

Recuperación cardiovascular durante ejercicio intermitente en pacientes con hipertensión y diabetes tipo 2 altamente adherentes

JOHNATTAN CANO-MONTOYA^{1,a}, CRISTIAN ÁLVAREZ^{2,3,d},
CRISTIAN MARTÍNEZ^{4,c}, ANDRÉS SALAS¹, FARID SADE⁵,
RODRIGO RAMÍREZ-CAMPILLO^{2,3,e}

Cardiovascular recovery during intermittent exercise in highly-adherent participants with hypertension and type 2 diabetes mellitus

Background: Despite the evidence supporting metabolic benefits of high intensity interval exercise (HIIT), there is little information about the cardiovascular response to this type of exercise in patients with type 2 diabetes (T2D) and hypertension (HTA). **Aim:** To analyze the changes in heart rate at rest, at the onset and at the end of each interval of training, after twelve weeks of a HIIT program in T2D and HTA patients. **Material and Methods:** Twenty-three participants with T2D and HTA (20 women) participated in a controlled HIIT program. Fourteen participants attended 90% of more session of exercise and were considered as adherent. Adherent and non-adherent participants had similar body mass index (BMI), and blood pressure. A "1x2x10" (work: rest-time: intervals) HIIT exercise protocol was used both as a test and as training method during twelve weeks. The initial and finishing heart rate (HR) of each of the ten intervals before and after the intervention were measured. **Results:** After twelve weeks of HIIT intervention, adherent participants had a significant reduction in the heart rate at the onset of exercise, and during intervals 4, 5, 8 and 10. A reduction in the final heart rate was observed during intervals 8 and 10. In the same participants the greatest magnitude of reduction, at the onset or end of exercise was approximately 10 beats/min. No significant changes in BMI, resting heart rate and blood pressure were observed. **Conclusions:** A HIIT program reduces the cardiovascular effort to a given work-load and improves cardiovascular recovery after exercise.

(Rev Med Chile 2016; 144: 1150-1158)

Key words: Diabetes Mellitus, Type 2; Exercise; Heart Rate; Hypertension; Physical Exertion.

¹Hospital Público de Los Lagos

²Departamento de Ciencias de la Actividad Física, Universidad de Los Lagos, Osorno, Chile.

³Núcleo de Investigación en Salud, Actividad Física y Deporte, Universidad de Los Lagos, Osorno, Chile.

⁴Facultad de Educación, Ciencias Sociales y Humanidades, Departamento de Educación Física, Universidad de la Frontera, Temuco, Chile.

⁵Centro de Salud Familiar Tomás Rojas, Los Lagos, Chile.

^aKinesiólogo, MSc en Fisiología Clínica del Ejercicio.

^bProfesor de Educación Física.

^cProfesor de Educación Física, MSc en Motricidad Humana.

^dProfesor de Educación Física, MSc en Entrenamiento Deportivo. ^ePhd.

Fuente de financiamiento: Este proyecto de investigación fue financiado con Fondos del Centro de Salud Familiar Tomás Rojas, perteneciente a la Ilustre Municipalidad de Los Lagos, con fondos del Hospital de Los Lagos. No se declaran conflicto de intereses entre las fuentes de financiamiento en el diseño del presente estudio.

Recibido el 23 de diciembre de 2015, aceptado el 29 de julio de 2016.

Correspondencia a:
Cristian Álvarez MSc
Departamento de Ciencias de la Actividad Física, Universidad de Los Lagos.
Av. Fuchslocher 1305 Osorno, Chile.
cristian.alvarez@ulagos.cl

La hipertensión arterial (HTA) y la diabetes mellitus tipo 2 (DT2) son enfermedades altamente asociadas con inactividad física y sedentarismo¹. Ambas patologías producen alteraciones en el tejido capilar, del músculo esquelético y cardíaco^{2,3}, incluyendo una respuesta exagerada

de la frecuencia cardíaca en reposo y ejercicio⁴.

La recuperación cardiovascular (frecuencia cardíaca y presión arterial) post esfuerzo, es más lenta en personas sedentarias con HTA y DT2, al compararse con personas activas⁵. La frecuencia cardíaca de recuperación, es un marcador de recu-

peración cardiovascular post esfuerzo que el ejercicio ha demostrado mejorar en personas de esta cohorte⁶. En este contexto, el ejercicio *endurance* (i.e., ejercicio continuo ≥ 30 -60 min)⁷ ha mostrado mejorar (reducir) la frecuencia cardiaca post esfuerzo en personas sanas⁸, y en pacientes con DT2^{9,10} e HTA¹¹, fenómeno también reportado en atletas como "bradicardia"¹². La relevancia clínica de que la frecuencia cardiaca retorne rápidamente a valores basales post esfuerzo en población inactiva físicamente, radica en una reducción de mortalidad por enfermedad cardiovascular^{13,14}.

En los últimos diez años, diferentes estudios han reportado los efectos del ejercicio intermitente de alta intensidad (HIIT) como método tiempo-efectivo en la mejora de parámetros cardiometabólicos en personas con HTA¹⁵ y DT2¹⁶. El HIIT consiste en cortos períodos de ejercicio de alta intensidad usualmente en bicicleta, separados por intervalos de descanso donde el paciente se recupera a nivel cardiovascular central¹⁷. Un protocolo conocido es el 1x1x10, (1 min de ejercicio, 1 min de recuperación, y realizado 10 veces)¹⁶. Debido a que el cambio de estilo de vida no es fácil para la población, la adhesión a algunos programas de ejercicio *endurance* decrece hasta un 50% en los primeros 3 a 6 meses¹⁸. Algunos responsables de esta baja adherencia son la duración de la sesión, la presencia de enfermedad o dolor post ejercicio, y la falta de tiempo¹⁹. Cuando la población es adherente (i.e., $\geq 90\%$ adherencia), se obtuvieron potentes beneficios cardiometabólicos²⁰. Debido a que no existen reportes del

comportamiento y recuperación cardiovascular durante ejercicio HIIT en personas con HTA y DT2 bajo terapia farmacológica, el objetivo del presente estudio fue analizar los cambios en la frecuencia cardiaca en reposo y durante esfuerzo físico tipo HIIT, después de 12 semanas de intervención con HIIT en personas con HTA y DT2 altamente adherentes.

Materiales y Métodos

Veintitrés pacientes, 3 hombres y 20 mujeres ($n = 23$), con diagnóstico de DT2 y HTA participaron de un programa de HIIT durante 12 semanas. Los pacientes fueron asignados a un grupo adherente (GA, $n = 14$, adherencia $\geq 90\%$) a quienes se les solicitó un elevado compromiso con el programa, o a un grupo no adherente (GNA, $n = 9$, con adherencia $< 70\%$), similar a estudios previos²⁰. El grupo GNA que sirvió como grupo control, se conformó con aquellos pacientes quienes presentaron un menor compromiso con el programa. El promedio de adherencia fue de GA: 99% y GNA: 58%. Los pacientes firmaron un consentimiento informado para participar del estudio, desarrollándose este trabajo considerando la Declaración de Helsinki de estudios con humanos. El estudio fue aprobado por el comité de ética del Centro de Salud Familiar Tomás Rojas, Chile. El diseño de estudio se observa en el Diagrama 1.

Los criterios de inclusión fueron: a) realizar < 150 min/semana de actividad física de baja/

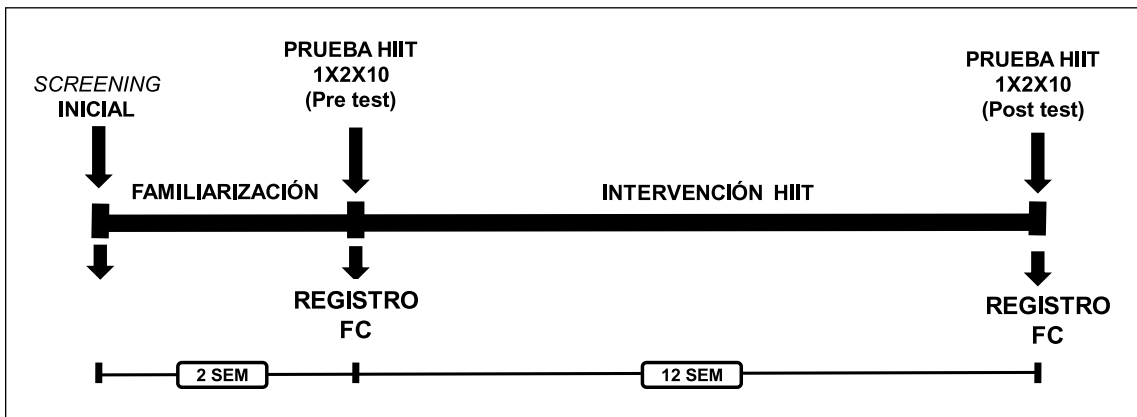


Diagrama 1. Período de screening, familiarización e intervención. Siglas indican; (HIIT) Ejercicio intermitente de alta intensidad, (FC) Frecuencia cardiaca, (2 SEM) Período de 2 semanas de familiarización y (12 SEM) Período de 12 semanas de intervención.

moderada intensidad²¹ o < 75 min/semana de vigorosa intensidad²²; b) diagnóstico de DT2 e HTA con terapia farmacológica hipotensora o hipoglicemiante (ver sección tratamiento farmacológico); e) control de salud actualizado y f) electrocardiograma de reposo normal. Los criterios de exclusión fueron a) enfermedad ósea; b) enfermedad isquémica o arritmia y c) enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Las características de los pacientes se presentan en la Tabla 1.

Procedimientos de estudio

La primera semana los sujetos completaron un cuestionario de actividad física y se registró

el historial de vigencia en el programa de salud cardiovascular. En la segunda semana, se evaluó el peso corporal y la talla con una balanza con estadiómetro marca DETECTO (modelo 3P7044, USA) con una precisión de 0,1 cm y 0,1 kg respectivamente. El índice de masa corporal (IMC) fue calculado en base al peso corporal dividido por la talla al cuadrado. Siguiendo criterios ampliamente utilizados²³, la presión arterial sistólica y diastólica, y la frecuencia cardiaca se midieron después de 15 min de reposo con un monitor digital marca OMRON® (modelo HEM-742INT, USA)²⁴. En la tercera semana los sujetos iniciaron el proceso de familiarización al ejercicio (4 sesiones).

Tabla 1. Características de los participantes

Variable	GA (n = 14)	Cohen Test Effect Size	GNA (n = 9)	Cohen Test Effect Size
Género M/F	3/11		0/9	
Composición corporal				
Edad (años)	62 ± 11		61 ± 11	
Talla (m)	1,55 ± 0,07		1,56 ± 0,07	
Peso 0 (kg)	75 ± 13	0,01 (0,03-0,06)	71 ± 14,8	0,02 (0,04-0,01)
Peso 12 (kg)	75 ± 13		70 ± 13,3	
IMC 0 (kg/talla ²)	30,9 ± 3,9	0,03 (0,08-0,01)	30,3 ± 5,9	0,01 (0,01-0,03)
IMC 12 (kg/talla ²)	30,8 ± 3,9		29,8 ± 5	
Variables cardiovasculares				
FCRep.0 (lat/min)	79 ± 11	0,61† (0,99-0,33)	69 ± 5	0,22 (0,57-0,13)
FCRep.12 (lat/min)	75 ± 10		69 ± 5	
PAS0 (mmHg)	133 ± 18	0,65† (0,91-0,22)	132 ± 12	0,31 (0,80-0,19)
PAS12 (mmHg)	126 ± 18		131 ± 14	
PAD0 (mmHg)	75 ± 8	0,26 (0,23-0,75)	75 ± 8	0,01 (0,42-0,43)
PAD12 (mmHg)	78 ± 11		76 ± 11	
Farmacoterapia				
	proporción		proporción	
Metformina (850 mg/1-2 unidades/día)	12/14		9/9	
Glibenclamida (5 mg/1 unidades/día)	2/14		0/9	
Insulina Lenta	1/14		1/9	
Insulina Cristalina	1/14		0/9	
Enalapril (10 mg/1-3 unidades/día)	4/14		3/9	
Losartan (50 mg/1-2 unidades/día)	7/14		4/9	
Nitrendipino (20 mg/1 unidades/día)	3/14		3/9	
Hidroclorotiazida	1/14		2/9	
Furosemida (40 mg/1 unidades/día)	1/14		0/9	
Lovastatina (20 mg/1 unidades/día)	1/14		0/9	
Atorvastatina (10-40 mg/1 unidades/día)	4/14		4/9	
Atenolol (50 mg/1 unidades/día)	2/14		0/9	
Propranolol (40 mg/1 unidades/día)	0/14		1/9	

Valores se presentan en media y ± desviación estándar. Grupos son descritos como; (GA) Grupo adherente, (GNA) Grupo no adherente. Variables son descritas como; (IMC) Índice de Masa Corporal, (FCRep.) Frecuencia cardiaca en reposo, (PAS0) Presión sistólica antes de intervención, (PAS12) Presión sistólica después de intervención, (PAD0) Presión diastólica antes de intervención y (PAD12) Presión diastólica después de intervención. (†) Indica "moderados" cambios estadísticos pre-post intervención a nivel (IC90).

Prueba de HIIT 1x2x10

En la sesión número cinco los sujetos realizaron un protocolo HIIT utilizado previamente²⁰, consistente en; 1 min de pedalear en bicicleta, 2 min de recuperación y ejecutado 10 veces (1x2x10), donde se monitoreó la frecuencia cardíaca en reposo (FCRep.), al inicio (FCinicio), y al término (FCtérmino) de cada intervalo.

Durante la prueba 1x2x10, la intensidad de esfuerzo muscular en bicicleta fue de 8 a 10 de acuerdo a la escala de Borg modificada de 10 puntos²⁵, donde cada paciente podía cesar el ejercicio cuando así lo estimara, no siendo una imposición la finalización total de los 10 intervalos. Los pacientes tuvieron 2 min de pausa de recuperación entre cada intervalo. Cuando el paciente no se recuperaba (frecuencia cardíaca > 70% del máximo) en este tiempo de pausa, a este paciente se le permitía un mayor tiempo de descanso hasta lograr el valor esperado ($\leq 70\%$ de la FC máxima).

Variables de frecuencia cardíaca

Durante la prueba HIIT 1x2x10, adicionalmente se midió la frecuencia cardíaca de inicio (FCipre) y la frecuencia cardíaca de término (FCtpre) de cada uno de los 10 intervalos antes y después de 12 semanas de intervención (FCipost) y (FCtpost) respectivamente. Se calcularon los delta biológicos en latidos/minuto (lat/min) de la frecuencia cardíaca de inicio (Δ FCinicio) y término (Δ FCtérmino) de los 10 intervalos de la prueba 1x2x10. Las mediciones de frecuencia cardíaca se realizaron con un reloj cardiómetro marca POLAR® (modelo RS400, Finlandia) utilizado previamente²⁶. Para la realización del programa HIIT, fueron utilizadas bicicletas marca LIFEFITNESS® (modelo C1, USA).

Programa de intervención con ejercicio HIIT

Durante 12 semanas, el programa tuvo una frecuencia de 2 sesiones/semana, 10 min de ejercicio, 20 min de pausa, promediando un tiempo de ~30 min en la bicicleta. Cada paciente desarrollo el protocolo de HIIT 1x2x10 descrito previamente²⁰, el cual fue similar a la prueba HIIT 1x2x10 en bicicleta estática. Cada 2 semanas se debió regular la carga de la bicicleta (incrementar la resistencia a pedalear de la bicicleta), debido a las normales adaptaciones fisiológicas y mejora del umbral de base del paciente, ejercitándose siempre el paciente en cada intervalo de esfuerzo en una intensidad

muscular de 8 a 10 puntos según la escala de Borg modificada. Después de cada minuto de esfuerzo pedaleando, los pacientes que no se recuperaban en los 2 min, podían utilizar un mayor tiempo hasta lograr el valor establecido $\leq 70\%$ FC máxima. Debido a que no todos los pacientes fueron capaces de completar los 10 intervalos del protocolo al inicio del estudio, durante el desarrollo del programa los pacientes fueron incrementando el número de intervalos hasta completar el protocolo. Adicionalmente los pacientes quienes no se recuperaban inicialmente dentro de los 2 min establecidos de pausa, con el desarrollo de las sesiones la totalidad de los pacientes logro el valor de recuperación dentro de este tiempo.

Análisis estadísticos

Todos los datos se presentan en media \pm desviación estándar. Se utilizó el test de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad y el test de Levene para establecer la homocedasticidad. Análisis ANOVA de 2 vías fueron utilizados para determinar diferencias a través del tiempo de inicio y término de cada intervalo de ejercicio antes vs post intervención (FCipre) vs (FCipost) y (FCtpre) vs (FCtpost). Adicionalmente, se aplicó el test de Cohen para conocer si los cambios estadísticos en algunas variables fueron pequeños (0,20), moderados (0,60), largos (1,2) o muy largos (2,0). El nivel para significancia estadística se estableció en $p < 0,05$. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SPSS (versión 18.0).

Resultados

No existieron diferencias significativas en las características basales de la población en ambos grupos (Tabla 1).

Después de 12 semanas de intervención, no se presentaron modificaciones significativas en la frecuencia cardíaca de reposo en ambos grupos (Figura 1). Sin embargo, existieron “moderados” cambios estadísticos en esta variable de acuerdo al test de Cohen (Tabla 1).

Después de intervención se observó una modificación en la frecuencia cardíaca de inicio y término durante la prueba HIIT 1x2x10, donde el grupo adherente (GA) presentó una reducción significativa ($p < 0,05$) en la frecuencia cardíaca de inicio de la prueba en los intervalos 4, 5, 8-10

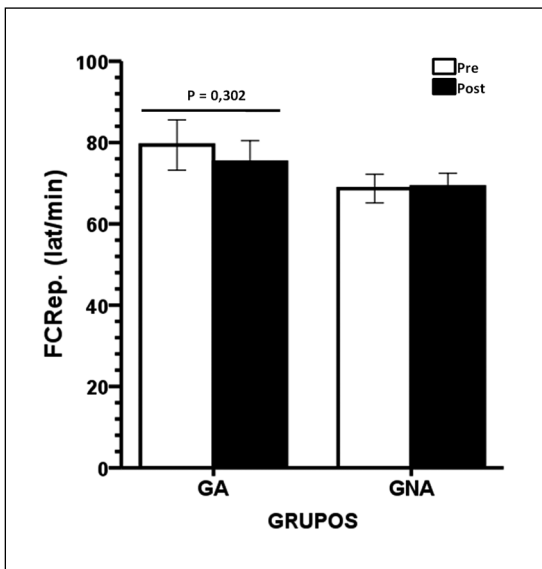


Figura 1. Frecuencia cardiaca de reposo (FCRep.), antes (Pre) y después (Post) de 12 semanas de HIIT en dos grupos de sujetos con hipertensión y diabetes tipo 2. **Grupos se presentan como:** (GA) grupo adherente y (GNA) grupo no adherente.

y de término de la prueba de los intervalos 8-10. El grupo GNA no presentó modificaciones estadísticamente significativas (Figura 2a).

En el grupo GA, la menor reducción en delta de frecuencia cardiaca de inicio ($\Delta FC_{\text{inicio}}$) fue de ~ 4 lat/min, mientras que la máxima reducción en delta fue de ~ 10 lat/min. En el mismo grupo, la mínima reducción en el delta de frecuencia cardiaca de término ($\Delta FC_{\text{término}}$) fue de ~ 1 lat/min, mientras que la máxima reducción en delta fue de ~ 10 lat/min, (Figura 3b).

Discusión

Los mayores hallazgos del presente estudio indican que 12 semanas HIIT producen una más pronta recuperación post esfuerzo en pacientes con HTA y DT2 altamente adherentes, quienes presentan una menor frecuencia cardiaca de inicio antes de cada intervalo y una menor frecuencia cardiaca de término después de cada intervalo de la prueba de HIIT 1x2x10.

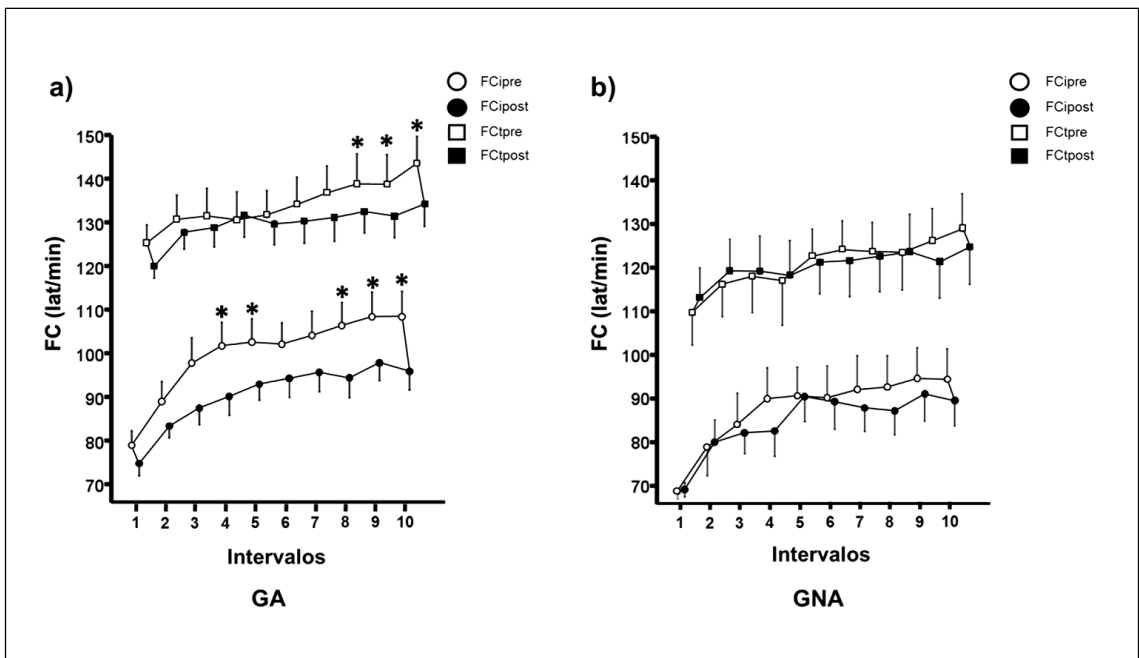


Figura 2. Cambios al inicio y término de 10 intervalos de alta intensidad, post 12 semanas de HIIT. **Grupos son descritos como:** (GA) Grupo adherente y (GNA) Grupo no adherente. **Variables son descritas como:** (FC) Frecuencia cardiaca, (FCipre) Frecuencia cardiaca inicio previo a la intervención, (FCipost) Frecuencia cardiaca de inicio posterior a la intervención, (FCtpre) Frecuencia cardiaca de término previo a la intervención y (FCtpost) Frecuencia cardiaca de término posterior a la intervención.

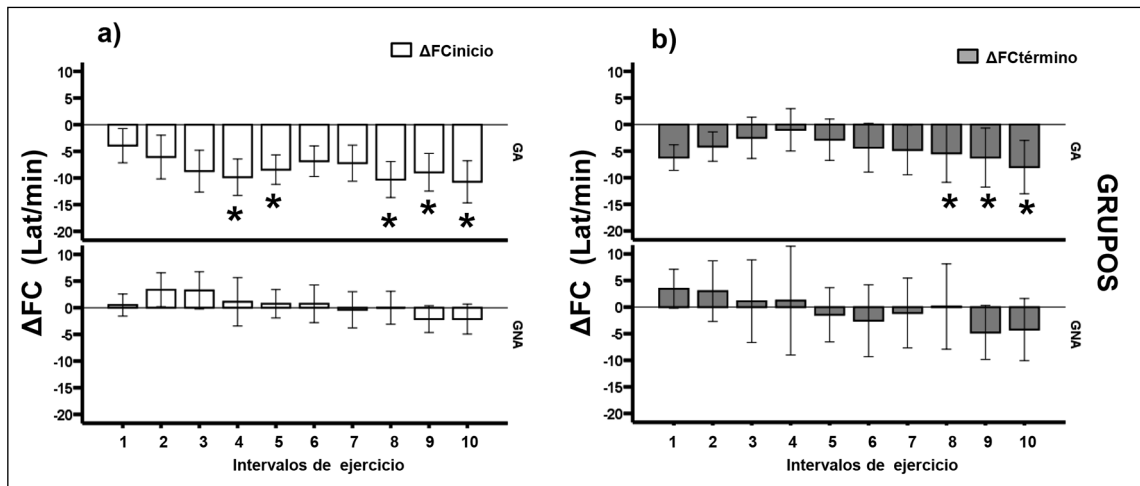


Figura 3. Cambios delta pre-post en la frecuencia cardiaca de inicio (a) y término (b) durante 10 intervalos de alta intensidad posterior a 12 semanas de HIIT. **Grupos son descritos como:** (GA) Grupo adherente y (GNA) Grupo no adherente. **Variables son descritas como:** (FC) Frecuencia cardiaca (FCinicio) Frecuencia cardiaca al iniciar un intervalo y (FCfinal) Frecuencia cardiaca al final de cada intervalo de ejercicio. (*) Indica reducción significativa ($p < 0,05$) entre el pre-post intervención.

Es sabido que la frecuencia cardiaca en reposo (FCRep.) de personas sedentarias y enfermas puede disminuir después de ejercicio. Vance y cols²⁷, mostraron que después de un ejercicio *endurance* este marcador se redujo desde 76 a 67 (-10 lat/min) después de 17 semanas. Por otra parte, Heydari y cols²⁸, mostraron que después de 12 semanas de HIIT, la misma variable se redujo desde 67 a 61 (-6 lat/min). A pesar de no encontrar resultados significativos, nuestros resultados indican que la FCRep. se redujo desde 79 a 75 lat/min, (-4 lat/min), pudiéndose corroborar que en un tiempo de intervención similar, la FCRep. puede ser reducida también en pacientes con HTA y DT2, aunque la intensidad muscular de HIIT aplicado en el presente estudio en bicicleta fue mayor *vs* el ejercicio *endurance* de estos autores, aunque requiriendo invertir el paciente un tiempo menor en ejercicio.

Respecto a la FCinicio de cada intervalo, existe limitada evidencia durante ejercicio HIIT^{29,30}, algunos estudios han sido aplicados sólo en sujetos entrenados, en personas con sobrepeso, pero no en población con HTA y DT2, y mucho menos en pacientes bajo farmacoterapia, donde conociéndose la masificación de estos programas por sus beneficios cardiometabólicos, es relevante reportar estos efectos. Nosotros observamos que la FCinicio se redujo en mayor magnitud *vs* la FC término, lo

cual refleja que los pacientes iniciaron cada nuevo intervalo de la prueba 1x2x10 más recuperados. En este sentido, además de sus efectos benéficos reduciendo la presión arterial³¹, y mejorando el control glicémico²⁰, cuando la población es adherente también se mejora la recuperación post esfuerzo acelerándose el retorno de la FC a sus valores basales.

La relevancia clínica de retornar la frecuencia cardiaca rápidamente a sus valores basales post esfuerzo, radica en una reducción de mortalidad por enfermedad cardiovascular^{13,14,32}. Reducir ≥ 28 latidos en el segundo minuto de recuperación post esfuerzo indica una menor mortalidad por accidente cardiovascular³², dándose estos hallazgos en similitud al presente estudio. Esta situación se puede evidenciar al observar la figura 2a, contrastando la frecuencia cardiaca de término de cada intervalo después de intervención (FCtpost, cuadrados negros) que fue de $132,9 \pm 19,5$ lat/min *vs* la frecuencia cardiaca de inicio (FCipost, círculos negros) de $91,8 \pm 14,1$ lat/min, donde existió una reducción de $\Delta -41,1$ lat/min después de 2 min de recuperación.

Reducir la FC de término de cada intervalo se relaciona con adaptaciones del sistema cardiovascular al ejercicio. Después de intervención al repetir la prueba HIIT 1x2x10 usando la misma

intensidad y cadencia del período pre-intervención (Figura 2a), observamos que era necesario utilizar menor reserva cardiaca para mantener el mismo trabajo. Similares adaptaciones han sido reportadas en estudios previos¹⁰ donde después de 16 semanas de ejercicio *endurance*, al lograr reducir solo 1 lat/min, los autores reportaron una relación con la mejora en la modulación autonómica de la frecuencia cardiaca de reposo. Asimismo los estudios de Pagkalos⁹ y Braz¹¹ han reportado mejoras en la respuesta cardiovascular al ejercicio relacionada a una mejora en la función autonómica. Esta mejor respuesta estaría asociada a una mayor reactivación del sistema parasimpático y una rápida caída de la función simpática, sobre todo en los primeros minutos de recuperación⁴.

Un reciente estudio concluyó que HIIT tiene efectos positivos sobre el funcionamiento del sistema cardiovascular³³. Estos estarían determinados por una mayor eficiencia en el transporte, extracción y utilización de oxígeno por el músculo esquelético. En cuanto al transporte se ha observado una mejora en estructura y función vascular³⁴, y un aumento de la densidad microvascular muscular³⁵. Este aumento de la densidad capilar, facilitaría la extracción de oxígeno por parte del músculo esquelético^{36,37}. También, se ha demostrado que HIIT aumenta los marcadores de biogénesis y actividad mitocondrial³⁸, procesos mediados por la activación de proteínas claves en los procesos de transcripción como AMPK, MAPK, p38, p53 y PGC1 quienes juegan un rol clave en la síntesis de nuevas proteínas^{16,29,39}. En cuanto a la adherencia y la magnitud de los beneficios de HIIT, Mancilla y cols.²⁰ observaron mejores beneficios cardiometabólicos en aquellos pacientes más adherentes ($\geq 70\%$ del total de sesiones), destacando aún más que el ejercicio es una terapia efectiva y potente, pero cuando esta es aplicada y evaluada de manera regular en los pacientes.

A pesar de la ausencia de cambios significativos en el peso, IMC, presión arterial y frecuencia cardiaca de reposo, la reducción significativa de la frecuencia cardiaca de inicio y término en algunos de los 10 intervalos de la prueba HIIT 1x2x10, hace recomendable la utilización de HIIT en este tipo de pacientes para mejorar la recuperación post esfuerzo. Bien es sabido que los pacientes con HTA y/o DT2 presentan usualmente edad avanzada, y desarrollan actividades diarias de pequeños es-

fuerzos, donde practicar HIIT ofrecería una mejor calidad de vida a estos estímulos, al margen de los conocidos beneficios metabólicos.

Una fortaleza del presente estudio fue registrar la frecuencia cardiaca de cada intervalo en la prueba 1x2x10 de HIIT. Algunas debilidades fueron el bajo número de la muestra de estudio y el no control de los patrones de actividad física ni dieta posterior a las sesiones de ejercicio, sin embargo, se recordó a los participantes de mantener los mismos patrones declarados inicialmente. Un sesgo de este estudio fue el uso de atenolol por parte de 2 sujetos del GA y propranolol por 1 sujeto del GNA.

En conclusión, los pacientes altamente adherentes al programa HIIT mejoran la respuesta cardiovascular al ejercicio, necesiándose menos esfuerzo cardiovascular para mantener un trabajo determinado durante el desarrollo de un esquema de ejercicio como el protocolo 1x2x10 en bicicleta.

Agradecimientos: Al personal del Hospital Público de Los Lagos, a la Sra. Amanda Piel y al Sr. Alan Cofré, tecnólogos médicos. A Francisca Estefó, Margarita Ruiz, Sandra Vicencio, Nicole Seguel, Mauricio González, Eduardo Pineda, Daniela Jofré y Jorge Betanzo, internos de Kinesiología del Hospital de Los Lagos, a las nutricionistas Paulina Carrasco y Elizabeth Mariangel por su compromiso con la derivación de pacientes al programa.

Referencias

1. Powell KE, Thompson PD, Caspersen CJ, Kendrick JS. Physical activity and the incidence of coronary heart disease. *Annu Rev Public Health* 1987; 8: 253-87.
2. Alegría Ezquerro E, Castellano Vázquez JM, Alegría Barrero A. [Obesity, metabolic syndrome and diabetes: cardiovascular implications and therapy]. *Rev Esp Cardiol* 2008; 61 (7): 752-64.
3. Bergouignan A, Rudwill F, Simon C, Blanc S. Physical inactivity as the culprit of metabolic inflexibility: evidence from bed-rest studies. *J Appl Physiol* (1985) 2011; 111 (4): 1201-10.
4. Pierpont GL, Adabag S, Yannopoulos D. Pathophysiology of exercise heart rate recovery: a comprehensive analysis. *Ann Noninvasive Electrocardiol* 2013; 18 (2): 107-17.
5. Peçanha T, Silva-Júnior ND, Forjaz CL. Heart rate recovery: autonomic determinants, methods of assess-

- ment and association with mortality and cardiovascular diseases. *Clin Physiol Funct Imaging* 2014; 34 (5): 327-39.
6. Scheuermann-Freestone M, Madsen PL, Manners D, Blamire AM, Buckingham RE, Styles P, et al. Abnormal Cardiac and Skeletal Muscle Energy Metabolism in Patients With Type 2 Diabetes. *Circulation* 2003; 107 (24): 3040-6.
 7. ACSM. American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30 (6): 975-91.
 8. Levy WC, Cerqueira MD, Harp GD, Johannessen K-A, Abrass IB, Schwartz RS, et al. Effect of endurance exercise training on heart rate variability at rest in healthy young and older men. *American Journal of Cardiology* 2004; 82 (10): 1236-41.
 9. Pagkalos M, Koutlianos N, Kouidi E, Pagkalos E, Mandroukas K, Deligiannis A. Heart rate variability modifications following exercise training in type 2 diabetic patients with definite cardiac autonomic neuropathy. *British Journal of Sports Medicine* 2008; 42 (1): 47-54.
 10. Figueroa A, Baynard T, Fernhall B, Carhart R, Kanaley J. Endurance training improves post-exercise cardiac autonomic modulation in obese women with and without type 2 diabetes. *European Journal of Applied Physiology* 2007; 100 (4): 437-44.
 11. Braz NF, Carneiro MV, Oliveira-Ferreira F, Arrieiro AN, Amorim FT, Lima MMO, et al. Influence of aerobic training on cardiovascular and metabolic parameters in elderly hypertensive women. *Int J Prev Med* 2012; 3 (9): 652-9.
 12. Rodríguez-Zamora L, Iglesias X, Barrero A, Chaverri D, Erola P, Rodríguez FA. Physiological Responses in Relation to Performance during Competition in Elite Synchronized Swimmers. *PLoS ONE* 2012; 7 (11): e49098.
 13. Cheng YJ, Lauer MS, Earnest CP, Church TS, Kampert JB, Gibbons LW, et al. Heart Rate Recovery Following Maximal Exercise Testing as a Predictor of Cardiovascular Disease and All-Cause Mortality in Men With Diabetes. *Diabetes Care* 2003; 26 (7): 2052-7.
 14. Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-Rate Recovery Immediately after Exercise as a Predictor of Mortality. *New England Journal of Medicine* 1999; 341 (18): 1351-7.
 15. Ciolac EG. High-intensity interval training and hypertension: maximizing the benefits of exercise? *Am J Cardiovasc Dis* 2012; 2 (2): 102-10.
 16. Little JP, Gillen JB, Percival ME, Safdar A, Tarnopolsky MA, Punthakee Z, et al. Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *Journal of Applied Physiology* 2011; 111 (6): 1554-60.
 17. Gibala MJ, Little JP, MacDonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of Physiology* 2012; 590 (5): 1077-84.
 18. Dishman RK. Exercise adherence: Its impact on public health. University of Virginia: Human Kinetics Books; 1998.
 19. Martin K, Sinden A. Who will stay and who will go? A review of older adults' adherence to randomized controlled trials of exercise. *Journal of Aging and Physical Activity* 2001; Vol 9 (2): 91-114.
 20. Mancilla R, Torres P, Álvarez C, Schifferli I, Sapunar J, Díaz E. [High intensity interval training improves glycemic control and aerobic capacity in glucose intolerant patients]. *Rev Med Chile* 2014; 142 (1): 34-9.
 21. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee I-M, et al. Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults: Guidance for Prescribing Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2011; 43 (7): 1334-59 10.249/MSS.0b013e318213febf.
 22. O'Donovan G, Blazevich AJ, Boreham C, Cooper AR, Crank H, Ekelund U, et al. The ABC of Physical Activity for Health: a consensus statement from the British Association of Sport and Exercise Sciences. *J Sports Sci* 2010; 28 (6): 573-91.
 23. Chobanian AV, Bakris GL, Black HR, Cushman WC, Green LA, Izzli JL, et al. Seventh report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. *Hypertension* 2003; 42 (6): 1206-52.
 24. Christofaro DG, Fernandes RA, Gerage AM, Alves MJ, Polito MD, Oliveira AR. Validation of the Omron HEM 742 blood pressure monitoring device in adolescents. *Arq Bras Cardiol* 2009; 92 (1): 10-5.
 25. Ciolac EG, Mantuani SS, Neiva CN. Rating of perceived exertion as a tool for prescribing and self regulating interval training: a pilot study. 2015.
 26. Álvarez C, Ramírez-Campillo R, Henríquez-Olguín C, Castro-Sepúlveda M, Carrasco V, Martínez C. [Eight weeks of combined high intensity intermittent exercise normalized altered metabolic parameters in women]. *Rev Med Chile* 2014; 142 (4): 458-66.
 27. Vance DD, Chen GL, Stoutenberg M, Myerburg RJ, Jacobs K, Nathanson L, et al. Cardiac performance,

- biomarkers and gene expression studies in previously sedentary men participating in half-marathon training. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 2014; 6 (1): 6.
28. Heydari M, Boutcher YN, Boutcher SH. The effects of high-intensity intermittent exercise training on cardiovascular response to mental and physical challenge. *Int J Psychophysiol* 2013; 87 (2): 141-6.
 29. Bartlett JD, Hwa Joo C, Jeong T-S, et al. Matched work high-intensity interval and continuous running induce similar increases in PGC-1 mRNA, AMPK, p38, and p53 phosphorylation in human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology* 2012; 112 (7): 1135-43.
 30. Gillen JB, Percival ME, Ludzki A, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. Interval training in the fed or fasted state improves body composition and muscle oxidative capacity in overweight women. *Obesity* 2013; 21 (11): 2249-55.
 31. Ciolac EG, Bocchi EA, Bortolotto LA, Carvalho VO, Greve JM, Guimaraes GV. Effects of high-intensity aerobic interval training vs. moderate exercise on hemodynamic, metabolic and neuro-humoral abnormalities of young normotensive women at high familial risk for hypertension. *Hypertens Res* 2010; 33 (8): 836-43.
 32. Chacko KM, Bauer TA, Dale RA, Dixon JA, Schrier RW, Estacio RO. Heart rate recovery predicts mortality and cardiovascular events in patients with type 2 diabetes. *Medicine and science in sports and exercise* 2008; 40 (2): 288-95.
 33. Gibala MJ, Gillen JB, Percival ME. Physiological and health-related adaptations to low-volume interval training: influences of nutrition and sex. *Sports Med* 2014; 44 Suppl 2: S127-37.
 34. Rakobowchuk M, Tanguay S, Burgomaster KA, Howarth KR, Gibala MJ, MacDonald MJ. Sprint interval and traditional endurance training induce similar improvements in peripheral arterial stiffness and flow-mediated dilation in healthy humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2008; 295 (1): R236-42.
 35. Cocks M, Shaw CS, Shepherd SO, et al. Sprint interval and endurance training are equally effective in increasing muscle microvascular density and eNOS content in sedentary males. *J Physiol* 2013; 591 (Pt 3): 641-56.
 36. McKay BR, Paterson DH, Kowalchuk JM. Effect of short-term high-intensity interval training vs. continuous training on O₂ uptake kinetics, muscle deoxygenation, and exercise performance. *J Appl Physiol* (1985) 2009; 107 (1): 128-38.
 37. Bailey SJ, Wilkerson DP, Dimenna FJ, Jones AM. Influence of repeated sprint training on pulmonary O₂ uptake and muscle deoxygenation kinetics in humans. *J Appl Physiol* (1985) 2009; 106 (6): 1875-87.
 38. Gibala MJ, Little JP, van Essen M, et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol* 2006; 575 (Pt 3): 901-11.
 39. Flück M. Functional, structural and molecular plasticity of mammalian skeletal muscle in response to exercise stimuli. *Journal of Experimental Biology* 2006; 209 (12): 2239-48.