

# **Beneficios del ejercicio interválico de alta intensidad en personas con diabetes tipo 1**

## **Benefits of high-intensity interval exercise in people with type 1 diabetes**



Autor del trabajo: Juan Navarro Cartagena

Tutor: Antonio Jose Cardona Linares. Área de Educación física y deportiva.

28/09/2023

**Resumen:**

Se analizaron los beneficios del ejercicio interválico de alta intensidad (HIIT) en personas con diabetes tipo 1. HIIT tiene ventajas notorias sobre otros tipos de ejercicio en esta población, especialmente para prevenir la hipoglucemia y por la corta duración del entrenamiento.

HIIT mejoró en personas con diabetes tipo 1 diferentes parámetros de riesgo cardiovascular, funcional y psicológico, mostrando mejoras en la salud que no tienen nada que envidiar a otras formas de ejercicio; y logrando a su vez beneficios en el control glucémico superiores a los de otras formas de ejercicio.

**Palabras clave:**

"diabetes tipo 1", "HIIT", "beneficios", "alta intensidad", "entrenamiento a intervalos", "entrenamiento a intervalos", "intermitente de alta intensidad", "entrenamiento de alta intensidad", "intervalo de alta intensidad".

## Abstract

We looked at the benefits of high-intensity interval exercise (HIIT) in people with type 1 diabetes. HIIT has notable advantages over other types of exercise in this population, especially for preventing hypoglycemia and for the short duration of training.

HIIT improved in people with type 1 diabetes different parameters of cardiovascular, functional and psychological risk, showing improvements in health that have nothing to envy to other forms of exercise; and achieving in turn benefits in glycemic control superior to those of other forms of exercise.

### Keywords:

"type 1 diabetes", "HIIT", "benefits", "high intensity", "interval training", "interval training", "intermittent high intensity", "high intensity training", "high intensity interval".

**Índice de contenido:**

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>7</b>
<b>2.1. Entrenamiento interválico de alta intensidad</b>	<b>7</b>
<b>2.2 El entrenamiento interválico de alta intensidad en la diabetes tipo 1: aspectos fisiológicos</b>	<b>9</b>
<b>2.3. El entrenamiento interválico de alta intensidad en la diabetes tipo 1: beneficios y justificación</b>	<b>10</b>
<b>2.4. Factores de riesgo y diabetes tipo 1</b>	<b>11</b>
<b>2.4.1. Factores de riesgo cardiovascular</b>	<b>11</b>
<b>2.4.2. Factores de riesgo funcional</b>	<b>15</b>
<b>2.4.3. Factores de riesgo psicológico</b>	<b>17</b>
<b>3. METODOLOGÍA</b>	<b>19</b>
<b>3.1. Objetivo</b>	<b>19</b>
<b>3.3. Criterios de inclusión</b>	<b>20</b>
<b>3.4 Criterios de exclusión</b>	<b>20</b>
<b>3.5. Diagrama de flujo</b>	<b>21</b>
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>23</b>
<b>5. DISCUSIÓN</b>	<b>34</b>
<b>6. CONCLUSIÓN</b>	<b>48</b>
<b>8. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>50</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>51</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

En la presente revisión abordamos los beneficios del HIIT en la diabetes tipo 1. La diabetes tipo 1 es una enfermedad autoinmune que al destruir las células beta del páncreas provoca la incapacidad de producir insulina. Estas personas deben regular sus niveles de glucosa en sangre mediante dosis de insulina exógena, pudiendo experimentar hipoglucemias o hiperglucemias provocadas por desajustes entre las dosis de insulina, la dieta y la cantidad y el tipo de actividad física realizada.

Entre las barreras más comunes para no practicar ejercicio en las personas con diabetes tipo 1 (DM1) están el miedo a la hipoglucemia y el tiempo que requiere la práctica de la actividad. (Brennan et al., 2020; Lascar et al., 2014)

La prevención de la hipoglucemia y el poco tiempo que requiere, son las mayores barreras que las personas con DT1 presentan para hacer ejercicio físico (Brennan et al., 2020; Lascar et al., 2014), hacen que el HIIT se posicione como una herramienta muy útil para que este espectro de la población haga ejercicio físico y obtenga todos sus beneficios, por delante del ejercicio físico aeróbico y de fuerza que aumentan el riesgo de hipoglucemia y requieren más tiempo de entrenamiento respectivamente, aunque obviamente, no son excluyentes.

Existen infinidad de protocolos de HIIT en base a cómo se utilicen las variables que determinan un entrenamiento tipo HIIT: el tipo de ejercicio físico, la intensidad del intervalo de trabajo, la duración y cantidad de dichos intervalos, la intensidad y duración del periodo de descanso, el número de series, la duración de cada serie, descanso entre series y la intensidad entre series (Buchheit & Laursen, 2013a, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021)

A pesar de esa gran variabilidad, la mayoría de protocolos de HIIT se establecen entre los 10 segundos y los 4 minutos de trabajo a alta intensidad en cada intervalo. El objetivo de estos entrenamientos es acumular tiempo de ejercicio físico a intensidades que no podrían mantenerse durante periodos largos de tiempo (>80% del VO<sub>2</sub>máx), siempre que los periodos de descanso permitan que se completen los intervalos de alto esfuerzo a la intensidad deseada. La sesión completa de HIIT suele establecerse entre los 20-40 minutos, teniendo en cuenta los periodos de descanso (Boutcher, 2011; Buchheit & Laursen, 2008; Cassidy et al., 2017, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021)

El análisis de protocolos HIIT aplicados a personas con DM1 en la bibliografía nos aclara la globalidad del impacto que el HIIT puede suponer en la salud.

Debemos tener en cuenta que una de las enfermedades metabólicas menos analizadas en relación al efecto del HIIT, es la diabetes tipo 1 (Codella et al., 2017, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021). No obstante, los resultados obtenidos con personas sanas, con otras patologías, y los estudios previos que aplican HIIT en personas con DT1 lo posicionan como uno de los métodos de entrenamiento que más se ajusta a las necesidades de este tipo de población (Boff et al., 2019; Farinha et al., 2017, 2018; Scott et al., 2018, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

Investigamos los beneficios del HIIT en la diabetes tipo 1 ya que la bibliografía nos informa que estos parecen ser prometedores aunque sin embargo están poco estudiados.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Entrenamiento interválico de alta intensidad**

El entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) es un tipo de ejercicio físico que ha adquirido mucha importancia en los últimos años. De hecho, ha sido top 3 consecutivamente en los últimos años (dos de ellas número 1) en las tendencias mundiales en fitness que el ACSM publica cada año (Thompson, 2019, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

Esto se debe a que ha sido en estos últimos años cuando se ha comenzado a descubrir el verdadero potencial fisiológico de esta tendencia de entrenamiento, tanto a nivel deportivo como de salud (Azuma & Matsumoto, 2017, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021)., evidenciándose beneficios a nivel cardiorrespiratorio y metabólico comparables a los obtenidos por el clásico entrenamiento continuo de moderada intensidad (Sultana et al., 2019, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

A su vez, el HIIT presenta una característica muy interesante para la población general, pues requiere de bajos volúmenes de entrenamiento, lo que elimina la principal barrera por la que las personas se excusan para no hacer ejercicio físico: la falta de tiempo (Gibala et al., 2012, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021) .

El HIIT consiste en la realización de periodos de corta o moderada duración de un determinado ejercicio físico, fundamentalmente de resistencia, a intensidades superiores al umbral anaeróbico, separadas por breves intervalos de descanso a baja intensidad o descanso pasivo(Gibala et al., 2012, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021) .

Existen infinidad de protocolos de HIIT en base a cómo se utilicen las variables que determinan un entrenamiento tipo HIIT: el tipo de ejercicio físico, la intensidad del intervalo de trabajo, la duración y cantidad de dichos intervalos, la intensidad y duración del periodo de descanso, el número de series, la duración de cada serie, descanso entre series y la intensidad entre series (Buchheit & Laursen, 2013a, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021)

A pesar de esa gran variabilidad, la mayoría de protocolos de HIIT se establecen entre los 10 segundos y los 4 minutos de trabajo a alta intensidad en cada intervalo. El objetivo de estos entrenamientos es acumular tiempo de ejercicio físico a intensidades que no podrían mantenerse durante periodos largos de tiempo (>80% del VO<sub>2</sub>máx), siempre que los periodos de descanso permitan que se completen los intervalos de alto esfuerzo a la intensidad deseada. La sesión completa de HIIT suele establecerse entre los 20-40 minutos, teniendo en cuenta los periodos de descanso (Boutcher, 2011; Buchheit & Laursen, 2008; Cassidy et al., 2017, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021)

Por sus beneficios, el HIIT, ha sido analizado en la última década como instrumento potencialmente eficaz para la mejora en patologías como hipertensión (Costa et al., 2018, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021), obesidad (Wewege et al., 2017, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021), síndrome metabólico (Ramos, Dalleck, Borrani, Beetham, Wallen, et al., 2017, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021), diabetes tipo 2 (De Nardi et al., 2018, , como se citó en Alarcón-Gomez, 2021), fallo cardíaco (Arena et al., 2013, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021), enfermedad pulmonar obstructiva crónica (Ross et al., 2016, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021) y también para

enfermedades mentales (Martland et al., 2019, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

Una de las enfermedades metabólicas menos analizadas en relación al efecto del HIIT, es la diabetes tipo 1 (Codella et al., 2017, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021). No obstante, los resultados obtenidos con personas sanas, con otras patologías, y los estudios previos que aplican HIIT en personas con DT1 lo posicionan como uno de los métodos de entrenamiento que más se ajusta a las necesidades de este tipo de población (Boff et al., 2019; Farinha et al., 2017, 2018; Scott et al., 2018, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

## **2.2 El entrenamiento interválico de alta intensidad en la diabetes tipo 1: aspectos fisiológicos**

Las respuestas agudas del HIIT, es decir, durante el ejercicio físico e inmediatamente después, en relación al metabolismo y al sistema endocrino, se asocian con una producción de energía fundamentalmente anaeróbica, ya que los intervalos de alta intensidad se suelen desarrollar por encima del 80% del VO<sub>2</sub>máx. Esta energía se obtiene, mayoritariamente, a través de ATP libre en la fibra muscular, fosfocreatina y glucosa metabolizada sin la utilización de oxígeno. También es necesario el componente aeróbico, debido a los intervalos de recuperación (Buchheit & Laursen, 2013b)

Estos estímulos de alta intensidad, generan el aumento de secreción de catecolaminas (epinefrina y norepinefrina) y HC, que a su vez, inhiben el consumo de glucosa mediado por la insulina y aceleran la gluconeogénesis y suministro de glucosa a la sangre por parte del hígado. A causa de la obtención de energía a través de la glucosa sin intervención de oxígeno (glucólisis

anaeróbica), aumenta la concentración de lactato en la fibra muscular y en la sangre. Este hecho también inhibe el consumo de glucosa mediado por la insulina y promueve la producción de glucosa por parte del hígado. Estos mecanismos contribuyen a una regulación de la glucemia durante y después del ejercicio físico mucho más segura en personas con DT1 que la acontecida con ejercicio físico aeróbico de moderada intensidad, previniendo la aparición de hipoglucemias (Farinha et al., 2017; Gallen, 2014; Yardley & Sigal, 2015, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

En relación al periodo post-ejercicio físico, el consumo de oxígeno se mantiene elevado para ayudar a reconstituir las condiciones metabólicas basales. Los mecanismos que se activan a través de este mayor consumo de oxígeno son el aclarado de lactato, el aumento de la función cardíaca y pulmonar, el aumento de la temperatura corporal, mayor efecto de las catecolaminas y la re-síntesis de glucógeno. Esto hace que las grasas se utilicen como sustrato energético en dicha reorganización metabólica (Boutcher, 2011, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021). Obviamente, estas respuestas fisiológicas tienen una variabilidad muy alta en función del tipo de entrenamiento HIIT que se haga y en cómo se ajusten las variables antes mencionadas (Buchheit & Laursen, 2008; López Chicharro & Vicente Campos, 2018, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

### **2.3. El entrenamiento interválico de alta intensidad en la diabetes tipo 1: beneficios y justificación**

A pesar de ser un tipo de entrenamiento muy poco estudiado en población con DT1, el HIIT está empezando a mostrar beneficios potenciales a nivel cardiovascular y metabólico en personas con esta enfermedad. Entre estos

beneficios resaltan el aumento del VO<sub>2</sub>máx, la mejora de la función vascular, la mejora de la composición corporal, la mejora de la función cardíaca, el aumento de marcadores antioxidantes y antiinflamatorios junto con la reducción en la cantidad de insulina inyectada (Boff et al., 2019; Farinha et al., 2017, 2018; Scott et al., 2018, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

Estos beneficios, junto con la prevención de la hipoglucemia y el poco tiempo que requiere, las cuales son las mayores barreras que las personas con DT1 presentan para hacer ejercicio físico (Brennan et al., 2020; Lascar et al., 2014, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021), hacen que el HIIT se posicione como una herramienta muy útil para que este espectro de la población haga ejercicio físico y obtenga todos sus beneficios, por delante del ejercicio físico aeróbico y de fuerza que aumentan el riesgo de hipoglucemia y requieren más tiempo de entrenamiento respectivamente, aunque obviamente, no son excluyentes.

A pesar de los beneficios que ha demostrado el HIIT en personas con DT1, aún permanecen desconocidos los efectos de esta estrategia de entrenamiento en determinados factores de riesgo relacionados con algunas complicaciones de la DT1.

## **2.4. Factores de riesgo y diabetes tipo 1**

### ***2.4.1. Factores de riesgo cardiovascular***

#### **A) Consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>máx)**

El hecho de que las personas con DT1 presenten mayores índices de sedentarismo que las personas sanas y que, por defecto, tienen un menor VO<sub>2</sub>máx con las mismas condiciones que personas sin la patología, hace que

el ejercicio físico sea una herramienta fundamental en la vida de estas personas para prevenir enfermedades cardiovasculares.

Por ello, el VO<sub>2</sub>máx, a pesar de tener un importante componente genético, se puede mejorar a través de diferentes estrategias de entrenamiento, entre ellas el entrenamiento de resistencia interválico de alta intensidad (Ito, 2019; Williams et al., 2017, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

Vemos en (Farinha et al., 2018) un ejemplo de un estudio en el que, entre otras cosas, analizaron el cambio en el VO<sub>2</sub>máx en 9 personas con DT1 (físicamente inactivos) tras un periodo de HIIT de 10 semanas (3 entrenamientos por semana), haciendo 10 series de 1 minuto al 90% de la FCmáx con descanso activo de 1 minuto (protocolo 1:1), todo realizado en cicloergómetro. La mejora en dicho parámetro fue del 19% aproximadamente.

Otro grupo de investigación alemán, ha realizado también dos estudios utilizando HIIT en personas con DT1. En ambos estudios (Minnebeck et al., 2020; Zinn et al., 2020) la mitad de los participantes tenían sobrepeso y la otra mitad no. El análisis del total de sujetos fue diferente (22 y 20 sujetos respectivamente). Los investigadores aplicaron un protocolo de 4 semanas (2 sesiones por semana), en el que cada entrenamiento consistía en 4x1 minuto a intensidad "all out", intercalado de 1 minuto de descanso pasivo, las dos primeras semanas, subiendo a 6 series de trabajo las dos últimas semanas. En dichos estudios analizaron variables diferentes. La mejora en fitness cardiorrespiratorio la asociaron al incremento en la PPO (7,5% aproximadamente en ambos estudios). Aunque no mostraron datos de VO<sub>2</sub>max directamente, los resultados de la potencia sugieren mejoras en la

condición física aeróbica, lo cual va en línea con los resultados obtenidos en este trabajo.

#### B) Composición corporal (CC)

El ejercicio físico es una herramienta científicamente contrastada en este sentido y considerada fundamental en la prevención y el tratamiento del sobrepeso y la obesidad (Swift et al., 2014, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021). Debido a que el entrenamiento interválico de alta intensidad se asocia también con la mejora en la composición corporal en personas sin patologías, este parámetro ha sido analizado en esta investigación para conocer su efecto en la prevención del sobrepeso y la obesidad, que está incrementándose en la población con DT1 (Keating et al., 2017; Mottalib et al., 2017, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

Un estudio que analizó los cambios en la composición corporal fue (Farinha et al., 2018) en el que se alcanzó un aumento del 3,3% de masa libre de grasa y una disminución del 0,8% de la masa grasa.

En contraposición encontramos en los resultados de (A. Lee et al., 2020) que no se mostraron cambios en la composición corporal.

En concordancia con la no evidencia de cambios en la composición corporal tras el HIIT de este estudio encontramos que en (Minnebeck et al., 2020; Zinn et al., 2020) tampoco se encuentran diferencias significativas en la composición corporal (ni en la masa grasa ni en la masa libre de grasa) obteniendo los datos con bioimpedancia eléctrica (InBody 770, InBody, Cerritos, CA)

#### C) Variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC)

El ejercicio físico, y en concreto, el entrenamiento aeróbico de moderada intensidad ha demostrado causar, de manera crónica, una reducción en la

activación simpática en favor de la parasimpática, aumentando así la variabilidad de la frecuencia cardiaca en personas con DT1 y en consecuencia, el riesgo de sufrir accidentes cardiovasculares se reduce (Voulgari et al., 2013, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

Debido a que existe precedente en la prevención de problemas cardiovasculares con ejercicio físico aeróbico (reduciendo la sobreactivación simpática), y que el HIIT ha demostrado mejorar la función autonómica cardiaca en personas sedentarias y que ambas modalidades tienen efectos similares en muchos factores fisiológicos, entre ellos, la función vascular (Abreu et al., 2018; Ramos et al., 2015, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021), es de esperar que HIIT tenga influencias en el control autonómico cardíaco y en consecuencia pueda contribuir a reducir el riesgo de sufrir problemas cardiovasculares en pacientes con DT1.

Según una investigación previa (Kubota et al., 2017), las personas con más de, aproximadamente, 30 ms en rMSSD tienen un menor riesgo cardiovascular entre los 45 y los 85 años que las personas por debajo de ese valor, y cuanto más alto, menor riesgo (siempre dentro de un intervalo). Del mismo modo, en dicho estudio se muestra que el ratio LF/HF es inversamente proporcional al riesgo cardiovascular en el mencionado rango de edad. En este estudio la población no tenía diabetes, pero no se han encontrado más estudios sobre este parámetro en diabetes tipo 1 y HIIT.

#### D) Glucemia en ayunas

El ejercicio físico ha evidenciado tener efectos positivos en la glucemia en ayunas en personas con DT1 (Boniol et al., 2017, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

El HIIT, concretamente, ha mostrado tener efectos positivos en la glucemia en ayunas en DT1 (Farinha et al., 2018).

Del mismo modo, el HIIT ha resultado efectivo en la reducción de la glucemia en ayunas en diabetes tipo 2 (Jelleyman et al., 2015, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

La reducción de la glucemia en ayunas, podría estar relacionada con la mejora en la sensibilidad a la insulina por parte del músculo esquelético y del hígado debido a la generación de transportadores GLUT-4 y mitocondrias causado por el entrenamiento. Al producirse esta mejora en la entrada de glucosa en los músculos (para generar energía) y el hígado (para almacenarla), las concentraciones de glucosa en sangre se reducen (Cassidy et al., 2017, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021). Esto es, posiblemente, lo que ocurriese en el organismo de los participantes de este estudio para la consecución de la reducción de glucemia en ayunas.

#### ***2.4.2. Factores de riesgo funcional***

##### **A) Fuerza en miembros inferiores**

La diabetes tipo 1 también está asociada con una fuerza muscular menor y una pérdida de masa muscular más rápida que personas de características similares pero sin la patología, ya incluso en la adolescencia, la cual se va agravando con el paso de los años, incluso sin neuropatía (Celes et al., 2017; Maratova et al., 2018; Monaco et al., 2019, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

No hay mucha literatura que hable de la pérdida de funcionalidad muscular en personas con DT1, pero se sabe que, es en muchos aspectos, similar a la

ocurrida en la musculatura de personas mayores, pero desarrollada en personas mucho más jóvenes (Monaco et al., 2019)

Es por ello que analizar algunas investigaciones sobre la ganancia de fuerza en personas mayores puede ser relevante:

En (Herbert et al., 2017) observaron que un HIIT de 6 series de 30 segundos al 90% de la frecuencia cardiaca de reserva intercalado con 3 minutos de recuperación activa, realizado cada cinco días durante 6 semanas, produce un incremento del 8% en la PPO relativa (determinada con un test incremental)

En cambio, (Bruseghini et al., 2019), no se produjeron mejoras en la fuerza de los miembros inferiores de los sujetos, determinado con un dinamómetro isoinercial (CMSi Cybex Humac Norm Dynamometer, Stoughton, MA, United States). El protocolo consistía en 24 sesiones repartidas en 8 semanas en las que desarrollaban 7 series de 2 minutos al 85-95% VO<sub>2</sub>máx, separadas por descansos activos de 2 minutos al 40% VO<sub>2</sub>máx.

#### B) Equilibrio dinámico

Varios factores causan que el equilibrio se vea afectado negativamente en personas con diabetes debido al estado de hiperglucemia, entre ellos, la disfunción del sistema vestibular, la retinopatía y la neuropatía periférica, las cuales son complicaciones propias de la DT1. Sin embargo, el equilibrio dinámico puede verse comprometido incluso en ausencia de complicaciones diagnosticadas (Kukidome et al., 2017; Turcot et al., 2009, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

La pérdida de equilibrio en estas personas se asocia principalmente con limitaciones biomecánicas, sensoriales, orientación espacial, el procesamiento cognitivo y/o el control dinámico (Turcot et al., 2009, como se citó en

Alarcón-Gomez, 2021), lo cual se relaciona con riesgo de caídas y pérdida de funcionalidad (Camargo et al., 2015; L. J. D'Silva et al., 2016, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

#### C) Dorsiflexión de tobillo

No hay estudios previos que analicen la dorsiflexión de tobillo después del HIIT, por lo que no podemos comparar estos resultados con otros anteriores.

La mejora en el rango de movimiento del tobillo tras HIIT es interesante ya que una apropiada dorsiflexión de tobillo es crucial para permitir una correcta funcionalidad física en actividades de la vida diaria (Medeiros & Martini, 2018; Searle et al., 2017) y un factor fundamental en la rehabilitación de la marcha (particularmente en adultos mayores y personas con determinadas patologías) (Embrey et al., 2010). Del mismo modo, un correcto rango de movimiento en la articulación del tobillo previene la aparición de úlceras en los pies en personas con DT1, consecuencia de la rigidez en la movilidad del tobillo (Rao et al., 2006).

### **2.4.3. Factores de riesgo psicológico**

#### A) Calidad de vida

El ejercicio físico regular aplicado en personas con DT1 ha mostrado tener efectos positivos en la percepción de la calidad de vida, sobre todo en niños y jóvenes (Absil et al., 2019; Anderson et al., 2017; Mutlu et al., 2015; Nazari et al., 2020, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021). Por lo que se puede esperar que el HIIT también lo haga.

En (A. Lee et al., 2020; Minnebeck et al., 2020) al analizar la calidad de vida de los participantes con el cuestionario "Diabetes Quality of Life" no mostró

diferencias significativas tras la aplicación de su protocolo de 12 semanas de HIIT.

#### B) Calidad del sueño

El ejercicio físico aeróbico y de fuerza, ha demostrado tener efectos positivos en la calidad y duración del sueño en personas sin patologías y con insomnio (Banno et al., 2018; Dolezal et al., 2017, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021), sin embargo, en personas con DT1, el ejercicio aeróbico puede ser una herramienta contraproducente al aumentar la hipoglucemia nocturna y empeorar la calidad del sueño en estas personas (Jacobs & Reddy, 2020; Reddy et al., 2018, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021). El método de entrenamiento utilizado en este trabajo (HIIT), ha mostrado reducir la hipoglucemia postejercicio físico y nocturna (Scott, Cocks, et al., 2019; Scott, Shepherd, Strauss, et al., 2019, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021), por lo que podría ser una estrategia útil para obtener los beneficios del ejercicio físico en la mejora de la calidad del sueño sin incurrir en la hipoglucemia que interfiera en esa adaptación. Por ello, la calidad del sueño fue analizada en esta investigación.

Estudios recientes han mostrado el HIIT como una herramienta interesante para la prevención de la hipoglucemia post-ejercicio y nocturna, especialmente, si se desarrolla a primeras horas de la mañana (Farinha et al., 2017, 2018; Jacobs & Reddy, 2020; Tonoli et al., 2012, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

#### C) Disfrute del ejercicio

El HIIT ha evidenciado ser un Marco teórico 54 método de entrenamiento que genera mayor disfrute en personas sedentarias frente a sistemas de

entrenamiento convencionales de moderada intensidad y larga duración (Batrakoulis et al., 2019; Heisz et al., 2016; Thum et al., 2017, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

El disfrute y la motivación autodeterminada están altamente correlacionadas con la adherencia al ejercicio (Heinrich et al., 2014; Oliveira et al., 2018; Vella et al., 2017, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

#### D) Motivación hacia el ejercicio físico

El HIIT ha demostrado causar un incremento en la motivación autodeterminada en determinadas poblaciones sin patologías (D. M. Y. Brown et al., 2016; Burn & Niven, 2019, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

El disfrute y la motivación autodeterminada están altamente correlacionadas con la adherencia al ejercicio (Heinrich et al., 2014; Oliveira et al., 2018; Vella et al., 2017, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Objetivo**

Analizar los beneficios del HIIT para el control de la glucemia y la mejora de marcadores de riesgo cardiovascular, funcionales y psicológicos en personas con diabetes tipo 1

#### **3.2. Estrategias de búsqueda**

Los buscadores utilizados han sido “Biblioteca Cochrane” y “Pubmed”. Los términos de búsqueda utilizados han sido: “type 1 diabetes”, “HIIT”, “high-intensity”, “interval training”, “interval training”, “intermittent high-intensity”, “high-intensity training”, “high-intensity interval”.

Se emplearon “AND” y “OR” para unir en la búsqueda los anteriores términos mencionados (Ejemplo: “type 1 diabetes” AND “HIIT”). Se utilizó en inglés debido a que la gran mayoría de información se encuentra disponible en este idioma.

### **3.3. Criterios de inclusión**

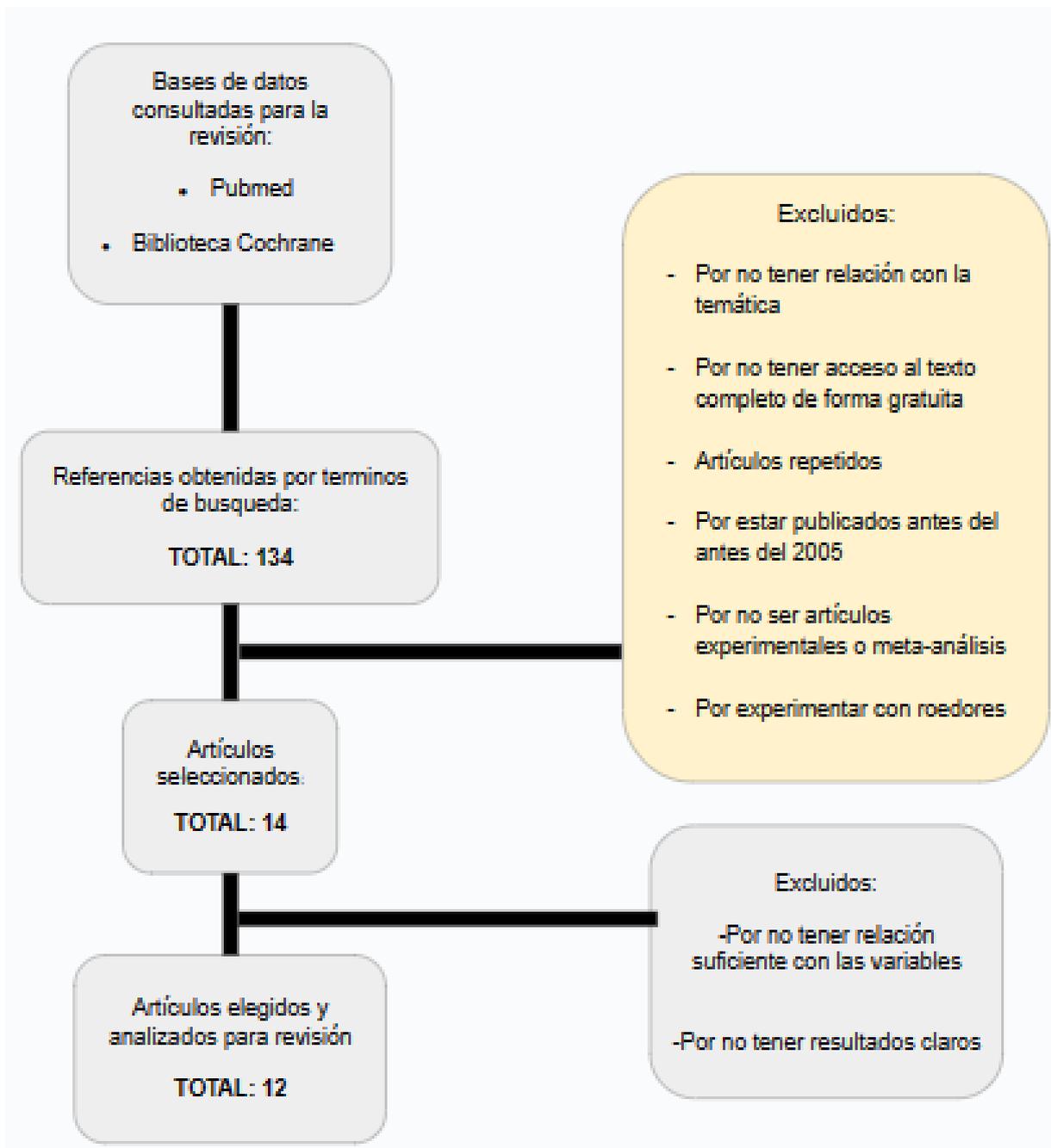
1. Artículos experimentales o meta-análisis.
2. Artículos con una población diabética tipo 1 sin contraindicaciones para la práctica de ejercicio.
3. Artículos que no hablan de los efectos del ejercicio en las complicaciones específicas de la diabetes.
4. Artículos no anteriores al año 2005.

### **3.4 Criterios de exclusión**

1. Artículos en los que se haya experimentado con roedores.
2. Artículos en los que no pudiera acceder al texto completo (o bien por no ser libres o bien por no tener acceso posibilidad de acceso institucional a través de unizar).
3. Artículos sin resultados claros.

### **3.5. Diagrama de flujo**

***Figura 1: Diagrama de flujo***



#### 4. RESULTADOS

**Tabla 1: Tabla de resultados**

Características de los sujetos				Características de la intervención			Resultados destacables	
Estudio	Muestra (edad)	Duración de la diabetes (años)	Otras características	Protocolo HIIT	Intensidad	Duración	Agudos	Crónicos
(Kym J. Guelfi et al., 2005).	N=7 (21,6±4,0)	8,6±5,0	IMC=24,7±3,5; Activos; VO <sub>2</sub> máx =39,3±7,4ml/min/ kg	HIIT: Sprint máximo de 4" cada 2',30'totale s. MICT: 30'	HIIT: "all out"/40% VO <sub>2</sub> máx MICT: 40% VO <sub>2</sub> máx	Una sesión de cada protocolo separada por 1 semana	La caída de la glucemia en HIIT fue menor que en MICT	No analizados
(Iscoe &	N=11	15,6±5,6	Activos;	MICT: 45' ;	MICT: 55%	Una sesión	La caída de	No

Riddell, 2011).	(35,1±3,5)		VO2máx =42,4±1,6m l/min/ kg. Sin comorbilidades	HIIT: 9x15" separados por 5 minutos de descanso activo	VO2máx; HIIT: 100% VO2máx descanso activo al 50% VO2máx	de cada protocolo separada por 1-4 semanas	la glucemia nocturna en HIIT fue menor que en MICT	analizados
(Bally et al., 2016).	N=12 (26,2±3,9)	14,2±6,2	IMC=25,2±3,4 Activos VO2máx =47,9±10,2 ml/min/kg	HIIT: Sprint máximo de 10" cada 10', 90'totales. MICT: 90'	HIIT: "all out"/50% VO2máx MICT: 50% VO2máx	Una sesión de cada protocolo separada por 2-4 semanas	La caída de la glucemia en HIIT fue menor que en MICT	No analizados
(Scott et al., 2018).	Grupo HIIT: N=7 (29±3)	HIIT: 13±3 MICT: 9±2	IMC: 29±1,2 5	HIIT: 6x1' (cicloergóm	HIIT: 100% VO2	3 sesiones/se	Estabilidad en la	VO2máx ↑ 14% HIIT;

	Grupo MICT: 7 (29±5)		hombres/2 mujeres por grupo Sedentario s; sin comorbilida d	etro)/1'; ↑2 intervalos cada 2 semanas; Grupo MICT: 30'; ↑10' cada 2 semanas	pico/50W MICT: 65% VO2 pico	mana ;6 semanas	glucemia en HIIT; caídas significativa s de glucemia en MICT	15% MICT
(Scott, Shepherd, Andrews, et al., 2019).	N=11 (30±3 años)	10±2	IMC=27,3± 1,6 Sedentario s	6x1' (30" star jumps+30" burpees)/1' ; ↑2 intervalos cada 2	>80%FCmá x/ descanso pasivo	3 sesiones/se mana; 6 semanas	No se dieron casos de hipoglucem ia; 2% hipergluce mias	VO2máx ↑ 7%; Insulina necesaria ↓13%

				semanas				
(Scott, Cocks, et al., 2019).	N=14 (26±3)	8,2±1,4	IMC=27,6±1,3 Sedentarios VO2máx=30,8±2,2ml/min/kg	HIIT: 6x1' / 1', MICT: 30'	HIIT: 100% VO2máx/50W MICT: 65% VO2máx	Una sesión de cada protocolo separada por 48h	No hay mayor riesgo de hipoglucemia durante 24 horas o el periodo nocturno tras HIIT: 6x1' / 1'; MICT: 30' en ayuno nocturno	No analizados
(Boff et al.,	Grupo HIIT:	HIIT:	IMC; HIIT:	HIIT: Fase	HIIT: Fase	3	No	HIIT ↑

2019).	N=9 (26,1±7,8) Grupo MICT: 9 (23,7±5,8) Grupo CON: 9 (20,8±2,6)	9.1±2.9 MICT:10.4± 2.8 CON: 9.7±2.7	23.2±2.4; MICT: 24.1±2.0 CON: 22.7±2.6 Sedentario s; sin comorbilida d	1: 20' (cicloergóm etro); Fase 2: 3x1'5' Fase 3: 6 x 1'4' MICT: 20',↑10' cada fase (cada 2-3 semanas)	1:50% FCmáx Fase 2: 80% FCmáx/50 % FCmáx Fase 3: 85% FCmáx/50 % FCmáx MICT: 50%, 60%, 65% FCmáx en cada fase	sesiones/se mana; 8 semanas	analizados	función endotelial 5,5%; VO2máx ↑ 6,8% HIIT; 3,2% MICT
(A. Lee et	Grupo HIIT:	HIIT:	Sedentario	HIIT:	HIIT: 85- 95	3	No	Sin

al., 2020).	N=10 (45,5±10); Grupo control: N=12 (46,1±10,5)	15,8±12,2 Control: 22,5±10	s; sin comorbilida des; con sobrepeso	4x4´/3´(cicl oergómetro o cinta)	FCmáx/50- 75 FCmáx	sesiones/se mana; 12 semanas	analizados	cambios en composició n corporal; ↓HbA1c 8,9%
(Alarcón-G ómez, Chulvi-Med rano et al., 2021).	N: (37 ± 6,5 años) Grupo HIIT: N= 11 Grupo control: N=8	N: > 4 años	Sedentario s; HbA1C < 10%; Sin comorbilida des; no fuman;	HIIT:  Semanas 1 y 2: 12x30"/1´  S: 3 y 4: 16x30"/1´	HIIT: 85% VO2max/ 40% VO2max	3 sesiones semana; 6 semanas	No analizas	(CVRS): (Funcionam iento físico FP ↑ 1,9%; Limitacione s físicas de roles PR↑80,3%; Salud

			no medicamen tos que alteren FC; sin sobrepeso u obesidad; no cirugía mayor	S: 5 y 6: 20x30"/1' (cicloergôm etro)				general HG↑16,6%; Funcionami ento social SF 34,1%) Calidad del sueño (↑21%); Motivación intrínseca por ejercicio (↑ 13%); Disfrute por ejercicio
--	--	--	---	--	--	--	--	--

								(↑7%)
(Alarcón-Gómez, Calatayud et al., 2021)	Grupo HIIT: N=11 (38 ± 5,5 ); Grupo control: N=8 (35 ± 8,2 años)	N: > 4 años	Sedentarios;  HbA1C < 10%; Sin diagnóstico de enfermedad cardiovascular; no fuman; no	HIIT:  Semanas 1 y 2: 12x30"/1'  S: 3 y 4: 16x30"/1'  S: 5 y 6: 20x30"/1' (cicloergómetro)	HIIT: 85% VO2max/ 40% VO2max	3 sesiones semana; 6 semanas	No analizados	VO2max (↑8,9%)  Masa libre de grasa (↑3,4%) Masa grasa (↓6,4%) (VFC) aumentó. Glucosa en ayunas (↓7,8%) Programa

			medicamentos que alteren FC; sin sobrepeso u obesidad; no cirugía mayor					HIIT seguro.
(Lee, Johnson et al., 2020).	Grupo Intervención (en fase 2 HIIT sin supervisión): N=12 (40,5 ±	HIIT: 15,8 ± 12,2 años Control: 22,5 ± 10,0 años	Sedentarios; HbA1c entre 7,5 y 10,5%; IMC ≥25 kg/m <sup>2</sup> ;	HIIT: 4x4´/3´(cicloergómetro o cinta)	HIIT: 85- 95 FCmáx/50-70 FCmáx	3 sesiones/semana; 12 semanas	No analizados	HbA1c no mejoró significativamente. Se redujo significativamente

	10,0 años); Grupo control (en fase 2 HIIT): N=15 (46,1 ± 10,5 años)		Sin contraindicación de ejercicio;					mente solo en el grupo con adherencia >50% a la intervención HIIT.
(Alarcon-Gomez, Rivera et al., 2020)	G.Experimental: N=11 (38 ± 5,5 años) G.Control: N=8 (35 ± 8,2 años)	Experimental: (20,5 ± 8,4) Control: (21,1 ± 6,5)	Sedentario; HbA1C < 10% ; Sin comorbilidades conocidas	Semanas 1 y 2: 12x30"/1' S: 3 y 4: 16x30"/1' S: 5 y 6:	HIIT:85 %FCmáx/40 FCmáx	3 sesiones/semana; 6 semanas	No analizados	La velocidad en sentadilla mejoró. Dorsiflexión de tobillo ↑ 10,43% y

			no relacionada con la diabetes; no fuman; no medicamentos que alteren FC; no cirugía mayor planificada	20x30"/1' (cicloergómetro)				un 15,45% en la pierna derecha e izquierda Equilibrio dinámico mejoró
--	--	--	---	----------------------------	--	--	--	--

## 5. DISCUSIÓN

Para la discusión se han categorizado los resultados en aquellos que tienen que ver con factores de riesgo cardiovascular, funcionales o psicológicos. También se ha agrupado aquellos que tienen beneficios para el control de la glucosa en la diabetes.

### A) Factores de riesgo cardiovascular:

#### A1) *VO2max*:

Por lo que vemos tras el análisis de estas investigaciones, el HIIT sí que tiene efecto sobre el aumento del *VO2max* en personas con DM1. Algo que ya sabíamos gracias a autores como (Farinha et al., 2017, 2018, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

Como vemos, cada uno de los 4 artículos analizados encuentra porcentajes de mejora del *VO2max* diferentes, esto es razonable debido a que las muestras y los protocolos difieren unos de otros. Pero como vemos, estos demuestran que el HIIT es una herramienta eficaz para aumentar el *Vo2max* en personas con DM1 sedentarias, con o sin sobrepeso y obesidad, y sin comorbilidades.

Por otra parte, el grupo de investigación de Juliano Farinha, desarrolló un estudio (Farinha et al., 2018) en el que, entre otras cosas, analizaron el cambio en el *VO2máx* en 9 personas con DT1 (físicamente inactivos) tras un periodo de HIIT de 10 semanas (3 entrenamientos por semana), haciendo 10 series de 1 minuto al 90% de la *FCmáx* con descanso activo de 1 minuto (protocolo 1:1), todo realizado en cicloergómetro. La mejora en dicho parámetro fue del 19% aproximadamente.

Esta mejora del 19% es bastante superior a las mejoras que se alcanzaron en los resultados: VO<sub>2</sub>max (↑8,9%) (Alarcón-Gómez, Calatayud et al., 2021), VO<sub>2</sub>máx ↑ 6,8% (Boff et al., 2019), VO<sub>2</sub>máx ↑ 7% (Scott, Shepherd, Andrews, et al., 2019), VO<sub>2</sub>máx ↑ 14% (Scott et al., 2018). Esto puede deberse a que en (Farinha et al., 2018) hubo un mayor volumen total de trabajo de alta intensidad (300 minutos), por lo que el cambio en el VO<sub>2</sub>max podría relacionarse con diferencias en la carga total de entrenamiento.

En contraposición encontramos que en uno de los estudios incluidos en los resultados, (A. Lee et al., 2020), no se dió una mejora del VO<sub>2</sub>max tras un protocolo HIIT de 12 semanas de HIIT (no se refleja este resultado en la tabla de resultados porque la mejora del VO<sub>2</sub>max no fue estadísticamente significativa). Es probable que esto se deba a que parte de los entrenamientos no eran supervisados, lo que puede causar que no se cumplan por parte de los sujetos todos los objetivos del entrenamiento prescrito por los investigadores. No se encontraron estudios que analizaron la validez y/o fiabilidad del dispositivo utilizado en el análisis (Ultima PFX pulmonary function/stress testing system; MGC Diagnostics).

Otro grupo de investigación alemán, ha realizado también dos estudios utilizando HIIT en personas con DT1. En ambos estudios (Minnebeck et al., 2020; Zinn et al., 2020) la mitad de los participantes tenían sobrepeso y la otra mitad no, aunque debido a muertes experimentales y pequeños cambios en la muestra el análisis del total de sujetos fue diferente (22 y 20 sujetos respectivamente). Los investigadores aplicaron un protocolo de 4 semanas (2 sesiones por semana), en el que cada entrenamiento consistía en 4x1 minuto a

intensidad “all out”, intercalado de 1 minuto de descanso pasivo, las dos primeras semanas, subiendo a 6 series de trabajo las dos últimas semanas. En dichos estudios analizaron variables diferentes. La mejora en fitness cardiorrespiratorio la asociaron al incremento en la PPO (7,5% aproximadamente en ambos estudios). Aunque no mostraron datos de VO<sub>2</sub>max directamente, los resultados de la potencia sugieren mejoras en la condición física aeróbica, lo cual va en línea con los resultados obtenidos en este trabajo.

Esto indica que HIIT es una herramienta eficaz para mejorar consumo máximo de oxígeno, un factor fundamental en la prevención de accidentes cardiovasculares en los seres humanos en general (Ito, 2019, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).) y en poblaciones de riesgo como las personas con DT1 en particular (Loprinzi & Pariser, 2013; Rissanen et al., 2015, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021) y que corroboramos en nuestra revisión.

### ***A2) Composición corporal:***

En los resultados encontramos dos investigaciones con resultados sobre la composición corporal.

Uno de ellos es (A. Lee et al., 2020), el cual no encontró cambios en la composición corporal en personas con DM1 sedentarias, sin comorbilidad y con sobrepeso. En este caso el protocolo duró 3 sesiones/semana; 12 semanas. Y se caracterizó por un protocolo HIIT: 4x4’/3’(cicloergómetro o cinta), a una intensidad del 85- 95 FC<sub>máx</sub>/50-75 FC<sub>máx</sub>.

El otro estudio con resultados sobre la composición corporal fue (Alarcón-Gómez, Calatayud et al., 2021), que tras su protocolo HIIT en personas con DM1 sedentarios, sin enfermedad cardiovascular y sin sobrepeso

u obesidad la masa libre de grasa aumentó un 3,4% y la masa grasa disminuyó en un 6,4%.

La duración del protocolo fue de 3 sesiones semana; 6 semanas. El protocolo HIIT que se hizo con cicloergómetro consistió en semanas 1 y 2: 12x30"/1'; semanas 3 y 4: 16x30"/1'; semanas: 5 y 6: 20x30"/1'. Con la siguiente intensidad: 85% VO<sub>2</sub>max/ 40% VO<sub>2</sub>max.

La diferencia entre los resultados de estos dos estudios puede deberse a múltiples factores, ya que no son investigaciones homogéneas.

Encontramos en consonancia con el aumento del 3,4% de masa libre de grasa (Alarcón-Gómez, Calatayud et al., 2021), que en (Farinha et al., 2018) se alcanzó un aumento del 3,3% de masa libre de grasa. Sin embargo en (Farinha et al., 2018) tan solo se dio una disminución del 0,8% de la masa grasa, algo que está lejos del 6,5% que se dio en (Alarcón-Gómez, Calatayud et al., 2021).

Esta discrepancia es posible que se deban a hábitos nutricionales y el nivel de grasa inicial de los participantes ya que el método de medición que utilizó (Farinha et al., 2018) fue el de cinco componentes, siguiendo las directrices de la Sociedad Internacional de Cineantropometría avanzada, el cual, del mismo modo que el protocolo de medición con la Tanita MC780MA que se utilizó en (Alarcón-Gómez, Calatayud et al., 2021), tiene alta validez y fiabilidad (Verney et al., 2015).

Los mecanismos que se asociaron al cambio en la composición corporal se relacionaron con la reducción en la producción de productos finales de glicación avanzada, relacionados con procesos inflamatorios y oxidativos.

En contraposición encontramos en los resultados de la revisión que en (A. Lee et al., 2020) no se mostraron cambios en la composición corporal de los participantes, analizado con densitometría, DXA (Hologic, Bedford, MA).

En concordancia con la no evidencia de cambios en la composición corporal tras el HIIT de este estudio encontramos que en (Minnebeck et al., 2020; Zinn et al., 2020) tampoco se encuentran diferencias significativas en la composición corporal (ni en la masa grasa ni en la masa libre de grasa) obteniendo los datos con bioimpedancia eléctrica (InBody 770, InBody, Cerritos, CA)

Estos resultados difieren de los obtenidos en los estudios de (Alarcón-Gómez, Calatayud et al., 2021) y (Farinha et al., 2018). Los autores de los estudios no expresaron sus hipótesis acerca del por qué de estos resultados, a pesar de ser interesantes, ya que era de esperar que en población sedentaria se modificara la composición corporal tras un programa de entrenamiento.

Es posible que estos resultados se deban a programas de entrenamientos poco eficaces en este sentido (bajo volumen de trabajo o entrenamientos no supervisados), a un control de la dieta inadecuado o a las propias características de los sujetos (sobrepeso).

Nuestra revisión se inclina hacia que el HIIT, aparte de prevenir hipoglucemias, tiene tendencia a mejorar la composición corporal de las personas con DM1 que lo practican

### ***A3) Variabilidad de la FC:***

Solo en (Alarcón-Gómez, Calatayud et al., 2021) se han encontrado resultados sobre la variabilidad de la FC. La variabilidad de la FC (VFC) mejoró debido a :  
↑ activación parasimpática a través de RMSSD (17,2%) y la relación LF / HF (42,3%) lo que puede reducir el riesgo cardiovascular.

Según una investigación previa (Kubota et al., 2017), las personas con más de, aproximadamente, 30 ms en rMSSD tienen un menor riesgo cardiovascular entre los 45 y los 85 años que las personas por debajo de ese valor, y cuanto más alto, menor riesgo (siempre dentro de un intervalo). Del mismo modo, en dicho estudio se muestra que el ratio LF/HF es inversamente proporcional al riesgo cardiovascular en el mencionado rango de edad. Según esos datos, los presentes resultados indicarían que las personas que han entrenado han reducido, aunque modestamente, su riesgo cardiovascular. En este estudio la población no tenía diabetes, pero no se han encontrado más estudios sobre este parámetro en diabetes tipo 1 y HIIT.

#### **A4) Glucosa en ayunas:**

Solo en (Alarcón-Gómez, Calatayud et al., 2021) se han encontrado resultados sobre la glucosa en ayunas, la cual disminuyó un 7,8% tras un protocolo HIIT que duró 3 sesiones semana; 6 semanas.

En la investigación, anteriormente descrita, del grupo de investigación de Juliano Farinha (Farinha et al., 2018), observaron una reducción de la glucemia en ayunas del 7,5% ( $p < 0,05$ ). Dato similar al obtenido en el estudio analizado en los resultados, (Alarcón-Gómez, Calatayud et al., 2021), el cual fue un 7,8%. Pese a que en (Farinha et al., 2018) se encuentran resultados similares, este tiene un protocolo de 4 semanas más corto, y menos intenso (tipo 1:2). Estos resultados pueden haberse distorsionado debido a que los participantes registraron sus niveles de glucosa en ayunos con sus propios dispositivos de medición de glucosa, mientras que en (Alarcón-Gómez, Calatayud et al., 2021)

obtuvieron mediante procesos químicos el dato de cada participante del nivel de glucemia con el que hicieron el análisis estadístico.

La reducción de la glucemia en ayunas, podría estar relacionada con la mejora en la sensibilidad a la insulina por parte del músculo esquelético y del hígado debido a la generación de transportadores GLUT-4 y mitocondrias causado por el entrenamiento. Al producirse esta mejora en la entrada de glucosa en los músculos (para generar energía) y el hígado (para almacenarla), las concentraciones de glucosa en sangre se reducen (Cassidy et al., 2017). Esto es, posiblemente, lo que ocurriese en el organismo de los participantes de este estudio para la consecución de la reducción de glucemia en ayunas.

## **B) Factores de riesgo funcionales**

Solo encontramos resultados relacionados con factores de riesgo funcionales en (Alarcon-Gomez, Rivera et al., 2020), en este estudio se mejoraron todos los parámetros estudiados que se relacionaban con la capacidad funcional, los cuales discutiremos a continuación:

### ***B1) Fuerza en miembros inferiores:***

La velocidad en sentadilla mejoró un 11,3%, 9,4% y 10,1% ( $p < 0,05$ ) con el 50%, 60% y 70% de sobrecarga de masa corporal propia respectivamente. (Alarcon-Gomez, Rivera et al., 2020).

No hay mucha literatura que hable de la pérdida de funcionalidad muscular en personas con DT1, pero se sabe que, es en muchos aspectos, similar a la ocurrida en la musculatura de personas mayores, pero desarrollada en personas mucho más jóvenes (Monaco et al., 2019).

Es por ello que para discutir estos resultados analizaremos algunas investigaciones sobre la ganancia de fuerza en personas mayores.

En (Herbert et al., 2017) observaron que un HIIT de 6 series de 30 segundos al 90% de la frecuencia cardiaca de reserva intercalado con 3 minutos de recuperación activa, realizado cada cinco días durante 6 semanas, produce un incremento del 8% en la PPO relativa (determinada con un test incremental)

En cambio, (Bruseghini et al., 2019), no se produjeron mejoras en la fuerza de los miembros inferiores de los sujetos, determinado con un dinamómetro isoinercial (CMSi Cybex Humac Norm Dynamometer, Stoughton, MA, United States). El protocolo consistía en 24 sesiones repartidas en 8 semanas en las que desarrollaban 7 series de 2 minutos al 85-95% VO<sub>2</sub>máx, separadas por descansos activos de 2 minutos al 40% VO<sub>2</sub>máx.

Por tanto, los resultados de este estudio no estarían en relación con los mencionados anteriormente. La diferencia probablemente se deba a que los participantes eran personas físicamente activas, a diferencia de los de las anteriores investigaciones mencionadas y a los sujetos del presente estudio.

En (A. Lee et al., 2020), demostraron que personas con DM1 muestran ganancias de fuerza tras el HIIT, mostrando una mejora del 22,04% ( $p < 0,05$ ).

Es destacable, que a pesar de la congruencia en los resultados en cuanto al aumento de fuerza, que las ganancias de fuerza en este estudio se demostraron mediante la realización del RM mientras que en (Alarcon-Gomez, Rivera et al., 2020) el protocolo se basó en el aumento de la velocidad de ejecución ante una misma carga (determinado por m/s).

**B2) Dorsiflexión de tobillo:**

El rendimiento en la prueba de estocada con soporte de peso indicadora del ROM de dorsiflexión de tobillo (WBLT) aumentó un 10,43% en la extremidad derecha y un 15,45% en la extremidad izquierda.

(Alarcon-Gomez, Rivera et al., 2020)

Estos resultados, corroboran los obtenidos en estudios previamente publicados que observaron que el tobillo adopta una posición más flexionada hacia su zona dorsal con un incremento de la intensidad de pedaleo en cicloergómetro (Bini & Diefenthaler, 2010; Holliday et al., 2019).

No hay estudios previos que analicen la dorsiflexión de tobillo después del HIIT, por lo que no podemos comparar estos resultados con otros anteriores.

La mejora en el rango de movimiento del tobillo tras HIIT es interesante ya que una apropiada dorsiflexión de tobillo es crucial para permitir una correcta funcionalidad física en actividades de la vida diaria (Medeiros & Martini, 2018; Searle et al., 2017) y un factor fundamental en la rehabilitación de la marcha (particularmente en adultos mayores y personas con determinadas patologías) (Embrey et al., 2010). Del mismo modo, un correcto rango de movimiento en la articulación del tobillo previene la aparición de úlceras en los pies en personas con DT1, consecuencia de la rigidez en la movilidad del tobillo (Rao et al., 2006).

La posición de dorsiflexión en el pedaleo, que se ve aumentada con el pedaleo de alta intensidad que caracteriza al HIIT parece la responsable de la mejora de la dorsiflexión en (Alarcon-Gomez, Rivera et al., 2020)

**B3) Equilibrio dinámico:**

Prueba (YBT) para analizar equilibrio dinámico: mostró mejoras en todas las direcciones (extremidad derecha-extremidad izquierda): Anterior (4,3-6,1%), Posteromedial (1,8-5,2%) y Posterolateral (3,4-4,5%) en el grupo HIIT ( $p < 0,05$ ). (Aларcon-Gomez, Rivera et al., 2020)

Un rendimiento bajo en esta prueba (YBT) está asociado a restricciones motoras (Hoch et al., 2011). Los beneficios obtenidos en cuanto al equilibrio puede que se deban a la mejora de la dorsiflexión de tobillo, ya que el rendimiento en las direcciones A y PL del YBT está altamente correlacionado con el rango de movimiento en la dorsiflexión de tobillo (Chimera & Larson, 2020; Hoch et al., 2011; Kang et al., 2015; Suryavanshi et al., 2015).

### **C) Factores de riesgo psicológicos**

Solo encontramos resultados relacionados con factores de riesgo psicológicos en (Alarcón-Gómez, Chulvi-Medrano et al., 2021).

#### ***C1) Calidad de vida relacionada con la salud (CVRS):***

Los parámetros relacionados con la calidad de vida relacionada con la salud fueron: Funcionamiento físico (FP)  $\uparrow$  1,9%; Limitaciones físicas de roles (PR)  $\uparrow$ 80,3%; Salud general (HG)  $\uparrow$ 16,6%; Funcionamiento social (SF) 34,1%. (Alarcón-Gómez, Chulvi-Medrano et al., 2021).

En contraposición tenemos que en (A. Lee et al., 2020; Minnebeck et al., 2020) al analizar la calidad de vida de los participantes con el cuestionario "Diabetes Quality of Life" no mostró diferencias significativas tras la aplicación de su protocolo de 12 semanas de HIIT..

Hay que tener cautela al comparar los estudios debido a falta de estudios previos que analicen el efecto del HIIT en la calidad de vida de personas con DT1 y a las diferencias metodológicas de los ya existentes.

**C2) Calidad del sueño :**

Mejóro un 21% tras el programa HIIT (Alarcón-Gómez, Chulvi-Medrano et al., 2021). Estudios recientes han mostrado el HIIT como una herramienta interesante para la prevención de la hipoglucemia post-ejercicio y nocturna, especialmente, si se desarrolla a primeras horas de la mañana (Farinha et al., 2017, 2018; Jacobs & Reddy, 2020; Tonoli et al., 2012). Esto podría explicar la mejora en la calidad del sueño encontrada en (Alarcón-Gómez, Chulvi-Medrano et al., 2021).

**C3) Motivación intrínseca por ejercicio:**

Aumentó un 13% (Alarcón-Gómez, Chulvi-Medrano et al., 2021). La falta de motivación es una de las barreras más importantes que las personas con DT1 indican para no hacer ejercicio físico (Lascar et al., 2014).

Estos resultados revelan un aumento de la motivación autodeterminada hacia el ejercicio físico, lo que podría ayudar a superar la barrera mencionada por personas con DT1 a través del HIIT.

Puesto que el disfrute y la motivación autodeterminada están altamente correlacionadas con la adherencia al ejercicio (Heinrich et al., 2014; Oliveira et al., 2018; Vella et al., 2017). Los resultados sugieren que un protocolo 1:2 de 6 semanas de HIIT es una estrategia interesante de entrenamiento para incrementar la adherencia al ejercicio en un población con DT1 previamente sedentaria.

**C4) Disfrute por ejercicio:**

Aumentó un 7% (Alarcón-Gómez, Chulvi-Medrano et al., 2021). Como vemos el HIIT fué beneficioso para mejorar parámetros relacionados con el riesgo psicológico de personas con DM1. Además vemos que el HIIT aumentó la

motivación intrínseca y el disfrute por el ejercicio, parámetros que indican que este protocolo mejoró parámetros relacionados con la adherencia al ejercicio.

El estudio más parecido en cuanto a metodología es de Heisz y sus colaboradores, quienes buscaron determinar el efecto de un protocolo de 6 semanas de HIIT sobre el disfrute del ejercicio en personas sedentarias y que consistía en 10 series de 1 minuto al 90-165 95% de la FC<sub>máx</sub> seguido de periodos de 1 minutos de descanso pedaleando a 50 W con ajuste de la carga durante las 6 semanas, resultando en un incremento del 10,7% en la escala PACES, en congruencia con los resultados de esta tesis pero con una magnitud mayor (Heisz et al., 2016).

Es importante señalar que los resultados en el cuestionario inicial son relativamente altos, lo que indica que en los participantes influyen más otras razones para no hacer ejercicio de manera regular que el propio disfrute de practicarlo. Se hipotetizó que el miedo a las hipoglucemias o a eventos adversos a consecuencia de la regulación glucémica junto con la falta de tiempo, destacan entre las razones por las que estas personas no hacen ejercicio regularmente. (Alarcón-Gómez, Chulvi-Medrano et al., 2021).

#### **D) Beneficios en el control de la glucosa en la diabetes tipos 1**

##### ***D1) Glucemia en HIIT:***

Tenemos que (Kym J. Guelfi et al., 2005) y (Bally et al., 2016), concluyen que hay caída de la glucosa en sangre durante el HIIT, aunque es menor que durante el ejercicio continuo de moderada intensidad. Por lo que HIIT tiene mayor capacidad de producir hipoglucemia que el ejercicio continuo de moderada intensidad.

Sin embargo, (Scott et al., 2018) y (Scott, Shepherd, Andrews, et al., 2019)

concluyen que la glucosa en sangre durante el HIIT se mantiene estable. Por lo que HIIT es una forma de ejercicio potencial para prevenir hipoglucemia en pacientes con DM1.

Estos resultados contemplan a HIIT como una herramienta de ejercicio potencial para prevenir hipoglucemias, esto concuerda con las conclusiones de otros estudios como (Farinha et al., 2017; Gallen, 2014; Yardley & Sigal, 2015, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021). Estos afirman que el HIIT desencadena unas respuestas fisiológicas que constituirán un mecanismo de regulación de la glucemia en sangre durante y después del ejercicio físico, gracias a estos mecanismos, el HIIT constituye una forma de ejercicio seguro y que reduce la aparición de hipoglucemia, siendo más beneficioso que el ejercicio aeróbico de moderada intensidad (Farinha et al., 2017; Gallen, 2014; Yardley & Sigal, 2015, como se citó en Alarcón-Gomez, 2021).

Otros de los resultados de la revisión concuerdan con los autores anteriores, asegurando que que la glucemia se mantuvo estable durante la hora siguiente al ejercicio (Kym J. Guelfi et al., 2005) y (Scott, Shepherd, Andrews, et al., 2019). Gracias a (Scott, Cocks, et al., 2019) podemos saber que haciendo el HIIT en ayunas los niveles de glucemia no se vieron afectados durante 24 horas o el periodo nocturno. Además según (Scott et al., 2018) los niveles de glucosa tampoco se vieron afectados en el estado de alimentación durante 24 horas.

Tras el análisis y discusión de estos estudios podemos afirmar que en general HIIT no provoca fluctuaciones en los niveles de glucosa en sangre significativamente peligros en personas con diabetes tipo 1; es más, la glucosa

tiende a ser estable durante el ejercicio e incluso 24 horas después de este.

### ***D2) Insulina necesaria:***

El único estudio que nos ofrece resultados sobre la reducción de la cantidad de insulina necesaria es (Scott, Shepherd, Andrews, et al., 2019), consiguiendo reducir un 7% la insulina necesaria mediante la realización de HIIT.

No se han encontrado estudios accesibles que hablen sobre la disminución de la dosis de insulina con HIIT

### ***D3) HbA1c:***

La glucemia media durante 3 meses (HbA1c) fue reducida en un 8,9% en (A. Lee et al., 2020) mientras que (Lee, Johnson et al., 2020), determinó que hubo una reducción significativa de HbA1c en el grupo con adherencia >50% a la intervención HIIT. Por lo que parece que practicar HIIT con la suficiente adherencia permite controlar los niveles de HbA1c en DM1.

## 6. CONCLUSIÓN

En base al objetivo de mi artículo “Analizar los beneficios del HIIT para el control de la glucemia y la mejora de marcadores de riesgo cardiovascular, funcionales y psicológicos en personas con diabetes tipo 1” podemos concluir que:

- 1) Durante el HIIT hay menos riesgo de sufrir hipoglucemia que durante el ejercicio continuo de intensidad moderada.
- 2) Durante el HIIT disminuye menos la glucosa en sangre que durante el ejercicio continuo, mostrando algunos autores que los niveles de glucosa permanecen estables durante el ejercicio y hasta 24 horas después.
- 3) Hacer HIIT en ayunas parece mantener los niveles de glucosa estables durante las siguientes 24 horas.
- 4) El HIIT es una herramienta eficaz para mejorar el VO<sub>2</sub>max, composición corporal, la variabilidad de la FC y disminuir la glucosa en ayunas, disminuyendo los riesgos cardiovasculares de esta población.
- 5) El HIIT parece eficaz para aumentar la fuerza en el tren inferior, la dorsiflexión de tobillo y el equilibrio dinámico, que son factores de riesgo funcional.
- 6) La práctica de HIIT puede mejorar la calidad de vida relacionada con la salud, la calidad del sueño, la motivación intrínseca por el ejercicio, y el disfrute por el ejercicio, y por tanto puede mejorar los factores de riesgo psicológicos de esta población factores.

## **7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

- 1) No haber tenido acceso a estudios estadísticos y a más estudios experimentales sobre el tema por ser estos de pago.
- 2) Hay poca bibliografía sobre el tema

## **8. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN**

- 1) Realizar más investigaciones experimentales sobre los beneficios del HIIT para los factores de riesgo psicológico y funcional
- 2) Estudios sobre el HIIT en ayunas
- 3) Estandarizar protocolos HIIT para realizar intervenciones con población diabética con características diferentes (edad, composición corporal, etc)

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón-Gomez, J. A (2021) Efectos del entrenamiento interválico de alta intensidad sobre variables cardiovasculares, funcionales y psicológicas en personas con diabetes tipo 1 [Tesis doctoral, Universidad de Valencia] [Teseo \(educacion.gob.es\)](https://www.teseo.gob.es/)
- Alarcón-Gómez, J., Calatayud, J., Chulvi-Medrano, I., & Martín-Rivera, F. (2021). Effects of a HIIT Protocol on Cardiovascular Risk Factors in a Type 1 Diabetes Mellitus Population. *International journal of environmental research and public health*, 18(3), 1262. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031262>
- Alarcón-Gómez, J., Chulvi-Medrano, I., Martín-Rivera, F., & Calatayud, J. (2021). Effect of High-Intensity Interval Training on Quality of Life, Sleep Quality, Exercise Motivation and Enjoyment in Sedentary People with Type 1 Diabetes Mellitus. *International journal of environmental research and public health*, 18(23), 12612. <https://doi.org/10.3390/ijerph182312612>
- Alarcón-Gómez, J., Martín Rivera, F., Madera, J., & Chulvi-Medrano, I. (2020). Effect of a HIIT protocol on the lower limb muscle power, ankle dorsiflexion and dynamic balance in a sedentary type 1 diabetes mellitus population: a pilot study. *PeerJ*, 8, e10510. <https://doi.org/10.7717/peerj.10510>
- Bally, L., Zueger, T., Buehler, T., Dokumaci, A. S., Speck, C., Pasi, N., Ciller, C., Paganini, D., Feller, K., Loher, H., Rosset, R., Wilhelm, M., Tappy, L., Boesch, C., & Stettler, C. (2016). Metabolic and hormonal response to intermittent high-intensity and continuous

moderate intensity exercise in individuals with type 1 diabetes: a randomised crossover study. *Diabetologia*, 59(4), 776–784.

<https://doi.org/10.1007/s00125-015-3854-7>

Boff, W., Da Silva, A. M., Farinha, J. B., Rodrigues-Krause, J., Reischak-Oliveira, A., Tschiedel, B., Puñales, M., & Bertoluci, M. C. (2019). Superior effects of high-intensity interval vs. moderate-intensity continuous training on endothelial function and cardiorespiratory fitness in patients with type 1 diabetes: A randomized controlled trial. *Frontiers in Physiology*, 10(APR).

<https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00450>

Brennan, M. C., Brown, J. A., Ntoumanis, N., & Leslie, G. D. (2020). Barriers and facilitators of physical activity participation in adults living with type 1 diabetes: A systematic scoping review. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*.

<https://doi.org/10.1139/apnm2020-0461>

Bruseghini, P., Capelli, C., Calabria, E., Rossi, A. P., & Tam, E. (2019). Effects of High-Intensity Interval Training and Isoinertial Training on Leg Extensors Muscle Function, Structure, and Intermuscular Adipose Tissue in Older Adults. *Frontiers in Physiology*, 10, 1260.

<https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01260>

Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013b). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part II: anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 43(10), 927–954.

<https://doi.org/10.1007/s40279-013-0066-5>

- Embrey, D. G., Holtz, S. L., Alon, G., Brandsma, B. A., & McCoy, S. W. (2010). Functional Electrical Stimulation to Dorsiflexors and Plantar Flexors During Gait to Improve Walking in Adults With Chronic Hemiplegia. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 91(5), 687–696. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2009.12.024>
- Farinha, J., Krause, M., Rodrigues-Krause, J., & Reischak-Oliveira, A. (2017). Exercise for type 1 diabetes mellitus management: General considerations and new directions. *Medical Hypotheses*, 104, 147–153. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2017.05.033>
- Farinha, J., Ramis, T. R., Vieira, A. F., Macedo, R. C. O., Rodrigues-Krause, J., Boeno, F. P., Schroeder, H. T., Müller, C. H., Boff, W., Krause, M., De Bittencourt, P. I. H., & ReischakOliveira, A. (2018). Glycemic, inflammatory and oxidative stress responses to different high-intensity training protocols in type 1 diabetes: A randomized clinical trial. *Journal of Diabetes and Its Complications*, 32(12), 1124–1132. <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2018.09.008>
- Fournier, P. A. (2005). The decline in blood glucose levels is less with intermittent high-intensity compared with moderate exercise in individuals with type 1 diabetes. *Diabetes Care*, 28(6), 1289–1294. <https://doi.org/10.2337/diacare.28.6.1289>
- Heisz, J. J., Tejada, M. G. M., Paolucci, E. M., & Muir, C. (2016). Enjoyment for high-intensity interval exercise increases during the first six weeks of training: Implications for promoting exercise

- adherence in sedentary adults. *PLoS ONE*, 11(12).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168534>
- Herbert, P., Hayes, L. D., Sculthorpe, N. F., & Grace, F. M. (2017). HIIT produces increases in muscle power and free testosterone in male masters athletes. *Endocrine Connections*, 6(7), 430–436.  
<https://doi.org/10.1530/EC-17-0159>
- Iscoe, K. E., & Riddell, M. C. (2011). Continuous moderate-intensity exercise with or without intermittent high-intensity work: Effects on acute and late glycaemia in athletes with Type1 diabetes mellitus. *Diabetic Medicine*, 28(7), 824–832.  
<https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2011.03274.x>
- Lascar, N., Kennedy, A., Hancock, B., Jenkins, D., Andrews, R. C., Greenfield, S., & Narendran, P. (2014). Attitudes and barriers to exercise in adults with type 1 diabetes (T1DM) and how best to address them: a qualitative study. *PloS One*, 9(9), e108019.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108019>
- Lee, A. S., Johnson, N. A., McGill, M. J., Overland, J., Luo, C., Baker, C. J., Martinez-Huenchullan, S., Wong, J., Flack, J. R., & Twigg, S. M. (2020). Effect of High-Intensity Interval Training on Glycemic Control in Adults With Type 1 Diabetes and Overweight or Obesity: A Randomized Controlled Trial With Partial Crossover. *Diabetes care*, 43(9), 2281–2288.  
<https://doi.org/10.2337/dc20-0342>
- Lee, A., Johnson, N., McGill, M., Overland, J., Luo, C., Baker, C., Martinez-Huenchullan, S., Wong, J., Flack, J., & Twigg, S. (2020).

- Effect of High-Intensity Interval Training on Glycemic Control in Adults With Type 1 Diabetes and Overweight or Obesity: A Randomized Controlled Trial With Partial Crossover. *Diabetes Care*, 43(9), dc200342. <https://doi.org/10.2337/dc20-0342>
- Medeiros, D. M., & Martini, T. F. (2018). Chronic effect of different types of stretching on ankle dorsiflexion range of motion: Systematic review and meta-analysis. In *Foot* (Vol. 34, pp. 28–35). Churchill Livingstone. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2017.09.006>
- Minnebeck, K., Vorona, E., Zinn, S., Gellner, R., Hinder, J., Brand, S.-M., Kabar, I., Alten, F., & Schmitz, B. (2020). Four weeks of high-intensity interval training (HIIT) improve the cardiometabolic risk profile of overweight patients with type 1 diabetes mellitus (T1DM). *European Journal of Sport Science*, 1–24. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1810782>
- Monaco, C. M. F., Gingrich, M. A., & Hawke, T. J. (2019). Considering Type 1 Diabetes as a Form of Accelerated Muscle Aging. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 47(2), 98–107. <https://doi.org/10.1249/JES.000000000000184>
- Rao, S. R., Saltzman, C. L., Wilken, J., & Yak, H. J. (2006). Increased passive ankle stiffness and reduced dorsiflexion range of motion in individuals with diabetes mellitus. *Foot and Ankle International*, 27(8), 617–622. <https://doi.org/10.1177/107110070602700809>
- Scott, S. N., Cocks, M., Andrews, R. C., Narendran, P., Purewal, T. S., Cuthbertson, D. J., Wagenmakers, A. J. M., & Shepherd, S. O. (2018). High-Intensity Interval Training Improves Aerobic Capacity

Without a Detrimental Decline in Blood Glucose in People with Type 1 Diabetes. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 104(2), 604–612.

<https://doi.org/10.1210/jc.2018-01309>

Scott, S. N., Cocks, M., Andrews, R. C., Narendran, P., Purewal, T. S., Cuthbertson, D. J., Wagenmakers, A. J. M., & Shepherd, S. O. (2019). Fasted high-intensity interval and moderate-intensity exercise do not lead to detrimental 24-hour blood glucose profiles. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 104(1), 111–117. <https://doi.org/10.1210/jc.2018-01308>

Scott, S. N., Shepherd, S. O., Andrews, R. C., Narendran, P., Purewal, T. S., Kinnafick, F., Cuthbertson, D. J., Atkinson-Goulding, S., Noon, T., Wagenmakers, A. J. M., & Cocks, M. (2019). A Multidisciplinary Evaluation of a Virtually Supervised Home-Based HighIntensity Interval Training Intervention in People With Type 1 Diabetes. *Diabetes Care*, dc190871. <https://doi.org/10.2337/dc19-0871>

Searle, A., Spink, M. J., Ho, A., & Chuter, V. H. (2017). Association between ankle equinus and plantar pressures in people with diabetes. A systematic review and meta-analysis. In *Clinical Biomechanics* (Vol. 43, pp. 8–14). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2017.01.021>

Zinn, S., Nelis, P., Minnebeck, K., Hinder, J., Eter, N., Brand, S.-M., Gellner, R., Vorona, E., Alten, F., & Schmitz, B. (2020). Effect of high-intensity interval training in patients with type 1 diabetes on physical fitness and retinal microvascular perfusion determined by

optical coherence tomography angiography. Microvascular  
Research, 132, 104057. <https://doi.org/10.1016/j.mvr.2020.104057>