DM	p	Dyslipidemia	p	Smoking	p	None	p
Heart rate at rest (bpm)										
Pre CR	66 ± 12	0.03	66 ± 13	0.24	60 ± 11	0.78	68 ± 11	0.03	64 ± 9	0.59
Post CR	61 ± 12		61 ± 12		59 ± 3		60 ± 14		61 ± 3	
Exercise time (minutes)										
Pre CR	8.4 ± 2.8	0.00*	9.5 ± 3.6	0.16	8.6 ± 2.2	0.07	7.9 ± 1.7	0.03	8.0 ± 2.1	0.06
Post CR	10.4 ± 2.2		10.7 ± 2.6		10.5 ± 1.1		9.7 ± 1.1		9.5 ± 1.3	
Maximum consumption of O ₂ (ml/kg/min)										
Pre CR	24.5 ± 5.7	0.00*	26.7 ± 7.5	0.12	26.4 ± 7.4	0.04	24.3 ± 5.3	0.08	22.9 ± 0.9	0.06
Post CR	28.0 ± 5.0		29.3 ± 7.1		31.9 ± 6.8		27.1 ± 4.7		24.3 ± 0.7	

* $p<0.0001$. Values are expressed in mean ± standard deviation.

bpm, beats per minute; DM, diabetes mellitus; HBP, high blood pressure; CR, cardiac rehabilitation.

Table 4. Ergometric parameters before and after the physical training program according to the amount of coronary arteries treated.

Variables	Number of vessels treated					
	One (n=21)	p	Two (n=7)	p	Three (n=2)	p
Heart rate at rest (bpm)						
Pre CR	65 ± 11	0.06	74 ± 7	0.02	53 ± 12	0.65
Post CR	60 ± 11		64 ±12		57 ± 1	
Exercise time (minutes)						
Pre CR	8.4 ± 2.8	0.00*	7.3 ±1.2	0.02	10.3 ± 1.6	0.65
Post CR	10.3 ± 2.3		9.8 ±1.0		10.1 ± 0.1	
Maximum consumption of O ₂ (ml/kg/min)						
Pre CR	24.3 ± 5.3	0.00*	23.0 ±4.0	0.02	27.2 ± 6.8	0.32
Post CR	27.4 ± 5.5		28.0 ±3.3		28.3 ± 5.3	

*p<0.0001. Values are expressed in mean ± standard deviation.
bpm, beats per minute; CR, cardiac rehabilitation.

proportion of men compared to women. Steadily, males are the most affected in the context of acute coronary syndromes and certain age groups, for the most widely demonstrated biological propensity¹¹; in addition, specifically regarding reperfusion methods, there is a tendency towards a lower use of PCI in women.

In a study in patients who were treated with primary angioplasty, Hurtado-Martínez *et al*¹¹ reported only 22% of female patients treated. Among the reasons, there is a greater debut age of women, a longer time of evolution of symptoms when arriving at the hemodynamics room, as well as an increased hospital mortality. Similarly happened with the study of Goel *et al*¹², where they evaluated the impact of the CR in 2395 patients who were treated with coronary angioplasty; 40% of patients participated in the CR program and 70% of them were men.

In relation to risk factors, high blood pressure was the most prevalent in our study, followed by smoking, and only four patients did not present any risk factor. As it is known, patients who present any manifestation of cardiovascular disease have a higher risk profile, and of these, modifiable factors such as smoking and dyslipidemia are an ideal target for action in the context of CR. Others such as high blood pressure and diabetes mellitus require greater monitoring and the rehabilitation scenario is adequate because monitoring and adjustments are routinely established for program's participants.

Our results coincide with those found in the study of Goel *et al*¹², who reported high blood pres-

sure (62%), smoking (43%) and diabetes mellitus (17%) as the most prevalent risk factors in their patients incorporated to CR¹².

Although the differences were not statistically significant, after 12 weeks of physical training, there was an increase of the LVEF and a reduction of the left ventricle telediastolic diameter. This improvement should be considered relevant, taking into account that both variables were not in a pathological range, because, as already mentioned, the angioplasty avoids further ventricular remodeling. In addition, the low variation of the LVEF and the diameter of the left ventricle in diastole could be due, in part, to the short period of time between one determination and another; in other studies, where the time between the completion of the echocardiogram at the start of the CR program and the follow-up was higher (6 months), there was definitely a significant increase of the LVEF (52.3±16 % *vs.* 57.3±15 %; p=0.02) and a reduction in the final systolic volume of the left ventricle¹³; as well as improvement in the myocardial oxygen consumption (26%, p<0.001) and the quality of life (26.8%, p=0.001), which was observed only in patients of the training group program.

Although the angiographic restenosis rate in this research¹³ did not vary with training (29% *vs.* 33%, p>0.05) and there were not significant differences after angioplasty or stent implantation, the residual stenosis was lower in the trained patients (-29.7%; p=0.045); in those with angiographic restenosis, the thallium improved only in the training group (19%;

$p < 0.001$). During follow-up (33 ± 7 months), trained patients had one minor rate of cardiovascular events (11.9 vs. 32.2%; RR: 0.71 [CI 95%: 0.60 - 0.91]; $p = 0.008$) and rehospitalization over monitoring (18.6 vs. 46%; RR: 0.69 [CI 95%: 0.55 - 0.93]; $p < 0.001$).

When evaluating the behavior of the main ergometric variables, we found a very significant reduction in the HR at rest, with a very significant increase in exercise time and maximum oxygen consumption. An interesting study by Uematsu *et al*¹⁴ in 29 patients with acute myocardial infarction who underwent single-photon emission computed tomography before and after six months of a CR program, it was observed that in those with improvement in myocardial perfusion parameters, a reduction in the HR at rest was found simultaneously at the end of the CR program.

The energy charge is a parameter that is obtained by dividing the maximum oxygen consumption by 3.5; reason why its behavior is in line with this last parameter and does not provide more information to analyze them separately.

The maximum HR achieved in the ergometric test and the double product were not significantly modified after the program. One possible explanation is that the theoretical maximum rate that the patient must reach $(220 - \text{age of the patient})^{15}$ remains constant, and by achieving greater exercise time is one of the ending criteria for the ergometric test when achieving a maximum or submaximum HR without presenting symptoms or electrical changes. Also, the effect of medications such as beta-blockers can influence this behavior.

Concerning the double product, no significant differences were observed after the exercise protocol. This result is mainly due to the fact that the patients experienced significant increases in systolic blood pressure during the exercise, despite presenting increased exercise time and maximal oxygen consumption. This is a positive result because a better overall performance is achieved during physical exercise without increasing myocardial oxygen consumption, afterload, or the work of the heart muscle in a clinically important way.

Regarding the relationship between the ergometric parameters and the risk factors, hypertensive patients and smokers had the greatest benefits. This may reflect not only the benefits of physical exercise directly, but the entire multidisciplinary intervention that takes place during the CR, where intervention in risk factors, dietary and behavioral habits form an integral part of this program^{16,17}. At the other ex-

treme, patients with diabetes mellitus and those who did not have risk factors were those who did not show significant changes in the variables under analysis. In the case of the former, it is a subgroup of very high risk patients, with greater comorbidities in which it is likely to obtain fewer benefits. In the case of patients without risk factors, on the contrary, they start from a lower risk profile and the effect of controlling risk factors on the cardiovascular system is not evident.

In the bibliography consulted we did not find an analysis of the variation of the ergometric parameters according to the presence of risk factors, however, it is necessary to identify which are the patients that may have lower benefits, which would allow for a deeper and more personalized work.

Regarding the amount of coronary arteries affected, the greatest changes were found in those patients with one or two arteries treated during the PCI. In patients in whom two arteries were treated, changes of greater magnitude in the ergometric parameters were observed in comparison with the patients who had just a single artery treated. It is likely that, in these patients, when a more complete revascularization was achieved, they presented a better recovery of left ventricular function. These results coincide with Zhao *et al*¹⁸, who reported the absence of benefits after CR in patients with multivessel disease and incomplete revascularization; but contrast with Mori Junco *et al*¹⁹, who demonstrated through the Cox regression, adjusted for age, sex, presence of diabetes mellitus and number of affected coronary vessels, that there were no significant differences in the risk of new cardiovascular events in patients with partial or complete revascularization after an CR program.

As is can be observed, the CR is a very useful intervention in the PCI scenario. It is beneficial not only for the improvement of the patient's cardiopulmonary function but, as it is a multidisciplinary process, the control of risk factors such as smoking, lipid levels and the optimization of chronic diseases such as diabetes mellitus, positively influence the patient who undergoes coronary stent implantation^{20,21}.

CONCLUSIONS

There was improvement in the ergometric parameters (heart rate at rest, exercise time and maximum oxygen consumption) and in the echocardiographic

parameters (left ventricle ejection fraction and tele-diastolic diameter) studied after a program of cardiac rehabilitation in patients who underwent percutaneous coronary intervention or after an ST-segment elevation acute myocardial infarction. A greatest benefit was found in patients with high blood pressure, smoking and those with two coronary arteries treated.

REFERENCES

- Scirica BM, Morrow DA. Infarto de miocardio con elevación del ST: anatomía patológica, fisiopatología y manifestaciones clínicas. En: Mann DL, Zipes DP, Libby P, Bonow RO, eds. Braunwald Tratado de Cardiología. Texto de Medicina Cardiovascular. 10^{ma} Ed. Barcelona: Elsevier España; 2016. p. 1068-94.
- Pek PP, Zheng H, Ho AFW, Wah W, Tan HC, Foo LL, et al. Comparison of epidemiology, treatments and outcomes of ST segment elevation myocardial infarction between young and elderly patients. *Emerg Med J*. 2018;35(5):289-96.
- Gerber Y, Weston SA, Jiang R, Roger VL. The changing epidemiology of myocardial infarction in Olmsted County, Minnesota, 1995-2012. *Am J Med*. 2015;128(2):144-51.
- Olsen SJ, Schirmer H, Bønaa KH, Hanssen TA. Cardiac rehabilitation after percutaneous coronary intervention: Results from a nationwide survey. *Eur J Cardiovasc Nurs*. 2018;17(3):273-9.
- Al Quait A, Doherty P, Gutacker N, Mills J. In the modern era of percutaneous coronary intervention: Is cardiac rehabilitation engagement purely a patient or a service level decision? *Eur J Prev Cardiol*. 2017;24(13):1351-7.
- Cabello Mijares G, Morales Carreto A, Guerrero Domínguez GS. Eficacia del programa de rehabilitación cardíaca en pacientes con cardiopatía isquémica. *An Med (Mex)*. 2010;55(1):24-8.
- García-Porrero E, Andrade-Ruiz M, Sosa-Rodríguez V. Rehabilitación de los pacientes después de la colocación de una endoprótesis coronaria. *Rev Esp Cardiol Supl*. 2011;11(E):50-6.
- Anderson L, Thompson DR, Oldridge N, Zwisler AD, Rees K, Martin N, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2016 [cited 29 Ene 2019];(1):CD001800. Available at: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001800.pub3>
- Hambrecht R, Wolf A, Gielen S, Linke A, Hofer J, Erbs S, et al. Effect of exercise on coronary endothelial function in patients with coronary artery disease. *N Engl J Med*. 2000;342(7):454-60.
- Zhang Y, Cao H, Jiang P, Tang H. Cardiac rehabilitation in acute myocardial infarction patients after percutaneous coronary intervention: A community-based study. *Medicine (Baltimore)*. 2018 [cited 31 Ene 2019];97(8):e9785. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5841979/pdf/medi-97-e9785.pdf>
- Hurtado-Martínez J, Pinar-Bermúdez E, Teruel-Carrillo F, Gimeno-Blanes JR, Lacunza-Ruiz J, Valdesuso R, et al. Mortalidad a corto y largo plazo en mujeres con infarto de miocardio tratado con angioplastia primaria. *Rev Esp Cardiol*. 2006;59(11):1113-22.
- Goel K, Lennon RJ, Tilbury T, Squires RW, Thomas RJ. Impact of cardiac rehabilitation on mortality and cardiovascular events after percutaneous coronary intervention in the community. *Circulation*. 2011;123(21):2344-52.
- Belardinelli R, Paolini I, Cianci G, Piva R, Georgiou D, Purcaro A. Exercise training intervention after coronary angioplasty: The ETICA Trial. *J Am Coll Cardiol*. 2001;37(7):1891-900.
- Uematsu M, Akashi YJ, Ashikaga K, Yoneyama K, Kida K, Suzuki K, et al. Association between heart rate at rest and myocardial perfusion in patients with acute myocardial infarction undergoing cardiac rehabilitation – A pilot study. *Arch Med Sci*. 2012;8(4):622-30.
- Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, Arena R, Balady GJ, Bittner VA, et al. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2013;128(8):873-934.
- Perk J, De Backer G, Gohlke H, Graham I, Reiner Z, Verschuren M, et al. Guía europea sobre prevención de la enfermedad cardiovascular en la práctica clínica (versión 2012). *Rev Esp Cardiol*. 2012;65(10):937:e1-e66.
- Hernández García S, Mustelier Oquendo JA, Rivas Estany E. Fase hospitalaria de la rehabilitación cardíaca. Protocolo para el síndrome coronario agudo. *CorSalud* [Internet]. 2014 [cited 6 Feb 2019];6(1):97-104. Available at: <http://www.revcorsalud.sld.cu/index.php/cors/article/view/185/420>
- Zhao W, Bai J, Zhang F, Guo L, Gao W. Impact of completeness of revascularization by coronary intervention on exercise capacity early after acute ST-elevation myocardial infarction. *J Car-*

- diothorac Surg [Internet]. 2014 [cited 3 Feb 2019]; 9:50. Available at:
<http://doi.org/10.1186/1749-8090-9-50>
19. Mori Junco R, Dalmau Gonzalez-Gallarza R, Castro Conde A, González Fernandez O, Álvarez Ortega C, Blázquez Bermejo Z, *et al.* Clinical outcomes in myocardial infarction and multivessel disease after a cardiac rehabilitation programme: Partial versus complete revascularization. *Arch Cardiovasc Dis.* 2017;110(4):234-41.
20. Vlachojannis GJ, Yu J, Mehran R. Clinical presentation, evaluation, and treatment of restenosis. En: Price MJ, Ed. *Coronary Stenting: A Companion to Topol's Textbook of Interventional Cardiology.* Nueva York: Elsevier Saunders; 2014. p. 93-104.
21. Lee H, Kim JH, Kim BO, Byun YS, Cho S, Goh CW, *et al.* Regular exercise training reduces coronary restenosis after percutaneous coronary intervention in patients with acute myocardial infarction. *Int J Cardiol.* 2013;167(6):2617-22.