

**ARTÍCULO DE REVISIÓN:****CARACTERÍSTICAS QUE HACEN EFICIENTE LA PRESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO DINÁMICO EN UN PROGRAMA INTENSIVO DE REHABILITACIÓN CARDIACA**

César Gerardo López de la Vega, Hermes Ibarra Lomelí, Departamento de Rehabilitación Cardíaca y Medicina Física, Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez"

**Resumen.**

Se han establecido bien los beneficios fisiológicos, clínicos y de reducción en la morbimortalidad cardiovascular que ofrece un programa de entrenamiento a largo plazo en el grupo de enfermos con patologías crónicas. La prescripción apropiada del ejercicio en un programa de rehabilitación cardíaca es fundamental para obtener las adaptaciones fisiológicas esperadas y por ende su impacto epidemiológico. Dentro de los variables que influyen positivamente en la eficiencia de la prescripción del ejercicio se encuentran: el tipo de ejercicio, la frecuencia, la duración, la repetición y la intensidad del estímulo. En los programas intensivos de rehabilitación cardíaca como el que se emplea en el Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez", es de suma importancia obtener la mayor eficiencia posible del entrenamiento, debido a que el período de tiempo en el cual se completa el número de sesiones de ejercicio indicadas es menor. Describimos entonces la importancia de cada una de las variables que influyen en la adecuada prescripción del ejercicio.

**Introducción**

La respuesta fisiológica aguda al ejercicio dinámico incluye adaptaciones en la economía del organismo que permiten compensar un aumento en el metabolismo basal, inclusive hasta de 20 veces, dependiendo de la intensidad del estímulo y el grado de actividad física o entrenamiento que un sujeto tenga.<sup>1,2</sup> Estas adaptaciones se incluyen principalmente en los sistemas cardiovascular, pulmonar y endocrino.<sup>2,3</sup>

**Respuesta aguda al ejercicio dinámico de intensidad ligera a moderada.**

Luego de iniciar el movimiento muscular, existen mecanismos centrales y periféricos que gobiernan la respuesta cardiopulmonar.<sup>1</sup> Al realizar ejercicio con una carga de trabajo ligera a moderada, existe un incremento directamente proporcional de la frecuencia cardíaca (FC), el gasto cardíaco (GC) y la extracción de oxígeno en los tejidos, lo cual aumenta linealmente el consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>) y el pulso de oxígeno (%PO<sub>2</sub>). Existe también un aumento en la diferencia arteriovenosa de oxígeno - C(a-v)O<sub>2</sub> -. Debido al incremento de la frecuencia respiratoria (FR) y el volumen corriente (VC), en las cargas de trabajo ligeras a moderadas, aumenta también el volumen espirado por minuto (VE). La diferencia alveolo arterial de oxígeno - D(A-a)O<sub>2</sub> - se incrementa desde las cargas moderadas de trabajo.<sup>3</sup>

Entre otras adaptaciones periféricas existe un aumento importante en la proporción del flujo sanguíneo al sistema muscular, al cerebro y al miocardio, pero especialmente a los grupos musculares

activados, disminuyendo la proporción del flujo sanguíneo al resto de órganos y tejidos, se induce además un entorno hormonal que favorece el predominio del metabolismo oxidativo-aeróbico mitocondrial.<sup>2,4,5</sup>

**Efectos del ejercicio realizado a largo plazo.**

Los beneficios de una actividad física regular de al menos 3 METs de intensidad, que invierta como mínimo 1000Kcal/semanales, ha demostrado desde hace algunas décadas su influencia en prolongar la vida y disminuir la aparición de eventos coronarios en personas sin patología cardiovascular conocida.<sup>6</sup>

En el grupo de pacientes, categorizados dentro de distintas patologías crónicas degenerativas, el ejercicio a largo plazo en su máxima expresión puede mejorar la supervivencia impuesta por los diferentes factores de riesgo, inclusive llegando a ser entre 12 y 25% por cada MET alcanzado en el esfuerzo máximo.<sup>7,8</sup> Además, se logra reducir la morbilidad asociada a cada patología y los índices de hospitalización, mejorar la calidad de vida del sujeto e inclusive reducir los costos de atención en salud.<sup>9,10</sup>

Las adaptaciones que el entrenamiento crónico confiere a individuos normales<sup>1</sup>, se presentan también en los pacientes con enfermedad cardiovascular establecida, entre estos se encuentran:<sup>10</sup>

- Vasos periféricos: mayor densidad capilar y mayor diámetro de arteriolas. Se favorece la menor resistencia vascular periférica, la circulación colateral y mejor extracción de oxígeno.

- Corazón: aumenta volúmenes, hipertrofia adecuada, mejor gasto cardiaco.
- Sistema nervioso autónomo: menor tono adrenérgico y mayor tono parasimpático. Disminuye tendencia a fibrosis, menor frecuencia cardiaca y doble producto en reposo y a cargas máximas.
- Pulmonar: mejora fuerza de músculos respiratorios y volumen corriente.
- Musculo esquelético: aumenta el número y el tamaño de las mitocondrias, aumenta la reserva de mioglobina, mejora la depuración del lactato y disminuye la desmineralización ósea. Favorece entonces una mejor utilización de nutrientes.
- Endocrinológico: aumenta la sensibilidad a la insulina y el número de colesterol HDL, disminuye el número y tamaño de las LDL, así como los triglicéridos. Disminuye progresión de aterosclerosis.

Clínicamente se expresa como:<sup>11</sup>

- Una mejor tolerancia al esfuerzo y mejor sobrevida
- Mejor control sobre los factores de riesgo cardiovascular (hipertensión arterial, dislipidemia, diabetes mellitus, obesidad)
- Apoyo en la independencia hacia el tabaco.
- Mejoría de la función endotelial mediada por óxido nítrico.
- Disminución el estado pro inflamatorio.
- Mejoría de la fibrinólisis y disminución de la agregabilidad plaquetaria.
- Neoangiogénesis y aumento de la circulación colateral coronaria.

Dentro de los parámetros que podemos obtener durante la realización de la prueba de esfuerzo con ergoespirometría, existen algunos parámetros que nos permiten evaluar objetivamente las adaptaciones cardiovasculares al entrenamiento supervisado después de al menos 20 sesiones:

- 1) Aumento porcentual del VO<sub>2</sub> pico, que se espera sea dentro del rango del 10 al 30%.<sup>12</sup>
- 2) Mejor cinética del VO<sub>2</sub>: con mejor recuperación del déficit de O<sub>2</sub>.<sup>13</sup>

- 3) Incremento en el volumen sistólico y la diferencia arteriovenosa de oxígeno, con disminución de la demanda miocárdica de oxígeno.<sup>14</sup>
- 4) Mayor carga tolerada de trabajo.
- 5) Desplazamiento del VO<sub>2</sub> al umbral aeróbico/anaeróbico (VAT, por sus siglas en inglés) hacia la derecha y arriba.<sup>1</sup>

### Prescripción del ejercicio en los programas de rehabilitación cardiaca.

Para obtener en un individuo las adaptaciones fisiológicas crónicas al ejercicio, es necesario cumplir con ciertas características en el entrenamiento, a saber: el tipo de ejercicio, estímulo repetitivo, duración, frecuencia e intensidad.<sup>15</sup> Los lineamientos generales para cada una de las características mencionadas se encuentran descritos en varias de las diferentes guías propuestas alrededor del mundo, encontrando similitud en aspectos de prescripción como: el tipo de ejercicio – preferiblemente dinámico -, frecuencia - al menos 5 días de la semana -, duración - al menos 30 minutos acumulados por día-, estímulo repetitivo – mayores beneficios a largo plazo -.<sup>15, 16, 17</sup>

Al parecer la intensidad del ejercicio es la característica que a largo plazo tiene mayor peso respecto a los beneficios obtenidos por el entrenamiento,<sup>18</sup> lastimosamente es un aspecto mucho más heterogéneo respecto a su prescripción, pues existe un intervalo muy amplio dentro del cual el médico puede indicar que el sujeto se desempeñe durante las sesiones de entrenamiento, tratando de mantenerse por arriba del nivel mínimo en donde se obtendrían los beneficios esperados – efectividad - y por debajo del nivel en donde aumenta el riesgo de presentar complicaciones – seguridad -.<sup>15, 16</sup> Para optimizar la prescripción del ejercicio en un paciente con enfermedad cardiovascular, como en cualquier terapéutica médica, debe individualizarse los parámetros a utilizar para cada sujeto, por lo que idealmente se debería contar con una ergoespirometría o una prueba de esfuerzo convencional.<sup>19</sup>

Usualmente, la intensidad en las sesiones de entrenamiento se prescribe en base a parámetros obtenidos mediante una prueba de esfuerzo, y que están en relación al VO<sub>2</sub> o la FC, tales como: VO<sub>2</sub> pico, VO<sub>2</sub> de reserva, % de FC máxima, FC de reserva (como en las fórmulas sugeridas por



Karvonen, Narita o Blackbourne), etc.: Ambos métodos para la prescripción de intensidad del entrenamiento tienen el inconveniente de la poca uniformidad y correlación que existe entre las características clínicas de un individuo y la respuesta aguda al ejercicio, esto deriva en la diversidad de resultados obtenidos por el entrenamiento crónico.<sup>20,21</sup>

En términos prácticos el nivel mínimo de intensidad en el ejercicio se sugiere que debe estar por arriba del 40% de la FC de reserva (FCR) que equivale aproximadamente a un 60-70% de la FC máxima (FC<sub>máx</sub>) en pacientes con estabilidad de su condición clínica.<sup>15</sup> Puede optarse por una intensidad tan baja como el 30% del VO<sub>2</sub> de reserva para pacientes con limitación grave de su capacidad funcional. El límite de seguridad generalmente se establece en no sobrepasar el 85% de la FC<sub>máx</sub> calculada para la edad, pero deben tomarse algunos otros parámetros para el límite de seguridad como: el umbral al que aparece isquemia - FC, doble producto, carga de trabajo -, el VO<sub>2</sub> al umbral aeróbico/anaeróbico en los pacientes con disfunción sistólica grave del ventrículo izquierdo, la percepción de una intensidad del esfuerzo medida con escala de Borg > 14 - pesado -, el umbral de descarga de un desfibrilador automático implantado.<sup>22</sup>

La mayor parte de centros que realizan rehabilitación cardíaca en Latinoamérica y quizá también el resto del mundo, se basan en los parámetros máximos de la respuesta cardiovascular aguda durante una prueba de esfuerzo convencional- en especial la reserva de la FC -, para la prescripción de las sesiones de entrenamiento. El uso de este tipo de estrategias en el grupo de enfermos con insuficiencia cardíaca, pueden sobrestimar la frecuencia cardíaca diana de prescripción (FCD), al existir una tendencia de sobrepasar el límite de seguridad del umbral aeróbico/anaeróbico.<sup>23,24</sup>

Aplicando una o varias de las directrices que se han comentado hasta el momento podemos afirmar que existe uniformidad en los límites cardiovasculares de seguridad para la prescripción de ejercicio aeróbico, pero no existe uniformidad en el método para prescripción de intensidad del esfuerzo de forma completamente objetiva.<sup>25</sup> Esto iniciaría una nueva línea de investigación

En el departamento de Rehabilitación Cardíaca del Instituto Nacional

de Cardiología “Ignacio Chávez” la prescripción de la intensidad inicial del ejercicio en cicloergómetro se calcula en base a la carga de trabajo máxima medida en banda sin fin, utilizando el 60% de los equivalentes metabólicos alcanzados (METs), para luego convertirlos a Watts con la multiplicación por una constante de 10. Con esta fórmula se han obtenido una buena adaptación a la carga impuesta de trabajo en los pacientes que toleraron una carga de más de 5 METs en la prueba de esfuerzo en banda sin fin.

## Bibliografía.

1. Myers J. Basic Exercise Physiology En: Froelicher, V. editor. Exercise And The Heart. 5th Ed. Philadelphia. Saunders Company/Elsevier. 2006. P. 1-11.
2. McArdle W, Katch V, Katch F. Exercise Physiology. 4<sup>th</sup> ed. Lippincot Williams&Wilkins editores. 2001.
3. Weissman I, Beck K, Casaburi R, Cotes J, Crapo R, Dempsey J et al. ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing. Am J Respir Crit Care Med 2003;167:211-277.
4. Guyton A. . Fisiología del Ejercicio En Guyton A. Tratado de Fisiología Médica. 11<sup>a</sup>. Ed. Madrid Elsevier. 2006. P. 1055-1065
5. Parr B. Bioenergetics. En Powers S, Howley E. Exercise Physiology Theory and Application to Fitness and Performance. 7a. Ed. New York. McGraw Hill 2009. P. 35-54
6. Paffenberger R, Hyde R, Wing A, Hsieh C. Physical activity, all cause mortality, and longevity of collage alumni. N Engl J Med 1986; 314:605-613.
7. Myers JN, Prakash M, Froelicher VF, et al. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. N Engl J Med 2002;346:793-801.
8. Balady GJ, Larson MG , Vasan RS, Leip EP, O'Donnell Ch, Levy D. Usefulness of Exercise Testing in the prediction of coronary disease risk among asymptomatic persons as a function of the Framingham risk score. Circulation. 2004;110:1920-25
9. Kujala UM. Evidence on the effects of exercise therapy in the treatment of chronic disease. British Journal of Sports Medicine. 2009;43(8):550-555
10. Ibarra H, Mendoza B, Álvarez M, Rehabilitación y prevención cardiovascular. Programa Latinoamericano de Actualización Continua (PLAC) Cardio-4 . Libro 5. México. Intersistemas Editores. P. 332
11. De Pablo C. Conocimientos actuales en torno a los efectos del entrenamiento físico en los cardiopatas. En: Maroto J. Rehabilitación Cardíaca. Publicación oficial de la Sociedad Española de Cardiología. Madrid. 2009.p 19-28.
12. Stewart K, Badenhop D, Brubaker P, Keteyian S, King M. Cardiac rehabilitation following percutaneous revascularization, heart transplant, heart valve surgery and for chronic heart failure. CHEST. 2003; 123:2104-2111.
13. Koike A, Yajima T, Adachi H, Shimizu N, Kano H, Sugimoto K, et al. Evaluation of exercise capacity using submaximal exercise at a constant work rate in patients with cardiovascular disease. Circulation 1995;91:1719-1724.



14. Patterson JA, Selig SE, Toia D, Geerling RH, Bamroongsuk V, Hare DL. Comparing methods for prescribing exercise for individuals with chronic heart failure. Journal of Exercise Physiology Online. 2005;8(4):9–19
15. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 8th Ed. Baltimore, Md, USA: Lippincott Williams & Wilkins; 2010
16. Giada F, Biffi A, Agostoni P, et al. Exercise prescription for the prevention and treatment of cardiovascular diseases: part I. Journal of Cardiovascular Medicine. 2008;9(5):529–544.
17. Thompson PD, Buchner D, Piña IL, Balady GJ, Williams MA, Marcus BH, et al. A statement from the Council on Clinical Cardiology and the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease. Circulation. 2003; 107:3109-3116.
18. Balady GJ, Williams MA, Ades PA, et al. Core components of cardiac rehabilitation/secondary prevention programs: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee, the Council on Clinical Cardiology; the Councils on Cardiovascular Nursing, Epidemiology and Prevention, and Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. Circulation. 2007;115(20):2675-82.
19. Mezzani A, Agostoni P, Cohen-Solal A, et al. Standards for the use of cardiopulmonary exercise testing for the functional evaluation of cardiac patients: a report from the exercise physiology section of the European association for cardiovascular prevention and rehabilitation. European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. 2009;16(3):249–267.
20. Meyer T, Gabriel HHW, Kindermann W. Is determination of exercise intensities as percentages of  $VO_{2max}$  or  $HR_{max}$  adequate? Medicine and Science in Sports and Exercise. 1999;31(9):1342–1345.
21. Scharhag-Rosenberger F, Meyer T, Gäßler N, Faude O, Kindermann W. Exercise at given percentages of  $VO_{2max}$ : heterogeneous metabolic responses between individuals. Journal of Science and Medicine in Sport. 2010;13(1):74–79.
22. Kraus W and Keteyian S. Contemporary Cardiology: Cardiac Rehabilitation. 1a. Ed. New Jersey. Humana Press. 2007. p. 304.
23. Beale L, et al. Exercise heart rate guidelines overestimate recommended intensity for chronic heart failure patients. BrJCardiol.2010;17(3):133-137.
24. Hofmann P, Tschakert G, Stark M, et al. Estimation error when using the %HRR method compared to the lactate turn point. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2009;41(suppl 5):221–222
25. Hofmann P, Tschakert G. Special needs to prescribe exercise intensity for scientific studies. Cardiol. Res Pract.2010. 15;2011:209-302.

