

ARTÍCULO ORIGINAL

Ejercicio físico de alta intensidad como método de tratamiento para mejorar los niveles glucémicos en el paciente diabético

High intensity physical exercise as a method of treatment to improve glycemic levels in the diabetic patient

Pereira JE¹, Peñaranda DG², Pereira R³, Pereira P⁴, Mijangos AD⁵.

¹Fisioterapeuta, especialista en Rehabilitación Cardiopulmonar, maestrante en Ciencias de la Salud. Hospital Ángeles Lomas Huixquilucan y Universidad Tolteca. Puebla, México.

²Fisioterapeuta, especialista en Neurorrehabilitación, magíster en Dificultades del Aprendizaje. Universidad Tolteca. Puebla, México.

³Residente de medicina en urgencias. Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud (FUCS). Bogotá, Colombia.

⁴Médico. Clínica Medical Duarte. Cúcuta, Colombia.

⁵Estudiante pregrado de Fisioterapia. Instituto Profesional de Terapias y Humanidades. Puebla, México.

Autor de correspondencia: Javier Eliecer Pereira Rodríguez

Correo electrónico: jepr87@hotmail.com

Fecha de recepción: 12/07/2019

Fecha de aceptación: 02/11/2019

Resumen

Introducción: la diabetes *mellitus* tipo II es un problema mundial, que afecta completamente la salud y calidad de vida de quien la padece, así como también aumenta el riesgo de mortalidad.

Materiales y métodos: se realizó una revisión sistemática con un análisis descriptivo de cronología retrospectiva, que tuvo en cuenta ensayos de asignación aleatoria enfocados al ejercicio en pacientes diabéticos y publicados entre los años 2014 y 2019. Los estudios se identificaron y seleccionaron mediante las recomendaciones de la declaración PRISMA y la Colaboración Cochrane. Además, se evaluó la calidad metodológica de los estudios incluidos mediante la Escala de PEDro.

Resultados: se incluyeron 20 estudios experimentales, de los que se rescató la información sobre: autores, años, muestras, intervenciones, frecuencias y duraciones, así como los niveles glucémicos. El entrenamiento de estos estudios se basó en ejercicios aeróbicos intensivos o moderados tres veces por

semana, que generaron resultados como el aumento del volumen máximo de oxígeno (VO₂ máx), capacidad aeróbica y reducción de los niveles de hemoglobina glucosilada. La revisión demostró que el entrenamiento de alta intensidad (HIIT, por sus siglas en inglés: *high intensity interval training*) mejora la composición de la oxidación de los lípidos, mejora la disfunción cardíaca, aumenta la sensibilidad a la insulina y disminuye, así, los niveles de triglicéridos.

Conclusiones: el ejercicio de alta intensidad mejora los niveles de glucemia en pacientes diabéticos, lo que resulta beneficioso en cuanto a riesgos cardiovasculares y metabólicos, donde las pautas y dosificaciones se determinan por cada paciente, pero se mantienen continuas y duraderas.

Palabras clave: diabetes *mellitus*, ejercicio, glucemia, insulina, glucosa.

Abstract

Introduction: Diabetes *mellitus* type II is a worldwide problem, which completely affects the health and quality of life of the sufferer, as well as increases the risk of mortality.

Materials and methods: A systematic review was carried out with a descriptive analysis of retrospective chronology, which took into account randomization trials focused on exercise in diabetic patients and published between 2014 and 2019. The studies were identified and selected using the recommendations of the PRISMA statement and the Cochrane Collaboration. In addition, the methodological quality of the included studies was evaluated using the PEDro Scale.

Results: 20 experimental studies were included, from which information on: authors, years, samples, interventions, frequencies and durations, as well as glycemic levels were rescued. The training of these studies was based on intensive or moderate aerobic exercises three times a week, which generated results

such as the increase in the maximum volume of oxygen (VO_2 max), aerobic capacity and reduction of glycosylated hemoglobin levels. The review showed that high intensity training (HIIT) improves the composition of lipid oxidation, improves cardiac dysfunction, increases insulin sensitivity and thus decreases triglyceride levels

Conclusions: High intensity exercise improves blood glucose levels in diabetic patients, which is beneficial in terms of cardiovascular and metabolic risks, where the guidelines and dosages are determined by each patient, but remain continuous and lasting.

Keywords: Diabetes mellitus, exercise, blood glucose, insulin, glucose.

Introducción

El ejercicio es una actividad que, al llevarse a cabo con regularidad, puede ser un mecanismo esencial para tener una buena salud, ya que tiene grandes efectos cardiovasculares, pulmonares, osteomusculares, metabólicos y también neurohormonales⁽¹⁾. Se puede definir como el “conjunto de actividad física que es planeada, estructurada y repetitiva con el objetivo de mejorar o mantener las cualidades físicas como la fuerza, velocidad, flexibilidad, entre otros”^(2,3). En diversas ocasiones se ha demostrado que el ejercicio físico ayuda a mejorar la calidad de vida de las personas, ya que disminuye la ansiedad y aumenta el entusiasmo; esto da como resultado mejoras significativas en los pacientes⁽⁴⁾.

Ahora bien, es bien sabido que el ejercicio cuenta con diversos beneficios, como la disminución de la mortalidad, y ayuda a la prevención de enfermedades cardiovasculares, cardiopatías isquémicas, hipertensión arterial, diabetes mellitus tipo 2 (DM2), obesidad y arteriopatías periféricas. Además, mejora la capacidad cardiovascular, la salud mental, el insomnio y ayuda al control del peso⁽⁵⁻⁷⁾.

Por otra parte, las recomendaciones actuales para la actividad física para personas con DM2 incluyen ejercicio aeróbico de intensidad moderada, al menos tres veces por semana, para un total de 150 minutos. Este tipo de entrenamiento físico beneficia el control de la glucosa en pacientes con diabetes tipo 2 al menos tan eficazmente como la terapia con medicamentos o la dieta⁽⁸⁾. Curiosamente, estudios recientes con diferentes protocolos de *High Intensity Interval Training* (HIIT) y un amplio rango de intensidades muestran que el HIIT puede tener efectos de mejora de la salud en sujetos con diabetes tipo 2, prediabetes⁽⁹⁾ y sensibilidad a la insulina en todo el cuerpo⁽¹⁰⁾. Además, la concentración de glucosa plasmática en ayunas⁽¹¹⁾ disminuyó al menos por igual después de la intervención con el HIIT en comparación con el entrenamiento de intensidad moderada continua (MICT) en sujetos con DM2 o prediabetes, con algunas excepciones⁽¹²⁾. La concentración de hemoglobina glucosilada en plasma (HbA1c) disminuyó **más en** el HIIT

que en la intervención MICT en un estudio⁽⁹⁾, pero la mejora no ha sido evidente en todos los estudios^(11,12). Por otro lado, el HIIT también ha reducido efectivamente la masa corporal⁽⁹⁾, el índice de masa corporal (IMC)^(9,11) y el contenido de grasa corporal^(9,11,12) en pacientes con DM2.

Seguidamente, el ejercicio físico se considera uno de los pilares en el tratamiento de la diabetes. Las diferentes rutinas de ejercicio (aeróbico y de fuerza) tienen un beneficio significativo sobre el control glucémico, lo que genera una mejora en la función cardíaca, presión arterial, disminución del índice de masa corporal y el incremento del transporte de glucosa. Asimismo, produce un mejoramiento de la condición física y de la calidad de vida, y en un gran porcentaje reduce el riesgo de mortalidad en los pacientes⁽¹³⁾.

En cuanto al ejercicio de alta intensidad, se puede afirmar que es un método que conlleva al máximo umbral aeróbico y ventilatorio, el cual se puede definir como breves explosiones de ejercicio intenso seguido de periodos de recuperación con menor intensidad que la inicial. La duración de este puede variar entre 6 segundos hasta 4 minutos⁽¹⁴⁾.

El ejercicio de alta intensidad cuenta con múltiples beneficios para la salud, entre ellos un aumento del umbral de lactato, mayor consumo del VO_2 máximo, aumento en la capacidad respiratoria mitocondrial, aumento del flujo sanguíneo e incremento de la función endotelial y de los efectos intracelulares que remodelan metabólicamente el miocito^(15,16).

Dicho todo lo anterior, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿cuáles son los efectos y beneficios del ejercicio físico de alta intensidad en el tratamiento para mejorar los niveles glucémicos en el paciente diabético? En la presente investigación se tiene como objetivo principal identificar los efectos y beneficios del ejercicio físico de alta intensidad para mejorar los niveles glucémicos en pacientes con diabetes mellitus tipo 2.

Materiales y métodos

Diseño

La presente es una revisión sistemática, con un análisis descriptivo y cronología retrospectiva de artículos científicos publicados en bases de datos indexadas entre enero de 2014 y enero de 2019.

Criterios de elegibilidad

Se tuvieron en cuenta ensayos clínicos con asignación aleatoria en pacientes diabéticos, quienes fueron intervenidos con entrenamiento HIIT como método complementario para disminuir sus niveles glucémicos. Así mismo, se incluyeron estudios con fecha de publicación igual o superior al 2014 en español o inglés. Por otro lado, se excluyeron estudios registrados en bases de datos no indexadas, literatura gris y estudios experimentales en animales. También se excluyeron estudios con pacientes no

diabéticos o que no presentaban ninguna alteración metabólica asociada con la diabetes *mellitus*. Se excluyeron, además, los estudios que, durante la revisión de todo el artículo, no cumplirían con los requisitos de inclusión o bien que sus resultados no fueran de importancia para nuestra revisión.

Estrategia de búsqueda

Se realizó una revisión sistemática bajo las consideraciones de la Colaboración Cochrane para la elaboración de estudios de revisión y metaanálisis. Además, se accedió a los criterios de la Declaración PRISMA⁽¹⁷⁾ (por sus siglas en inglés: *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) para la inclusión de ensayos clínicos y otros tipos de estudios en revisiones sistemáticas. Se desarrolló una búsqueda de ensayos clínicos en las bases de datos indexadas como EBSCO, PUBMED, MEDLINE, EMBASE, SCIELO y DOAJ. Por consiguiente, los descriptores combinados con los operadores booleanos AND y OR fueron utilizados: (*Diabetes*) OR (*Diabetes mellitus*) OR (*High glucose*) AND (*rehabilitation* OR *training rehabilitation*) OR (*rehabilitation programs*) AND (*High Intensity Interval Training* AND *Diabetes*) OR (*HIIT* AND *Diabetes*) OR (*Exercise* AND *Diabetes*) OR (*physiotherapy* AND *Diabetes*). Al mismo tiempo, se realizaron búsquedas en español debido a la diversidad de estudios que han sido reportados con alta calidad metodológica en el idioma español.

Dicho lo anterior, los estudios adjuntados en esta investigación fueron evaluados de manera discriminada por dos revisores y, de esta forma, se pudieron eliminar los estudios duplicados obtenidos durante la búsqueda; posteriormente, se realizó una selección de los artículos de acuerdo con el título y resumen. Los estudios que se filtraron en la investigación se evaluaron nuevamente en su totalidad y de manera independiente por cada uno de los verificadores, revisando siempre que los estudios cumplieran con los criterios de elegibilidad para su revisión total.

Evaluación

Los investigadores D. P. y R. P. valoraron la calidad metodológica de las investigaciones por medio de la evaluación del riesgo de sesgo de la Colaboración Cochrane. Posterior a los resultados, fueron rectificadas por P. P. y A. M. y en dado caso de encontrar diferencias de más de 2 puntos en un artículo en relación con el resultado de los primeros evaluadores, un nuevo evaluador (J. P. R.) realizaría nuevamente una revisión para determinar el resultado final. Por medio de dicha herramienta, el sesgo en la selección de estudios fue definido frente a los criterios de selección y pérdidas de documentos. Por otro lado, también se determinó el sesgo de detección, información y otros sesgos (fuentes de obtención de la información, cantidad, naturaleza y manejo de los documentos, entre otros). Además, el riesgo de sesgo fue valorado mediante la escala de PEDro⁽¹⁸⁾ (en inglés *Physiotherapy Evidence Database*). Para la interpre-

tación de los resultados obtenidos en la escala mencionada, nos basamos en los criterios de Moseley y colaboradores, que mencionan que toda investigación con un resultado postescala PEDro de igual o mayor a 5/10 puede ser considerada como estudio de alta calidad metodológica y bajo riesgo de sesgo.

Selección de estudios

La búsqueda y extracción de los diferentes documentos fue efectuada por un autor (A. M.), verificados y analizados por un segundo y tercer investigador (D. P. - J. P.) y aprobado por todos los colaboradores de la investigación. En cuanto a los criterios de selección, la evaluación del cumplimiento fue desarrollada por un tercer participante (P. P.); la evaluación con el texto completo fue realizada por el cuarto miembro (R. P.) y la descripción de datos por otros (D. P. - A. M.) de forma independiente. Los artículos seleccionados con antelación debieron publicarse entre enero de 2014 y junio de 2019; la muestra de los estudios y revisiones de estos debían ser en seres humanos y que los resultados definieran: ¿Cuáles son los efectos y beneficios del ejercicio físico de alta intensidad en el tratamiento para mejorar los niveles glucémicos en el paciente diabético? Para finalizar, un formulario para el *Study eligibility form* fue establecido según el sistema PICO (P: pacientes diabéticos; I: ejercicio físico de alta intensidad; C: la no realización de HIIT; O: disminución, aumento o no cambios en los niveles glucémicos del paciente diabético).

No se filtraron datos referentes a sexo, tipo de población, ni etnia que llevarán a responder nuestra pregunta de investigación; y un autor (J. P.) se encargó de verificar el cumplimiento de las recomendaciones éticas en la investigación de humanos en cada uno de los estudios incluidos. Aunado a esto, se excluyeron los estudios que hubiesen sido tesis de grado en educación superior, investigaciones con animales o que no cumplieran con los criterios de inclusión.

Recolección de datos

Datos tales como el tipo de población, los grupos de intervención y control, tipos de entrenamiento y variaciones del HIIT, plazo del programa de entrenamiento, frecuencia de intervención y los resultados obtenidos fueron extraídos de los estudios recolectados con anterioridad, efectuándose, de esta manera, una síntesis narrativa. Además, una extracción de datos de manera sistemática y homogénea fue realizada por medio de la base de datos Excel, entre los cuales estaba la información demográfica, el tamaño de la muestra, el número de pacientes incluidos y excluidos, el período de seguimiento, las características anteriores y posteriores a la intervención y, finalmente, el objeto de estudio. En cuanto a los resultados o medidores de impacto, estos fueron expresados según los efectos encontrados, los beneficios, las tasas de complicaciones, los niveles glucémicos pre y postentrenamiento, los parámetros clínicos, hemodinámicos, entre otros.

Resultados

Se encontraron 18 153 documentos tras indexar los descriptores médicos mencionados en los motores de búsquedas de las diferentes bases de datos indexadas seleccionadas. Inicialmente, se excluyeron 11 782 estudios por su fecha de publicación. Luego, 4166 documentos fueron rechazados por ser literatura gris, 45 por ser estudios con animales, 2691 por ser trabajos de grado o libros y 1430 por ser ponencias o investigaciones en calidad de póster (que no fueron publicadas como artículo completo). Además, luego de la revisión de título, se excluyeron 1771 trabajos. Finalmente, se eliminaron 414 estudios luego de la revisión de las conclusiones y las consideraciones finales.

Con base en lo anterior, se obtuvieron 20 estudios experimentales⁽¹⁹⁻³⁸⁾ (Figura 1) que cumplieron con los criterios de inclusión. En la **Tabla 1** se presenta la información sobre el

autor, año de publicación, muestra, descripción de la intervención, frecuencia y duración, así como los niveles de glucemia y su método de toma. Finalmente, se rescató una breve conclusión por estudio. En la **Tabla 2** se muestran las características de los participantes en cada investigación seleccionada.

En general, la calidad de la evidencia recolectada sobre el entrenamiento de alta intensidad como método de tratamiento para reducir los niveles glucémicos fue de alta calidad (**Tabla 3**). Según Moseley y colaboradores, toda investigación con un resultado igual o mayor a 5/10 en la escala PEDro puede ser considerada como un estudio de alta calidad metodológica y bajo riesgo de sesgo. Dicho esto, se resalta que el 100 % de los estudios seleccionados se consideraron de alta calidad metodológica y bajo riesgo de sesgo por su calificación mayor a 5 en dicha escala.

Figura 1. Proceso de selección de los estudios incluidos en la revisión sistemática y metaanálisis.

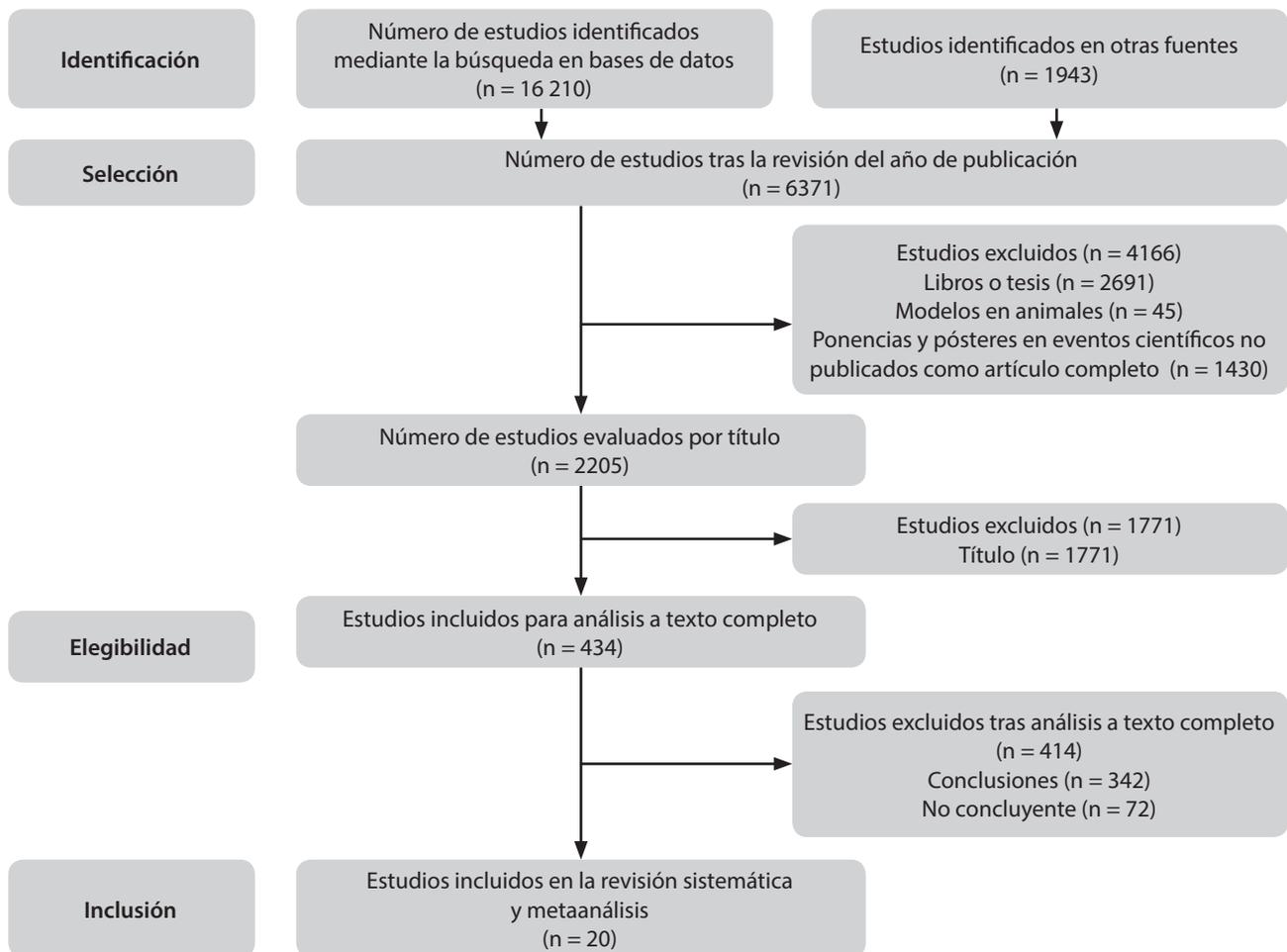


Tabla 1. Características generales de los estudios experimentales (n = 20)

Autores	Muestra (grupos)	Detalles de intervención	Frecuencia	Duración	Conclusiones
Stea 2017 ⁽¹⁹⁾	HIIT y MICT	15 minutos de calentamiento de 4 por 4 min a una intensidad entre 85 %-95 % de la FCM para HIIT, y para MICT 70 %-75 % de la FCM, durante 60 min.	3 veces por semana	12 semanas	El HIIT mejora importantes factores de riesgo que se asocian con la DM2, y es mucho más eficaz que el MICT en cuanto a VO ₂ máx y reducción de la HbA1c. Se encontró una reducción de HbA1c en -0,58% puntos (de 7,78% a 7,20%; <i>p</i> <0,001) con el entrenamiento de intervalos aeróbicos de alta intensidad.
Magalhães 2019 ⁽²⁰⁾	HIIT y MICT	MICT con una FCM entre 40 %-60 %. HIIT en bicicleta: 2 minutos al 70 % de la FCM; luego, 1 min al 40 %-60 % y aumento de 80 %, seguido de 1 min 40 %-60 % de la FCM. Fase 3, con 1 min al 90 % de la FCM y 1 min en reposo al 40 %-60 % de la FCM.	3 veces por semana	12 meses	Los resultados de este estudio sugieren que no hubo efecto del MICT con RT (HbA1c 57,1 ± 20,5 vs. 56,4 ± 14,7 mmol/mol) o HIIT con RT (52,4 ± 12,2 vs. 53,8 ± 14,8 mmol/mol) en el control glucémico en individuos con diabetes tipo 2. Sin embargo, la combinación de MICT y RT mejoró la composición corporal y la capacidad funcional después de un año de intervención.
Cassidy 2019 ⁽²¹⁾	HIIT	36 sesiones de HIIT en 12 semanas. Cada sesión con 5 min de calentamiento, incrementando hasta 9-13 min. Luego, 5 intervalos con cadencia de pedaleo de más de 80 revoluciones por min y descanso de 3 min. Ejercicio superior con banda-resistido con 3 min de recuperación e intervalos HIIT de 3 min.	3 veces por semana	12 semanas	El HIIT sin supervisión durante 12 semanas mejoró el control glucémico (HIIT: 7,13 ± 0,31 a 6,87 ± 0,29 vs. control: 7,18 ± 0,17 a 7,36 ± 0,21; <i>p</i> =0,03), pero tuvo un efecto limitado sobre las medidas de regulación autonómica cardiovascular, que incluyen HRV y BPV.
Alarcón 2016 ⁽²²⁾	Programa de intervención de ejercicio físico	El protocolo HIIT consistió en <i>sprints</i> de 8 s, por 60 repeticiones, dando 20 minutos por sesión (24 sesiones), alcanzando y manteniendo la FCM 85 % en <i>sprint</i> de 8 s, descanso activo de 12 s manteniendo la FCM de 60 %.	3 veces por semana	8 semanas	Las variables de estudio no presentaron cambios significativos (<i>p</i> >0,05), pero reportaron disminuciones porcentuales. La glicemia basal presentó la mayor disminución, pasó de 95,13 ± 23,91 a 89,88 ± 12,45 mg/dL (5,52%), estabilizando y mejorando sus niveles en cada uno de los participantes.
Cano 2018 ⁽²³⁾	HIIT	HIIT por 2 semanas: 1 min de pedaleo en bicicleta, 2 min de recuperación, ejecutado 10 veces. Intensidad de 8-10 según la escala de Borg, FCM según estimación del paciente, >70 % le otorgaban más tiempo de descanso. Aumento de la carga de bicicleta cada 2 semanas.	4 veces por semana	6 semanas	Ejercicio HIIT durante este tiempo mejoró los niveles glucémicos, la composición corporal, presión arterial y triglicéridos de pacientes diabéticos e hipertensos adherentes a ejercicio, sin cambios en la grasa subcutánea.

Tabla 1. Características generales de los estudios experimentales (n = 20) (continuación)

Autores	Muestra (grupos)	Detalles de intervención	Frecuencia	Duración	Conclusiones
Jung 2015 ⁽²⁴⁾	HIIT y MICT	10 sesiones de ejercicio durante un período de 12 días, 4 intervalos de 1 min cada uno a intensidad del 90 % de la FCM, 1 min de recuperación. El MICT comenzó con 20 min a intensidad del 65 % de la FCM y aumentó gradualmente la duración a 50 min por día.	5 veces por la semana	1 mes	Ambos entrenamientos son una estrategia que mejora los niveles de glucosa en sangre. Sin embargo, el MICT refuerza la adherencia al ejercicio y el HIIT para las personas en situación de riesgo de enfermedades crónicas, ha sido cuestionado debido a la poca adherencia que tiene la actividad física intensa.
Mancilla 2014 ⁽²⁵⁾	Programa de intervención de ejercicio físico y consejería nutricional	Ejercicio HIIT en bicicleta estática, resistencia que indujera la fatiga muscular al cabo de 1 minuto de ejercicio y velocidad entre 30-40 km/h, 2 min de descanso y 10 repeticiones.	3 veces por semana	3 meses	12 semanas de HIIT mejoraron el consumo de oxígeno máximo (6,1 + 3,6 mL/kg/min o 24,6%), redujeron 2 h de glucosa en sangre después de la carga (-33,7 + 47,9 mg/dL o -12,5%) y grasa corporal (-4,3 + 5,6 kg). Dicho esto, se concluye que el ejercicio HIIT reduce la glucosa en sangre después de una carga oral en pacientes con intolerancia a la glucosa.
Cano 2016 ⁽²⁶⁾	HIIT	Protocolo previo (1 min de pedaleo en bicicleta, 2 min de recuperación y ejecutado 10 veces; intensidad de 8-10 según la escala de Borg, FCM >70 %), 10 minutos de ejercicio con pausas de 20 min en bicicleta, intensidad a través de escala de Borg (8-10) hasta >70 % de la FCM.	2 veces por semana	12 semanas	El HIIT mejoró la recuperación posefuerzo y se observó una mejor calidad de vida y beneficio metabólico (Disminución de los niveles glucémicos en sangre, lípidos y porcentaje grasa) para los pacientes con HTA o DM2.
Cassidy 2016 ⁽²⁷⁾	HIIT	HIIT con sesiones de ergometría de 36 ciclos en gimnasio local, con intensidad de 6-20 puntos en la escala de Borg; cada sesión con 5 minutos de calentamiento, seguido de 5 intervalos con cadencia de pedaleo >80 revoluciones por min, descansando 3 min.	3 veces por semana	12 semanas	En 12 semanas, el HIIT aumentó la masa ventricular izquierda y el volumen sanguíneo diastólico final, mejoró la función sistólica y diastólica, redujo el pico de torsión y disminuyó la grasa en el hígado. Además, mejoró el control glucémico de HbA1c (7,1% ± 1,0% [54,5 mmol/mol] a 6,8% ± 0,9% [51,3 mmol/mol] vs. 7,2% ± 0,5% [54,9 mmol/mol] a 7,4% ± 0,7% [57,0 mmol/mol]; p < 0,05).
Eichner 2018 ⁽²⁸⁾	HIIT y MICT	HIIT: alternancia de 3 min en 90 % y 50 % de la FCM. MICT: 70 % de la FCM 60 min durante 13 días y un día de descanso (2 primeras sesiones en 30-45 min, con la intensidad deseada).	6 veces por semana	2 semanas	El HIIT y el MICT a corto plazo mejoraron la rigidez arterial posprandial en adultos con diabetes, independientemente de la intensidad. El ejercicio mejoró la rigidez arterial, mediante el aumento de la sensibilidad a la insulina y reducción de la glucosa circulante. Además, la sensibilidad a la insulina aumentó de 0,1934 ± 0,009 a 0,1973 ± 0,011 (p=0,002) después de ambas intervenciones de entrenamiento.

Tabla 1. Características generales de los estudios experimentales (n = 20) (continuación)

Autores	Muestra (grupos)	Detalles de intervención	Frecuencia	Duración	Conclusiones
Fex 2015 ⁽²⁹⁾	HIIT - elíptica	Sesión de 30 min, donde 5 eran de calentamiento (60 %-65 % de la FCM) y 20 min de entrenamiento interválico; 30 sprints (80 %-85 % de la FCM), 1 min y 30 s de recuperación y 5 min de enfriamiento (60 %-65 % de la FCM).	3 veces por semana	12 semanas	12 semanas de HIIT en elíptica mejoraron factores de riesgo metabólicos, niveles glucémicos y la composición corporal. Resaltando que los valores de HbA1c fueron 6,2 ± 0,6 vs. 6,1 ± 0,5; $p=0,40$; y los de glucosa en ayunas 7,1 ± 1,1 vs. 6,5 ± 1,7; $p=0,04$.
Higgins 2014 ⁽³⁰⁾	HIIT	Cada sesión con 5 min de calentamiento, intensidad de 1 min máximo a potencia de última hora de la persona, completando 3 intervalos en la primera intervención, incrementando 10 % el rendimiento y percepción del esfuerzo.	3 veces por semana	6 semanas	El HIIT personalizado fue favorable para el riesgo cardiovascular, donde aumentó el VO_2 máx y hubo cambios en la presión arterial sistólica y diastólica. Como también en los niveles de glucosa circulante (6,0 [5,0, 6,7] vs. 5,3 [5,1, 6,3] mmol/L; $p=0,834$).
Hwang 2019 ⁽³¹⁾	HIIT y MICT	Cada sesión inició con 10 min de calentamiento más tiempo de reutilización de 5 min a 70 % de la FCM. HIIT con intervalos de 4 por 4 min a 90 % de la FCM, intercalados por 3 por 3 min de recuperación activa a 70 % de la FCM; en 25 minutos MICT 32 min a 70 % de la FCM.	4 veces por semana	8 semanas	El HIIT impactó positivamente con disminución de los niveles glucémicos a los pacientes diabéticos de mediana y avanzada edad en comparación con el grupo MICT (HIIT: HbA1c 7,1% ± 0,3 a 6,8% ± 0,2 vs. MICT: 7,2% ± 0,3 a 7,0% ± 0,2) (HIIT: glucosa en ayunas 133 ± 9 a 127 ± 9 vs. MICT: 140 ± 10 a 139 ± 7).
Little 2014 ⁽³²⁾	MICT y HIIT	2 períodos de prueba experimental de 3 días en modo aleatorio, separados por 7 días. HIIT de 10 por 1 min a 90 % con descanso de 1 min. MICT de 30 min a 60 % de la FCM.	-	-	El HIIT mejoró el control de la PPG en adultos con sobrepeso u obesos 24 h después del ejercicio. El HIIT demostró que es mejor que el MICT y grupo control después de las intervenciones. (HIIT: 110 ± 35, MICT: 125 ± 34, control: 162 ± 46 mmol/L × 2 h, $p < 0,05$).
Madsen 2015 ⁽³³⁾	HIIT y MICT	5 minutos de calentamiento a 65 % de la FCM, seguido de 10 repeticiones de intervalos de 1 min cada uno y 1 min de recuperación activa.	3 veces por semana	8 semanas	El HIIT fue capaz de estimular ambas adaptaciones funcionales y estructurales (remodelación) en adultos con DM2. Resaltando que en los pacientes con alteración glucémica los valores de HbA1c (mmol) pasaron de 8,18 (6,32-10,03) a 7,84 (5,92-9,77).
Mangiamarchi 2017 ⁽³⁴⁾	HIIT y consejería nutricional	Intensidad a través de la escala de Borg (7-8) de 30 min diarios de ejercicio HIIT (20 intervalos pasivos, de 30 s con descanso de 60 s), con un 60 %-80 % de la FCM. Se debían eliminar azúcares simples y reemplazar porciones de carbohidratos complejos con alimentos altos en fibra.	3 veces por semana	12 semanas	Un programa de 12 semanas de HIIT más educación nutricional mejora los parámetros cardiometabólicos y de calidad de vida en diabéticos tipo 2, de hecho, disminuyeron los niveles de glucosa en ayunas (166,8 ± 66,2 a 126,2 ± 21,1 mg/dL; $p=0,026$) y la hemoglobina glucosilada (8,4 ± 1,9 a 7,0 ± 0,9%; $p=0,004$) en el grupo experimental.

Tabla 1. Características generales de los estudios experimentales (n = 20) (continuación)

Autores	Muestra (grupos)	Detalles de intervención	Frecuencia	Duración	Conclusiones
Ruffino 2016 ⁽³⁵⁾	Ejercicios HIIT y caminar	3 sesiones de 10 min por semana, con bicicleta a 25 W y ciclos de sprints. El sprints duró 5-12 min. Caminar durante 5 sesiones de 30 min por semana a intensidad 40 %-55 % de la FCM, ascendiendo por semanas.	3 veces por semana	7-10 semanas	Ninguna intervención mejoró significativamente las medidas de sensibilidad a la insulina, el control glucémico medido utilizando monitores continuos de glucosa, el perfil de lípidos en sangre o la composición corporal.
Scott 2018 ⁽³⁶⁾	HIIT y MICT	3 periodos de intervención en 24 horas. El protocolo inició con 5 min de calentamiento con 50 W en 30 min continuos; 65 % del $VO_{2\text{pico}}$. HIIT: 6 por 1 de 1 min en una carga del 100 % del $VO_{2\text{pico}}$ intercalado con 1 min de reposo.	3 intervenciones	24 horas	Las concentraciones de glucosa en sangre no disminuyeron durante HIIT ($+0,39 \pm 0,42$ mmol/L) o MICT ($-0,39 \pm 0,66$ mmol/L) en ayunas ($p=0,493$), sin diferencias entre los grupos.
Moreno 2016 ⁽³⁷⁾	Ejercicio combinado, aeróbico y HIIT	60 % del VO_2 máx o 6-7 en la escala de Borg, 5 veces por semana en una sesión de 20 min, para aeróbico; además, 20 min de fuerza a la misma intensidad.	5 veces por semana	8 semanas	Los pacientes diabéticos mostraron menor adherencia la actividad física y el HIIT les pareció más atractivo. El HIIT disminuyó las concentraciones de HbA1c (7,50% vs. 7,08%).
Winding 2018 ⁽³⁸⁾	HIIT y fuerza	40 min FIND o 20 min de intervención, iniciando con 5 min de calentamiento a 40 % del $VO_{2\text{pico}}$ después 40 min en bicicleta a 50 % del $VO_{2\text{pico}}$ para un total de 135 min. HIIT de 20 min de bicicleta en ciclos de 1 min a 95 % del $VO_{2\text{pico}}$ y 1 min de recuperación activa total de 75 min.	3 veces por semana	11 semanas	La masa de grasa visceral, HbA1c, glucosa en ayunas, glucosa posprandial, variabilidad glucémica y HOMA-IR disminuyeron después de HIIT. La glucosa posprandial reducida en HIIT se debió principalmente a una menor tasa de aparición de glucosa exógena.

1RM; 1 repetición máxima; AIT: ataque isquémico transitorio; BPV: variabilidad de presión arterial; DM2: diabetes mellitus tipo 2; FCM: frecuencia cardíaca máxima; HbA1c: hemoglobina glucosilada; HIIT: entrenamiento de alta intensidad interválica; HRR: frecuencia cardíaca de reserva; HRV: variabilidad del ritmo cardíaco; MICT: entrenamiento de intensidad moderada continua; PA: presión arterial; PGG: glucosa posprandial; RT: entrenamiento de resistencia; s: segundos.

Tabla 2. Características de los participantes en cada estudio (n = 20)

Autores	Muestra	Edad	Glucemia	Otras características	Método empleado para la toma de la glucemia
Støa 2017 ⁽¹⁹⁾	38	59 ± 10	6,84 % ± 0,8 %	Hipertensión	Hemoglobina glucosilada
Magalhães 2019 ⁽²⁰⁾	80	30-75	5,5 %	IMC <48 kg/m ² sin limitaciones a la práctica física	Hemoglobina glucosilada
Cassidy 2019 ⁽²¹⁾	256	60 ± 3 y 59 ± 3	97 ± 3.3 mg/dL	Enfermedad cardiovascular	Glucosa en ayunas
Alarcón 2016 ⁽²²⁾	8	22,50 ± 1,93	95,1 ± 23,9 mg/dL	Sedentarismo*	Glucosa en ayunas
Cano 2018 ⁽²³⁾	23	-	-	Hipertensión	-
Jung 2015 ⁽²⁴⁾	32	51	5,7 %	Enfermedades cardiovasculares	Hemoglobina glucosilada
Mancilla 2014 ⁽²⁵⁾	18	35 ± 14	≥140 mg/dL	Sedentarismo	Prueba de tolerancia oral a la glucosa
Cano 2016 ⁽²⁶⁾	23	62 ± 11	-	Hipertensión	-
Cassidy 2016 ⁽²⁷⁾	12	59 ± 9 61 ± 9	99 ± 6 mg/dL 97 ± 11 mg/dL	Alteraciones cardíacas	Glucosa en ayunas
Eichner 2018 ⁽²⁸⁾	31	61,3 ± 9,0	-	Rigidez arterial	Glucosa en ayunas
Fex 2015 ⁽²⁹⁾	16	60,4 ± 6,1	6,2 % ± 0,6 %	Composición corporal	Hemoglobina glucosilada
Higgins 2014 ⁽³⁰⁾	23	Jóvenes sin especificar	-	-	Glucosa en ayunas
Hwang 2019 ⁽³¹⁾	58	46-78	7,1 % ± 0,4 %	Edad avanzada y posmenopausia	Hemoglobina glucosilada
Little 2014 ⁽³²⁾	10	40,6 ± 10,7	100 ± 0,8 mg/dL	Obesidad y premenopausia	Glucosa en ayunas
Madsen 2015 ⁽³³⁾	10	56 (52-60)	5,89 %	Síndrome metabólico	Hemoglobina glucosilada
Mangiamarchi 2017 ⁽³⁴⁾	19	57,5 ± 5,93	166,8 ± 66,2 mg/dL	Sedentarismo*	Glucosa en ayunas
Ruffino 2016 ⁽³⁵⁾	16	55 ± 5 (43-60)	178,3 ± 54 mg/dL	-	Glucosa en ayunas
Scott 2018 ⁽³⁶⁾	14	26 ± 3	<10,0 %	Sedentarismo*	Hemoglobina glucosilada
Moreno 2016 ⁽³⁷⁾	15	56-64	-	-	-
Winding 2018 ⁽³⁸⁾	26	57 ± 7	5,3 % ± 1,2 %	-	Hemoglobina glucosilada

*Menor de 150 minutos/semana.

HbA1c: hemoglobina glucosilada; IMC: índice de masa corporal; PA: presión arterial.

Tabla 3. Escala de PEDro para la evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos en la revisión (n = 20)

Referencia	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	Total
Støa 2017 ⁽¹⁹⁾	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6
Magalhães 2019 ⁽²⁰⁾	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	7
Cassidy 2019 ⁽²¹⁾	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	8
Alarcón 2016 ⁽²²⁾	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	5
Cano 2018 ⁽²³⁾	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	5
Jung 2015 ⁽²⁴⁾	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	8
Mancilla 2014 ⁽²⁵⁾	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6
Cano 2016 ⁽²⁶⁾	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	5
Cassidy 2016 ⁽²⁷⁾	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	7
Eichner 2018 ⁽²⁸⁾	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6
Fex 2015 ⁽²⁹⁾	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6
Higgins 2014 ⁽³⁰⁾	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6
Hwang 2019 ⁽³¹⁾	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	7
Little 2014 ⁽³²⁾	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	5
Madsen 2015 ⁽³³⁾	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6
Mangiamarchi 2017 ⁽³⁴⁾	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	7
Ruffino 2016 ⁽³⁵⁾	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6
Scott 2018 ⁽³⁶⁾	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	7
Moreno 2016 ⁽³⁷⁾	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6
Winding 2018 ⁽³⁸⁾	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	7

PEDro: *Physiotherapy Evidence Database*; +: sí; -: no; P1: criterios de elección; P2: asignación aleatoria; P3: ocultamiento de la asignación; P4: grupos similares en línea de base; P5: sesgo de los participantes; P6: cegamiento de los terapeutas; P7: cegamiento del evaluador; P8: abandonos <15 %; P9: análisis por intención a tratar; P10: diferencias reportadas entre grupos; P11: punto estimado y variabilidad reportada.

De los resultados obtenidos, se encontró que el entrenamiento de alta intensidad con dosificaciones de 3 veces por semana y en ocasiones combinado con ejercicios aeróbicos o intensivos-moderados^(19, 29, 30) generó un aumento del VO₂ máx y una mejora de la capacidad aeróbica^(19, 24, 30, 31, 35, 38) y reducción de los niveles de hemoglobina glucosilada (HbA1c), sin olvidar la limitación en la regulación autonómica cardiovascular^(19, 21, 22, 25, 27, 28, 32, 37, 38). Es importante destacar que no se presentó un aumento del riesgo de hipoglucemia durante el período de 24 horas después del HIIT o 30 minutos luego del entrenamiento a intensidad moderada continua (MICT) en ayunas⁽³⁶⁾.

Además, el HIIT mejoró la composición corporal por capacidad de oxidación de lípidos; sin embargo, la grasa subcutánea no mostró grandes cambios^(20, 23, 25, 29, 38). Por consiguiente,

brindó un aporte benéfico en cuanto a factores de riesgo metabólico en pacientes con hipertensión, prediabetes o diabetes tipo 2⁽²⁶⁾. El HIIT, en combinación con el MICT, presentó mejoras en cuanto a la composición corporal⁽²⁰⁾.

Así mismo, el entrenamiento en gimnasio, independientemente de la intensidad, aumentó la masa ventricular, volumen y flujo sanguíneo diastólico, lo cual mejoró la función sistólica y diastólica, y proporcionó una reducción en el pico de torsión. Gracias a que la presión arterial mejoró, la disfunción cardíaca se revirtió, la grasa hepática disminuyó y mejoró la rigidez arterial debido al aumento de sensibilidad a la insulina o a la reducción de glucosa circulante. De este modo, los rangos de triglicéridos en pacientes prediabéticos, diabéticos e hipertensos mejoraron^(23, 27, 28, 30, 34, 35).

Es importante resaltar que el HIIT, con la ayuda de consejería nutricional, mejoró los parámetros cardiometabólicos en mujeres diabéticas tipo 2⁽³⁴⁾. También, se observó un beneficio en los parámetros lipídicos de la sangre, por lo que predispone la mejora del flujo sanguíneo, previniendo así enfermedades cardiovasculares⁽³⁰⁾. De igual modo, los pacientes con DM2 usualmente presentaron poca adherencia al ejercicio, debido al tiempo y la recuperación después de la actividad física^(37,38), por lo que el HIIT se convierte en una alternativa viable, ya que, al llegar a la tolerancia de este, los pacientes mejoran su salud y calidad de vida^(24, 30, 31, 32, 34).

Discusión

El presente trabajo está en concordancia con diversas investigaciones basadas en la efectividad del ejercicio de alta intensidad en pacientes diabéticos, principalmente en cuanto los niveles glucémicos. Esto se asocia con otros factores de composición corporal, capacidad aeróbica, riesgos y parámetros cardiometabólicos. Siguiendo esta idea, en 2015, Quílez y García⁽³⁹⁾ demostraron la mejoría de los niveles de HbA1c, justificándola con las sesiones acumuladas y a largo plazo, pero difieren en el período posentrenamiento interválico de 24-48 horas. También mencionaron que una única sesión puede controlar la glucemia y descender los niveles de glucosa con sesiones repetitivas.

De manera análoga, también en 2015, Parra y Moreno⁽⁴⁰⁾ presentaron en su estudio una disminución en los valores glucémicos, principalmente y a diferencia de nuestro estudio, en jóvenes que estaban en el programa de ejercicio físico aeróbico durante 3 meses y lo mantenían. En cambio, en los pacientes de mayor edad el programa debía de ser supervisado, de fácil ejecución y baja incidencia de complicaciones para que pudiera ser una estrategia de mejora, no solo en la HbA1c, sino en cuanto a la presión arterial y niveles de colesterol.

En consonancia con nuestro estudio, en 2019, Da Silva y colaboradores⁽⁴¹⁾ mencionaron la mejora en la condición física, composición corporal, cardiometabolismo y calidad de vida tras el entrenamiento aeróbico continuo de intensidad moderada. Por su parte, el HIIT mostró su mayor beneficio en cuanto a los factores de riesgo cardiovasculares y metabólicos. Esto principalmente atribuido al tiempo que se requiere para desarrollarlo, en comparación con otros tipos de ejercicio, como lo demostramos en nuestros resultados.

En 2016, Cano y Álvarez⁽⁴²⁾ indicaron la relevancia del retorno a niveles basales de la frecuencia cardíaca posesfuerzo, ya que está estrechamente relacionado con riesgo de mortalidad cardiovascular. Los investigadores propusieron que 12 semanas de ejercicio HIIT proporciona adaptaciones del sistema cardiovascular ante el ejercicio, mejora el transporte, extracción y utilización de oxígeno hacia el músculo esquelético y, de esta manera, los niveles glucémicos y de presión arterial se mantienen controlados.

Cascaes y da Rosa, en 2017⁽⁴³⁾ relacionaron el ejercicio aeróbico y de fuerza con una mejor autoestima, cuidado y autocontrol en cada persona, así como beneficios en su condición de vida en cuanto a la salud, función y mente. De este modo y en consonancia con nuestro estudio, se considera al ejercicio como herramienta de control durante la diabetes tipo 2 y principalmente como apoyo psicológico.

Así mismo, en 2015, Poblete y Russell⁽⁴⁴⁾ mencionaron los beneficios antioxidantes que brinda el ejercicio HIIT, dosificado en 4-6 intervalos, durante 30 minutos, 3 veces por semana. Mientras que el ejercicio aeróbico continuo es recomendando en un mínimo de 30 minutos en ciclismo, natación o caminatas. Profundizando en esta idea, los mismos autores, pero en una publicación más reciente (2018)⁽⁴⁵⁾, le dan cabida a mejoras ante el ejercicio aeróbico, con predominio en cuanto a la vía metabólica oxidativa y la actividad de los principales grupos musculares, mejora en la grasa corporal empleada según la edad y control glucémico. Al enfocarse en el HIIT, trotando durante 12 semanas, 3 veces por semana, se observó una disminución en el porcentaje de HbA1c, glucemia en ayunas, función cardiovascular, perfil lipídico y composición corporal.

No obstante, por la experiencia de los investigadores en su práctica clínica, se destaca la importancia y necesidad del entrenamiento HIIT en pacientes con diabetes *mellitus*, con una valoración individualizada para identificar alguna contraindicación que impidan la realización de este tipo de entrenamiento. Así mismo, mencionamos que el protocolo HIIT interválico 20-40 segundos ha demostrado evidencia positiva y de gran utilidad en la práctica clínica con nuestros pacientes. Es decir, el participante, durante su tiempo de intervención, realiza 40 segundos a intensidad moderada (60%-80 % de frecuencia cardíaca máxima [FCM]) y 20 segundos a intensidad alta (80%-90 % de FCM obtenida en la prueba de esfuerzo) en banda sin fin, bicicleta estática, remo o bicicleta reclinada (*recumbent*). Esto evita la adaptabilidad muscular y genera mayor gasto energético que, luego de un programa de entrenamiento con esta modalidad, disminuye significativamente los niveles glucémicos.

Conclusiones

Durante este estudio se recabaron datos que llevaron a evaluar la eficacia del ejercicio de alta intensidad para mejorar los niveles de glucemia durante la diabetes. Se encontraron beneficios significativos, principalmente en términos de los riesgos cardiovasculares y metabólicos que trae consigo la diabetes.

Las pautas y dosificaciones del ejercicio son importantes. Se debe considerar la edad del paciente, puesto que entre mayor sea, el ejercicio deberá realizarse con mayor supervisión y menor dificultad, para así evitar complicaciones. Nuestro análisis sugiere que el ejercicio HIIT es una estrategia de tratamiento para el paciente diabético, por la disminución de grasa corporal que se presenta en este. Además, pudimos corrobo-

rar la eficacia del ejercicio HIIT en los niveles glucémicos, por la mejora en la capacidad aeróbica, la propia composición corporal y los riesgos cardiometabólicos. Esto mostró que la ejecución continua y duradera trae consigo mayores beneficios, principalmente en la disminución de los niveles glucémicos.

Financiación

Ninguna entidad realizó el financiamiento de este trabajo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Referencias

- American Diabetes Association. 5. Lifestyle Management: Standards of Medical Care in Diabetes-2019. *Diabetes Care*. 2019;42(Suppl 1):S46-60.
- Azofeifa EG. Motivos de participación y satisfacción en la actividad física, el ejercicio físico y el deporte. *MHSalud Mov Hum Salud*. 2006;3(1):2.
- Hernández Rodríguez J, Licea Puig ME. Papel del ejercicio físico en las personas con diabetes mellitus. *Rev Cuba Endocrinol*. agosto de 2010;21(2):182-201.
- Ferrer-García JC, Sánchez López P, Pablos-Abella C, Albalat-Galera R, Elvira-Macagno L, Sánchez-Juan C, et al. Beneficios de un programa ambulatorio de ejercicio físico en sujetos mayores con diabetes mellitus tipo 2. *Endocrinol Nutr*. 2011;58(8):387-94.
- Cordero A, Masiá MD, Galve E. Ejercicio físico y salud. *Rev Esp Cardiol*. 2014;67(9):748-53.
- Peiró P, Gálvez J, Ortiz M, Saz S. Ejercicio físico. *Med Naturista*. 2011;5(1):18-23.
- Boraita Pérez A. Ejercicio, piedra angular de la prevención cardiovascular. *Rev Esp Cardiol*. 2008;61(5):514-28.
- Snowling NJ, Hopkins WG. Effects of Different Modes of Exercise Training on Glucose Control and Risk Factors for Complications in Type 2 Diabetic Patients. *Diabetes Care*. 2006;29:2518-27.
- Mitranun W, Deerochanawong C, Tanaka H, & Suksom D. Continuous vs interval training on glycemic control and macro- and microvascular reactivity in type 2 diabetic patients. *Scand J Med Sci Sports*. 2014;24:e69-e76.
- Tjønnhaug AE, Lee SJ, Rognum Ø, Stølen TO, Bye A, Haram PM, et al. Aerobic Interval Training Versus Continuous Moderate Exercise as a Treatment for the Metabolic Syndrome: A Pilot Study. *Circulation*. 2008;118:346-54.
- Karstoft K, Winding K, Knudsen SH, Nielsen JS, Thomsen C, Pedersen BK, et al. The Effects of Free-Living Interval-Walking Training on Glycemic Control, Body Composition, and Physical Fitness in Type 2 Diabetic Patients. *Diabetes Care*. 2013;36:228-36.
- Terada T, Friesen A, Chahal BS, Bell GJ, McCargar LJ, Boulé NG. Feasibility and preliminary efficacy of high intensity interval training in type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract*. 2013;99:120-9.
- Márquez M, Ramón R, Márquez J. El ejercicio en el tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2. *Rev Argent Endocrinol Metab*. 2012;49(4):203-12.
- Feye P, Santiago A. Ejercicio Intermitente de Alta Intensidad (HIIT) y pérdida de grasa corporal: una revisión [Internet] [Tesis]. Universidad Nacional de La Plata; 2015 [citado 6 de noviembre de 2019]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/60559>.
- Mancilla R, Torres P, Álvarez C, Schifferli I, Sapunar J, Diaz E. Ejercicio físico interválico de alta intensidad mejora el control glicémico y la capacidad aeróbica en pacientes con intolerancia a la glucosa. *Rev Médica Chile*. 2014;142:34-9.
- Cofré-Bolados C, Sánchez-Aguilera P, Zafra-Santos E, Espinoza-Salinas A. Entrenamiento aeróbico de alta intensidad: Historia y fisiología clínica del ejercicio. *Rev Univ Ind Santander Salud*. 2016;48(3):275-84.
- Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *BMJ*. 2009;339:b2700.
- Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *BMJ*. 2009;339:b2700.
- Støa EM, Meling S, Nyhus L-K, Glenn Strømstad null, Mangerud KM, Helgerud J, et al. High-intensity aerobic interval training improves aerobic fitness and HbA1c among persons diagnosed with type 2 diabetes. *Eur J Appl Physiol*. 2017;117(3):455-67.
- Magalhães JP, Júdice PB, Ribeiro R, Andrade R, Raposo J, Dores H, et al. Effectiveness of high-intensity interval training combined with resistance training versus continuous moderate-intensity training combined with resistance training in patients with type 2 diabetes: A one-year randomized controlled trial. *Diabetes Obes Metab*. 2019;21(3):550-9.
- Cassidy S, Vaidya V, Houghton D, Zalewski P, Seferovic JP, Hallsworth K, et al. Unsupervised high-intensity interval training improves glycaemic control but not cardiovascular autonomic function in type 2 diabetes patients: A randomised controlled trial. *Diab Vasc Dis Res*. 2019;16(1):69-76.
- Alarcón Hormazábal M, Delgado Floody P, Castillo Mariqueo L, Thuiller Lepelegy N, Bórquez Becerra P, Sepúlveda Mancilla C, et al. Efectos de 8 semanas de entrenamiento intervalado de alta intensidad sobre los niveles de glicemia basal, perfil antropométrico y VO₂ máx de jóvenes sedentarios con sobrepeso u obesidad. *Nutr Hosp*. 2016;33(2):284-8.
- Cano-Montoya J, Ramírez-Campillo R, Sade Calles F, Izquierdo M, Fritz Silva N, Ateaga San Martín R, et al. Ejercicio físico en pacientes con diabetes e hipertensión: prevalencia de respondedores y no respondedores para mejorar factores de riesgo cardiometabólicos. *Rev Médica Chile*. 2018;146(6):693-701.
- Jung ME, Bourne JE, Beauchamp MR, Robinson E, Little JP. High-Intensity Interval Training as an Efficacious Alternative to Moderate-Intensity Continuous Training for Adults with Prediabetes. *J Diabetes Res*. 2015;2015:1-9.
- Mancilla R, Torres P, Álvarez C, Schifferli I, Sapunar J, Diaz E. Ejercicio físico interválico de alta intensidad mejora el control glicémico y la capacidad aeróbica en pacientes con intolerancia a la glucosa. *Rev Médica Chile*. 2014;142:34-9.
- Cano-Montoya J, Álvarez C, Martínez C, Salas A, Sade F, Ramírez-Campillo R. Recuperación cardiovascular durante ejercicio intermitente en pacientes con hipertensión y diabetes tipo 2 altamente adherentes. *Rev Médica Chile*. 2016;144(9):1150-8.
- Cassidy S, Thoma C, Hallsworth K, Parikh J, Hollingsworth KG, Taylor R, et al. High intensity intermittent exercise improves cardiac structure and function and reduces liver fat in patients with type 2 diabetes: a randomised controlled trial. *Diabetologia*. 2016;59(1):56-66.
- Eichner NZM, Gaitán JM, Gilbertson NM, Khurshid M, Weltman A, Malin SK. Postprandial augmentation index is reduced in adults with prediabetes following continuous and interval exercise training. *Exp Physiol*. 2019;104(2):264-71.
- Fex A, Leduc-Gaudet J-P, Filion M-E, Karelis AD, Aubertin-Leheudre M. Effect of Elliptical High Intensity Interval Training on Metabolic Risk Factor in Pre- and Type 2 Diabetes Patients: A Pilot Study. *J Phys Act Health*. 2015;12(7):942-6.
- Higgins TP, Baker MD, Evans S-A, Adams RA, Cobbold C. Heterogeneous responses of personalised high intensity interval training on type 2 diabetes mellitus and cardiovascular disease risk in young healthy adults. *Clin Hemorheol Microcirc*. 2015;59(4):365-77.
- Hwang C-L, Lim J, Yoo J-K, Kim H-K, Hwang M-H, Handberg EM, et al. Effect of all-extremity high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on aerobic fitness in middle-aged and older adults with type 2 diabetes: A randomized controlled trial. *Exp Gerontol*. 2019;116:46-53.
- Little JP, Jung ME, Wright AE, Wright W, Manders RJF. Effects of high-intensity interval exercise versus continuous moderate-intensity exercise on postprandial glycemic control assessed by continuous glucose monitoring in obese adults. *Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab*. 2014;39(7):835-41.
- Madsen SM, Thorup AC, Overgaard K, Bjerre M, Jeppesen PB. Functional and structural vascular adaptations following 8 weeks of low volume high intensity interval training in lower leg of type 2 diabetes patients and individuals at high risk of metabolic syndrome. *Arch Physiol Biochem*. 2015;121(5):178-86.
- Mangiamarchi P, Caniuqueo A, Ramírez-Campillo R, Cárdenas P, Morales S, Cano-Montoya J, et al. Effects of high-intensity interval training and nutritional education in patients with type 2 diabetes. *Rev Med Chil*. 2017;145(7):845-53.
- Ruffino JS, Songsorn P, Haggert M, Edmonds D, Robinson AM, Thompson D, et al. A comparison of the health benefits of reduced-exertion high-intensity interval training (REHIT) and moderate-intensity walking in type 2 diabetes patients. *Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab*. 2017;42(2):202-8.
- Scott SN, Cocks M, Andrews RC, Narendran P, Purewal TS, Cuthbertson DJ, et al. Fasted High-Intensity Interval and Moderate-Intensity Exercise Do Not Lead to Detrimental 24-Hour Blood Glucose Profiles. *J Clin Endocrinol Metab*. 2019;104(1):111-7.
- Moreno-Bayona JA, Cote Mogollón F. Ejercicio intermitente de alta intensidad como estrategia terapéutica para diabéticos tipo 2 residentes en alturas intermedias. *Rev Cuba Salud Pública*. 2016;42(4):524-35.

38. Winding KM, Munch GW, Iepsen UW, Van Hall G, Pedersen BK, Mortensen SP. The effect on glycaemic control of low-volume high-intensity interval training versus endurance training in individuals with type 2 diabetes. *Diabetes Obes Metab.* 2018;20(5):1131-9.
39. Quílez Llopis P, Reig García-Galbis M. Control glucémico a través del ejercicio físico en pacientes con diabetes mellitus tipo 2: revisión sistemática. *Nutr Hosp.* 2015;31(4):1465-72.
40. Parra-Sánchez J, Moreno-Jiménez M, Nicola CM, Nocua-Rodríguez II, Amegló-Parejo MR, Del Carmen-Peña M, et al. [Evaluation of a supervised physical exercise program in sedentary patients over 65 years with type 2 diabetes mellitus]. *Aten Primaria.* 2015;47(9):555-62.
41. Da Silva D, Grande A, Roever L, Tse G, Liu T, Biondi-Zoccai GM. High-Intensity Interval Training in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: a Systematic Review. *Current Atherosclerosis Reports.* 2019; 21(2).
42. Cano-Montoya J, Álvarez C, Martínez C, Salas A, Sade F, Ramírez-Campillo R. [Cardiovascular recovery during intermittent exercise in highly-adherent participants with hypertension and type 2 diabetes mellitus]. *Rev Med Chil.* 2016;144(9):1150-8.
43. Silva FC, Iop R da R, Arancibia BAV, Filho PJB, Silva R da, Machado MO, et al. Physical exercise, quality of life and health of type 2 diabetes. *Rev Psicol Deporte.* 2017;26(1):13-25.
44. Poblete Aro CE, Russell Guzmán JA, Soto Muñoz ME, Villegas González BE. Effects of high intensity interval training versus moderate intensity continuous training on the reduction of oxidative stress in type 2 diabetic adult patients: CAT. *Medwave.* 2015;15(7):e6212.
45. Poblete-Aro C, Russell-Guzmán J, Parra P, Soto-Muñoz M, Villegas-González B, Cofré-Bolados C, et al. Exercise and oxidative stress in type 2 diabetes mellitus Efecto del ejercicio físico sobre marcadores de estrés oxidativo en pacientes con diabetes mellitus tipo 2. *Rev Med Chil [Internet].* 2018 [citado 6 de noviembre de 2019]; Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/167504>.