

MHSalud

Revista en Ciencias del Movimiento Humano y Salud

Doi: <https://doi.org/10.15359/mhs.22-2.19213>

El entrenamiento por intervalos de alta intensidad y su influencia en la condición metabólica de personas adultas con diabetes tipo 2

High-intensity interval training and its influence on metabolic status in adults with type 2 diabetes

O treino intervalado de alta intensidade e a sua influência na condição metabólica de adultos com diabetes tipo 2

**Jorge Torres Mejías¹, Ángela D. Arriagada Fuentes², Violeta M. Bravo Bravo²,
Mara M. Canales Monsalve², Ángela D. Valdivia Flores², Priscilla Murphy Baeza³,
Patricio Pérez Orellana³, José Luis Pino Villalón^{4*}**

Recibido 07-10-2023 - Aceptado 03-06-2025

- 1 Universidad Católica del Maule, Programa de Doctorado en Ciencias de la Actividad Física, Facultad de Ciencias de la Educación, Talca, Chile. jorge.torres.mejias2@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-6463-5051>
- 2 Universidad de Talca, Escuela Nutrición y Dietética, Facultad de Ciencias de la Salud, Talca, Chile., angelaarriagada92@mail.com  <https://orcid.org/0009-0000-8701-3477> vibravo18@alumnos.utalca.cl  <https://orcid.org/0009-0005-2976-7082> marcanales18@alumnos.utalca.cl  <https://orcid.org/0009-0003-1992-4158> angeladivean@gmail.com  <https://orcid.org/0009-0005-1753-007X>
- 3 Municipalidad de Talca, Centro de Salud Familiar "Faustino González", Talca, Chile. alimentacionsanaydeporte@gmail.com  <https://orcid.org/0009-0004-9447-1053> patricioperez345@gmail.com  <https://orcid.org/0009-0004-0737-0925>
- 4 Universidad Santo Tomás, Escuela Nutrición y Dietética, Facultad de Salud, Chile jpino9@santotomas.cl  <https://orcid.org/0000-0002-1047-1426>

* Autor de Correspondencia



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 3.0 Internacional.

RESUMEN

Introducción: El entrenamiento por intervalos de alta intensidad (HIIT) se propone como un tratamiento no farmacológico prometedor frente a las complicaciones cardio-metabólicas asociadas a enfermedades no transmisibles como la diabetes tipo 2 (DM2). **Objetivo:** Evaluar el efecto de un entrenamiento por intervalos de alta intensidad mediante ciclismo de potencia durante tres días a la semana por 12 semanas, sobre parámetros de control metabólico de adultos diabéticos tipo 2. **Metodología:** Se realizó un ensayo preexperimental con diseño pre-post intervención sin grupo control y muestreo no probabilístico. En total, 27 sujetos DM2 realizaron HIIT tres veces a la semana durante 12 semanas, 17 completaron el protocolo. El entrenamiento se realizó en bicicleta estacionaria (*spinning*), el protocolo fue de un minuto de pedaleo intenso seguido de dos minutos de descanso, repitiendo esto 10 veces. Al inicio y final de la intervención se determinó el peso corporal (kg), la masa grasa (%), la masa libre de grasa (%), el agua corporal total (%), la circunferencia de cintura (cm), la presión arterial (mmHg), la glicemia (mg/dL), la hemoglobina glicosilada (HbA1c %) y el perfil lipídico (mg/dL). **Resultados:** Posterior a la intervención, se logró identificar una disminución de HbA1c ($p<0,01$) y colesterol total ($p<0,01$). En cuanto a la composición corporal, disminuyó la masa grasa ($p<0,05$), mientras que aumentó el agua corporal total ($p<0,05$). Además, se identificó una reducción de la presión arterial tanto sistólica ($p<0,01$) como diastólica ($p<0,01$) y de circunferencia de cintura ($p<0,001$). **Conclusión:** El protocolo HIIT podría contribuir al control metabólico de personas con DM2. Por lo tanto, podría implementarse para reducir el riesgo cardiovascular en la población estudiada.

Palabras clave: entrenamiento por intervalos; alta intensidad; composición corporal; enfermedades no transmisibles; diabetes tipo 2.

ABSTRACT

Introduction: High-intensity interval training (HIIT) is proposed as a promising non-pharmacological treatment for cardiometabolic complications associated with non-communicable diseases such as type 2 diabetes (DM2). **Objective:** To evaluate the effect of high-intensity interval training using power cycling 3 days a week for 12 weeks on metabolic control parameters in adult type 2 diabetics. **Method:** A pre-experimental trial was conducted with a pre-post-intervention design without a control group and non-probabilistic sampling. 27 DM2 subjects performed HIIT three times a week for 12 weeks, 17 completed the protocol. The training was performed on a stationary bicycle, and the protocol was 1 minute of intense pedalling followed by 2 minutes of rest for ten repetitions. Body weight (kg), fat mass (%), fat-free mass (%), total body water (%), waist circumference (cm), blood pressure (mmHg), glycaemia (mg/dL), glycosylated haemoglobin (HbA1c %) and lipid profile (mg/dL) were determined at baseline and at the end of the intervention. **Results:** After the intervention, a decrease in HbA1c ($p<0,01$) and total cholesterol ($p<0,01$) was identified. Concerning body composition, fat mass ($p<0,05$) decreased, while total body water increased ($p<0,05$). Furthermore, a reduction in systolic ($p<0,01$) and diastolic ($p<0,01$) blood pressure and waist circumference ($p<0,001$) was identified. **Conclusion:** HIIT protocol could contribute to metabolic control in people with DM2. Therefore, it could be implemented to reduce cardiovascular risk in the studied population.

Keywords: High-intensity interval training; body composition; noncommunicable diseases; type 2 diabetes mellitus.

RESUMO

Introdução: O treino intervalado de alta intensidade (HIIT) é proposto como um tratamento não farmacológico promissor para as complicações cardiometabólicas associadas a doenças não transmissíveis, como a diabetes tipo 2 (DM2). **Objetivo:** Avaliar o efeito de um treino intervalado de alta intensidade por meio de ciclismo de potência durante 3 dias por semana durante 12 semanas sobre os parâmetros de controlo metabólico de adultos diabéticos tipo 2.

Metodologia: Foi realizado um ensaio pré-experimental com desenho pré-pós-intervenção sem grupo de controlo e amostragem não probabilística. 27 indivíduos com DM2 realizaram HIIT três vezes por semana durante 12 semanas, 17 completaram o protocolo. O treino foi realizado em bicicleta estática (*spinning*), o protocolo consistiu em 1 minuto de pedalada intensa seguido de 2 minutos de descanso, repetindo isso 10 vezes. No início e no final da intervenção, foram determinados o peso corporal (kg), a massa gorda (%), a massa livre de gordura (%), a água corporal total (%), a circunferência da cintura (cm), a pressão arterial (mmHg), a glicemia (mg/dL), a hemoglobina glicosilada (HbA1c %) e o perfil lipídico (mg/dL). **Resultados:** Após a intervenção, foi possível identificar uma diminuição do HbA1c ($p<0,01$) e do colesterol total ($p<0,01$). Em relação à composição corporal, houve uma diminuição da massa gorda ($p<0,05$), enquanto que a água corporal total aumentou ($p<0,05$). Além disso, foi possível identificar uma redução da pressão arterial sistólica ($p<0,01$) e diastólica ($p<0,01$) e da circunferência da cintura ($p<0,001$). **Conclusão:** O protocolo HIIT pode contribuir para o controle metabólico de pessoas com diabetes tipo 2. Portanto, poderia ser implementado para reduzir o risco cardiovascular na população estudada.

Palavras-chave: treino intervalado de alta intensidade; composição corporal; doenças não transmissíveis; diabetes tipo 2.



INTRODUCCIÓN

Es innegable que existe un aumento en la prevalencia de diabetes *mellitus* tipo 2 (DM2). Proyecciones realizadas en el 2004 indicaban que para el año 2030 habría 366 millones de personas con esta condición ([Wild et al., 2004](#)). Sin embargo, posteriores análisis aumentaron esa proyección a 552 millones ([Whiting et al., 2011](#)) y recientemente se fijó la proyección en 578 millones, que podría aumentar a 700 millones para el año 2045 ([Saeedi et al., 2019](#)). En Chile, la prevalencia de sospecha de DM2 (niveles de glicemia superiores a 126 mg/dl) aumentó de un 4,2 % en el 2003 a un 12,3 % según la última Encuesta Nacional de Salud ([Ministerio de Salud, Gobierno de Chile 2017](#)), lo cual significa un incremento en el gasto público en salud ([Vargas-Uricoechea y Casas-Figueroa, 2016; Williams et al., 2020](#)).

El tratamiento de las personas con DM2 se orienta individualmente, pero se basa en dos pilares fundamentales: cambios en el estilo de vida (control de la ingesta calórica, ejercicio físico, consumo de alcohol, hábito tabáquico) y tratamiento farmacológico, con el objetivo de llegar a niveles plasmáticos de hemoglobina glicosilada (HbA1c) entre un 6,5 % y un 7,5 % ([Pfeiffer y Klein, 2014](#)).

Uno de los tratamientos no farmacológicos que se ha analizado en los últimos años es el ejercicio, especialmente el entrenamiento por intervalos de alta intensidad (HIIT, por sus siglas en inglés). Se evidencia que este tipo de protocolo de ejercicio, durante 12 semanas, puede reducir la glicemia e insulinemia en ayunas y mantener este efecto incluso 72 horas después de realizado el ejercicio ([Álvarez et al., 2021](#)). En personas chilenas con DM2, se ha establecido que la práctica de HIIT junto a un régimen alimentario por 12 semanas disminuye de forma significativa la glicemia, HbA1c (%) y también la masa grasa corporal, comparado con el régimen alimentario sin ejercicio ([Mangiamarchi et al., 2017](#)).

Metaanálisis recientes confirman el efecto hipoglicemiante de la práctica de HIIT, pero sin efecto en la masa grasa y masa libre de grasa ([Arrieta-Leandro et al., 2023](#)). Sin embargo, a pesar del efecto en la glicemia en ayunas, estudios señalan que HIIT no se diferencia de un entrenamiento continuo de intensidad moderada (MICT) en el efecto sobre HbA1c; no obstante, si es significativo el aumento del VO₂max en HIIT ([de Mello et al., 2022](#)). En un estudio reciente que utilizó HIIT mediante ciclismo de potencia (1 min, 80 %-95 %-VO₂max) contrastado con MICT (30 min 50 %-70 % VO₂max) y grupo control por 12 semanas, se observaron cambios significativos en glicemia de ayunas, pero no



en HbA1c y tampoco en insulinemia en ayunas; por otro lado, HIIT logró disminuir la presión arterial sistólica (PAS) aunque no la diastólica (PAD) ([Li et al., 2022](#)).

Algunos autores plantean que el HIIT puede ser superior que un entrenamiento continuo de intensidad moderada para mejorar la aptitud cardiorrespiratoria y la función endotelial en pacientes con DM2 ([Kourek et al., 2023](#)). Sin embargo, los efectos beneficiosos del HIIT en pacientes con DM2 son controversiales, incluso se están investigando y el número de análisis es limitado. Metaanálisis recientes confirman el efecto positivo de este protocolo de ejercicio físico, mediante diferentes deportes, sobre HbA1c, pero no está totalmente identificado el efecto en otras variables de control metabólico en DM2; por ejemplo, en colesterol LDL ([Muñoz Rossi et al., 2024](#)). Así, esta investigación genera nueva evidencia que contribuye a esclarecer el efecto de HIIT sobre diferentes variables relacionadas con el control metabólico de personas con DM2.

El ciclismo de potencia es una práctica recomendada y común en entornos de salud primaria y centros de rehabilitación. Este tipo de ejercicio permite activar los principales grupos musculares sin poner peso sobre el cuerpo ni experimentar la fricción de correr, por lo cual es un ejercicio simple y seguro para quienes inician prácticas de actividad física moderada o intensa ([Li et al., 2021](#)).

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de un entrenamiento por intervalos de alta intensidad mediante el ciclismo de potencia durante tres días a la semana por 12 semanas, sobre parámetros de control metabólico de adultos diabéticos tipo 2 pertenecientes a un centro de salud primario de Talca, Chile.

MÉTODO

Diseño experimental

Se realizó un ensayo preexperimental con diseño pre-post intervención sin grupo control y muestreo no probabilístico. Se calculó un tamaño muestral con el 95 % de confianza, el 80% de poder estadístico, un efecto de HIIT sobre HbA1c de -0,776 % ([de Mello et al., 2022](#)) y una varianza de 0,50 del grupo control según lo reportado en estudios realizados en Chile ([Aguilera et al., 2015](#)) (n=13). La proporción esperada por pérdida se estableció en el 50 %, según lo descrito en estudios previos similares en sujetos chilenos ([Mancilla et al., 2014](#)), resultando en una muestra final de 27 sujetos.

Se realizó un llamado a personas voluntarias en un centro de atención primaria urbano de la comuna de Talca, Chile; quienes cumplieron con los criterios de elegibilidad recibieron una explicación acabada de la investigación para posteriormente



firmar un consentimiento informado. La investigación se resguardó bajo las normas internacionales de investigación ética (*Stewart y Reider, 2016*), y normativas nacionales como la Ley N.º 20.120 (Gobierno de Chile), sobre la investigación científica en el ser humano, su genoma, y prohíbe la clonación humana, 2006, y la Ley N.º 20.584 (Gobierno de Chile) que regula los derechos y deberes que tienen las personas en relación con las acciones vinculadas a su atención en salud, 2012. El proyecto fue aprobado por el Comité de Ética Científico de la Universidad Santo Tomás (Folio ID-153).

Participantes

Se aceptaron personas voluntarias que cumplieran los criterios de elegibilidad, hasta completar el tamaño muestral (n = 27). Los criterios de elegibilidad fueron diagnóstico confirmado de DM2, autovalencia, edad entre 30 y 75 años, y contar con autorización médica para la realización de ejercicio. Participaron personas que además de DM2 presentaban obesidad e hipertensión, todas con tratamiento farmacológico y que no desarrollarán otro tipo de actividad física o deporte con un mes antes del inicio del protocolo; además, se indicó no realizar otra actividad deportiva durante la ejecución de la investigación. Se excluyeron aquellas personas con artrosis, enfermedad pulmonar obstructiva y mujeres embarazadas.

Instrumentos

Al inicio y final de la intervención se determinó el peso (Balanza Seca 700, Hamburgo, Alemania), estatura (Estadiómetro, SECA 220, Hamburgo, Alemania) y circunferencia de cintura (Cinta SECA 201, Hamburgo, Alemania), siguiendo los protocolos de la Organización Mundial de la Salud (*Organización Mundial de la Salud, 1995*). Presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD) (Monitor de presión arterial de brazo OMRON HEM-7120, Illinois, USA).

Los exámenes bioquímicos, realizados por el centro de salud de atención primaria, fueron glicemia (mg/dL), hemoglobina glicosilada (HbA1c %) y perfil lipídico: colesterol total (CT), lipoproteína de baja densidad (Col-LDL), lipoproteína de alta densidad (Col-HDL) y triglicéridos (TG) (mg/dL).

La composición corporal (masa grasa, masa libre de grasa y agua corporal) se determinó mediante la bioimpedanciometría multifrecuencia (Bodystat Quadscale 4000 Touch, Isla de Man, Islas Británicas) con electrodos (Bodystat 0525) en manos y pies siguiendo las instrucciones del fabricante.

Durante el protocolo de ejercicio se controló la frecuencia cardiaca con pulsómetro más cinta de pecho (Polar FT2, Kempele, Finlandia) y se utilizó una bicicleta estática

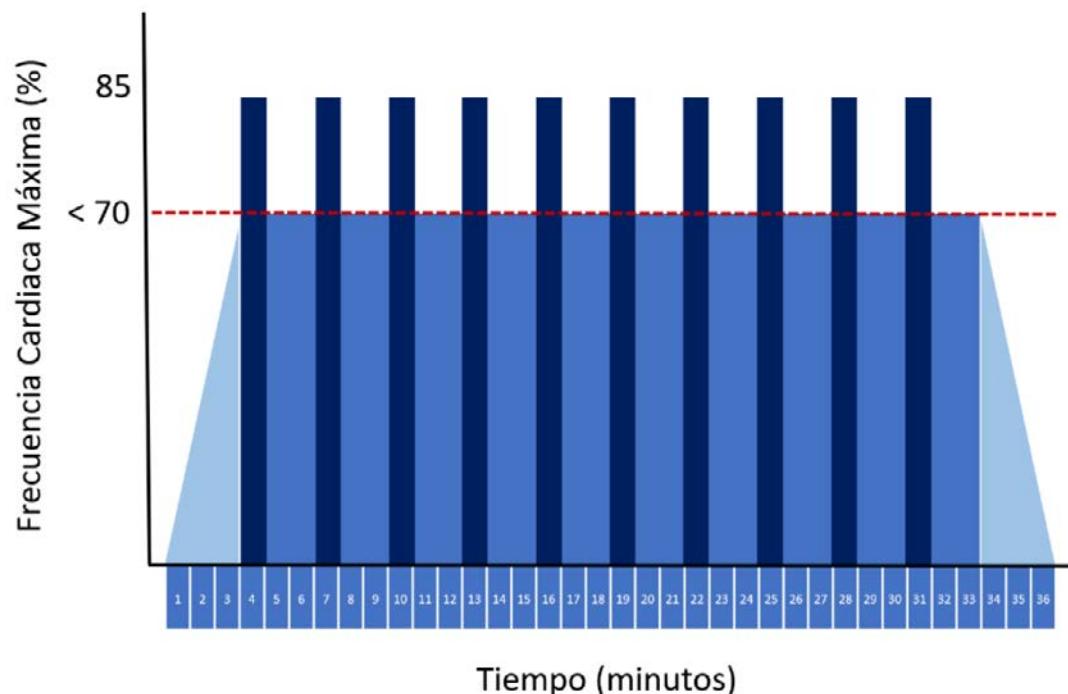


de *spinning* (Oxford, Modelo MUVO BEAT 30, Santiago, Chile) para la aplicación del entrenamiento de intervalos de alta intensidad.

Procedimiento

El entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) se llevó a cabo mediante ciclismo de potencia en bicicleta estática. El protocolo de ejercicio consistió en realizar un calentamiento de tres minutos en la bicicleta (a pedaleo lento y sin carga), para luego iniciar los intervalos pedaleando un minuto a 30 km/hora con una carga determinada para cada paciente con el objetivo de alcanzar el 85 % de sus pulsaciones cardiacas máximas, lo cual se determinó según la ecuación de Karvonen ([Karvonen et al., 1957](#)), para luego descansar dos minutos (pausa inactiva), realizando esta secuencia por 10 repeticiones, como se ha utilizado con anterioridad en población chilena ([Mancilla et al., 2014](#)) (Figura 1).

Figura 1.
Esquema Protocolo HIIT



Previo al inicio del protocolo y luego de tres minutos de finalizar se determinó la presión arterial, como una forma de control. Se calculó el porcentaje (%) de frecuencia

cardiaca máxima (FCmax) al inicio y término de cada intervalo, si el paciente no se recuperaba (FC >70% de la FC máxima) en el tiempo de descanso, se le permitió un mayor tiempo (un minuto extra) hasta lograr su recuperación (FC < 70 % de la FC máxima) (Figura 1). El protocolo se aplicó tres veces por semana (lunes, miércoles y viernes) durante 12 semanas en un Centro de Salud de Atención Primaria de la comuna de Talca, Chile.

Al inicio (tiempo 0) y final de la intervención (tiempo 1) se determinaron parámetros antropométricos (peso, circunferencia de cintura), clínicos (presión arterial), de composición corporal (masa grasa, masa libre de grasa y agua corporal total) y exámenes bioquímicos (glicemia, hemoglobina glicosilada, colesterol total, colesterol LDL, colesterol HDL y triglicéridos).

Análisis estadístico

La normalidad de datos se determinó con la prueba de Shapiro-Wilk. El efecto de HIIT sobre los parámetros evaluados se determinó mediante prueba t de Student para muestras relacionadas o prueba de rangos de Wilcoxon para muestras acordes al resultado de la prueba de normalidad. Las inferencias se realizaron con 95 % de confianza y una significación estadística de 0,05. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico IBM SPSS versión 19 (IBM, Chicago, IL, USA).

RESULTADOS

De la muestra inicial 17 sujetos terminaron el protocolo de 12 semanas, sobrepasando la muestra mínima ($n=13$), de los cuales ocho participaron del análisis de composición corporal (nueve declinaron participar por falta de tiempo); por tanto, los resultados de composición corporal se deben interpretar con cautela; 14 lograron asistir a la toma de muestra sanguínea para hemoglobina glicosilada, mientras que la antropometría y los exámenes de laboratorio se realizaron en todos los sujetos que completaron la intervención ($n=17$). La muestra que completó la intervención presentó una edad promedio de $57,9 \pm 9,6$ años ($66,0 \pm 2,10$ hombres vs $53,5 \pm 9,18$ mujeres, $p<0,01$); 65% ($n=11$) fueron mujeres. Los hombres presentaron una estatura significativamente mayor ($170 \pm 5,47$ cm), peso, IMC y presión arterial no registraron diferencias por sexo (Tabla 1).



Tabla 1.
Caracterización de la muestra al inicio de la intervención (*n* 17)

	Total (n 17)	Hombres (n 6)	Mujeres (n 11)	<i>p</i> -value
Peso (Kg)	89,3 ± 20,5	99,1 ± 20,6	83,9 ± 19,2	0,150
Estatura (cm)	163 ± 7,1	170 ± 5,5	160 ± 5,1	0,002
IMC (kg/m ²)	33,2 ± 6,3	34,1 ± 5,9	32,6 ± 6,7	0,301*
CC (cm)	107 ± 14,2	114 ± 17,5	104 ± 11,6	0,192
PAS (mmHg)	139 ± 18,4	143 ± 16,9	136 ± 19,6	0,479
PAD (mmHg)	84 ± 14,5	85,5 ± 12,3	83,0 ± 16,1	0,714

Datos muestran media ± Desviación estándar, *p*-value comparación por sexo, prueba t para muestras independientes. *Prueba de Mann-Whitney para muestras independientes. IMC: Índice de masa corporal, CC: circunferencia de cintura, PAS: presión arterial sistólica, PAD: presión arterial diastólica.

Al finalizar la intervención, los sujetos redujeron significativamente la circunferencia de cintura en 4,52 cm; al igual que la presión arterial sistólica y diastólica con reducciones de 13,24 y 5,94 mmHg, respectivamente; mientras que el peso corporal e IMC no presentaron cambios significativos (Tabla 2).

Tabla 2.
Efecto de 12 semanas de HIIT en antropometría y signos clínicos en diabéticos tipo 2 (*n* 17)

	Inicio	Final	Tamaño efecto	<i>p</i> -value
Peso (Kg)	89,3 ± 20,5	87,9 ± 20,0	-1,4 ± 3,2	0,092
IMC (kg/m ²)	33,2 ± 6,3	32,9 ± 6,3	-0,23 ± 1,3	0,306*
CC (cm)	107 ± 14,2	103,3 ± 13,5	-4,5 ± 3,9	<0,001
PAS (mmHg)	139 ± 18,4	125,5 ± 13,9	-13,2 ± 13,1	0,001
PAD (mmHg)	84 ± 14,5	78,1 ± 12,1	-5,9 ± 8,3	0,009

Datos muestran media ± Desviación estándar, prueba t para muestras relacionadas. *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas. IMC: índice de masa corporal, CC: circunferencia de cintura, PAS: presión arterial sistólica, PAD: presión arterial diastólica.



En ocho participantes se logró realizar bioimpedanciometría. La masa grasa (MG%) disminuyó de $43,3 \pm 9,32$ a $40,4 \pm 9,76$ %; siendo esta reducción estadísticamente significativa ($\Delta -2,9 \pm 2,61\%$, $p=0,016$), en cambio la masa libre de grasa (MLG) no cambió de forma considerable ($\Delta 9,1 \pm 18,0\%$, $p=0,195$). El agua corporal total aumentó de $43,1 \pm 6,88$ a $46,1 \pm 7,82$ diferencia estadísticamente representativa ($\Delta 2,8 \pm 2,32\%$, $p=0,011$) (Figura 2).

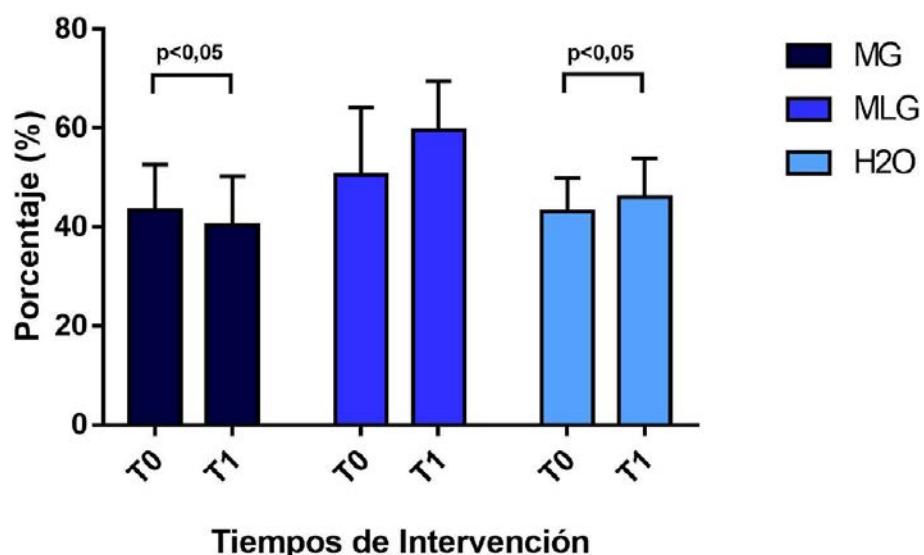


Figura 2. Efecto de 12 semanas de HIIT en la composición corporal de personas diabéticas tipo 2 ($n=8$)

Barras muestran media y desviación estándar, prueba t para muestras relacionadas. MG: masa grasa, MLG: masa libre de grasa, H₂O: agua corporal total. T0, antes de la intervención; T1, después de 12 semanas del programa de entrenamiento.

Al finalizar la intervención se logró identificar una disminución significativa del colesterol plasmático de 29 mg/dL, el resto de los parámetros del perfil lipídico no mostró cambios significativos. Sin embargo, es importante mencionar la tendencia ($p=0,060$) a reducir los niveles plasmáticos de colesterol-LDL (Tabla 3).

Tabla 3.Efecto de 12 semanas de HIIT en perfil lipídico de personas diabéticas tipo 2 ($n = 17$)

	Inicio	Final	Tamaño efecto	p-value
COL-Total (mg/dL)	180 ± 34,7	150 ± 22,9	-29,4 ± 33,6	0,002
Col-LDL (mg/dL)	94,8 ± 35,4	76,9 ± 16,7	-17,9 ± 36,5	0,060
Col-HDL (mg/dL)	47,2 ± 11,7	47,1 ± 11,7	-0,12 ± 4,1	0,907
TG (mg/dL)	190 ± 131	134 ± 74,5	-55,8 ± 124	0,105*

Datos muestran media ± Desviación estándar, prueba t para muestras relacionadas. *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas. COL-Total: colesterol total, Col-LDL: lipoproteína de baja densidad, Col-HDL: lipoproteína de alta densidad, TG: triglicéridos.

Respecto al control glicémico, no se logró apreciar efectos significativos en la glicemia de ayunas ($\Delta -3,24 \pm 36,3, p=0,717$); sin embargo, se logró identificar una reducción significativa de la hemoglobina glicosilada A1c, la cual pasó de una media de $8,63 \pm 2,06$ a $7,71 \pm 1,94\%$ ($\Delta -0,92 \pm 1,04, p=0,006$) (Figura 3).

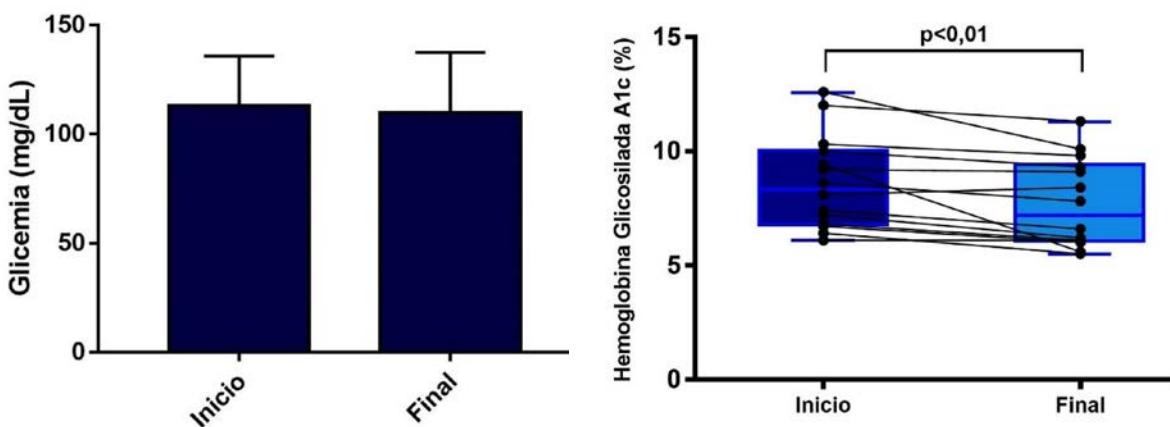


Figura 3. Efecto de 12 semanas de HIIT en el control glicémico de diabéticos tipo 2

A: Datos muestran glicemia en ayunas (media ± desviación estándar), prueba t para muestras relacionadas, NS ($n = 17$). B: HbA1c inicial y final, cada caja representa percentil 25, 50 y 75, bigotes muestran máximos y mínimos. Cada punto representa un sujeto en tiempo inicial y final. * $p<0,01$ con prueba t para muestras relacionadas ($n = 14$).

DISCUSIÓN

El objetivo de la investigación fue determinar los efectos de 12 semanas de entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) durante tres días a la semana, sobre la condición metabólica de los pacientes diabéticos tipo 2 pertenecientes al Centro de Atención de Salud Primario de Talca, Chile.

Se logró identificar una reducción significativa de la presión arterial, tanto sistólica (PAS) como diastólica (PAD), lo que contrasta con otras investigaciones en las cuales la presión arterial no cambia luego de este tipo de entrenamiento ([Li et al., 2022](#)); sin embargo, estudios similares en población chilena confirman el efecto hipotensor de HIIT ([Olea et al., 2017](#)) así como en metaanálisis recientes ([Peng et al., 2022](#)), aunque sin diferencias con MICT ([Carpes et al., 2022](#)). De hecho, HIIT ha demostrado reducir significativamente la PAS en tan solo seis semanas ([Herrod et al., 2020](#)), por lo que es una intervención de ejercicio de buena aceptación y eficiente en el tiempo. En sujetos diabéticos tipo 2, en tan solo una hora de HIIT se ha encontrado una reducción significativa de receptores tipo Toll 2 (TLR-2) ([Durrer et al., 2017](#)). Este efecto, resulta especialmente relevante ya que este tipo de receptores activa vías que inducen traslocación del factor de transcripción NF- κ B que modula genes de citoquinas proinflamatorias ([Oliveira-Nascimento et al., 2012](#)) y, de hecho, se ha descrito una relación inversa entre TLR2 y PAD ($r = -0,3$, $p = 0,01$) ([Bahman et al., 2023](#)).

Sin embargo, no es el único mecanismo involucrado en la reducción de la PA, el aumento de óxido nítrico (NO) generado durante el ejercicio es uno de los factores más relevantes en la vasodilatación del endotelio ([Fernández et al., 2009](#)). Esto ha llevado a determinar que HIIT es una estrategia eficiente para mejorar la aptitud cardiorrespiratoria y la función endotelial en personas con DM2 ([Kourek et al., 2023](#)).

Solo ocho sujetos participaron en la determinación de composición corporal mediante bioimpedanciometría, en ellos se logró identificar una reducción de -2,9 % de grasa corporal sin cambios en la masa libre de grasa. Efectos similares se han descrito en estudios chilenos. [Mancilla et al. \(2014\)](#) describieron una reducción del -4,3 % de la masa grasa corporal en sujetos adultos sometidos a HIIT por 12 semanas. Otros estudios han logrado encontrar reducciones más modestas en el porcentaje de grasa (-1,6 %), pero utilizando otros esquemas de entrenamiento HIIT ([Khammassi et al., 2018a](#)).

Así, los metaanálisis confirman el efecto sobre la grasa corporal; el HIIT en sus diferentes modalidades puede reducir en -1,53 % (IC95 -2,13 a -0,92) la masa grasa o reducir en un 2,1 % (IC95 -2,40 a -1,76), siempre que las sesiones por semana sean



tres o más (Khodadadi *et al.*, 2023). Este efecto, la reducción de grasa corporal puede estar relacionada con la modificación del metabolismo energético producido por el entrenamiento, pues está descrito que el ejercicio modifica la expresión de PGC1α dependiente de la intensidad (Hinkley *et al.*, 2017), debido a que esta molécula participa en la expresión de genes reguladores del metabolismo energético celular, y promueve la biogénesis mitocondrial, y la remodelación de tejido muscular que se traduce en un aumento de fibras metabólicamente más oxidativas y menos glucolíticas (Liang y Ward, 2006). Esto lleva a una mayor oxidación de grasas y utilización de este sustrato para la liberación de energía vía ciclo del ácido tricarboxílico (Cheng *et al.*, 2018; Spiegelman *et al.*, 2000).

Se logró identificar un aumento significativo de agua corporal total (2,8 %), posiblemente derivado del cambio en la composición corporal. La disminución de la masa grasa y aumento de masa libre de grasa (no significativo) modifica la reactancia o impedancia y, con ello, la cuantificación de agua corporal total (Kotler *et al.*, 1996). Aunque existen estudios que han descrito una reducción de agua corporal (-2,39 kg) con otras metodologías de HIIT (Qureshi *et al.*, 2022), otros estudios que utilizaron HIIT, pero suplementado con microalgas (*chlorella vulgaris*) y con resultados similares (MG -2,04 % y MLG 1,22 %), logran identificar un aumento significativo de agua (1,29 %) (Sanayei *et al.*, 2022), por lo que la información es contradictoria. La declaración del efecto de HIIT sobre el agua corporal total no se describe en todos los estudios; sin embargo, es importante declarar esta variable, pues se asocia con el nivel de hidratación de las personas participantes en las intervenciones (Nogales *et al.*, 2013).

Se logró identificar un efecto positivo en el perfil lipídico con una reducción del colesterol total (29 mg/dL) y una tendencia ($p=0,060$) a reducir el colesterol LDL. Otras personas autoras que evaluaron el efecto de HIIT en personas adultas jóvenes obesas no encontraron efectos en el perfil lipídico luego de 12 semanas de intervención (Khammassi *et al.*, 2018b), tampoco se encontraron efectos en mujeres obesas con HIIT (Kong *et al.*, 2016).

Sin embargo, en personas adultas mayores un metaanálisis señala un efecto significativo en triglicéridos, con una reducción media de -0,34 mg/dL (95 % CI: -0,64 a -0,03, $p = 0,032$) (Wu *et al.*, 2021), pero sin efecto en el colesterol total. Por otro lado, en una investigación realizada en personas con DM2, la práctica de HIIT tuvo efectos significativos en la reducción de colesterol total ($\beta = -0,03$, $p = 0,045$) y colesterol LDL ($\beta = -0,03$, $p = 0,034$) (Magalhães *et al.*, 2020), similar a los hallazgos del presente estudio.



Un metaanálisis reciente señala que el HIIT puede reducir los niveles de CT, LDL y triglicéridos, y por otro lado aumentar los niveles de HDL en personas con DM2 (Peng *et al.*, 2022), por lo que los resultados de la presente investigación concuerdan con la literatura. Este hallazgo puede estar relacionado con el efecto que tiene el ejercicio de alta intensidad a nivel hepático, disminuyendo la inflamación y acumulación de grasas (Fredrickson *et al.*, 2021) y la modulación de vías metabólicas que regulan la biosíntesis de colesterol (Fan *et al.*, 2024).

Se logró determinar un efecto significativo en HbA1c, con una reducción media de -0,92 %, hallazgo que concuerda con la evidencia acumulada (de Mello *et al.*, 2022; Lora-Pozo *et al.*, 2019; Mateo-Gallego *et al.*, 2022; Peng *et al.*, 2022), y probablemente pueda estar relacionada con el cambio en la composición muscular, modificación de fuentes de sustrato energético (Liang y Ward, 2006), a la mejoría en el transporte de glucosa y aumento de la sensibilidad a la insulina (Chavanelle *et al.*, 2017).

Entre las limitaciones de la investigación, sin duda, el diseño preexperimental dificulta la validez interna de la investigación, lo cual se debió fundamentalmente a la alta tasa de abandono de las intervenciones y a la dificultad de obtener personas voluntarias, considerando especialmente que la población estudiada fue la asistente a un Centro de Atención Primaria de Salud. Una forma de fortalecer el diseño fue establecer criterios de elegibilidad y terminar el periodo de intervención con un tamaño de muestra superior al mínimo ($n = 13$) para determinar el efecto del HIIT. Otra limitante es el control de los sujetos respecto a sus hábitos y estilo de vida, a pesar de las indicaciones de mantener sus actividades regulares (hábitos alimentarios y de actividad física).

Se puede concluir que, en la muestra estudiada, el protocolo de entrenamiento de intervalos de alta intensidad basado en ciclismo de potencia podría mejorar la salud metabólica de los pacientes diabéticos tipo 2, al regular el control glicémico, perfil lipídico y composición corporal, durante el periodo de investigación el protocolo mostró ser seguro para este grupo de personas.

REFERENCIAS

- Aguilera, R. A., Russell, J. A., Soto, M. E., Villegas, B. E., Poblete, C. E. y Ibacache, A. (2015). Effect of high-intensity interval training on the reduction of glycosylated hemoglobin in type-2 diabetic adult patients. *Medwave*, 15(2), e6079. <https://doi.org/10.5867/MEDWAVE.2015.02.6079>



- Alvarez, C., Ciolac, E. G., Guimarães, G. V., Andrade, D. C., Vasquez-Muñoz, M., Monsalves-Álvarez, M., Delgado-Floody, P., Alonso-Martínez, A. M. y Izquierdo, M. (2021). Residual Impact of Concurrent, Resistance, and High-Intensity Interval Training on Fasting Measures of Glucose Metabolism in Women With Insulin Resistance. *Frontiers in Physiology*, 12, 760206. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.760206>
- Arrieta-Leandro, M. C., Moncada-Jiménez, J., Morales-Scholz, M. G. y Hernández-Elizondo, J. (2023). The effect of chronic high-intensity interval training programs on glycaemic control, aerobic resistance, and body composition in type 2 diabetic patients: a meta-analysis. *Journal of Endocrinological Investigation*. <https://doi.org/10.1007/s40618-023-02144-x>
- Bahman, F., AlSaeed, H., Albeloushi, S., Al-Mulla, F., Ahmad, R. y Al-Rashed, F. (2023). The role of TLR2 in exercise-induced immunomodulation in normal weight individuals. *Scientific Reports* 2023 13:1, 13(1), 1-8. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37811-9>
- Carpes, L., Costa, R., Schaarschmidt, B., Reichert, T. y Ferrari, R. (2022). High-intensity interval training reduces blood pressure in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Experimental Gerontology*, 158, 111657. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2021.111657>
- Chavanelle, V., Boisseau, N., Otero, Y. F., Combaret, L., Dardevet, D., Montaurier, C., Delcros, G., Peltier, S. L. y Sirvent, P. (2017). Effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on glycaemic control and skeletal muscle mitochondrial function in db/db mice. *Scientific Reports*, 7(1), 204. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-00276-8>
- Cheng, C. F., Ku, H. C. y Lin, H. (2018). PGC-1α as a Pivotal Factor in Lipid and Metabolic Regulation. *International Journal of Molecular Sciences* 2018, Vol. 19, Page 3447, 19(11), 3447. <https://doi.org/10.3390/IJMS19113447>
- de Mello, M. B., Righi, N. C., Schuch, F. B., Signori, L. U. y da Silva, A. M. V. (2022). Effect of high-intensity interval training protocols on VO₂max and HbA1c level in people with type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 65(5), 101586. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2021.101586>
- Durrer, C., Francois, M., Neudorf, H. y Little, J. P. (2017). Obesity, Diabetes and Energy Homeostasis: Acute high-intensity interval exercise reduces human monocyte Toll-like receptor 2 expression in type 2 diabetes. *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 312(4), R529. <https://doi.org/10.1152/AJPREGU.00348.2016>



- Fan, X., Wang, H., Wang, W., Shen, J. y Wang, Z. (2024). Exercise training alleviates cholesterol and lipid accumulation in mice with non-alcoholic steatohepatitis: Reduction of KMT2D-mediated histone methylation of IDI1. *Experimental Cell Research*, 442(2), 114265. <https://doi.org/10.1016/j.yexcr.2024.114265>
- Fernández, J. M., Fuentes-Jiménez, F. y López-Miranda, J. (2009). Función endotelial y ejercicio físico. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 2(2), 61-69. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-andaluza-medicina-del-deporte-284-articulo-funcion-endotelial-ejercicio-fisico-13139222>
- Fredrickson, G., Barrow, F., Dietsche, K., Parthiban, P., Khan, S., Robert, S., Demirchian, M., Rhoades, H., Wang, H., Adeyi, O. y Revelo, X. S. (2021). Exercise of high intensity ameliorates hepatic inflammation and the progression of NASH. *Molecular Metabolism*, 53, 101270. <https://doi.org/10.1016/j.molmet.2021.101270>
- Gobierno de Chile, Ley 20120: Sobre la investigación científica en el ser humano, su genoma, y prohíbe la clonación humana, Biblioteca del Congreso Nacional (2006). <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=253478>
- Gobierno de Chile, Ley 20584: Regula los derechos y deberes que tienen las personas en relación con acciones vinculadas a su atención en salud., Pub. L. No. 20584, Biblioteca del Congreso Nacional (2012). <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1039348>
- Herrod, P. J. J., Lund, J. N. y Phillips, B. E. (2020). Time-efficient physical activity interventions to reduce blood pressure in older adults: a randomised controlled trial. *Age and Ageing*, 50(3), 980-984. <https://doi.org/10.1093/AGEING/AFAA211>
- Hinkley, J. M., Konopka, A. R., Suer, M. K. y Harber, M. P. (2017). Physical Activity and Inactivity: Short-term intense exercise training reduces stress markers and alters the transcriptional response to exercise in skeletal muscle. *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 312(3), R426. <https://doi.org/10.1152/AJPREGU.00356.2016>
- Karvonen, M., Kentala, E. y Mustala, O. (1957). The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Annales Medicinae Experimentalis et Biologiae Fenniae*, 35(3), 307-315. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/13470504>
- Khammassi, M., Ouerghi, N., Hadj-Taieb, S., Feki, M., Thivel, D. y Bouassida, A. (2018a). Impact of a 12-week high-intensity interval training without caloric restriction on body composition and lipid profile in sedentary healthy overweight/obese youth. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 14(1), 118. <https://doi.org/10.12965/JER.1835124.562>



- Khammassi, M., Ouerghi, N., Hadj-Taieb, S., Feki, M., Thivel, D. y Bouassida, A. (2018b). Impact of a 12-week high-intensity interval training without caloric restriction on body composition and lipid profile in sedentary healthy overweight/obese youth. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 14(1), 118. <https://doi.org/10.12965/JER.1835124.562>
- Khodadadi, F., Bagheri, R., Negahesh, R., Moradi, S., Nordvall, M., Camera, D. M., Wong, A. y Suzuki, K. (2023). The Effect of High-Intensity Interval Training Type on Body Fat Percentage, Fat and Fat-Free Mass: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials. *Journal of Clinical Medicine*, 12(6), 12. <https://doi.org/10.3390/jcm12062291>
- Kong, Z., Fan, X., Sun, S., Song, L., Shi, Q. y Nie, J. (2016). Comparison of High-Intensity Interval Training and Moderate-to-Vigorous Continuous Training for Cardiometabolic Health and Exercise Enjoyment in Obese Young Women: A Randomized Controlled Trial. *PLOS ONE*, 11(7), e0158589. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0158589>
- Kotler, D. P., Burastero, S., Wang, J. y Pierson, R. N. (1996). Prediction of body cell mass, fat-free mass, and total body water with bioelectrical impedance analysis: effects of race, sex, and disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64(3), 489S-497S. <https://doi.org/10.1093/AJCN/64.3.489S>
- Kourek, C., Karatzanos, E., Raidou, V., Papazachou, O., Philippou, A., Nanas, S. y Dimopoulos, S. (2023). Effectiveness of high intensity interval training on cardiorespiratory fitness and endothelial function in type 2 diabetes: A systematic review. *World Journal of Cardiology*, 15(4), 184-199. <https://doi.org/10.4330/WJC.V15.I4.184>
- Li, J., Cheng, W. y Ma, H. (2022). A Comparative Study of Health Efficacy Indicators in Subjects with T2DM Applying Power Cycling to 12 Weeks of Low-Volume High-Intensity Interval Training and Moderate-Intensity Continuous Training. *Journal of Diabetes Research*, 2022, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2022/9273830>
- Li, J., Jiang, R., Cheng, W. y Ma, H. (2021). A Study Using Power Cycling on the Affective Responses of a Low-Volume High-Intensity Interval Training to Male Subjects with Type 2 Diabetes in Different Physical Activity Status. *Journal of Healthcare Engineering*, 2021, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2021/1255943>
- Liang, H. y Ward, W. F. (2006). PGC-1α: A key regulator of energy metabolism. *American Journal of Physiology - Advances in Physiology Education*, 30(4), 145-151. <https://doi.org/10.1152/ADVAN.00052.2006>

- Lora-Pozo, Lucena-Anton, Salazar, Galán-Mercant y Moral-Munoz. (2019). Anthropometric, Cardiopulmonary and Metabolic Benefits of the High-Intensity Interval Training Versus Moderate, Low-Intensity or Control for Type 2 Diabetes: Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(22), 4524. <https://doi.org/10.3390/ijerph16224524>
- Magalhães, J. P., Santos, D. A., Correia, I. R., Hetherington-Rauth, M., Ribeiro, R., Raposo, J. F., Matos, A., Bicho, M. D. y Sardinha, L. B. (2020). Impact of combined training with different exercise intensities on inflammatory and lipid markers in type 2 diabetes: a secondary analysis from a 1-year randomized controlled trial. *Cardiovascular Diabetology*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/S12933-020-01136-Y>
- Mancilla, R., Torres, P., Álvarez, C., Schifferli, I., Sapunar, J. y Bustos, E. D. (2014). High intensity interval training improves glycemic control and aerobic capacity in glucose intolerant patients. *Revista Médica de Chile*, 142(1), 34-39. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872014000100006>
- Mangiamarchi, P., Caniuqueo, A., Ramírez-Campillo, R., Cárdenas, P., Morales, S., Cano-Montoya, J., Bresciani, G. y Álvarez, C. (2017). Ejercicio intermitente y consejería nutricional mejoran control glicémico y calidad de vida en pacientes con diabetes mellitus tipo 2. *Revista Médica de Chile*, 145(7), 845-853. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872017000700845>
- Mateo-Gallego, R., Madinaveitia-Nisarre, L., Giné-Gonzalez, J., María Bea, A., Guerra-Torrecilla, L., Baila-Rueda, L., Perez-Calahorra, S., Civeira, F. y Lamiquiz-Moneo, I. (2022). The effects of high-intensity interval training on glucose metabolism, cardiorespiratory fitness and weight control in subjects with diabetes: Systematic review a meta-analysis. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 190. <https://doi.org/10.1016/J.DIABRES.2022.109979>
- Ministerio de Salud Gobierno de Chile. (2017). Encuesta Nacional de Salud 2016-2017. *Departamento de Epidemiología, División de Planificación Sanitaria, Subsecretaría de Salud Pública*, 61.
- Muñoz Rossi, F. A., Cabarcas Rua, J. A., Quinapanta Castro, N. I., Cedillo Orellana, S. I., Báez, M., Coronel, J., Zambrano Delgado, D. M., Mejia Nates, V., Leon, P. A. y Reche Martinez, A. J. (2024). The Force Awakening in HbA1c Control: A Systematic Review and Meta-Analysis on the Efficacy of High-Intensity and Endurance Exercise in Patients With Type 2 Diabetes Mellitus. *Cureus*, 16(11), e73401. <https://doi.org/10.7759/cureus.73401>

- Nogales, R. R., Teresa Manso Gil, M., García, G. P. y Peña, J. R. (2013). Bioimpedancia vectorial y espectroscópica: valoración del estado de hidratación con ambos métodos en hemodiálisis. *Enfermería Nefrológica*, 16(1), 7-14. <https://doi.org/10.4321/S2254-28842013000100002>
- Olea, M. A., Mancilla, R., Martínez, S., Díaz, E., Olea, M. A., Mancilla, R., Martínez, S. y Díaz, E. (2017). Entrenamiento interválico de alta intensidad contribuye a la normalización de la hipertensión arterial. *Revista Médica de Chile*, 145(9), 1154-1159. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872017000901154>
- Oliveira-Nascimento, L., Massari, P. y Wetzler, L. M. (2012). The role of TLR2 in infection and immunity. *Frontiers in Immunology*, 3(APR), 20479. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2012.00079>
- Organización Mundial de la Salud. (1995). El estado físico: uso e interpretación de la antropometría. *Informe Técnico 854*. <https://www.who.int/es/publications/item/9241208546>
- Peng, Y., Ou, Y., Wang, K., Wang, Z. y Zheng, X. (2022). The effect of low volume high-intensity interval training on metabolic and cardiorespiratory outcomes in patients with type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Endocrinology*, 13, 1098325. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.1098325>
- Pfeiffer, A. F. H. y Klein, H. H. (2014). The treatment of type 2 diabetes. *Deutsches Arzteblatt International*, 111(5), 69-82. <https://doi.org/10.3238/ARZTEBL.2014.0069>
- Qureshi, B. A., Zeeshan Zafar, M., Muhammad, D., Tabassum, F. y Mahmood-Ul-Hassan, S. (2022). Effect Of High Intensity Interval Training On Body Composition And Anthropometric Characteristics Of Overweight Young Adults Using Rowing Machine. *Webology*, 19(2), 9630-9641. <https://www.webology.org/abstract.php?id=3158>
- Saeedi, P., Petersohn, I., Salpea, P., Malanda, B., Karuranga, S., Unwin, N., Colagiuri, S., Guariguata, L., Motala, A. A., Ogurtsova, K., Shaw, J. E., Bright, D. y Williams, R. (2019). Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 157, 107843. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2019.107843>
- Sanayeı, M., Hajizadeh-Sharafabad, F., Amirsasan, R. y Barzegar, A. (2022). High-intensity interval training with or without chlorella vulgaris supplementation in obese and overweight women: effects on mitochondrial biogenesis, performance and body composition. *British Journal of Nutrition*, 128(2), 200-210. <https://doi.org/10.1017/S0007114521003287>



- Spiegelman, B. M., Puigserver, P. y Wu, Z. (2000). Regulation of adipogenesis and energy balance by PPARy and PGC-1. *International Journal of Obesity* 2000 24:4, 24(4), S8-S10. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0801492>
- Stewart, R. J. y Reider, B. (2016). The Ethics of Sports Medicine Research. *Clinics in Sports Medicine*, 35(2), 303-314. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2015.10.009>
- Vargas-Uricoechea, H. y Casas-Figueroa, L. Á. (2016). Epidemiología de la diabetes mellitus en Sudamérica: la experiencia de Colombia. *Clínica e Investigación En Arteriosclerosis*, 28(5), 245-256. <https://doi.org/10.1016/j.arteri.2015.12.002>
- Whiting, D. R., Guariguata, L., Weil, C. y Shaw, J. (2011). IDF Diabetes Atlas: Global estimates of the prevalence of diabetes for 2011 and 2030. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 94(3), 311-321. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2011.10.029>
- Wild, S., Roglic, G., Green, A., Sicree, R. y King, H. (2004). Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care*, 27(5), 1047-1053. <https://doi.org/10.2337/diacare.27.5.1047>
- Williams, R., Karuranga, S., Malanda, B., Saeedi, P., Basit, A., Besançon, S., Bommer, C., Esteghamati, A., Ogurtsova, K., Zhang, P. y Colagiuri, S. (2020). Global and regional estimates and projections of diabetes-related health expenditure: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 162, 108072. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2020.108072>
- Wu, Z. J., Wang, Z. Y., Gao, H. E., Zhou, X. F. y Li, F. H. (2021). Impact of high-intensity interval training on cardiorespiratory fitness, body composition, physical fitness, and metabolic parameters in older adults: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Experimental Gerontology*, 150, 111345. <https://doi.org/10.1016/J.EXGER.2021.111345>

FINANCIAMIENTO

La investigación recibió financiamiento de la Universidad Santo Tomás, Departamento de Investigación y Postgrado.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE PERSONAS AUTORAS:

JTM (lideró) y JLVP (igual): fueron responsables de la conceptualización y el diseño del estudio. PMB (lideró) y PPO (igual) fueron responsables de la administración del proyecto, realización de protocolos de ejercicios y supervisión de aplicación. ADAF, VMBB, MMCM y ADVF (de apoyo) fueron responsables de la curación de los datos,



validación de la información y junto a JTM (igual) y JLP (lideró) se realizó el análisis de los datos. JTM (igual) y JLPV (lideró) redactaron el borrador inicial. Todas las personas autoras participaron en la edición y revisión final del manuscrito.

