

EFFECTO DE 3 TIPOS DE ENTRENAMIENTOS SOBRE INDICADORES BIOQUÍMICOS Y ANTROPOMÉTRICOS EN PERSONAS CON PREDIABETES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

EFFECT OF 3 TYPES OF TRAINING ON BIOCHEMICAL AND ANTHROPOMETRIC PARAMETERS IN PREDIABETES: A SYSTEMATIC REVIEW

María Cristina Arrieta-Leandro

mariacris0409@hotmail.com

Escuela de Educación Física y Deportes, Universidad de Costa Rica, 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

La prediabetes es un 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 estudios 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. Algunos estudios 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

Prediabetes is a metabolic condition that can progressively develop type 2 diabetes if it is not treated. To reverse prediabetes and prevent type 2 diabetes there is a multidisciplinary treatment that includes lifestyle improvement, healthy diet and exercise. The aim of this systematic review was to study about the best exercise alternatives to prediabetes remission between continuous aerobic training (CAT), resistance training (RT) and high intensity interval training (HIIT). Web of Science, PubMed, Scopus and SportDiscus were searched during May 2019, experimental and preexperimental studies with prediabetes participants doing any of these types of training and with anthropometric and/or biochemical outcomes were included. The search had a total of 231 records and 11 of them met the inclusion criteria. Results showed that CAT, RT and HIIT made a similar improvement in prediabetes metabolic and anthropometric measures in trials from 13 days to 16 weeks with a frequency from 2 to 5 times/week, some of the studies didn't find any differences, there are many different protocols implemented through the studies and this could have caused a high risk of bias. It is recommended to future trials study the glycosylated hemoglobin (HbA1c) with a minimum of 12 weeks of intervention to reduce the risk of bias.

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

INTRODUCCIÓN

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 que permitan alcanzar un peso corporal saludable durante al menos 1 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 en el mundo 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 hasta alcanzar un peso saludable, ejercicio y estilo de vida saludable que permitan alcanzar y mantener ese 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) 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), es decir, 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](#)) y el ejercicio por intervalos de alta intensidad (HIIT), el cual es un entrenamiento que alterna 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

El presente estudio consiste en una revisión sistemática cuya búsqueda se llevó a cabo 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 de estudios a los últimos 5 años con el fin de captar la información más reciente sobre el tema y se realizó la búsqueda 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, estudios experimentales y pre-experimentales que tuvieran relación entre la prediabetes y los distintos tipos de entrenamiento citados anteriormente, estudios que midieran indicadores bioquímicos o antropométricos relacionados con la prediabetes (ver indicadores más adelante) antes y después de la intervención. Se utilizaron los siguientes criterios de exclusión: estudios en modelos animales, estudios de comportamiento humano y sociología, estudios asociados a anomalías genéticas, estudios epidemiológicos, estudios en población menor de 18 años y mayor de 65 años, sujetos que padecen enfermedades crónicas (incluida la diabetes tipo 2), estudios que miden variables farmacológicas, estudios a nivel de biología celular y molecular, mujeres embarazadas, estudios que miden variables nutricionales y estudios del efecto agudo del ejercicio. De esta manera se aseguró una selección de estudios 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 los estudios, 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 que se obtuvieron para su análisis estudios experimentales de grupos independientes, y estudios 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 el diseño de cada estudio con el fin de presentar una descripción concisa de los datos obtenidos para su posterior discusión.

La calidad de los estudios 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 artículos incluían algún criterio de exclusión en el título y otros 45 estudios fueron descartados al revisar su contenido y comprobar que contenían alguno de los criterios de exclusión. En total se seleccionaron 11 estudios para su análisis ([figura 1](#)).

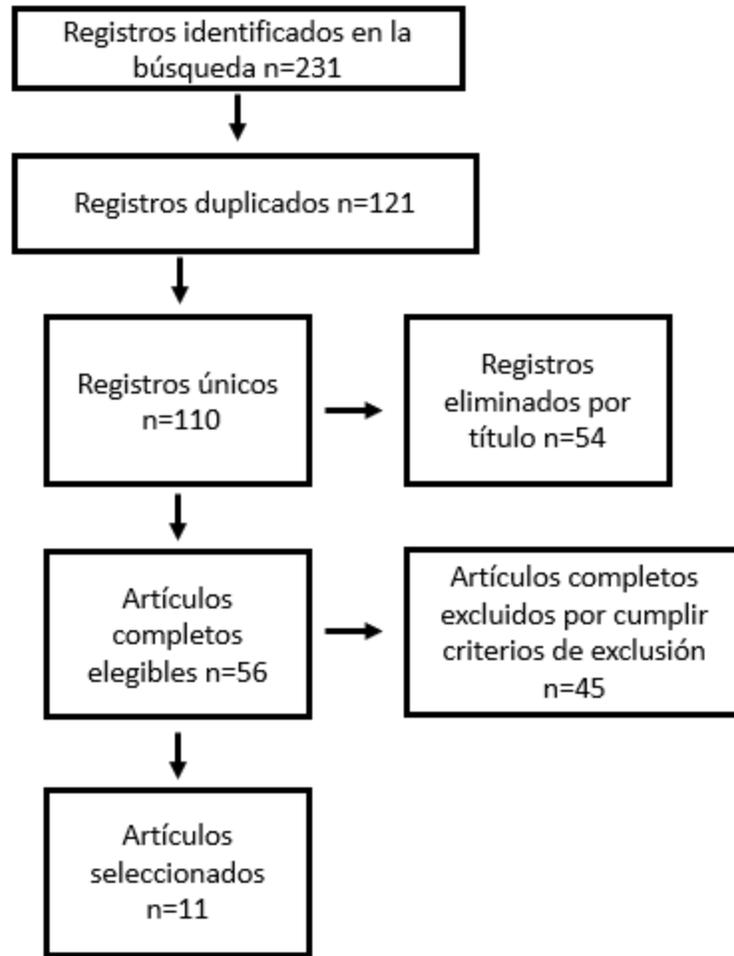


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios para la revisión sistemática siguiendo la guía PRISMA (Liberati et al., [2009](#)). Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presentan los resultados de los artículos seleccionados y clasificados en estudios experimentales de grupos independientes y estudios 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	↓ 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	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	En cond: ↓ % grasa, CC ↑ AMmuslo
Lee et al.	2018	Nutrients	Noruega	n= 13 C ₁ n=13 cond	4 v/sem x 12 sem	2v/sem x 60min/S <u>ER</u> : entrenamiento fuerza cuerpo entero 2 v/sem x 60min/sesión	En cond: ↓ MC, MG ↑ MLG, AMmuslo, sensibilidad de insulina.

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 C	12 sem	HIIT: bicicleta, 10 intervalos x 60s al 90% VO _{2max} + 60s descanso a 50W.	↓ Glu, Ins, I HOMA, PTOG (*)
				n=8 HIIT			↓ Glu: HIIT > CETAT
				n=8 CETAT			↓ Ins: CETFAT, HIIT > CETAT
				n=8 CETFAT			↓ I HOMA: HIIT > CETAT
						↓ HbA1c en HIIT en post test	

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) (la cual es 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) (es decir, a 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 hay gran diversidad de indicadores utilizados para medir el efecto de cada tipo de entrenamiento sobre la prediabetes, lo que complica su comparación. El estudio de Langleite et al. ([2016](#)) realizó una intervención que incluyó HIIT y ER y obtuvo una mejora de un 6.8% en el porcentaje de grasa, una reducción de 3.5cm 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](#)) muestra 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.

El estudio de Gidlund et al. ([2016](#)) reporta 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	<p><u>A</u>: 12S x 70% de FC_{máx} x 60min en cicloergómetro.</p> <p><u>HIIT</u>: 10 intervalos x 3min al 90% FC_{máx}, 3min al 50% FC_{máx} en cicloergómetro.</p>	<p>↓ CC, Glu_{post}, Ins_{post}, PTOG (**)</p>
Eikenberg et al.	2016	PLoS ONE	USA	n=73 IFG n= 21 IGT n=65 IFG/IGT	12 sem, 2 v/sem	<p><u>ER</u>: 12 ejercicios, 1 x 6-12 reps con intensidad "duro" en EEP (3s concéntrico x 3s excéntrico).</p>	<p>↓ CC, % grasa, Glu_{post}, PTOG (**)</p> <p>↑ MLG (**)</p>
Gilbertson et al.	2018	Medicine and Science in Sports and Exercise	USA	n=17 A n=14 HIIT	13 días	<p><u>A</u>: cicloergómetro, 12S x 60 min/S al 70% FC_{máx}.</p> <p><u>HIIT</u>: cicloergómetro, 10 intervalos x 3min al 90% FC_{máx}, 3min al 50% FC_{máx}.</p>	<p>↓ IMC, MLG, Glu_{post}, Ins_{post}, PTOG (**)</p>
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)	<p><u>A</u>: 3 min cal + 20-50 min al 65% de la FC_{máx} + 2 min enf.</p> <p><u>HIIT</u>: 4 -10 intervalos x 1 min al 90% FC_{máx}, 1 min de descanso.</p>	No hubo diferencias significativas en las variables de interés.

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

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) reporta 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 *120min. Además, este estudio 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) reporta 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, y 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. Este estudio 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, encontró 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) mostró 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) reportó 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

AI=aleatorización, GC=grupo control. *Total de puntos obtenidos en la escala de calidad utilizada (ver metodología). ** 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 no cumplieron con la aleatorización y dos estudios más no cumplieron con ambos criterios. Los estudios 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 los estudios faltantes de grupo control, se analizaron dos condiciones de entrenamiento, EAC vs

HIIT sin embargo no se reportó grupo control contra el cual se pudiera comparar los resultados obtenidos en las distintas condiciones.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de los estudios analizados 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 si reportaron diferencias en al menos uno de estos indicadores.

Entre los resultados encontrados, se observan también contradicciones en los cambios de masa libre de grasa con el HIIT, hubo dos estudios que reportaron un aumento de ésta, mientras que otro estudio reportó más bien una disminución. La misma situación sucedió con el comportamiento de la insulinemia y el HIIT, mientras que tres estudios encontraron una disminución, hubo un estudio que 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, que 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 en medio de un estilo de vida tan agitado que vive el ser humano del mundo globalizado de hoy (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 $FC_{máx}$) (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](#); Jelleyman et al., [2015](#)), e 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 encuentra 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 6 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-Rodriguez, 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 4 meses en obtener este 7% de reducción (Santilli et al., [2017](#)), por lo que estudios 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 11 estudios utilizaron gran diversidad de éstos 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](#)) y el índice de HOMA va más dirigido hacia las metas de cada tratamiento más que una frecuencia de muestreo, 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 estudio 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 de los ocho estudios que hicieron esta medición, se utilizaron cuatro métodos distintos: cinco estudios utilizaron la medición por bioimpedancia eléctrica, un estudio utilizó la medición por absorciometría con rayos X de doble energía (DXA), un estudio lo hizo con resonancia magnética y un estudio utilizó la pletismografía por desplazamiento de aire, esto puede 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 en los estudios 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 los estudios analizados (ver [tabla 3](#)) y representa una amenaza a la validez interna de los mismos (Salazar, [2002](#)). Otra diferencia encontrada fue sobre las variables dependientes, ya que todos los estudios 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
- 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>
- *Langleite, 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). Apendix 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.rmclc.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/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.icjd.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 graso (Demarest, 2017).

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

Referencias

Barret, E. 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>