

Comportamiento del consumo de oxígeno durante una sesión de rehabilitación cardíaca

Behavior of Oxygen Consumption During a Cardiac Rehabilitation Session

MARTÍN F. BRUZZESE¹, NELIO E. BAZÁN², NICOLÁS A. ECHANDÍA³, ROBERTO M. PEIDRO¹, GRACIELA B. BRIÓN BARREIRO¹

RESUMEN

Objetivo: estudiar el comportamiento del consumo de oxígeno en pacientes con miocardiopatía dilatada durante una sesión de rehabilitación cardíaca.

Material y métodos: diseño observacional, transversal, analítico relacional. Muestra: 10 pacientes masculinos con miocardiopatía dilatada, con deterioro de moderado a grave de la función ventricular. Se evaluó a los pacientes en laboratorio y en una sesión de rehabilitación mediante un analizador de gases portátil Medgraphics® VO 2000. La sesión de rehabilitación consistió en ejercicios en bicicleta fija de 10 minutos, step, escalera coordinativa, fuerza con mancuerna para bíceps y hombros, cuádriceps en camilla y dorsales en máquina.

Resultados: Edad (años) $57,4 \pm 14,6$. Peso (kg) $91,4 \pm 22,2$. Talla (cm) $168,1 \pm 6,2$. Laboratorio: VO_2max relativo (ml/kg/min) $21,8 \pm 7,3$. Tasa de intercambio respiratorio, RER (VCO_2/VO_2) $1,05 \pm 0,09$. Volumen ventilado (L/min) $65,7 \pm 18,5$. Frecuencia cardíaca (lat./min) en VO_2max $127,8 \pm 23,8$. Sesión: Duración (min) $37,5 \pm 10$. $\text{VO}_{2\text{pico}}$ (ml/kg/min) $14,6 \pm 3$ ($69,9 \pm 16,7\%$ del VO_2max). Coeficiente de correlación entre VO_2max y tiempo con $\text{VO}_2 < 50\%$ del VO_2max (min) $0,662$ ($p = 0,037$) y entre $\text{VO}_{2\text{pico}}$ en rehabilitación y tiempo en RER entre $0,85-1$ (min) $0,787$ ($p = 0,007$).

Los pacientes con mejor aptitud ejercitaron en zona de baja intensidad. Al aumentar el esfuerzo, aumentaron los minutos en intensidad moderada.

Conclusión: Se constató en este estudio que los pacientes alcanzaron un $\text{VO}_{2\text{pico}}$ en las sesiones inferiores a sus máximos obtenidos en laboratorio. Si bien cualquier dosis de entrenamiento en estos pacientes es más beneficiosa que la inactividad física, el diseño y la planificación de las sesiones de RHC, valorando las intensidades de trabajo intrasesión, podrían generar mayor impacto en la mortalidad, las reinternaciones y en la calidad de vida.

Palabras clave: Consumo de oxígeno - Rehabilitación cardíaca - Miocardiopatía dilatada

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to analyze the response of oxygen consumption in patients with dilated cardiomyopathy during a cardiac rehabilitation session.

Methods: This was an observational, cross-sectional, relational analytical study. Ten male patients with dilated cardiomyopathy and moderate to severe ventricular dysfunction were included in the study. Patients were evaluated in the laboratory and during a rehabilitation session using a Medgraphics VO 2000 portable gas analyzer. The rehabilitation session consisted in 10 minutes of stationary bike exercises, step, coordinaton stairs, and muscle strength using dumbbells for biceps and shoulder, a quadriceps stretcher and a dorsal muscle machine.

Results: Mean age was 57.4 ± 14.6 years, weight 91.4 ± 22.2 kg and height 168.1 ± 6.2 cm. In the laboratory, VO_2max was 21.8 ± 7.3 ml/kg/min, respiratory exchange rate (RER) (VCO_2/VO_2) 1.05 ± 0.09 , ventilated volume 65.7 ± 18.5 L/min and heart rate in VO_2max 127.8 ± 23.8 beats/min. Rehabilitation session duration was 37.5 ± 10 min with peak VO_2 14.6 ± 3 ml kg/min ($69.9 \pm 16.7\%$ VO_2max). The correlation coefficient between VO_2max and time with $\text{VO}_2 < 50\%$ VO_2max (min) was 0.662 ($p = 0.037$) and between peak VO_2 in rehabilitation and time in RER between $0.85-1$ (min) was 0.787 ($p = 0.007$).

Patients with better fitness exercised in the low-intensity zone. As exercise increased, the minutes in moderate intensity also increased.

Conclusion: The study showed that patients reached peak VO_2 in sessions below the maximum values obtained in the laboratory. Even though any dose of training in these patients was more beneficial than physical inactivity, cardiac rehabilitation session design and planning, taking into account intrasession exercise intensities, could generate greater impact on mortality, rehospitalizations and quality of life.

Key words: Oxygen consumption - Cardiac rehabilitation - Dilated cardiomyopathy

REV ARGENT CARDIOL 2021;89:243-247. <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v89.i3.20406>

Recibido: 14/11/2020 - Aceptado: 08/03/2021

Dirección para separatas: Martín Bruzzese: martinbruzzese@hotmail.com - Futbolistas Argentinos Agremiados CP 1708

Apoyo y financiamiento: No se recibió financiamiento alguno para esta investigación

¹ Futbolistas Argentinos Agremiados

² Universidad Nacional de Rosario

³ Universidad Nacional de Villa Mercedes

INTRODUCCIÓN

Los programas de rehabilitación cardíaca (RHC) basados en ejercicios programados complementan el tratamiento cardiológico, mejoran la capacidad funcional y la aptitud física. La RHC ha permitido mejorar la supervivencia, pero también la calidad de vida del paciente y de su entorno familiar. Con estos programas se reportan reducciones en la mortalidad cercanas al 20%. (1)

Hace casi un siglo las primeras indicaciones para la recuperación de los enfermos cardiovasculares consistían en reposo en cama y prohibición de todo tipo de esfuerzo físico; actualmente se basan en la actividad física.

A principios del siglo XXI, Anderson y colaboradores realizaron una extensa revisión de artículos relacionados con la mejora de la morbilidad, la mortalidad y la calidad de vida en los pacientes con enfermedad cardiovascular, posinfarto o *bypass* sometidos a programas de RHC que incluían actividad física. Este metaanálisis incluyó 63 estudios con 14 486 pacientes posinfarto de miocardio y revascularizados con un seguimiento medio de 12 meses y grupo control.

Se encontró una reducción de la mortalidad cardiovascular en los grupos que hicieron ejercicio con riesgo relativo (RR) de 0,74, IC 95% 0,64 a 0,86, aunque no hubo disminución en la mortalidad por todas las causas.

También observaron una significativa reducción en la hospitalización, así como una mejora en la calidad de vida. (2)

El ejercicio sistemático demostró un incremento en la aptitud física de estos pacientes, que fue corroborado con la medición del consumo de O_2 , VO_2 (3, 4) El test ergométrico cuantifica la tolerancia al esfuerzo, ayuda en la prescripción del ejercicio y permite evaluar la efectividad de la terapéutica. (5) El ejercicio aumenta el VO_{2max} , mejora el flujo sanguíneo periférico y la función endotelial, incrementa el tono vagal, disminuye el tono simpático y disminuye las citocinas proinflamatorias. (6)

La determinación del VO_{2max} , o en su defecto, el VO_{2pico} , permite establecer metas individualizadas. Se puede indicar el trabajo como un porcentaje del VO_{2pico} , VO_2 de reserva, o tomando en cuenta el umbral anaeróbico. (7) En el caso del umbral anaeróbico (ventilatorio), relacionado con el incremento del lactato en sangre, se puede realizar su estimación por medio de mediciones indirectas como las del equivalente ventilatorio o de la tasa de intercambio respiratorio (RER). (8)

Existen diversas propuestas de ejercicio en la RHC. Por ejemplo, se debate entre los ejercicios fraccionados y los continuos, donde los primeros muestran una ventaja en términos de mejora del VO_{2pico} y mejoras en la fracción de eyección del ventrículo izquierdo. Sin embargo, ambos métodos son eficaces al evaluar su influencia sobre los factores de riesgo cardiovascular (perfil lipídico, glucemia y peso corporal), recuperación de la frecuencia cardíaca y función endotelial. (9)

Pero cualquiera sea la sistemática de ejercicios utilizada, es importante poder contar con variables de

control y seguimiento de las intervenciones; es decir, conocer el comportamiento fisiológico de los pacientes en lo que respecta a las variables de aptitud física. Por ejemplo, mediante el registro del VO_2 durante las sesiones de RHC. Esto puede brindar datos objetivos para realizar una prescripción más específica del ejercicio y, a su vez, monitorear la eficacia del programa. El objetivo de este trabajo fue estudiar la respuesta del VO_2 intrasesión de RHC en los pacientes con miocardiopatía dilatada (MCPD).

MATERIAL Y MÉTODOS

El diseño fue observacional, de corte transversal, y su nivel de análisis, analítico relacional. La muestra estuvo compuesta por 10 pacientes masculinos con MCPD, con deterioro de moderado a grave de la función sistólica del ventrículo izquierdo, con una fracción de eyección menor a 40%, con insuficiencia cardíaca compensada al inicio del programa.

Los pacientes estaban medicados con inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina, betabloqueantes, ácido acetilsalicílico y eplerenona o espironolactona. Fueron evaluados en un laboratorio de la ciudad de Morón, de la provincia de Buenos Aires, Argentina, durante el año 2018, mediante una ergoespiometría; luego se evaluó a cada paciente durante una sesión en gimnasio del programa de RHC.

Se utilizó un analizador de gases portátil Medgraphics® VO 2000, cuyas dimensiones son: $10,5 \times 5 \times 14$ cm, con un peso de 740 g que analiza O_2 con una precisión de + 0,1%, y la producción de CO_2 con una precisión de + 0,2%. Los datos se promedian en intervalos de 10 s.

El test fue incremental en cinta y se utilizó el protocolo de Bruce modificado. La sesión de RHC consistió en una entrada en calor en bicicleta fija con carga creciente; se inició en 100 o 150 kgm, según la tolerancia al esfuerzo durante los primeros 10 a 15 min, luego, un circuito con tres actividades: *step*, *mini-tramp* y escaleras de coordinación. Finalmente, se trabajó la fuerza muscular: con mancuernas para bíceps y hombros, cuádriceps en camilla, y dorsales en máquina.

Se midió el peso, la talla, y se calculó el índice de la masa corporal. Se midió el VO_{2max} (ml/min) en laboratorio y el VO_{2pico} en RHC, el VCO_2 (ml/min), el volumen ventilado (L/min), la frecuencia cardíaca (lpm), el tiempo en rehabilitación (minutos); se calculó la tasa de intercambio respiratorio (RER), VO_2 relativo, el porcentaje de VO_{2max} , el tiempo en la sesión de RHC de intensidades $VO_2 < 50\%$, VO_2 entre 50-65%, $VO_2 > 65\%$, (en minutos), el tiempo en la sesión de RHC de $RER < 0,85$, entre 0,85-1, > 1 , (en minutos).

Los datos se registraron en una planilla de cálculo de Excel para Windows. Se aplicó el test de normalidad Shapiro-Wilk para muestras pequeñas ($n < 50$) que estableció que la mayoría de las variables se comportaban de manera normal ($p \geq 0,05$), con excepción de las variables edad ($p = 0,008$), el tiempo en rehabilitación ($p = 0,002$), $VO_2 > 65\%$ ($p = 0,007$) y $RER < 0,85$ ($p = 0,023$). Para estudiar la estabilidad de los parámetros se utilizó el coeficiente de variación. En todos los casos el nivel de significación fue establecido para $p < 0,05$. El tratamiento estadístico se realizó con el programa estadístico IBM SPSS Statistics versión 20.0 (IBM Corp., Armonk, New York).

El estudio estuvo organizado respetando la Resolución 1480/11 del Ministerio de Salud Pública de Argentina: "Guía para Investigaciones con Seres Humanos". La participación fue voluntaria, y se solicitó consentimiento informado. Se contó con personal médico durante las evaluaciones de laboratorio y las sesiones en gimnasio de RHC.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se describen las distintas variables de la muestra, con su media y desvío estándar (SD).

La Tabla 2 compara los valores obtenidos en el laboratorio y la sesión de RHC

La Tabla 3 compara los valores de VO_2 en laboratorio y en la sesión de RHC.

DISCUSIÓN

El VO_2max es la máxima capacidad del organismo para utilizar el oxígeno del aire inspirado y se expresa en valores absolutos (ml/min) o relativos al peso (ml/kg/min); es representado por la meseta del VO_2 que aparece en un test incremental a pesar de que la carga siga subiendo.

No obstante, no siempre esto sucede y, por consiguiente, también se considera el pico de esfuerzo (VO_2pico) en las valoraciones funcionales como la expresión de la máxima capacidad funcional. Además, como prueba, satisface la mayoría de los criterios esenciales para ser considerada como un punto final clínico indirecto. (10) Los pacientes con insuficiencia cardíaca

Tabla 1. Características de los pacientes

Variables	Media $\pm$ SD
Edad (años)	57,4 $\pm$ 14,6
Peso (kg)	91,4 $\pm$ 22,2
Talla (cm)	168,1 $\pm$ 6,2
IMC (índice de masa corporal, kg/m ²)	32,3 $\pm$ 7
VO_2 LAB relativo (ml/kg/min)	21,8 $\pm$ 7,3
VO_2max LAB absoluto (ml/min)	1986,5 $\pm$ 740,6
VCO_2 LAB	2094,2 $\pm$ 849,4
RER LAB	1,05 $\pm$ 0,09
Volumen ventilado LAB (L/min)	65,7 $\pm$ 18,5
Frecuencia cardíaca LAB (lpm)	127,8 $\pm$ 23,8
Tiempo RHC (minutos)	37,5 $\pm$ 10
VO_2 RHC relativo (ml/kg/min)	14,6 $\pm$ 3
VO_2 RHC como % VO_2max	69,9 $\pm$ 16,7
VO_2 RHC absoluto (ml/min)	1230,8 $\pm$ 235,9
VCO_2 RHC (ml/min)	1137,3 $\pm$ 232,3
RER RHC	0,93 $\pm$ 0,12
Volumen ventilado RHC (L/min)	38,6 $\pm$ 8
Tiempo de $\text{VO}_2 < 50\%$ en RHC (min)	25,6 $\pm$ 13,1
Tiempo de $\text{VO}_2 50\text{-}65\%$ en RHC (min)	7,8 $\pm$ 5,8
Tiempo de $\text{VO}_2 > 65\%$ en RHC (min)	3,8 $\pm$ 5
Tiempo de RER $< 0,85$ en RHC (min)	7,8 $\pm$ 6,8
Tiempo de RER 0,85-1 en RHC (min)	14,7 $\pm$ 6,1
Tiempo de RER > 1 en RHC (min)	14,5 $\pm$ 12,6

RHC: rehabilitación cardíaca. RER: tasa de intercambio respiratorio. LAB: laboratorio

Tabla 2. Comparación de medias entre variables de laboratorio y sesión de rehabilitación cardiovascular

Variables	Unidades	Medias	p
VO_2max rel, LAB	ml/kg/min	21,80	0,003
VO_2pico rel, RHC		14,60	
VO_2max abs, LAB	ml/min	1986,50	0,007
VO_2pico abs, RHC		1230,80	
VCO_2 LAB	ml/min	2094,20	0,004
VCO_2 RHC		1137,30	
RER LAB		1,0480	0,028
RER RHC		0,9270	
Volumen ventilado LAB	L/min	65,70	0,001
Volumen ventilado RHC		38,60	

LAB: Laboratorio. RHC: Rehabilitación cardíaca. RER: Tasa de intercambio respiratorio; abs: absoluto; rel: relativo. Todos los pares de variables comparados tienen significativas diferencias de medias ($p < 0,05$), con menor VO_2 , VCO_2 , RER y volumen ventilado alcanzados en la rehabilitación.

Tabla 3. VO_2 en laboratorio y en rehabilitación cardiovascular

Paciente	VO_2Lab (ml/min)	VO_2RHC (ml/min)	% del Lab
1	1044	1044	100
2	1887	1504	80
3	1083	805	74
4	2456	1455	59
5	1670	1086	65
6	1767	1577	89
7	1550	1174	76
8	2293	1246	54
9	2687	1326	49
10	3428	1804	53

LAB: laboratorio. RHC: rehabilitación cardíaca.

Coefficiente de Correlación (Pearson) entre VO_2max y tiempo con $\text{VO}_2 < 50\%$ del VO_2max (min) = 0,662 ($p = 0,037$); y entre VO_2pico en rehabilitación y tiempo en RER entre 0,85-1 (min) = 0,787 ($p = 0,007$)

crónica presentan valores de consumo, en general, por debajo de 25 ml/kg/min y aquellos con disfunción ventricular izquierda moderada o grave pueden presentar valores aún más bajos, por ejemplo, un VO_2pico entre 10 y 20 ml/kg/min. (11)

En este estudio el promedio del consumo de oxígeno fue de 21,8 ml/kg/min, con un desvío standard de $\pm 7,3$ y todos los pacientes tenían una miocardiopatía dilatada con una fracción de eyección ventricular izquierda $< 40\%$.

El VO_2max de este grupo de pacientes se correlacionó de manera positiva con la variable tiempo de RHC con $\text{VO}_2 < 50\%$ del VO_2max , implicando que al aumentar el VO_2max también aumentan los minutos que los pacientes ejercitaron en la sesión a un nivel menor del 50% del VO_2max . Es decir, que estos pacientes,



Fig. 1. Pacientes en sesión de rehabilitación cardíaca portando el analizador de gases

con mejor variable de aptitud, ejercitaron en zona de baja intensidad; parecería que hubo una oportunidad perdida de ejercitar con una mayor intensidad.

El RER es una medida objetiva del esfuerzo máximo realizado, la relación entre el consumo de oxígeno y la producción de dióxido (VCO_2/VO_2). Un RER $>1,10$ es indicativo de una buena tolerancia al ejercicio físico en un programa de RHC; un RER $<1,00$, en ausencia de anomalías electrocardiográficas o hemodinámicas, refleja un esfuerzo cardiovascular submáximo para pacientes con afectaciones pulmonares. (12)

En este trabajo se muestra cómo la variable VO_{2pico} en RHC está correlacionada de manera positiva con la variable tiempo de sesión de RHC con un RER entre 0,85-1, rango en que la utilización de hidratos de carbono como sustrato es creciente y va del 50 al 100%, y comienza a perderse el protagonismo de los ácidos grasos libres como combustible principal. Implica esto que, al aumentar la capacidad de esfuerzo, aumentan los minutos en que se está en una intensidad submáxima.

Es importante que el objetivo de la sesión sea claro, porque solo la intensidad del ejercicio está asociada con mejoras en el VO_{2max} post RHC (13), y solo las mejorías absolutas en el VO_{2max} están asociadas con un descenso en la mortalidad. (14) Esto sugiere la necesidad de que el paciente ejercite a la intensidad adecuada y planeada previamente, con una prescripción personalizada del ejercicio. (15) Por otro lado, un RER mayor a 1 traduce el esfuerzo relacionado con la hiperventilación y la acción *buffer* sobre el lactato derivado de la actividad muscular. (16) Siempre se debe tener en cuenta que la tolerancia al ejercicio puede estar limitada por diferentes factores, más allá de las patologías cardiorrespiratorias, por ejemplo, por la pérdida de masa muscular o sarcopenia. (17)

El conocimiento del VO_2 previo a la RHC sirve para prescribir el ejercicio, teniendo en cuenta otras comorbilidades. La guía de Holanda sobre rehabilitación cardíaca (7), sugiere que, trabajar resistencia aeróbica el ejercicio puede ser continuo e incrementarse paulatinamente del 50 al 80% del VO_{2pico} , pero también pueden ser considerados trabajos intervalados (máximos) o intermitentes (submáximos), algunos conocidos como

High Intensity Interval Training (entrenamientos intervalados de alta intensidad –HIIT). (18, 19)

Se ha reportado el beneficio de poder trabajar a mayores intensidades con este método (20); por ejemplo, 4 series de 4 minutos al 80-90% del VO_{2pico} o de la frecuencia cardíaca de reserva, con una recuperación activa de 3 minutos al 40-50% del VO_{2pico} . (7) Por su parte, la *Mayo Clinic* propone trabajos aeróbicos la mayor parte de los días de la semana y, de resistencia, 2 a 3 veces por semana. Los primeros, del 50 al 75% del VO_{2pico} , y los segundos, a moderada intensidad. (21) En este caso se realizó una combinación de actividades, con un inicio de trabajo continuo en bicicleta y luego, intermitente en circuito, y finalizar con estimulación muscular. Se registró un promedio del 69,9% del VO_{2max} alcanzado en laboratorio, con un desvío estándar del $\pm 16,7\%$.

Achtien sugiere que los pacientes con un $VO_{2pico} >10,5\text{ml/kg/min}$, pero $<17,5\text{ml/kg/min}$ (3-5METs/40-80 W) se beneficiarían con 1 a 2 sesiones diarias de entrenamiento de 15 minutos; los pacientes con un $VO_{2pico} >17,5\text{ml/kg/min}$ ($\geq 5\text{ METs}$ / $\geq 80\text{ W}$) podrían realizar 2-3 sesiones a la semana de 20-30 minutos cada una, (7) que fue la carga de trabajo de los pacientes evaluados en esta investigación.

Por último, aunque sabemos que este tipo de rehabilitación es segura y efectiva, como lo han demostrado varios metaanálisis (22), y estudios controlados (23), se debe recordar que algunos autores, como De Schutter y colaboradores, proponen que existe un grupo de pacientes denominados no-respondedores al ejercicio (20% de los pacientes en RHC), con 3 veces el riesgo de mortalidad (respondedores: 8%, bajos respondedores: 17%, no respondedores: 22%; $p < 0,001$), que se caracterizan por la edad, sexo femenino, diabetes y circunferencia de cintura (24), que deberán concitar aún más la atención y la personalización de la indicación terapéutica.

Finalmente, vale recalcar que es pequeño el número de casos presentado en este estudio y, por lo tanto sus conclusiones deben ser interpretadas con cautela. Estudios con mayor número de pacientes y evaluación de seguimientos podrían confirmar los niveles adecuados de porcentajes de VO_{2pico} adecuados para esta

población de pacientes con insuficiencia cardíaca. El diseño de sesiones con utilización de estos parámetros podría ser más específico para alcanzar los resultados deseados.

CONCLUSIONES

Es sabido que los pacientes con insuficiencia cardíaca crónica y con un VO_2 pico limitado pueden beneficiarse con un programa de ejercicios. Se constató en este estudio que los pacientes alcanzaron un VO_2 pico en las sesiones inferiores a sus máximos obtenidos en laboratorio. Si bien cualquier dosis de entrenamiento en estos pacientes es más beneficiosa que la inactividad física, el diseño y la planificación de las sesiones de RHC que valoren las intensidades de trabajo intrasesión, generarán mayor impacto en la mortalidad, las reinternaciones y en la calidad de vida. Por esa razón, esta oportunidad terapéutica debe optimizarse en cuanto a su planificación para lograr una correcta prescripción de intensidad, volumen y frecuencia. Al igual que con un fármaco, *poco* puede ser inocuo y *mucho* puede ser contraproducente. La prescripción del ejercicio necesita de saberes adecuados para ser efectiva.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no poseen conflictos de intereses.

(Véase formulario de conflicto de intereses de los autores en la web / Material suplementario).

BIBLIOGRAFÍA

- Goel K, Lennon RJ, Tilbury RT, Squires RW, Thomas RJ. Impact of cardiac rehabilitation on mortality and cardiovascular events after percutaneous coronary intervention in the community. *Circulation* 2011;123:2344-52. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.983536>
- 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* 2016;2016:CD001800. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001800.pub3>
- García Muñoz AI, Pereira JE. Tolerancia al ejercicio en pacientes posquirúrgicos cardiovasculares luego de la intervención con un programa de rehabilitación cardíaca fase II. *Rev Colomb Cardiol* 2014;21:409-13. <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2014.07.001>
- Piña IL, Apstein CS, Balady GJ, Belardinelli R, Chaitman BR, Duscha BD, et al. Exercise and heart failure: A statement from the American Heart Association Committee on exercise, rehabilitation, and prevention. *Circulation* 2003;7:1210-5. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000055013.92097.40>
- Mezzani A, Hamm LF, Jones AM, McBride PE, Moholdt T, Stone-JA, et al. Aerobic exercise intensity assessment and prescription in cardiac rehabilitation: a joint position statement of the European Association for cardiovascular prevention and rehabilitation, the American Association of cardiovascular and pulmonary rehabilitation, and the Canadian Association of cardiac rehabilitation. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2012;32:327-50. <https://doi.org/10.1097/HCR.0b013e3182757050>
- Atehortúa DS, Gallo JA, Rico M, Durango L. Efecto de un programa de rehabilitación cardíaca basado en el ejercicio sobre la capacidad física, la función cardíaca y la calidad de vida, en pacientes con falla cardíaca. *Rev Colomb Cardiol* 2011;18:25-36. [https://doi.org/10.1016/S0120-5633\(11\)70163-2](https://doi.org/10.1016/S0120-5633(11)70163-2)
- Achtstien RJ, Staal JB, van der Voort S, Kemps HM, Koers H, Jongert MWA, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation in patients with chronic heart failure: a Dutch practice guideline. *Neth Heart J* 2015;23:6-17. <https://doi.org/10.1007/s12471-014-0612-2>
- Solberg G, Robstad B, Skjonesberg OH, Borchsenius F. Respiratory gas exchange indices for estimating the anaerobic threshold. *J Sports Sci Med* 2005;4:29-36.
- Pattyn N, Beulque R, Cornelissen V. Aerobic interval versus continuous training in coronary artery disease and chronic heart failure patients: an updated meta-analysis of randomized clinical trials. *Eur Heart J* 2017;38(S1):518. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx502.P2496>
- Wagner J, Agostoni PG, Arena R, Belardinelli R, Dumitrescu D, Hager A. The role of gas exchange variables in cardiopulmonary exercise testing for risk stratification and management of heart failure with reduced ejection fraction. *Am Heart J* 2018;202:116-26. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2018.05.009>
- Borlaug BA, Paulus WJ. Heart failure with preserved ejection fraction: pathophysiology, diagnosis, and treatment. *Eur Heart J* 2011;32:670-9. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehq426>
- Balady GJ, Arena R, Sietsema K, Myers J, Coke L, Fletcher GF, et al. Clinician's guide to cardiopulmonary exercise testing in adults. A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2010;122:191-225. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e3181e52e69>
- Uddin J, Zwisler AD, Lewinter C, Moniruzzaman M, Lund K, Tang LH, et al. Predictors of exercise capacity following exercise-based rehabilitation in patients with coronary heart disease and heart failure: A meta-regression analysis. *Eur J Prev Cardiol* 2016;23:683-93. <https://doi.org/10.1177/2047487315604311>
- Kachur S, De Schutter A, Lavie C, Jahangir E, Dinshaw H, Milani R. Examining mortality based on changes in peak oxygen consumption after cardiac rehabilitation. *Circulation* 2016;134:A11387.
- Howden EJ, Sarma S, Lawley JS, Opondo M, Cornwell W, Stoller D, et al. Reversing the cardiac effects of sedentary aging in middle age-A randomized controlled trial. *Circulation* 2018;137:1549-60. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.117.030617>
- Deuster PA, Heled Y. Testing for maximal aerobic power. En: Seidenberg PH, Beutler AI, The Sports medicine resource manual. Edinburgh: Elsevier Saunders, 2008. p. 520-8. <https://doi.org/10.1016/B978-141603197-0.10069-2>
- Kwan G, Balady GJ. Cardiac rehabilitation 2012 advancing the field through emerging science. *Circulation* 2012;125:369-73. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.112.093310>
- Saffiyari-Hafizi H, Taunton J, Ignaszewski A, Warburton DE. The health benefits of a 12-week home-based interval training cardiac rehabilitation program in patients with heart failure. *Can J Cardiol* 2016;32:561-7. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2016.01.031>
- Laoutaris ID, Adamopoulos S, Manginas A, Panagiotakos DB, Kallistratos MS, Doulaptsis C, et al. Benefits of combined aerobic/resistance/inspiratory training in patients with chronic heart failure. A complete exercise model? A prospective randomized study. *Int J Cardiol* 2013;167:1967-72. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2012.05.019>
- Moholdt T, Aamot IL, Granøien I, Gjerde L, Myklebust G, Waldhaug L, et al. Aerobic interval training increases peak oxygen uptake more than usual care exercise training in myocardial infarction patients: a randomized controlled study. *Clin Rehabil* 2012;26:33-44. <https://doi.org/10.1177/0269215511405229>
- Lavie CJ, Thomas RJ, Squires RW, Allison TG, Milani RV. Exercise training and cardiac rehabilitation in primary and secondary prevention of coronary heart disease. *Mayo Clin Proc* 2009;84:373-83. [https://doi.org/10.1016/S0025-6196\(11\)60548-X](https://doi.org/10.1016/S0025-6196(11)60548-X)
- Smart N, Marwick TH. Exercise training for patients with heart failure: a systematic review of factors that improve mortality and morbidity. *Am J Med* 2004;116:693-706. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2003.11.033>
- McKelvie RS, Teo KK, Roberts R, McCartney N, Humen D, Montague T, et al. Effects of exercise training in patients with heart failure: the Exercise Rehabilitation Trial (EXERT). *Am Heart J* 2002;144:23-30. <https://doi.org/10.1067/mhj.2002.123310>
- De Schutter A, Kachur S, Lavie CJ, Menezes A, Shum KK, Bangalore S, et al. Cardiac rehabilitation fitness changes and subsequent survival. *Eur Heart J Qual Care Clin Outcomes* 2018;4:173-9. <https://doi.org/10.1093/ehjqcco/qcy018>