

Revisión Sistemática

PENSAR EN MOVIMIENTO:

Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud

ISSN 1659-4436

Vol. 18, No.2, pp. 1 - 23

Abre 1° de julio, cierra 31 de diciembre, 2020



EFFECTO DE TRES TIPOS DE ENTRENAMIENTOS SOBRE INDICADORES BIOQUÍMICOS Y ANTROPOMÉTRICOS EN PERSONAS CON PREDIABETES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

EFFECT OF THREE TYPES OF TRAINING ON BIOCHEMICAL AND ANTHROPOMETRIC PARAMETERS IN PREDIABETES: A SYSTEMATIC REVIEW

EFEITO DE TRÊS TIPOS DE TREINAMENTOS SOBRE INDICADORES BIOQUÍMICOS E ANTROPOMÉTRICOS EM PESSOAS COM PRÉ-DIABETES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

María Cristina Arrieta-Leandro, Licda  ¹(B-C-D-E)

mariacris0409@hotmail.com

¹ *Escuela de Educación Física y Deportes, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica*

Envío original: 2020-02-18 Reenviado: 2020-06-05, 2020-07-09

Aceptado: 2020-07-20 Publicado: 2020-07-23

Doi: <https://doi.org/10.15517/pensarmov.v18i2.40752>

RESUMEN

Arrieta-Leandro, M. (2020). Efecto de tres tipos de entrenamientos sobre indicadores bioquímicos y antropométricos en personas con prediabetes: una revisión sistemática. **PENSAR EN MOVIMIENTO: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud**, 18(2), 1 - 23. La prediabetes es un

-1-



Esta obra está bajo una

[Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

trastorno metabólico que, si no se atiende, puede avanzar progresivamente hacia una diabetes tipo 2. Para poder revertir este proceso, el tratamiento es multidisciplinario e incluye mejora en el estilo de vida, alimentación y ejercicio. El objetivo de esta revisión sistemática fue indagar acerca de cuál es la mejor alternativa de ejercicio para la remisión de la prediabetes. Se comparó entre el entrenamiento aeróbico continuo (EAC), entrenamiento contra resistencia (ER) y entrenamiento por intervalos de alta intensidad (HIIT, por sus siglas en inglés). La búsqueda se realizó en Web of Science, PubMed, Scopus y SportDiscus, en mayo de 2019, para estudios experimentales y pre-experimentales en sujetos con prediabetes que realizaran alguno de estos tres entrenamientos de forma crónica y midieran parámetros bioquímicos y/o antropométricos relacionados con la condición de prediabetes. Se obtuvo en total 231; de los cuales, 11 cumplieron los requisitos de inclusión. Los resultados arrojados indican que EAC, ER y HIIT mejoran los indicadores de prediabetes bioquímicos y antropométricos en estudios de 13 días a 16 semanas con frecuencias de 2 a 5 veces por semana. Algunas investigaciones no encontraron resultados significativos. Además, hay gran diversidad de metodologías utilizadas que pudieron haber causado sesgos en las mediciones. Se recomienda, para futuros estudios, el uso de la hemoglobina glicosilada (HbA1c) en intervenciones de al menos 12 semanas para disminuir el sesgo.

Palabras clave: prediabetes, entrenamiento aeróbico, entrenamiento contra resistencia, entrenamiento por intervalos de alta intensidad.

ABSTRACT

Arrieta-Leandro, M. (2020). Effect of three types of training on biochemical and anthropometric parameters in prediabetes: a systematic review. **PENSAR EN MOVIMIENTO: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud**, 18(2), 1 - 23. Prediabetes is a metabolic condition that, if untreated, can progressively develop into type 2 diabetes. To reverse the process, a multidisciplinary treatment is required including lifestyle improvement, a healthy diet and exercise. The aim of this systematic review was to study the best exercise alternatives for prediabetes remission. Continuous Aerobic Training (CAT), Resistance Training (RT), and High Intensity Interval Training (HIIT) were compared. The search was conducted in Web of Science, PubMed, Scopus, and SportDiscus in May 2019 and included experimental and pre-experimental studies with prediabetic participants having any of the aforementioned types of training and using anthropometric and/or biochemical outcomes. A total of 231 records were obtained, from which 11 met the inclusion criteria. Results showed that CAT, RT, and HIIT improved in metabolic and anthropometric prediabetic indicators in trials from 13 days to 16 weeks with a frequency of 2 to 5 times/week. Some of the studies did not find any significant differences. In addition, the vast diversity of methodologies implemented

-2-



Esta obra está bajo una

[Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

could have caused bias. Glycosylated hemoglobin (HbA1c) is recommended for future trials with a minimum of a 12-week intervention to reduce the risk of bias.

Keywords: prediabetes, aerobic training, resistance training, high intensity interval training.

RESUMO

Arrieta-Leandro, M. (2020). Efeito de três tipos de treinamentos sobre indicadores bioquímicos e antropométricos em pessoas com pré-diabetes: Uma revisão sistemática. **PENSAR EN MOVIMIENTO: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud**, 18(2), 1 – 23. A pré-diabetes é um transtorno metabólico que, se não for tratada, pode avançar progressivamente até o desenvolvimento de uma diabetes tipo 2. Para poder reverter o processo, o tratamento é multidisciplinar e inclui melhora no estilo de vida, na alimentação e no exercício. Esta revisão sistemática teve como objetivo indagar sobre qual é a melhor alternativa de exercício para a remissão da pré-diabetes. Houve uma comparação entre o treinamento aeróbico contínuo (TAC), treinamento contrarresistência (TR) e treinamento por intervalos de alta intensidade (HIIT, por suas siglas em inglês). A busca foi realizada na *Web of Science*, *PubMed*, *Scopus* e *SportDiscus* em maio de 2019 para estudos experimentais e pré-experimentais em indivíduos com pré-diabetes que realizaram um dos três treinamentos repetidamente e mediram parâmetros bioquímicos e/ou antropométricos relacionados com a condição de pré-diabetes. Foram obtidos no total 231; dentre os quais, 11 atenderam às exigências de inclusão. Os resultados indicam que EAC, ER e HIIT melhoram os indicadores de pré-diabetes bioquímicos e antropométricos em estudos de 13 dias a 16 semanas com frequências de 2 a 5 vezes por semana. Algumas pesquisas não encontraram resultados significativos. Além disso, há grande diversidade de metodologias utilizadas que podem ter causado distorções nas medições. Recomenda-se, para futuros estudos, o uso da hemoglobina glicada (HbA1c) em intervenções de pelo menos 12 semanas para diminuir as distorções.

Palavras-chave: pré-diabetes, treinamento aeróbico, treinamento contrarresistência, treinamento por intervalos de alta intensidade.

La diabetes tipo 2 es una enfermedad crónica no transmisible asociada a un estilo de vida poco saludable y sedentario. El principal riesgo de desarrollo de diabetes tipo 2 es la prediabetes o el inicio de la resistencia a la insulina, en la cual, los indicadores de glicemia aparecen alterados, pero no al nivel de considerarse diabetes. La prediabetes es un proceso fisiológico que puede remitir, es decir, que las glicemias pueden alcanzar sus valores normales nuevamente, siempre y cuando se mantenga un estilo de vida saludable, con una alimentación balanceada y ejercicio

-3-



Esta obra está bajo una

[Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

que permitan alcanzar un peso corporal conveniente durante al menos un año. Posterior a este periodo, las glicemias permanecerán dentro de sus valores normales, siempre y cuando se mantengan los buenos hábitos y estilo de vida saludable (Taylor y Barnes, [2019](#); Hwang, Cho, Jeong, Ahn y Chung, [2018](#)).

En el mundo, se estima que existen 415 millones de personas con diabetes tipo 2 y esta cifra va en aumento. Si continúa al mismo ritmo actual, para el año 2040 el total será de 642 millones de personas enfermas de diabetes a nivel mundial, a pesar de ser un problema de salud prevenible (Jadhav, Hazari, Monterio, Kumar y Maiya, [2017](#); Edwards y Hosseinzadeh, [2018](#)). Costa Rica sigue la misma tendencia, ya que para el año 2014 se estimó que aproximadamente un 10% de la población mayor de 19 años padece de diabetes y, además, hay otro porcentaje de la población que lo padece y no lo sabe (Wong-McClure, Abarca-Gómez, Cervantes-Loaiza, Barillas-Solís y Badilla-Vargas, [2014](#)).

Se ha demostrado que la mejor forma de prevenir la diabetes es remitiendo la prediabetes, mediante buenos hábitos de alimentación con una restricción calórica, ejercicio y estilo de vida saludable que permitan alcanzar y mantener un peso corporal adecuado (Edwards y Hosseinzadeh, [2018](#); Taylor y Barnes, [2019](#)). Con respecto al ejercicio, actualmente la American Diabetes Association (ADA) y el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM, por sus siglas en inglés) recomiendan como estándar de oro el ejercicio aeróbico continuo como parte de este proceso de remisión, el cual debería de ser al menos 150 minutos/semana de ejercicio aeróbico, moderado a intenso, combinado con 2 o 3 sesiones semanales de ejercicio contra resistencia (da Silva et al., [2019](#)).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), por su parte, recomienda al menos 150 minutos semanales de ejercicio aeróbico, moderado a intenso, o 75 minutos semanales de ejercicio vigoroso; es decir, ejercicio que implica el movimiento de los grandes grupos musculares de forma continua y que utiliza principalmente la vía aeróbica para la producción de energía (Osborne, Brandon, Smith y Turner, [2019](#)). Sin embargo, a pesar de que es bien conocido el papel del ejercicio sobre el control de esta enfermedad, aún no está definido un tipo e intensidad específicos en la prescripción del ejercicio que contribuya a reducir indicadores como la hemoglobina glicosilada (HbA1c) y la glicemia en ayunas (Boniol, Dragomir, Autier, y Boyle, [2017](#)).

En los últimos años, se han propuesto otras alternativas de ejercicio que también podrían contribuir con una mejora en la sensibilidad a la insulina, niveles de glicemia, hemoglobina glicosilada (HbA1c), composición corporal y otros indicadores asociados con la prediabetes, como el ejercicio contra resistencia (ER) y el ejercicio por intervalos de alta intensidad (HIIT). El primero, es el entrenamiento que estimula el desarrollo de la fuerza de los grupos musculares mediante el uso de una carga contraria a su movimiento (Mc Ardle, Katch y Katch, [2015](#)). Por su parte, el HIIT periodos de alta intensidad aeróbica con periodos de recuperación (Wormgoor, Dalleck, Zinn y Harris, [2017](#); Trevisan De Nardi, Tolves, Signori y Vargas da Silva, [2018](#); Taylor et al., [2019](#)).



Los estudios en este tipo de protocolos aún arrojan distintos resultados al respecto (Trevisan De Nardi et al., [2018](#); Jadhav, et al., [2017](#); Edwards y Hosseinzadeh, [2018](#)), por lo que, en la presente revisión, se exponen los principales hallazgos científicos recientes, con el fin de determinar si estas otras opciones pueden ser igual de útiles o incluso mejores que el ejercicio aeróbico continuo.

METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una revisión sistemática; cuya búsqueda se realizó en los meses de abril, mayo y junio del año 2019. Se siguió el procedimiento de la declaración PRISMA (Liberati et al., [2009](#)) para la búsqueda y selección de estudios a incluir. Se restringió la búsqueda a los últimos cinco años, con el fin de captar la información más reciente sobre el tema; además se limitó a estudios en el idioma inglés. Las palabras clave utilizadas fueron “*prediabetes+aerobic training*”, “*prediabetes+resistance training*” y “*prediabetes+high intensity interval training*”.

Las bases de datos consultadas fueron Web of Science, PubMed, Scopus y SportDiscus. La búsqueda y selección de artículos se llevó a cabo el día 16 de mayo de 2019. Se incluyeron los estudios que cumplieran los siguientes requisitos: participantes con edades entre 18 y 65 años diagnosticados con prediabetes; experimentales y pre-experimentales que tuvieran relación entre la prediabetes y los distintos tipos de entrenamiento citados anteriormente; que midieran indicadores bioquímicos o antropométricos relacionados con la prediabetes (ver indicadores más adelante) antes y después de la intervención. Se excluyeron los siguientes tipos de estudios: modelos animales; comportamiento humano y sociología; asociados a anomalías genéticas; epidemiológicos; en población menor de 18 años y mayor de 65 años; en sujetos que padecen enfermedades crónicas (incluida la diabetes tipo 2); los que miden variables farmacológicas; los que son a nivel de biología celular y molecular; mujeres embarazadas; los que miden variables nutricionales; y los del efecto agudo del ejercicio. De esta manera, se aseguró una selección que se delimitara a la medición del efecto de los tipos de entrenamiento sobre la prediabetes y se disminuyó la probabilidad de mezcla del efecto de variables extrañas en los resultados.

Una vez obtenidos los resultados de las búsquedas, se procedió a realizar la filtración de las investigaciones recabadas, en la cual se descartaron los archivos por duplicado y, además, se descartaron los estudios que incluían alguno de los criterios de exclusión mencionados anteriormente. De tal manera, se obtuvieron para su análisis pesquisas experimentales de grupos independientes y pre experimentales que estudiaran efecto crónico del ejercicio con el fin de salvaguardar la validez de la revisión.

De la información presente en los estudios seleccionados, se sistematizaron y tabularon las variables relacionadas con el control y reversión de la prediabetes (tablas [1](#) y [2](#)): glicemia, hemoglobina glicosilada (HbA1c), insulinemia, índice de HOMA, prueba de tolerancia oral a la glucosa, sensibilidad a la insulina, masa corporal, porcentaje de grasa o masa grasa, circunferencia de cintura, masa muscular y masa libre de grasa. Los estudios se clasificaron según



su diseño, con el fin de presentar una descripción concisa de los datos obtenidos para su posterior discusión.

La calidad del corpus fue evaluada de acuerdo con los criterios de Campbell y Stanley (1973). Se formó una escala de calificación en la cual se otorgó un punto por criterio cumplido. Los criterios tomados en cuenta fueron la presencia de grupo control, aleatorización, pretest y reporte de muerte experimental (Salazar, 2002).

RESULTADOS

La búsqueda arrojó un total de 231 artículos; de los cuales, se descartaron 121 por duplicados; 54 incluían algún criterio de exclusión en el título; y otros 45 fueron descartados al revisar su contenido y comprobar que contemplaban alguno de los criterios de exclusión. En total, se seleccionaron 11 estudios para su análisis (figura 1).

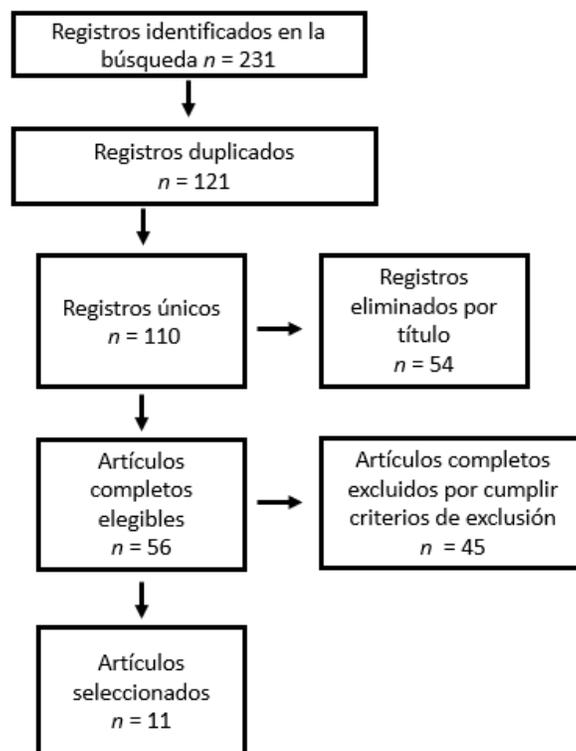


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios para la revisión sistemática, siguiendo la guía PRISMA (Liberati et al., 2009). Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presentan los resultados de los artículos seleccionados, los cuales se clasificaron según si eran experimentales de grupos independientes y pre-experimentales de grupos independientes (tablas 1 y 2).

Tabla 1

Estudios experimentales de grupos independientes del efecto de distintos protocolos de entrenamiento en la prediabetes

Autores	Año	Revista	País	n	Intervención	Tratamiento	Resultados
Gidlund et al.	2016	Physiological Reports	Finlandia	n = 17 C n = 20 ER n = 18 A	3 v/sem x 12 sem. Ajuste carga c/4sem	<u>ER</u> : 5 min cal+ est + 13 ejercicios + 5 min enf + est <u>A</u> : 5 min cal+ est + caminata del 55% al 75% de FC _{reserva} . + 5 min enf + est <u>HIIT</u> : bicicleta estacionaria 2v/sem, 7min x 85% FC _{máx} x 3-5 intervalos y 2min x >90% FC _{máx} x 6-10 intervalos. <u>ER</u> : 2 v/sem, 10min cal + 8 ejercicios x 3-4 sets, <u>HIIT</u> : Bicicleta estacionaria 2v/sem x 60min/S	↓ I HOMA y Ins en A
Langleite et al.	2016	Archives of Physiology and Biochemistry	Noruega	n = 11 C ₁ n = 11 cond	4 v/sem x 12 sem	<u>ER</u> : 2 v/sem, 10min cal + 8 ejercicios x 3-4 sets, <u>HIIT</u> : Bicicleta estacionaria 2v/sem x 60min/S	En cond: ↓ % grasa, CC ↑ AMmuslo
Lee et al.	2018	Nutrients	Noruega	n = 13 C ₁ n = 13 cond	4 v/sem x 12 sem	<u>ER</u> : entrenamiento fuerza cuerpo entero 2 v/sem x 60min/sesión	En cond: ↓ MC, MG ↑ MLG, AMmuslo, sensibilidad de insulina.

Nota. C: control, C₁:control muestra de participantes sanos, cond: grupo que presenta la condición de prediabetes, ER: entrenamiento contra resistencia, A: entrenamiento aeróbico continuo, cal: calentamiento, enf: enfriamiento, est: estiramiento, v: veces, sem: semana(s), FC_{máx}: frecuencia cardiaca máxima, C/C: relación cintura/cadera, CC: circunferencia de cintura, MC: masa corporal, MG: masa grasa, MLG: masa libre de grasa, AM: área muscular, % grasa: porcentaje de grasa. Glu: glucosa en ayunas, Ins: insulinemia en ayunas. I HOMA: índice de HOMA. Fuente: elaboración propia.



Continuación de tabla 1

Estudios experimentales de grupos independientes del efecto de distintos protocolos de entrenamiento en la prediabetes

Autores	Año	Revista	País	n	Intervención	Tratamiento	Resultados
Safarimosavi et al.	2018	Journal of Strength and Conditioning Research.	Irán	n = 8 n = 8 n = 8 n = 8	12 sem	<p>HIIT: bicicleta, 10 intervalos x 60s al 90% VO_{2max} + 60s descanso a 50W.</p> <p>CETAT: bicicleta a oxidación_{máx} de grasa hasta gasto del HIIT.</p> <p>CETFAT: bicicleta al umbral anaeróbico hasta gasto del HIIT.</p>	<p>↓ Glu, Ins, I HOMA, PTOG (*)</p> <p>↓ Glu: HIIT > CETAT</p> <p>↓ Ins: CETFAT, HIIT > CETAT</p> <p>↓ I HOMA: HIIT > CETAT</p> <p>↓ HbA1c en HIIT en post test</p>

Nota. C: control, HIIT: entrenamiento por intervalos de alta intensidad, CETAT: ejercicio aeróbico continuo en el umbral anaeróbico. CETFAT: ejercicio aeróbico continuo en el estado de oxidación máxima de grasa, VO_{2max}: consumo máximo de oxígeno, sem: semana(s), (*): significativamente menor en post test y en comparación con el grupo control. Glu: glucosa en ayunas, Ins: insulinemia en ayunas. I HOMA: índice de HOMA, HbA1c: hemoglobina glicosilada, PTOG: Prueba de tolerancia oral a la glucosa. Fuente: elaboración propia.



Como se puede observar en la [tabla 1](#), los estudios buscan analizar el efecto de distintos protocolos de ejercicio sobre el control de la prediabetes mediante distintos indicadores. Entre los tipos de entrenamiento que se han estudiado en estos artículos, se encuentra el ejercicio aeróbico continuo (AEC), el entrenamiento contra resistencia (ER), entrenamiento por intervalos de alta intensidad (HIIT), entrenamiento aeróbico hasta alcanzar la oxidación máxima de grasa (CETFAT, por sus siglas en inglés y que consiste en una intensidad en la cual se está utilizando al máximo los lípidos como combustible) (Maunder, Plews y Kilding, [2018](#)) y entrenamiento aeróbico hasta alcanzar el umbral anaeróbico (CETAT, por sus siglas en inglés, que es una intensidad de consumo de oxígeno máximo en la que se da una transición entre el entrenamiento aeróbico y anaeróbico) (Ghosh, [2004](#)).

Dentro de los estudios experimentales analizados se puede notar que se utiliza gran diversidad de indicadores para medir el efecto de cada tipo de entrenamiento sobre la prediabetes, lo que complica su comparación. Langley et al. ([2016](#)) realizaron una intervención que incluyó HIIT y ER y obtuvo una mejora de un 6.8% en el porcentaje de grasa, una reducción de 3.5 cm en la circunferencia de cintura (3.2 cm más que el grupo control) y una mejora de un 7.2% en el área muscular del muslo. Por su parte, Lee et al. ([2018](#)) muestran una disminución de un 1.7% en el peso corporal, un aumento del 5.3% en la masa libre de grasa, disminución del 7.3% en la masa grasa subcutánea y un 7.1% en el área muscular del muslo.

Gidlund et al. ([2016](#)) reportan una mejora en el índice de HOMA con el EAC en un punto entero, acercando los valores al rango normal en una intervención de 12 semanas y Lee et al. ([2018](#)) encontraron mejora en la sensibilidad a la insulina en un 44.4% en su intervención que incluyó EAC con ER.

Al comparar HIIT con CETAT y CETFAT en el estudio de Safarimosavi, Mohebbi y Rohani ([2018](#)) se encontraron diferencias. Las tres modalidades de entrenamiento disminuyeron significativamente la glicemia en ayunas, insulinemia en ayunas, índice de HOMA y la PTOG en comparación con el grupo control. Además, se encontraron diferencias entre grupos. CETAT disminuyó significativamente menos la glicemia en ayunas (-12.6 mg/dL en comparación con -17.1 en HIIT y -13.5 mg/dL en CETFAT). Con respecto al índice de HOMA, el HIIT tuvo una mejora significativa con respecto al CETAT (1.45 unidades vs 1.23 unidades).

Los resultados de la insulinemia en ayunas reportan que CETAT tuvo una menor disminución en comparación con CETFAT y HIIT (-3 mU/L vs -3.9 mU/L y -3.6 mU/L respectivamente). La hemoglobina glicosilada (HbA1c) disminuyó de forma significativa solamente en el HIIT (-0.2%) y la PTOG mejoró con respecto al control en CETFAT y HIIT. CETAT obtuvo una mejora con respecto al pre-test, pero no representó una diferencia estadísticamente significativa con respecto al grupo control.



Tabla 2

Estudios pre-experimentales con grupos independientes del efecto de distintos protocolos de entrenamiento sobre la prediabetes

Autores	Año	Revista	País	n	Intervención	Tratamiento	Resultados
Eichner et al.	2019	Experimental Physiology	USA	n = 17 A n = 14 HIIT	13 días, descanso en día 8	<u>A</u> : 12S x 70% de FC _{máx} x 60min en cicloergómetro. <u>HIIT</u> : 10 intervalos x 3min al 90% FC _{máx} , 3min al 50% FC _{máx} en cicloergómetro.	↓ CC, Glu _{post} , Ins _{post} , PTOG (**)
Eikenberg et al.	2016	PLoS ONE	USA	n = 73 IFG n = 21 IGT n = 65 IFG/IGT	12 sem, 2 v/sem	<u>ER</u> : 12 ejercicios, 1 x 6-12 reps con intensidad "duro" en EEP (3s concéntrico x 3s excéntrico).	↓ CC, % grasa, Glu _{post} , PTOG (**) ↑ MLG (**) ↓ PTOG: IGT, IFG/IGT > IGF
Gilbertson et al.	2018	Medicine and Science in Sports and Exercise	USA	n = 17 A n = 14 HIIT	13 días	<u>A</u> : cicloergómetro, 12S x 60 min/S al 70% FC _{máx} . <u>HIIT</u> : cicloergómetro, 10 intervalos x 3min al 90% FC _{máx} , 3min al 50% FC _{máx} .	↓ IMC, MLG, Glu _{post} , Ins _{post} , PTOG (**)



Jung et al. 2015	Journal of Diabetes Research	Canadá	$n = 13$ A $n = 10$ HIIT	6 sem: 12 días presenciales + 4 sem de forma independiente (3 veces/sem)	<u>A</u> : 3 min cal + 20-50 min al 65% de la $FC_{máx}$ + 2 min enf. <u>HIIT</u> : 4 -10 intervalos x 1 min al 90% $FC_{máx}$, 1 min de descanso.	No hubo diferencias significativas en las variables de interés.
----------------------------------	------------------------------	--------	-----------------------------	--	--	---

Nota. A: entrenamiento aeróbico continuo, HIIT: entrenamiento por intervalos de alta intensidad, S: sesiones, Reps: repeticiones, cal: calentamiento, enf: enfriamiento, v: veces, sem: semana(s), EEP: escala de esfuerzo percibido, $FC_{máx}$: frecuencia cardiaca máxima. (**): resultado en todos los grupos por igual, CC: circunferencia de cintura, MLG: masa libre de grasa, IMC: índice de masa corporal, % grasa: porcentaje de grasa, Glu_{post} : glucosa postprandial, Ins_{post} : insulinemia postprandial, IFG: glucosa en ayunas alteradas, IGT: tolerancia a la glucosa alterada, IFG/IGT: combinación de glucosa en ayunas con tolerancia a la glucosa alterados, PTOG: prueba de tolerancia oral a la glucosa, RI: resistencia a la insulina. Fuente: elaboración propia.

Continuación de tabla 2

Estudios pre-experimentales con grupos independientes del efecto de distintos protocolos de entrenamiento sobre la prediabetes.

Autores	Año	Revista	País	n	Intervención	Tratamiento	Resultados
Malin et al. 2018		Journal of Applied Physiology	USA	$n = 17$ A $n = 14$ HIIT	13 días, descanso día 7	<u>A</u> : cicloergómetro, 12S x 60 minutos/S al 70% $FC_{máx}$. <u>HIIT</u> : cicloergómetro, 10 intervalos x 3min al 90% $FC_{máx}$, 3min al 50% $FC_{máx}$.	↓ MC, PTOG (**)



Rowan et al.	2017	Medicine and Science in Sports and Exercise	Canadá	$n = 10$ A $n = 11$ HIIT	12 sem x 3 v/sem	<u>A</u> : banda sin fin, 5 min cal + 28 min al 60%-70% $FC_{máx}$ + 5 min enf + R 2 veces/sem. <u>HIIT</u> : banda sin fin, 5 min cal + 4 intervalos x 4min al 90% $FC_{máx}$, 3 min x 50% - 60% $FC_{máx}$ + 5 min enf + R 2 veces/sem.	↓ HbA1c, Glu, CC (**) ↑ Ins en HIIT
Stuart et al.	2017	Journal of Applied Physiology	USA	$n = 9$ R	16 sem, 5v/sem	<u>ER</u> : 3-5 ejercicios, 3-4 sets x 5 o 10 repeticiones.	↑ MLG ↓ MG y % grasa

Nota. A: entrenamiento aeróbico continuo, HIIT: entrenamiento por intervalos de alta intensidad, ER: entrenamiento contra resistencia, S: sesiones, cal: calentamiento, enf: enfriamiento, v: veces, sem: semana(s), $FC_{máx}$: frecuencia cardiaca máxima, (**): resultado en todos los grupos por igual, MC: masa corporal, MG: masa grasa, MM: masa muscular, MLG: masa libre de grasa, CC: circunferencia de cintura, HbA1c: hemoglobina glicosilada, Glu: glucosa en ayunas, Ins: insulinemia en ayunas, I HOMA: índice de HOMA, PTOG: prueba de tolerancia oral a la glucosa. Fuente: elaboración propia.



Los estudios preexperimentales analizaron ejercicio aeróbico continuo (EAC), ejercicio por intervalos de alta intensidad (HIIT) y ejercicio contra resistencia (ER). Con respecto al EAC y el HIIT que fueron los tipos de protocolo que se compararon principalmente, los resultados arrojan mejoras en indicadores como circunferencia de cintura, glicemia postprandial, insulinemia postprandial, resistencia a la insulina, HbA1c. No se encontraron diferencias en composición corporal ni en glicemia e insulinemia en ayunas.

En el estudio de Eichner et al. (2019) se dio una disminución en la circunferencia de cintura del 0.8% sin diferencias entre modalidades de entrenamiento. Además, encontraron una disminución significativa de la glicemia postprandial en un 10% y de la insulinemia postprandial en 13.3%. La PTOG midió la sensibilidad a la insulina mediante un índice de sensibilidad a la insulina que aumentó en 0.0039 unidades, la cual fue una mejora estadísticamente significativa. Eikenberg et al. (2016) reportan una disminución significativa de la circunferencia de cintura de 1 cm, una mejora en el porcentaje de grasa en 0.6% y un aumento de 0.7 kg de masa libre de grasa. Entre sus indicadores bioquímicos, mejoró la glicemia postprandial en 0.55 mmol/L y la PTOG en 585 mmol *120 min. Además, se encontró que la PTOG mejoró significativamente en todos los grupos con respecto al pre-test, pero la mejora fue significativamente mayor en los grupos que presentaban IGT y IGF/IGT.

Gilbertson et al. (2018) reportan una disminución del IMC en 0.1 kg/m² para EAC y 0.3 kg/m² en HIIT. La masa libre de grasa también disminuyó 0.6 kg en EAC y 0.7 kg en HIIT. La glucosa postprandial tuvo una mejora de 13 mg/dL en el EAC y 18.3 mg/dL en HIIT. Además, la insulinemia postprandial mejoró 12,5 µU/mL en EAC y 16.6 en HIIT. La PTOG disminuyó 1994.9 mg*180min en EAC y 1693.3 mg*180min en HIIT. Esta pesquisa no encontró diferencias significativas entre las modalidades de entrenamiento.

El estudio de Jung, Bourne, Beauchamp, Robinson y Little (2015) midió la masa corporal, índice de masa corporal y circunferencia de cintura; sin embargo, no encontraron mejoras significativas. Malin et al. (2018) por su parte, encontraron una disminución de masa corporal 0.3kg en EAC y 0.1 kg en HIIT sin diferencias entre grupos y además reporta una mejora significativa en la PTOG en el post-test sin diferencia entre grupos.

Rowan, Riddell, Gledhill y Jamnik (2017) mostraron una reducción de la HbA1c de 0.5% en EAC y 0.6% en HIIT. La glicemia en ayunas mejoró 0.3 mmol/L en EAC y 0.5 mmol/L en HIIT, estas dos variables no presentaron diferencias entre grupos. La insulinemia en ayunas aumentó significativamente en 2.2 pmol/L en HIIT y no tuvo cambios significativos en EAC. Por su parte, la circunferencia de cintura mejoró en 4.3 cm en EAC y 4.8 cm en HIIT, también sin diferencias entre grupos. Stuart, Lee, South, Howell y Stone (2017) reportaron que el entrenamiento contra resistencia aumentó la masa libre de grasa en 2.2 kg y disminuyó 2.2 kg de masa grasa (-1.6%) después de 16 semanas.



Tabla 3
Puntuación de la calidad de los estudios analizados

Autores	Año	Revista	País	Puntuación*	Debilidad**
Gidlund et al.	2016	Physiological Reports	Finlandia	4	
Langleite et al.	2016	Archives of Physiology and Biochemistry	Noruega	3	AI
Lee et al.	2018	Nutrients	Noruega	3	AI
Safarimosavi et al.	2018	Journal of Strength and Conditioning Research.	Irán	4	
Eichner et al.	2019	Experimental Physiology	USA	3	AI
Eikenberg et al.	2016	PLoS ONE	USA	2	GC, AL
Gilbertson et al.	2018	Medicine and Science in Sports and Exercise	USA	3	GC
Jung et al.	2015	Journal of Diabetes Research	Canadá	3	GC
Malin et al.	2018	Journal of Applied Physiology	USA	3	GC
Rowan et al.	2017	Medicine and Science in Sports and Exercise	Canadá	3	GC
Stuart et al.	2017	Journal of Applied Physiology	USA	2	GC, AL

Nota. AI: aleatorización, GC: grupo control. *Total de puntos obtenidos en la escala de calidad utilizada (ver método). ** Criterio(s) no cumplido(s) en el estudio. Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el análisis de calidad realizado, se puede observar que varios estudios no cumplieron con el criterio del grupo control; otros, con la aleatorización, y, dos más, incumplieron con ambos criterios. Las investigaciones de (Langleite et al., [2016](#); Lee et al., [2018](#)), por su naturaleza, no se podrían aleatorizar, ya que su muestra incluía sujetos sanos vs sujetos con prediabetes, por lo que la condición que causaba la diferencia entre grupos ya estaba predeterminada.

Los demás estudios que presentaron la debilidad de la aleatorización, según su diseño, se podían aleatorizar o bien, lo hicieron y los autores omitieron reportarlo. Con respecto a las pesquisas faltantes de grupo control, se analizaron dos condiciones de entrenamiento: EAC vs HIIT, sin embargo, no se reportó grupo control contra el cual se pudieran comprar los resultados obtenidos en las distintas condiciones.

DISCUSIÓN

Los resultados del análisis indican que, efectivamente, implementar ejercicio físico puede mejorar los indicadores bioquímicos y antropométricos y eventualmente, revertir la prediabetes como ya la literatura lo ha confirmado anteriormente (Edwards y Hosseinzadeh, [2018](#); Franz y



Evert, [2017](#)). Sin embargo, el estudio de Jung et al. ([2015](#)), midió la masa corporal, índice de masa corporal y circunferencia de cintura y no encontró cambios, a diferencia de (Malin et al., [2018](#); Rowan et al., [2017](#); Gilbertson et al., [2018](#); Langleite et al., [2016](#); Eikenberg et al., [2016](#); y Eichner et al., [2019](#)) que sí reportaron diferencias en al menos uno de estos indicadores.

Entre los resultados descritos, se observan también contradicciones en los cambios de masa libre de grasa con el HIIT. Hubo dos estudios que reportaron un aumento de esta, mientras que otro, reportó más bien una disminución. La misma situación sucedió con el comportamiento de la insulinemia y el HIIT: tres investigaciones encontraron una disminución, pero una reportó un aumento. Todo esto representa una inconsistencia en los resultados, la cual también se ha documentado anteriormente (Edwards y Hosseinzadeh, [2018](#)).

Retomando la pregunta de esta revisión, la evidencia sugiere que los estudios más recientes sobre EA, ER y HIIT no arrojan diferencias significativas entre sí en el efecto que tienen sobre la remisión de la prediabetes. Es decir, los tres tipos de entrenamiento presentan beneficios similares tal y como lo han sugerido anteriormente otros autores (Jadhav, Hazari, Monterio, Kumar y Maiya, [2017](#); Trevisan De Nardi et al., [2018](#)).

La revisión de Edwards y Hosseinzadeh ([2018](#)) por el contrario, encontró que el entrenamiento contra resistencia puede generar grandes beneficios a las personas que padecen prediabetes por encima de los demás y recomienda a los sistemas de salud implementar adecuadamente los regímenes de actividad física para las personas que requieren tratar esta condición de salud. Por su parte, otros autores concluyen que la mejora en la hemoglobina glicosilada (HbA1c) depende de la frecuencia semanal del ejercicio y no tanto del tipo de actividad física (Boniol, et al. [2017](#)). El ejercicio aeróbico continuo da resultados satisfactorios, lo cual coincide con las recomendaciones actuales (da Silva et al., [2019](#)). Este efecto se encuentra vigente hasta nuestros días según la evidencia encontrada.

El ejercicio por intervalos de alta intensidad (HIIT) se ha propuesto en los últimos años como una alternativa tanto para el control y prevención de enfermedades como para incluirlo dentro del estilo de vida saludable de todas las personas, esto debido a su practicidad y menor demanda de tiempo, aspecto importante, considerando el estilo de vida tan agitado en el contexto de la globalización (Kriel, Askew y Solomon, [2019](#)). Entre los resultados obtenidos, se puede ver que el HIIT también mejora los indicadores y puede ser una alternativa para la prevención de la diabetes. Así lo confirma un nuevo estudio, en el cual probaron protocolos de HIIT con distintas dosis (alto volumen y bajo volumen) en sujetos con prediabetes y obtuvieron resultados favorables en ambos protocolos. Los resultados fueron aún mejores en los sujetos que siguieron el protocolo de alto volumen de HIIT (4 x 4 minutos al 90% de $FC_{m\acute{a}x}$) (RezkAllah y Takla, [2019](#)).

A pesar de la demanda metabólica y la intensidad a la que se realiza el HIIT, diversos estudios han reportado resultados satisfactorios y sin efectos adversos, por lo que es un método seguro para población con prediabetes (RezkAllah y Takla, [2019](#); Bourne et al., [2019](#); Jolleyman et al., [2015](#)). Incluso, algunos sujetos han reportado mayor compromiso y adherencia con el HIIT



(Bourne et al., [2019](#)), por lo que es una alternativa para quienes encuentran dificultad en realizar alguno de los otros dos tipos de ejercicio.

A pesar de que la evidencia sugiere que estas alternativas pueden ser opciones para la prevención de la diabetes, aún se encuentran en la literatura resultados contradictorios, como se expuso anteriormente, y esto se puede deber a distintos factores.

Uno de estos factores es la diversidad de métodos aplicados en las distintas muestras, ya que a pesar de que eran tipos de entrenamiento semejantes, los protocolos tuvieron distinta duración e intensidad. Las intervenciones que duraron seis semanas o menos fueron los que menos cambios detectaron o detectaron cambios negativos en cuanto a composición corporal (no hubo mejora de porcentaje de grasa y hubo reducciones de masa libre de grasa). Esto es un detalle muy importante a considerar, ya que indicadores como la reducción en grasa corporal están estrechamente relacionados con la reversión de la prediabetes (Mora-Rodríguez, Ortega, Ramírez-Jiménez, Moreno-Cabañas, y Morales-Palomo, [2019](#)).

Se ha documentado que, para ver mejoras a nivel metabólico, se requiere una pérdida de al menos un 7% del peso inicial (Santilli et al., [2017](#)) y estos cambios se obtendrán a un mayor plazo al tiempo empleado en varias de las intervenciones analizadas en este estudio. Se ha visto que, en promedio, se tarda aproximadamente cuatro meses en obtener este 7% de reducción (Santilli et al., [2017](#)), por lo que, en aquellos de corta duración, difícilmente van a reflejar el impacto real que está teniendo el entrenamiento sobre el metabolismo.

En cuanto a los indicadores bioquímicos, como ya se mencionó, los once estudios utilizaron gran diversidad de estos para reportar sus resultados y el tiempo necesario para poder observar cambios en cada uno varía. Por ejemplo, indicadores como la glicemia e insulinemia se pueden medir continuamente y se pueden observar cambios (Franz y Evert, [2017](#); Mahan y Raymond, [2017](#)); es decir, muestran resultados de efectos más agudos, en cambio, indicadores como la HbA1c se utilizan para análisis de efecto crónico y se debe repetir al menos en 3 o 4 meses (Franz y Evert, [2017](#)), por lo que aplicar la prueba previo a los 3 meses no sería confiable.

Por su parte, la PTOG se utiliza como un indicador diagnóstico y no de monitoreo (Mahan y Raymond, [2017](#)), mientras que el índice de HOMA va más dirigido hacia las metas de cada tratamiento que a una frecuencia de muestreo, y plantea que se propongan metas intermedias de índice de HOMA e ir avanzando con el tratamiento hasta alcanzar los valores normales (Pollak, [2016](#)).

Otra consideración es la de la dieta, ya que en dos de los once estudios no se reporta que esta variable haya sido controlada, y, en los casos en que la dieta no se vigile durante el proceso investigativo, puede influir como una variable extraña en los resultados. Un factor importante con respecto a las mediciones de composición corporal es el método de medición, ya que los ocho estudios con esta cualidad utilizaron cuatro métodos distintos: cinco usaron la medición por bioimpedancia eléctrica; uno recurrió a la medición por absorciometría con rayos X de doble energía (DXA); otro, lo hizo con resonancia magnética y el último utilizó la pletismografía por



desplazamiento de aire. Esto pudo resultar en una limitante para la comparación de los resultados.

La falta de aleatorización en los estudios cuyo diseño lo permitía y no se reporta pudo haber sido otra debilidad encontrada, esto pudo haber provocado amenazas a la validez interna, ya que puede afectarse la historia y la maduración de la intervención (ver [tabla 3](#)) (Salazar, 2002). La ausencia del grupo control impide verificar si los resultados obtenidos realmente se deben a la intervención, al no existir condición contra la cual comparar, por lo que esto también es una limitante en seis de las investigaciones analizadas (ver [tabla 3](#)) y representa una amenaza a la validez interna de ellos (Salazar, 2002). Otra diferencia encontrada fue sobre las variables dependientes, ya que todas las pesquisas analizan variables dependientes distintas que, si bien es cierto son indicadores metabólicos, no se pueden comparar unas con otras.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los estudios analizados, existe evidencia de que el ejercicio aeróbico continuo, el ejercicio contra resistencia y el ejercicio por intervalos de alta intensidad pueden ser efectivos para la remisión de la prediabetes. Los efectos positivos se observaron en al menos uno de los indicadores cuando se realizaron intervenciones de 2 a 5 veces por semana durante 13 días a 16 semanas. Hubo diversidad de variables y protocolos utilizados en los estudios, por lo que se recomienda unificar al uso de la hemoglobina glicosilada (HbA1c) en intervenciones de al menos 12 semanas para poder observar el efecto crónico real del entrenamiento sobre la remisión de la prediabetes.

AGRADECIMIENTOS

Se ofrece un agradecimiento especial al MSc. Gerardo Araya por haber contribuido con la orientación y mejora de la presente revisión.

Financiación: No se utilizó financiamiento extra.

Conflicto de intereses: No se declara conflicto de intereses.



REFERENCIAS

* Referencias sistematizadas

- Boniol, M., Dragomir, M., Autier, P., y Boyle, P. (2017). Physical activity and change in fasting glucose and HbA1c: a quantitative meta-analysis of randomized trials. *Acta Diabetologica*, 54(11), 983-991. doi: <https://doi.org/10.1007/s00592-017-1037-3>
- Bourne, J. E., Little, J. P., Beauchamp, M. R., Barry, J., Singer, J., y Jung, M. E. (2019). Brief Exercise Counseling and High-Intensity Interval Training on Physical Activity Adherence and Cardiometabolic Health in Individuals at Risk of Type 2 Diabetes: Protocol for a Randomized Controlled Trial. *JMIR Research Protocols*, 8(3), e11226. Recuperado de <https://www.researchprotocols.org/2019/3/e11226/>
- Campbell, D. T., y Stanley, J. C. (1973). *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*. Buenos Aires: Amorrortu.
- da Silva, D. E., Grande, A. J., Roeber, L., Tse, G., Liu, T., Biondi-Zoccai, G., y de Farias, J. M. (2019). High-Intensity Interval Training in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: a Systematic Review. *Current Atherosclerosis Reports*, 21(2), 8. doi: <https://doi.org/10.1007/s11883-019-0767-9>
- Edwards, J., y Hosseinzadeh, H. (2018). The impact of structured physical activity on glycaemic control in diabetes prevention programmes: A systematic review. *Proceedings of Singapore Healthcare*, 27(3), 193-204. Recuperado de <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/2010105817739924>
- *Eichner, N. Z. M., Gaitán, J. M., Gilbertson, N. M., Khurshid, M., Weltman, A., y Malin, S. K. (2019). Postprandial augmentation index is reduced in adults with prediabetes following continuous and interval exercise training. *Experimental Physiology*, 104(2), 264-271. Recuperado de <https://physoc.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1113/EP087305>
- *Eikenberg, J. D., Savla, J., Marinik, E. L., Davy, K. P., Pownall, J., Baugh, M. E., ... Davy, B. M. (2016). Prediabetes phenotype influences improvements in glucose homeostasis with resistance training. *PLoS ONE*, 11(2), e0148009. Recuperado de <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0148009&type=printable>
- Franz, M. J. y Evert, A. B. (2017). Medical Nutrition Therapy for Diabetes Mellitus and Hypoglycemia of Nondiabetic Origin. En: L.K. Mahan y J. L Raymond (Eds.) *Krause's Food & the Nutrition care process* (pp. 586-618). Missouri, USA: Elsevier. Recuperado de <https://evolve.elsevier.com/cs/product/9780323340755?role=student>
- *Gidlund, E. K., Von Walden, F., Venojärvi, M., Risérus, U., Heinonen, O. J., Norrbom, J., y Sundberg, C. J. (2016). Humanin skeletal muscle protein levels increase after resistance training in men with impaired glucose metabolism. *Physiological Reports*, 4(23). Recuperado de <https://physoc.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.14814/phy2.13063>
- *Gilbertson, N. M., Eichner, N. Z. M., Francois, M., Gaitán, J. M., Heiston, E. M., Weltman, A., y Malin, S. K. (2018). Glucose Tolerance is Linked to Postprandial Fuel Use Independent of Exercise Dose. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(10), 2058-2066.



- Recuperado de [https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2018/10000/Glucose Tolerance is Linked to Postprandial Fuel.10.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2018/10000/Glucose_Tolerance_is_Linked_to_Postprandial_Fuel.10.aspx)
- Ghosh, A. K. (2004). Anaerobic threshold: Its concept and role in endurance sport. *Malaysian Journal of Medical Sciences*, 11(1), 24-36. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3438148/pdf/mjms-11-1-024.pdf>
- Hwang, Y. C., Cho, I. J., Jeong, I. K., Ahn, K. J., y Chung, H. Y. (2018). Factors associated with regression from prediabetes to normal glucose tolerance in a Korean general population: A community-based 10-year prospective cohort study. *Diabetic Medicine*, 35(11), 1544-1551. doi: <https://doi.org/10.1111/dme.13789>
- Jadhav, R. A., Hazari, A., Monterio, A., Kumar, S., y Maiya, A. G. (2017). Effect of Physical Activity Intervention in Prediabetes: A Systematic Review With Meta-analysis. *Journal of Physical Activity and Health*, 14(9), 745-755. doi: <https://doi.org/10.1123/jpah.2016-0632>
- Jelleyman, C., Yates, T., O'Donovan, G., Gray, L. J., King, J. A., Khunti, K., y Davies, M. J. (2015). The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: A meta-analysis. *Obesity Reviews*, 16(11), 942-961. doi: <https://doi.org/10.1111/obr.12317>
- *Jung, M. E., Bourne, J. E., Beauchamp, M. R., Robinson, E., y Little, J. P. (2015). High-intensity interval training as an efficacious alternative to moderate-intensity continuous training for adults with prediabetes. *Journal of Diabetes Research*, 2015, 191595. Recuperado de <http://downloads.hindawi.com/journals/jdr/2015/191595.pdf>
- Kriel, Y., Askew, C. D., y Solomon, C. (2019). Sprint interval exercise versus continuous moderate intensity exercise: acute effects on tissue oxygenation, blood pressure and enjoyment in 18–30 year old inactive men. *PeerJ*, 7, e7077. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6557258/pdf/peerj-07-7077.pdf>
- *Langlete, T. M., Jensen, J., Norheim, F., Gulseth, H. L., Tangen, D. S., Kolnes, K. J., ... Drevon, C. A. (2016). Insulin sensitivity, body composition and adipose depots following 12 w combined endurance and strength training in dysglycemic and normoglycemic sedentary men. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 122(4), 167-179. doi: <https://doi.org/10.1080/13813455.2016.1202985>
- *Lee, S., Olsen, T., Vinknes, K. J., Refsum, H., Gulseth, H. L., Birkeland, K. I., y Drevon, C. A. (2018). Plasma sulphur-containing amino acids, physical exercise and insulin sensitivity in overweight dysglycemic and normal weight normoglycemic men. *Nutrients*, 11(1), 1-16. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6356487/pdf/nutrients-11-00010.pdf>
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., ... Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: Explanation and elaboration. *PLoS Medicine*, 6(7) e1000100. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2707010/pdf/pmed.1000100.pdf>



- Mahan, L. K. y Raymond, J. L. (2017). Appendix 22: Laboratory Values for Nutritional Assessment and Monitoring. En: L. K. Mahan y J. L. Raymond (Eds.) *Krause's Food & the Nutrition care process* (pp. 984-618). Missouri, USA: Elsevier.
- *Malin, S. K., Francois, M. E., Eichner, N. Z. M., Gilbertson, N. M., Heiston, E. M., Fabris, C., y Breton, M. (2018). Impact of short-term exercise training intensity on β -cell function in older obese adults with prediabetes. *Journal of Applied Physiology*, 125(6), 1979-1986. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30307821/>
- Maunder, E., Plews, D. J., y Kilding, A. E. (2018). Contextualising maximal fat oxidation during exercise: Determinants and normative values. *Frontiers in Physiology*, 9, 1-13. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5974542/pdf/fphys-09-00599.pdf>
- McArdle, W., Katch, F., y Katch, V. (2015). *Fisiología del ejercicio: Nutrición, rendimiento y salud*, España: Wolters Kluwer. Recuperado de <https://www.amazon.com/-/es/William-D-McArdle-ebook/dp/B01DCEXWAA>
- Mora-Rodriguez, R., Ortega, J. F., Ramirez-Jimenez, M., Moreno-Cabañas, A., y Morales-Palomo, F. (2019). Insulin sensitivity improvement with exercise training is mediated by body weight loss in subjects with metabolic syndrome. *Diabetes & Metabolism*, 46(3), 210-218. doi: <https://doi.org/10.1016/j.diabet.2019.05.004>
- Osborne, B., Brandon, A. E., Smith, G. C., y Turner, N. (2019). Impact of lifestyle and clinical interventions on mitochondrial function in obesity and type 2 diabetes. In M. Béatrice, L. Pénicaud y M. Rigoulet (Eds.) *Mitochondria in Obesity and Type 2 Diabetes: Comprehensive Review on Mitochondrial Functioning and Involvement in Metabolic Diseases* (pp. 443-445). Academic Press. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811752-1.00016-X>
- Pollak, F. (2016). Resistencia a la Insulina: Verdades y Controversias. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 27(2), 171-178. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2016.04.006>
- RezkAllah, S. S., y Takla, M. K. (2019). Effects of different dosages of interval training on glycemic control in people with prediabetes: A randomized controlled trial. *Diabetes Spectrum*, 32(2), 125–131. doi: <https://doi.org/10.2337/ds18-0024>
- *Rowan, C. P., Riddell, M. C., Gledhill, N., y Jamnik, V. K. (2017). Aerobic Exercise Training Modalities and Prediabetes Risk Reduction. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(3), 403-412. doi: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001135>
- Salazar Rojas, W. (2002). Principios Del Paradigma Cuantitativo En La Investigación Educativa. *Pensar en Movimiento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 2(1). doi: <https://doi.org/10.15517/pensarmov.v2i1.437>
- *Safarimosavi, S., Mohebbi, H., Rohani, H. (2018). High-Intensity Interval vs. Continuous Endurance Training: Preventive Effects on Hormonal Changes and Physiological Adaptations in Prediabetes Patients. *Journal of Strength and Conditioning Research* [Ahead of print], 1-8. doi: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002709>



- Santilli, F., Simeone, P. G., Guagnano, M. T., Leo, M., Maccarone, M. T., Di Castelnuovo, A., ... Consoli, A. (2017). Effects of Liraglutide on Weight Loss, Fat Distribution, and β -Cell Function in Obese Subjects With Prediabetes or Early Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*, 40(11), 1556-1564. Recuperado de <https://care.diabetesjournals.org/content/40/11/1556.full-text.pdf>
- *Stuart, C. A., Lee, M. L., South, M. A., Howell, M. E. A., y Stone, M. H. (2017). Muscle hypertrophy in prediabetic men after 16 wk of resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 123(4), 894-901. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5668444/>
- Taylor, J. L., Holland, D. J., Spathis, J. G., Beetham, K. S., Wisløff, U., Keating, S. E., y Coombes, J. S. (2019). Guidelines for the delivery and monitoring of high intensity interval training in clinical populations. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 62(2), 140-146. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2019.01.004>
- Taylor, R., y Barnes, A. C. (2019). Can type 2 diabetes be reversed and how can this best be achieved? James Lind Alliance research priority number one. *Diabetic Medicine*, 36(3), 308-315. doi: <https://doi.org/10.1111/dme.13851>
- Trevisan De Nardi, A., Tolves, T., Signori, L. U., y Vargas da Silva, A. M. (2018). High-intensity interval training versus continuous training on physiological and metabolic variables in prediabetes and type 2 diabetes: A meta-analysis. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 137, 149-159. doi: <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2017.12.017>
- Wong-McClure, R., Abarca-Gómez, L., Cervantes-Loaiza, M., Barillas-Solís, M., y Badilla-Vargas, X. (2014). *Vigilancia de los factores de riesgo cardiovascular, segunda encuesta, 2014*. San José, Costa Rica: EDNASS-CCSS. Recuperado de <https://www.binasss.sa.cr/informesdegestion/encuesta2014.pdf>
- Wormgoor, S. G., Dalleck, L. C., Zinn, C., y Harris, N. K. (2017). Effects of High-Intensity Interval Training on People Living with Type 2 Diabetes: A Narrative Review. *Canadian Journal of Diabetes*, 41(5), 536-547. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcjd.2016.12.004>



Anexo 1. Definiciones de las distintas variables analizadas

Glicemia: concentración de glucosa en sangre (Franz y Evert, 2017).

Hemoglobina glicosilada (HbA1c): indicador bioquímico que cuantifica la concentración de hemoglobina enlazada a moléculas de glucosa y permite predecir el comportamiento en la concentración de glucosa en sangre durante los últimos 3 meses (Munk, Lind, Henrik, y Jørgensen, 2019).

Insulinemia: concentración de insulina en sangre (Franz y Evert, 2017).

Sensibilidad a la insulina: cantidad de receptores de insulina expresados en la membrana celular. Una disminución de éstos lleva a una disminución en la sensibilidad o insulino-resistencia (Barret, 2017).

Índice de HOMA: modelo calculado indicador de la medida de insulino-resistencia (o disminución de la sensibilidad a la insulina) (Merchant y Khan, 2012).

Prueba de Tolerancia Oral a la glucosa (PTOG): medición de glicemia en ayunas, 1 hora y 2 horas posterior a la ingesta de una disolución de 75g de glucosa (Franz y Evert, 2017).

Masa corporal: masa total del cuerpo (Dorfman, 2017).

Porcentaje de grasa (% grasa): porcentaje de la masa corporal que está conformado por tejido grasa (Demarest, 2017).

Masa grasa: masa total del cuerpo compuesta por tejido grasa (Demarest, 2017).

Circunferencia de cintura: perímetro de la cintura humana, medido mediante protocolo y que es indicador del riesgo de desarrollar enfermedades crónicas y síndrome metabólico. (Demarest, 2017).

Masa muscular: masa total del cuerpo compuesta por tejido muscular (Demarest, 2017).

Masa libre de grasa: masa total del cuerpo excepto la masa compuesta por tejido grasa (Dorfman, 2017).

Referencias

- Barret, E. (2017). The endocrine pancreas. En W. Boron y E. Boulpaep (Eds.) *Medical Physiology* (pp. 1035-1053). Philadelphia, USA: Elsevier.
- Demarest, M. (2017). Clinical: Biochemical, Physical and Functional Assessment. En L. K. Mahan y J. L. Raymond (Eds.) *Krause's Food & the nutrition care process* (pp. 98-121). Missouri, EEUU: Elsevier.
- Dorfman, L. (2017). Nutrition in Exercise and Sports Performance. En L. K. Mahan y J. L. Raymond (Eds.) *Krause's Food & the nutrition care process* (pp. 426-455). Missouri, EEUU: Elsevier.
- Franz, M y Evert, A. (2017). Medical Nutrition Therapy for Diabetes Mellitus and Hypoglycemia of Nondiabetic Origin. En L. K. Mahan y J. L. Raymond (Eds.) *Krause's Food & the nutrition care process* (pp. 586-618). Missouri, EEUU: Elsevier.



Merchant, N y Khan, B. V. (2012). The effects of antihypertensive agents in metabolic syndrome-benefits beyond blood pressure control. En S. Arora (Ed.), *Insulin resistance* (pp. 237-264). Rijeka, Croatia: InTech.

Munk, J. K., Lind, B. S., y Jørgensen, H. L. (2019). Change in HbA1c concentration as decision parameter for frequency of HbA1c measurement. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 79(5), 320-324. doi: <https://doi.org/10.1080/00365513.2019.1622032>

Participación: A- Financiamiento, B- Diseño del estudio, C- Recolección de datos, D- Análisis estadístico e interpretación de resultados, E- Preparación del manuscrito

