



Selected Papers from Impact

Respuesta a Protocolos de Entrenamiento Constante e Intervalado en Adultos Mayores

Response to Constant and Interval Exercise Protocols in the Elderly

Timothy B Stockwell¹, Mark R McKean y Brendan J Burkett

Fitness Research, School of Health and Sport Sciences, Faculty of Science, Health and Education. University of Sunshine Coast, Queensland, Australia.

RESUMEN

Los fisiólogos del ejercicio han evitado previamente usar entrenamiento físico intervalado con adultos mayores debido a los aspectos relacionados al aumento en la frecuencia cardíaca (HR) y en la tensión respiratoria, los cuales generalmente son constantes durante una sesión de ejercicios cardiovasculares en estado estable. El propósito de esta investigación fue examinar las respuestas fisiológicas de los adultos mayores usando dos protocolos con ejercicios de ciclismo de intensidad constante o intervalados. Los sujetos realizaron dos protocolos de ejercicios de 20-min de manera aleatorizada en una bicicleta ergométrica con freno electrónico; uno constante a 50% VO₂max, y el segundo con una intensidad alternada de 70% a 30% VO₂max en ciclos de 1 minuto. Se obtuvieron las medidas fisiológicas de VO₂, HR, RER y RPE. Los sujetos informaron valores de RPE similares con ambos protocolos. Los adultos mayores generaron un VO₂ 16% más alto durante el entrenamiento intervalado, en comparación con el ejercicio de intensidad constante. El HR varió 12,1 latidos•min⁻¹ durante el protocolo constante comparado a 22,6 latidos•min⁻¹ para el protocolo intervalado. Si se tiene en cuenta junto con el reporte de los sujetos de haber disfrutado más, el protocolo intervalado podría ser más beneficioso para los adultos mayores cuando se utiliza dentro de un programa de acondicionamiento.

Palabras Clave: Adultos mayores, test de ejercicio, consumo de oxígeno, EPOC

ABSTRACT

Exercise physiologists have previously avoided using interval exercise training with the elderly due to concerns over increased heart rates (HRs) and respiratory stress that are generally constant during a steady-state cardiovascular exercise session. The purpose of this research was to examine the physiological responses in the elderly using two protocols, constant and interval intensity cycle exercises. The subjects completed two randomised 20-min exercise protocols on an electronically braked cycle ergometer, one at a constant 50% of VO₂ max, and the second alternated intensity from 70% to 30% VO₂ max in 1-min cycles. Physiological measures of VO₂, HR, RER, and RPE were taken. The subjects reported similar RPE values for both protocols. The elderly subjects generated a 16% higher VO₂ during interval training, when compared to a constant intensity exercise. The HR varied 12.1 beats•min⁻¹ during the constant protocol compared to 22.6 beats•min⁻¹ for the interval protocol. When coupled with the self-reported increased enjoyment, the

interval protocol may be more beneficial for the elderly when used in a conditioning program.

Keywords: Aged, Exercise Test, Oxygen consumption, EPOC

INTRODUCCION

Tradicionalmente, los protocolos de ejercicios de intensidad y duración han sido determinados para una población amplia y general, y posteriormente han sido extrapolados o modificados para otras poblaciones, como la población de riesgo de edad avanzada. Se sabe que la actividad física regular reduce los factores de riesgo de enfermedad crónica e invalidez, y que el proceso de envejecimiento se correlaciona con una reducción en la actividad física, lo que refuerza aún más la necesidad de contar con protocolos de ejercicios para los ancianos que no sólo sean eficaces si no que también beneficiosos. Se piensa que las reducciones en el VO_{2max} en individuos sin entrenamiento de resistencia están asociadas con la disminución en masa muscular magra que se produce con el envejecimiento (5).

Generalmente los profesionales de la aptitud física y entrenadores han evitado usar el entrenamiento intervalado debido a las preocupaciones con respecto al aumento en la frecuencia cardíaca (HR) y la tensión respiratoria ambos constantes durante el entrenamiento cardiovascular en estado estable. Sin embargo, con investigaciones recientes que apoyan el uso de entrenamiento intervalado para lograr un mayor efecto cardiovascular (6,20), para pacientes con COPD (2,19) y para oxidación de grasas (16), los fisiólogos del ejercicio deberían revisar su uso en poblaciones de riesgo. La población de adultos mayores es uno de estos grupos de personas que están buscando maneras de mantener una buena salud y están interesados en participar en un rango de actividades de acondicionamiento para promover su salud (13).

Se sabe que el modo de ejercicio influye en las respuestas fisiológicas y se han observado diferencias entre un solo protocolo de ejercicio continuo y tres protocolos de ejercicio intermitente diferentes (10). Los protocolos de entrenamiento intermitentes a 50% y a 70% del VO_{2max} arrojaron valores de HR, ventilación por minuto (V_E) y VO_2 significativamente menores en comparación con una cantidad similar de trabajo realizado dentro de los protocolos con carga constante. Este pensamiento sugiere que el entrenamiento intermitente es más eficaz que el entrenamiento de carga constante. Sin embargo, se tomaron HR, V_E , y VO_2 en la mitad de cada fase de ejercicio, lo que significa que no se analizó el total de gases expirados, la HR y el gasto de energía durante todo el ejercicio. Un hallazgo similar se realizó al comparar caminata constante y caminata intervalada de alta intensidad donde la última produjo aumentos mayores en VO_2 pico (11).

Debido a que las caminatas intervaladas de alta intensidad ayudan a proteger a las personas de edad avanzada contra algunas de las disminuciones en la fuerza muscular y en el VO_2 pico asociadas con la edad, también podrían ser valiosas para la prescripción de ejercicios que estimulen un componente de alta intensidad durante las caminatas en los ancianos. Para la población sedentaria de adultos mayores, los problemas de degeneración de articulaciones y el elevado impacto asociado del suelo al caminar pueden inhibir este modo de actividad física. Por consiguiente, a menudo las personas con problemas ortopédicos de los miembros inferiores, que tienen una mayor incidencia en las poblaciones de edad avanzada que las poblaciones más jóvenes, prefieren el bajo impacto y la naturaleza simple de la bicicleta ergométrica.

El propósito de este estudio fue examinar las respuestas fisiológicas en los adultos mayores de dos protocolos diferentes, uno constante y otro intervalo utilizando bicicletas ergométricas. Estimamos que los resultados ayudarán a los fisiólogos del ejercicio a comprender mejor el entrenamiento físico en los ancianos (1).

MÉTODOS

Sujetos

Dieciséis sujetos (10 varones de $69,2 \pm 3,7$ años de edad, talla $173,7 \pm 7,1$ centímetros, peso $85,2 \pm 16,7$ kg, y IMC $28,0 \pm 3,9$ con un VO_{2max} estimado de $36,6 \pm 4,9$ mL·kg⁻¹·min⁻¹, y 6 mujeres de $66,2 \pm 3,2$ años de edad, talla $163,4 \pm 6,4$ centímetros, peso $69,3 \pm 7,9$ kg, y IMC $26,2$ (4,4) con VO_{2max} estimado de $32,8 \pm 5,1$ mL·kg⁻¹·min⁻¹ participaron voluntariamente en este estudio. Los participantes fueron informados de los riesgos de la investigación y todos firmaron, antes de que se realizara la recolección de los datos, el consentimiento aprobado por el Comité de Ética de Asuntos Humanos de la Universidad.

Procedimientos

Todos los sujetos realizaban en la actualidad un nivel mínimo de actividad de 90 min por semana. Podían utilizar una bicicleta ergométrica por si solos. Además, los participantes no consumían ninguna medicación que pudiera interferir con la actividad física. Los sujetos habían sido clasificados en el proceso de estratificación de riesgos dentro de la categoría “moderado” (12). Todos sujetos fueron evaluados en tres mañanas diferentes, luego de haber realizado un ayuno de toda la noche y de haberse abstenido de realizar ejercicio activo y actividad en el día previo a la prueba. La primera sesión involucró un cuestionario de tamizaje pre ejercicio (12), un electrocardiograma de 12 derivaciones de 20-min en posición supina en descanso (ECG) y una valoración de aptitud física submáxima. La colocación de las 12 derivaciones del ECG se realizó de manera consistente con el protocolo estándar (14). Los sujetos descansaron en posición supina durante 20 min y posteriormente se les realizó un ECG de muestra y se evaluara cualquier anomalía.

Los participantes realizaron un test de VO_2 submáximo para estimar el VO_{2max} . El test se realizó en una bicicleta ergométrica con freno electrónico (*Jaeger ER800, Bitz, Alemania*). Los sujetos comenzaron el test pedaleando a $60 \text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ durante 2 min a 20 W. Luego la resistencia fue incrementada a 50 W durante 2 min y luego, 25 W adicionales cada 2 min subsiguientes hasta que la HR de cada sujeto alcanzara 75% de la HR máxima estimada para la edad, calculada usando la fórmula $208 - [0,7 \times \text{edad}]$ (17), o hasta que cada sujeto fuera incapaz de continuar pedaleando a $60 \text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$. El consumo de oxígeno máximo fue calculado por extrapolación utilizando el Modelo de Múltiples Etapas (*Multi-stage Model*) (18). Los valores fueron usados para calcular el porcentaje de esfuerzo del protocolo para las sesiones de ejercicio constante e intervalado que se realizaron al azar en la segunda y tercera sesión de ejercicios por la mañana. Durante las sesiones de evaluación la frecuencia cardíaca se midió mediante ECG. Después de cada una de las dos sesiones de ejercicio, se realizó a los participantes otro ECG de 12 derivaciones en descanso como parte del proceso de valoración post ejercicio.

Las muestras de gases expirados fueron recolectadas a través de una máscara reinhalación de un solo sentido (válvula de respiración *Hans-Rudolph 7930, Kansas, MO*) y fueron analizadas usando un sistema de medición de metabolismo calibrado *TrueMax 2400 (Parvo Medics, Sandy, UT)*. El sistema se calibró antes del comienzo de cada sesión siguiendo los procedimientos del manual de operación estándar. Los datos fueron muestreados continuamente pero fueron informados cada 15 segundos en forma de promedio para ese período (5). Los datos se categorizaron en cinco fases diferentes: (I) valores iniciales en reposo; (II) entrada en calor; (III) ejercicio; (IV) enfriamiento; y (V) descanso post-ejercicio. Los valores iniciales fueron obtenidos con los participantes sentados en la bicicleta ergométrica en reposo. Luego se realizó la entrada en calor que consistió en 2 min de pedaleo a $60 \text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ a 20 W. La fase de ejercicio involucró 20 min de pedaleo a 50% del VO_{2max} extrapolado para la sesión constante, o 20 min de intensidad alternada igual a 70% del VO_{2max} durante 1 minuto seguido por 1 min de 30% del VO_{2max} en la sesión con intervalos. Se solicitó a los participantes que indicaran su índice de esfuerzo percibido (RPE) utilizando una escala de Borg de 6 a 20 Borg (3) después de cada minuto de ejercicio en la fase de ejercicio. El enfriamiento se realizó durante 2 min a 20 W y la fase de recolección post-ejercicio consistió en 20 minutos de descanso en posición supina. Todos los protocolos para las dos sesiones de ejercicio, pre y post-ejercicio, fueron idénticos con la excepción de la fase de ejercicio de la sesión.

Análisis estadísticos

Los datos fueron analizados mediante un análisis de la varianza de una vía (ANOVA), y fueron informados en forma de media con intervalos de confianza de 95% y límites superiores e inferiores en los casos que correspondiera. Los cambios en los estadísticos de efecto se presentan en crudo y en forma de porcentaje. El ANOVA de una vía para todas las respuestas fisiológicas demostró que no había ninguna diferencia significativa entre el género, por consiguiente los resultados se presentan como $n = 16$. El umbral para la significancia estadística se fijó en $P < 0,01$.

RESULTADOS

Se observó que los valores de la media para todas las respuestas entre los dos protocolos para todos los sujetos, tal como se presenta en la Tabla 1, no presentaban diferencias significativas. El VO_2 total para el período de ejercicio de 42 min desde la fase de ejercicio hasta la fase post ejercicio fue de 28,07 litros para la intensidad constante y 29,40 litros para el ejercicio intervalado, respectivamente. Las estadísticas de efecto mostraron que el protocolo intervalado presentaba mayor volumen de O_2 , volumen de CO_2 y equivalentes ventilatorios en todas las fases.

	Constante (50%)	Intervalado (70%:30%)	Efecto en unidades brutas	Efecto (%)
Volumen de O₂ STPD (VO₂ - L·min⁻¹)				
Entrada en calor (2 min)	0,424 (0,353-0,495)	0,486 (0,390-0,582)	0,06 (-0,01-0,13)	16,6 (-3,8-41,3)
Ejercicio (20 min)	1,076 (0,866-1,286)	1,128 (0,941-1,286)	0,05 (-0,04-0,14)	15,7 (-13,1-54,1)
Enfriamiento (2 min)	0,804 (0,655-0,952)	0,750 (0,622-0,878)	-0,05 (-0,14-0,09)	5,1 (-26,1-49,4)
Post-ejercicio (20 min)	0,247 (0,199-0,295)	0,267 (0,189-0,345)	0,02 (-0,03-0,07)	1,7 (-15,9-23,0)
Volumen O₂ STPD (VO₂ - mL·kg⁻¹·min⁻¹)				
Entrada en calor	5,4 (4,6-6,2)	6,2 (5,2-7,3)	0,83 (-0,03-1,70)	16,6 (-3,8-41,3)
Ejercicio	13,7 (11,1-16,3)	14,4 (12,4-16,3)	0,71 (-0,67-2,09)	15,7 (-13,1-54,1)
Enfriamiento	10,2 (8,3-12,1)	0,7 (0,06-0,9)	-0,64 (-1,90-0,63)	5,1 (-26,1-49,4)
Post-ejercicio	3,1 (2,6-3,6)	3,3 (2,6-4,1)	0,23 (-0,41-0,86)	1,7 (-15,9-23,0)
Volumen CO₂ STPD (VCO₂ - L·min⁻¹)				
Entrada en calor	0,338 (0,277-0,399)	0,393 (0,0312-0,473)	0,05 (-0,01-0,11)	17,7 (-3,5-43,7)
Ejercicio	1,024 (0,818-1,230)	1,105 (0,916-1,294)	0,08 (-0,01-0,17)	18,7 (-11,8-59,7)
Enfriamiento	0,782 (0,627-0,936)	0,746 (0,616-0,876)	-0,04 (-0,13-0,05)	7,7 (-25,0-54,6)
Post-ejercicio	0,299 (0,181-0,277)	0,247 (0,169-0,325)	0,02 (-0,03-0,07)	1,2 (-16,9-23,1)
Equivalente ventilatorio BTSP (V_E - L·min⁻¹)				
Entrada en calor	12,359 (10,704-14,103)	14,013 (11,815-16,211)	1,65 (-0,29-3,60)	13,4 (-4,0-34,0)
Ejercicio	31,691 (25,955-37,427)	34,887 (29,670-40,104)	3,20 (-0,09-6,49)	17,0 (-7,3-47,6)
Enfriamiento	25,834 (21,358-30,311)	25,659 (21,762-29,556)	-0,17 (-3,15-2,80)	6,5 (-18,8-39,8)
Post-ejercicio	8,602 (7,276-9,927)	9,668 (7,014-12,323)	1,07 (-0,079-2,92)	4,4 (-12,2-24,1)
Índice de equivalente ventilatorio para O₂ (V_E/VO₂)				
Entrada en calor	31,2 (28,3-34,1)	30,3 (28,0-32,6)	-0,89 (-2,55-0,76)	-2,5 (-7,0-2,2)
Ejercicio	32,0 (26,4-37,6)	31,5 (28,9-34,1)	-0,52 (-4,15-3,11)	0,6 (-6,1-7,8)
Enfriamiento	36,2 (28,5-43,9)	35,4 (32,4-38,5)	-0,77 (-6,12-4,59)	1,1 (-7,2-10,1)
Post-ejercicio	37,8 (33,1-42,5)	39,4 (34,5-44,2)	1,60 (-2,05-5,24)	4,3 (-2,4-11,6)
Índice de equivalente ventilatorio para CO₂ (V_E/VCO₂)				
Entrada en calor	39,1 (35,3-42,9)	37,5 (34,8-40,1)	-1,64 (-3,78,0,50)	-3,7 (-8,0-0,08)
Ejercicio	33,6 (28,0-39,3)	32,3 (30, 2-34,3)	-1,38 (-5,43,2,66)	-1,8 (-8,9-5,8)
Enfriamiento	37,4 (28,8-46,0)	35,6 (32,8-38,4)	-1,85 (-8,31,4,61)	-1,1 (-10,1-8,9)
Post-ejercicio	41,3 (35,4-47,1)	42,8 (37,6-48,0)	1,53 (-2,53,5,59)	4,5 (-2,8-12,3)

Tabla 1. Resultados de los protocolos constante e intervalado de VO₂, VO₂/kg, VCO₂, V_E, V_E/VO₂, y V_E/VCO₂, presentados en forma de media (95% CI) con diferencias (Intervalado-Constante) presentadas como absolutas (unidades brutas) y porcentaje de efecto estadístico (95% CI).

La Figura 1 presenta las comparaciones entre los dos protocolos del VO₂ promediado en intervalos de 15 segundos. Las frecuencias cardíacas durante el protocolo intervalado variaron aproximadamente 10 latidos·min⁻¹ entre el esfuerzo a 70% y la recuperación a 30% del VO_{2max} con un aumento gradual a lo largo de la fase del ejercicio de 20 minutos que fue similar al del protocolo constante que presentó un aumento de ~10 latidos·min⁻¹ durante el período de 20 min.

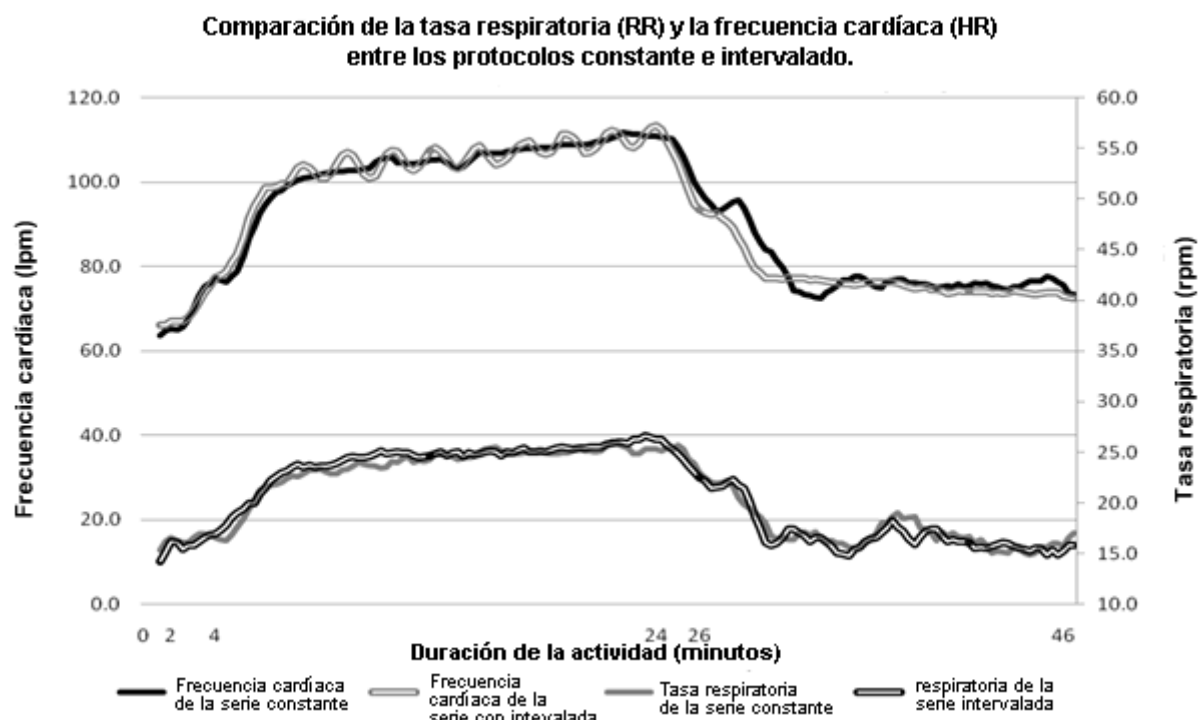


Figura 1. Gráfico de las comparaciones entre las frecuencias cardíacas y tasas respiratorias entre las series de ejercicios constantes y con intervalos.

En Tabla 2 se presenta la HR media que no mostró ninguna diferencia significativa entre los dos protocolos con diferencias relativas en HR inferiores a 1,2% tanto en la fase de ejercicio como en la fase post-ejercicio. Las tasas de intercambio respiratorio (RER) y las frecuencias respiratorias (RR) no variaron significativamente entre las fases excepto la RER de la fase de enfriamiento de 2 min que sí presentó una diferencia estadísticamente significativa ($P = 0,05$).

Los valores promedio de los índices de esfuerzo percibido (RPE) para las dos fases de ejercicio fueron casi idénticos en los dos protocolos siendo el RPE medio de la sesión constante igual a 11,4 y el RPE medio de la sesión con intervalos igual a 11,3. Este promedio es consistente con un RPE justo por encima del nivel de esfuerzo "liviano" en ambos protocolos.

Las correlaciones fueron informadas como moderadas ($R = 0,4$ a $0,7$), fuertes ($R = 0,7$ a $0,9$) y excelentes ($R > 0,9$). La talla y el peso presentaron correlaciones fuertes con el VO_2 post-ejercicio en el protocolo constante, pero no en el protocolo con intervalos. De manera similar, el uso de O_2 en las fases de enfriamiento y post-ejercicio presentaron correlaciones moderadas con el protocolo constante pero no con el intervalado. La tasa de intercambio respiratorio (RER) post-ejercicio presentó correlaciones moderadas con $VO_{2máx}$ y uso de O_2 durante la fase de ejercicio en el protocolo intervalado pero no en el protocolo constante. El patrón y la fuerza de las correlaciones fueron similares para la mayoría de las otras medidas.

	Constante (50%)	Intervalado (70%:30%)	Efecto en unidades brutas	Efecto (%)
Tasa de intercambio respiratorio				
Entrada en calor (2 min)	0,80 (0,77-0,83)	0,81 (0,78-0,84)	0,01 (-0,02-0,04)	1,2 (-2,4-4,9)
Ejercicio (20 min)	0,95 (0,93-0,98)	0,98 (0,95-1,00)	0,02 (0,01-0,04)	2,5 (0,08-4,3)
Enfriamiento (2 min)	0,98 (0,95-1,00)	1,00 (0,97-1,03)	0,02 (0,00-0,05)	2,2 (-0,04-4,8)
Postejercicio (20 min)	0,93 (0,90-0,96)	0,92 (0,90-0,95)	0,00 (-0,02-0,02)	-0,2 (-2,5-2,2)
Tasa respiratoria (respiraciones·min⁻¹)				
Entrada en calor	16,6 (14,3-18,9)	17,2 (15,1-19,3)	0,57 (-0,31-1,46)	3,7 (-1,4-9,1)
Ejercicio	24,1 (21,6-26,5)	24,6 (22,5-26,7)	0,51 (-0,32-1,34)	2,6 (-0,7-6,0)
Enfriamiento	23,7 (21,0-26,3)	23,3 (20,9-25,6)	-0,43 (-2,15-1,28)	-1,5 (-9,1-6,6)
Postejercicio	16,9 (14,1-19,3)	16,5 (13,8-19,2)	-0,41 (-2,13-1,31)	-3,4 (-15,1-9,9)
O₂ fraccional expirado (%)				
Entrada en calor	17,1 (16,8-17,4)	17,0 (16,81-17,3)	-0,10 (-0,25-0,05)	-0,6 (-1,4-0,3)
Ejercicio	17,0 (16,6-17,4)	17,0 (16,8-17,3)	0,05 (-0,11-0,22)	0,3 (-0,6-1,3)
Enfriamiento	17,4 (17,0-17,7)	17,5 (17,2-17,7)	0,08 (-0,12-0,27)	0,5 (-0,6-1,5)
Postejercicio	17,6 (17,4-17,9)	17,8 (17,5-18,0)	0,13 (-0,04-0,29)	0,7 (-0,2-1,6)
CO₂ fraccional expirado (%)				
Entrada en calor	3,2 (3,0-3,5)	3,3 (3,1-3,5)	0,11 (-0,01-0,23)	3,8 (-0,7-8,5)
Ejercicio	3,8 (3,5-4,1)	3,8 (3,6-4,0)	0,02 (-0,15-0,20)	1,9 (-5,1-9,3)
Enfriamiento	3,5 (3,1-3,9)	3,5 (3,2-3,7)	-0,03 (-0,22-0,17)	1,2 (-7,9-11,2)
Postejercicio	3,1 (2,8-3,4)	3,0 (2,8-3,2)	-0,14 (-0,30-0,03)	-3,7 (-9,7-2,8)
Frecuencia cardíaca (latidos·min⁻¹)				
Entrada en calor	75,7 (69,0-82,5)	76,3 (70,4-82,3)	0,60 (-4,15-5,35)	1,1 (-4,2-6,5)
Ejercicio	104,7 (100,3-109,1)	105,4 (100,0-110,8)	0,71 (-1,58-3,01)	0,5 (-1,8-2,9)
Enfriamiento	100,1 (95,7-104,6)	97,1 (90,4-103,7)	-3,07 (-7,05-0,91)	-3,6 (-7,8-0,9)
Postejercicio	78,2 (69,2-87,1)	75,4 (68,2-82,6)	-2,77 (-7,06-1,52)	-3,2 (-8,1-2,0)

Tabla 2. Resultados de RER, RR, FEO₂, FECO₂, HR, de los protocolos constante e intervalado presentados en forma de media (95% CI) con diferencias (Intervalado-Constante) presentadas en forma de valores absolutos (unidades brutas) y porcentaje del efecto estadístico (95% CI)

	VO ₂ kg	V _E VO ₂	VCO ₂	V _E	RER	RR	F _E O ₂	F _E CO ₂	HR	VeVCO ₂
VO ₂	0,950* *	- 0,529* *	0,993* *	0,977* *	0,490* *	0,528* *	- 0,630**	0,751**	0,573**	- 0,594**
VO ₂ kg		- 0,503* *	0,943* *	0,944* *	0,473* *	0,622* *	- 0,594**	0,708**	0,646**	- 0,566**
V _E V O ₂			- 0,488* *	- 0,439* *			0,825**	- 0,767**		0,817**
VCO ₂				0,987* *	0,553* *	0,530* *	- 0,581**	0,736**	0,587**	- 0,580**
V _E					0,557* *	0,587* *	- 0,506**	0,670**	0,592**	- 0,536**
RER								0,554**	0,483**	
RR									0,502**	
F _E O ₂								- 0,933**		0,710**
F _E CO ₂									0,511**	- 0,745**

Tabla 3. Correlaciones informadas solo para aquellas medidas en las que $r > 0,400$. ** Las correlaciones son significativas a un nivel de 0,01 (dos colas).

DISCUSIÓN

El propósito de este estudio fue determinar las respuestas fisiológicas en los adultos mayores de dos protocolos diferentes, constante e intervalado realizados en bicicleta ergométrica. El consumo de oxígeno durante la fase de ejercicio del protocolo intervalado fue 16% superior, en comparación con el consumo en el protocolo de ejercicio constante. Esta diferencia no fue estadísticamente significativa. Se observaron diferencias adicionales durante las fases de enfriamiento (5%) y post-ejercicio (2%). Esta población de riesgo específica no ha sido analizada en las investigaciones publicadas con estos dos protocolos y así, aunque no fue significativo, el aumento en las medidas fisiológicas sustenta las ventajas de un mayor efecto cardiovascular, que han sido previamente informadas para el entrenamiento intervalado en poblaciones de adultos más jóvenes (6,20). Al igual que en investigaciones previas, se observó que el género no influía en las respuestas fisiológicas (4).

VCO₂

En VCO₂ también se observaron diferencias a favor del protocolo intervalado con aumentos de 18,7% durante la fase de ejercicio, de 7,7% durante la fase de enfriamiento y de 1,2% durante la fase post-ejercicio. Si bien no hay ninguna diferencia significativa entre estas figuras, el efecto estadístico sugiere que el protocolo intervalado produce un gasto de energía mayor durante la fase de ejercicios usando más O₂ y produciendo más VCO₂. Así el entrenamiento intervalado en los adultos mayores podría acumular una mayor respuesta o efecto de entrenamiento si se realiza durante un período de tiempo en lugar de en una sola serie como lo realizamos en este estudio. Sin embargo, el intervalo de confianza tanto para la fase de ejercicio como para la fase de enfriamiento demuestra que estos resultados variaron con los límites superiores e inferiores más de 100% con respecto a la media lo que sugiere que el intervalo de respuestas puede ser todavía muy variable y dependiente de los individuos

EPOC

Considerando EPOC (período de enfriamiento + período post-ejercicio de 22 min) como un porcentaje del consumo de oxígeno total (período de ejercicio + enfriamiento + post-ejercicio de 42 min) durante las dos sesiones de ejercicio, las producciones fueron similares con valores de 23,33% y 23,27% para la sesión constante y sesión intervalada respectivamente. Cuando se informó EPOC como un porcentaje de la fase de ejercicio solamente, los resultados de VO₂ también fueron similares con valores de 30,4% durante el ejercicio constante y de 30,3% durante el ejercicio intervalado.

Con respecto a la tasa de uso de O_2 por litro, nuevamente se encontraron valores similares a lo largo de todas las fases y no se observaron diferencias significativas. Valores similares de EPOC han sido informados en varones jóvenes al comparar protocolos constantes e intervalados lo que apoya los resultados encontrados en la investigación actual (9).

Ventilación

Los valores de equivalentes ventilatorios (V_E) en $L \cdot \text{min}^{-1}$ también mostraron valores igualmente más altos en el protocolo con intervalos. La ventilación está asociada con la demanda metabólica de VCO_2 y V_E/VCO_2 se utiliza para evaluar la eficacia V_E (8). Los valores en el estudio actual demostraron que en ambos ejercicios constante $33,6 L \cdot \text{min}^{-1}$ e intervalado $32,3 L \cdot \text{min}^{-1}$, fueron ligeramente mayores que los informados previamente (8), pero disminuyeron durante el ejercicio (constante= $33,6$, e intervalado= $32,3$) lo que también ha sido informado previamente (15).

Índices de respiración

Las tasas de intercambio respiratorio y las frecuencias respiratorias tampoco presentaron diferencias significativas entre los dos protocolos. Los valores de RER iniciales (0,80) y los de la fase de ejercicio (1,01 intervalado) se encuentran dentro de los valores normales de los niveles de descanso y el intervalo CI 95% era menor a 0,04 por encima o por debajo de la media. Esto no coincide con lo observado en investigaciones previas, pero puede ser explicado por las diferentes poblaciones utilizadas en los estudios. La RER pico ha sido informada con valores de 1,10 a 1,20 o superiores (7) y normalmente indica un final en un test de $VO_{2\text{max}}$. Los valores de RER encontrados en este estudio coinciden con los porcentajes usados y establecidos para la intensidad moderada. La similitud de la tasa de intercambio respiratorio (RER) entre los dos protocolos también sugiere un uso similar de fuentes de energía entre los dos protocolos y valores resultantes de consumo de oxígenos similares. Sin embargo se observaron correlaciones moderadas, entre la RER y el VO_2 submax ($R = 0,523$) de la fase post-ejercicio y el uso de O_2 de la fase de ejercicio ($R = 0,514$) en el protocolo intervalado, pero no se observó ninguna correlación entre las mismas medidas en el protocolo constante. Las frecuencias respiratorias también presentaron similitudes en todas las fases y no se observaron diferencias significativas.

Frecuencia cardíaca

Las HR medias presentaron una diferencia menor a $1 \text{ lat} \cdot \text{min}^{-1}$ o 1,2%, durante las fases de ejercicio y recuperación lo que coincide con los valores de RPE de 11,4 y 11,3 establecidos en la escala de Borg. En las poblaciones de sujetos más jóvenes, en los protocolos intervalados se han informado frecuencias cardíacas mayores (9). En el protocolo de ejercicio constante la HR media aumentó lentamente en el transcurso de la fase de ejercicio de 20 min, mientras que en el protocolo intervalado varió rápidamente entre picos y depresiones. La tasa de cambio desde el comienzo al final fue similar en ambos protocolos con líneas de tendencia generales casi idénticas. El protocolo constante produjo un intervalo de $35,6 \text{ latidos} \cdot \text{min}^{-1}$ entre el valor más alto y el más bajo durante la fase de ejercicio (4 a 24 min), mientras que el protocolo intervalado produjo un intervalo de $40,6 \text{ latidos} \cdot \text{min}^{-1}$. Si nosotros ignoramos los primeros 2 min de cada fase del ejercicio permitiendo que las HR aumenten bajo los nuevos niveles de trabajo, el intervalo se reduce a $12,1 \text{ latidos} \cdot \text{min}^{-1}$ para el protocolo constante y $22,6 \text{ latidos} \cdot \text{min}^{-1}$ para el protocolo intervalado que ahora es marcadamente diferente tal como uno esperaría entre los dos tipos de protocolos de ejercicio.

Dado que este grupo de participantes no ha sido estudiado previamente y naturalmente esta respuesta no ha sido informada, a partir de esto nosotros todavía podemos deducir varias cosas. En primer lugar, la diferencia en el intervalo durante la fase de ejercicio era bastante pequeña y ayuda a explicar los valores similares en el RPE para la fase de ejercicio. Esto podría ser explicado por los porcentajes menores de $VO_{2\text{max}}$ usados para el grupo de participantes de edad avanzada que son inferiores a los utilizados en investigaciones previas realizadas con participantes de sexo masculino más jóvenes. Además, la cantidad total de trabajo realizada entre los dos protocolos también fue la misma y junto con valores similares en VO_2 y HR, explican los valores similares en el RPE informado. Las correlaciones entre las frecuencias cardíacas (HR) de la fase post-ejercicio y otras medidas produjeron la mayor cantidad de variabilidad y en cuatro ocasiones se observó una correlación con un protocolo pero no con el otro. Aparentemente no existiría ningún patrón real de estas correlaciones diferentes que pueda ser explicado en la bibliografía y se necesitan estudios mas detallados. Finalmente, también se consultó a los participantes sobre los diferentes protocolos y la mayoría declaró que habían disfrutado más el protocolo de entrenamiento intervalado y sugirieron que los mantenía interesados y que trabajar con este protocolo era mas sencillo.

CONCLUSIONES

El consumo de oxígeno durante la fase de ejercicio del protocolo intervalado fue 16% más alto, en comparación con el protocolo de ejercicios constantes. La variación de HR durante la fase de ejercicio aumentó 12,1 latidos·min⁻¹ en el protocolo constante y al compararlo con el incremento de 22,6 latidos·min⁻¹ en el protocolo intervalado, sugiere que el protocolo de ejercicio intervalado puede ser un método eficaz para mejorar la aptitud física general y el acondicionamiento de la población de adultos mayores.

Implicaciones prácticas

1. Un protocolo de ejercicio intervalado produce un mayor VO₂ en comparación con un protocolo de ejercicio constante en la población de adultos mayores, y debería ser considerado para mejorar el acondicionamiento físico.
2. En las poblaciones similares a las utilizadas en este estudio, no hay ninguna diferencia significativa entre los sexos cuando se compran los protocolos constante e intervalado y todos los participantes pueden realizarlos de manera similar.
3. La opinión de los participantes sugirió que el protocolo de ejercicios intervalados fue más agradable que el protocolo de ejercicios constante y podría contribuir a una mayor adhesión a las rutinas de ejercicio.

Dirección de contacto: McKean MR. PhD, Fitness Research, School of Health and Sport Science, Faculty of Science, Health and Education, University of Sunshine Coast, Locked Mail Bag, Maroochydore DC, Queensland 4558, Australia. Telephone: +61 7 54565528, Fax: +61 54564600, Email: mmckean@usc.edu.au

REFERENCIAS

1. Anderson GF, Hussey PS (2000). Population aging: a comparison among industrialized countries. *Health Affairs*;19:191
2. Arnardóttir R, Boman G, Larsson K, Hedenström H, Emtner M (2007). Interval training compared with continuous training in patients with COPD. *Respir Med.*;101:1196-1204
3. Borg G (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med.*;2:92
4. Daussin FN, Zoll J, Dufour SP, Ponsot E, Lonsdorfer-Wolf E, Doutreleau S, Mettauer B, Piquard F, Geny B, Richard R (2008). Effect of interval versus continuous training on cardiorespiratory and mitochondrial functions: relationship to aerobic performance improvements in sedentary subjects. *Am J Physiol-Regul, Integr Compar Physiol.*;295:R264
5. Francis DP, Davies LC, Willson K, Wensel R, Ponikowski P, Coats AJS, Piepoli M (2002). Impact of periodic breathing on measurement of oxygen uptake and respiratory exchange ratio during cardiopulmonary exercise testing. *Clin Sci.*;103:543-552
6. Helgerud J, Høydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, Simonsen T, Helgesen C, Hjorth N, Bach R (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂ max more than moderate training. *Med Sci Sports Exer.*;39:665
7. Ingle L, Witte KK, Cleland JGJF, Clark AL (2008). The prognostic value of cardiopulmonary exercise testing with a peak respiratory exchange ratio of <1.0 in patients with chronic heart failure. *Intern J Cardiol.*;127:88-92
8. Koch B, Schäper C, Ittermann T, Spielhagen T, Dörr M, Völzke H, Opitz CF, Ewert R, Gläser S (2009). Reference values for cardiopulmonary exercise testing in healthy volunteers: the SHIP study. *Eur Respir J.*;33:389
9. McGarvey W, Jones R, Petersen S (2005). Excess post-exercise oxygen consumption following continuous and interval cycling exercise. *Int J Sport Nutr Exer Metab.*;15:28
10. Morris N, Gass G, Thompson M, Conforti D (2003). Physiological responses to intermittent and continuous exercise at the same relative intensity in older men. *Euro J Appl Physiol.*; 90:620-6253
11. Nemoto K, Gen-no H, Masuki S, Okazaki K, Nose H (2007). Effects of high-intensity interval walking training on physical fitness and blood pressure in middle-aged and older people. *Presented at Mayo Clin Proc.*
12. Norton K, Olds T, Bowes D, Van Ly S, Gore C (1998). Applying the Sports Medicine Australia pre-exercise screening procedures: who will be excluded? *J Sci Med Sport.*;1:38-51
13. Paganini-Hill A, Kawas CH, Corrada MM (2011). Activities and mortality in the elderly: The leisure world cohort study. *J Gerontol Series A: Biol Sci Med Sci.*; 66:559
14. Phibbs BP, Buckels LJ (1975). Comparative yield of ECG leads in multistage stress testing. *Am Heart J.*; 90:275
15. Sullivan M, Higginbotham M, Cobb F (1988). Increased exercise ventilation in patients with chronic heart failure: intact ventilatory control despite hemodynamic and pulmonary abnormalities. *Circulation.*;77:552
16. Talanian JL, Galloway SDR, Heigenhauser GJF, Bonen A, Spriet LL (2007). Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *J Appl Physiol.*;102:1439
17. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol.* 37:153
18. Thompson WR, Gordon NF, Pescatello LS (2010). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. *Wolters Kluwer: Lippincott Williams & Wilkins*
19. Vogiatzis I, Nanas S, Roussos C (2002). Interval training as an alternative modality to continuous exercise in patients with COPD.

Eur Respir J.;20:12

20. Wisloff U, Stoylen A, Loennechen JP, Bruvold M, Rognum O, Haram PM, Tjonna AE, Helgerud J, Slordahl SA, Lee SJ (2007). Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation*. 115:3086

Cita Original

McKean MR, Stockwell TB, Burkett BJ. Response to Constant and Interval Exercise Protocols in the Elderly. *JEPonline*.15(2):30-39. 2012