

Ejercicio físico y diabetes mellitus tipo 1: Una revisión narrativa

Physical exercise and type 1 diabetes mellitus: An narrative review

Cesar Corvos-Hidalgo, José Melendez-Gallardo, Enrique Pintos-Toledo, Adriana Silveira, Franco Souza-Marabotto
Universidad de la República (Uruguay)

Resumen. La diabetes está considerada un problema de salud pública en aumento, relacionada con la posibilidad de desarrollar enfermedad cardiovascular y otras enfermedades derivadas. Por otro lado, el ejercicio físico representa un excelente tratamiento no farmacológico para personas con esta patología. Este artículo tiene como objetivo analizar la evidencia más reciente sobre los efectos del ejercicio aeróbico, del ejercicio resistido y el ejercicio intermitente de alta intensidad sobre distintas variables de salud en adultos diabéticos tipo 1. De este modo se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos PubMed y SPORTDiscus, obteniendo un total de 321 artículos, al aplicar los criterios de inclusión y exclusión quedan seleccionados 10 artículos. Con respecto al ejercicio aeróbico (EA), se puede realizar, pero con más cuidado y vigilancia en comparación con otra actividad más intensa, así como estar atento a los niveles de glucemia antes, durante y después de éste, e incluso después de pasadas algunas horas, a pesar de algunos resultados contradictorios, se muestra una tendencia más marcada a la hipoglucemia, lo positivo es que se ha evidenciado un aumento del $VO_{2\text{máx}}$. En relación al ejercicio resistido y el HIIT, la mayoría de los hallazgos muestran efectos positivos en el control glucémico y los niveles de HbA1c, incluido el aumento de la aptitud aeróbica, la fuerza muscular, así como la prevención de patologías relacionadas y derivadas de la diabetes mellitus.

Palabras claves: Diabetes Mellitus Tipo 1, ejercicio físico, factores de riesgo.

Abstract. Diabetes is considered a growing public health problem, related to the possibility of developing cardiovascular disease and other derived diseases. On the other hand, physical exercise represents an excellent non-pharmacological treatment for people with this pathology. The aim of this article is to analyze the most recent evidence on the effects of aerobic exercise, resisted exercise and high-intensity intermittent exercise on different health variables in type 1 diabetic adults. Thus, a bibliographic search was carried out in the PubMed and SPORTDiscus databases, obtaining a total of 321 articles; after applying the inclusion and exclusion criteria, 10 articles were selected. With respect to aerobic exercise (AE), it can be performed, but with more care and vigilance compared to other more intense activity, as well as being attentive to blood glucose levels before, during and after it, and even after some hours have passed, despite some contradictory results, it shows a more marked tendency to hypoglycemia, the positive thing is that an increase in $VO_{2\text{max}}$ has been evidenced. In relation to resisted exercise and HIIT, most findings show positive effects on glycemic control and HbA1c levels, including increased aerobic fitness, muscle strength, as well as prevention of pathologies related to and derived from diabetes mellitus.

Key words: Type 1 diabetes mellitus, physical exercise, risk factors.

Fecha recepción: 12-04-23. Fecha de aceptación: 07-09-23

Cesar Corvos-Hidalgo
cesaraugustoch@yahoo.com

Introducción

La diabetes mellitus (DM), es una afección crónica que se presenta cuando se mantienen niveles elevados de glucosa en sangre, debido a que el organismo no sintetiza insulina (Diabetes Mellitus Tipo 1 – DMT1) o no puede utilizar eficazmente esta hormona (Diabetes Mellitus Tipo 2) (Lu & Zhao, 2020). En este orden de ideas, la insulina representa la principal señal endocrina anabólica que cumple un rol muy importante en el metabolismo de los carbohidratos, los lípidos y las proteínas, ésta hormona aumenta la captación de glucosa celular, estimula la glucólisis y promueve la síntesis de glucógeno hepático y muscular, triglicéridos adiposos y proteína del músculo esquelético, a la vez que previene su degradación (Baumgard et al., 2016).

La DMT1 es causada por múltiples factores ambientales y genéticos que desencadenan un proceso autoinmune, donde el sistema inmunitario ataca a las células beta de los islotes de Langerhans del páncreas, las cuales son las encargadas de sintetizar la hormona insulina, como resultado, se compromete la síntesis de esta hormona llegando a ser muy baja o simplemente inexistente (Chen et al., 2022), los síntomas clínicos más comunes comprenden la presencia de polidipsia, poliuria, polifagia, referida a sed

excesiva, episodios de micción de manera recurrente y hambre excesiva respectivamente, así como debilidad general o fatiga, visión borrosa y cetoacidosis.

La prevalencia de DM es una de las mayores preocupaciones de salud pública mundial del siglo XXI, varios estudios reportan entre el 5.6 y el 20.4% según la región, con una inminente tendencia de incremento a nivel global. En el caso específico de América Latina se estimó una prevalencia cercana al 10% para el año 2021 (International Diabetes Federation, 2021). Al tiempo que la creciente incidencia mundial de la DMT1 se espera que aumente en un 50% en 20 años y alcanzar los 55 millones en 2030 (Lu & Zhao, 2020). La DM en sí, representa un factor de riesgo de desarrollar otras enfermedades como la enfermedad cerebrovascular, cardiopatía isquémica, retinopatía, insuficiencia cardíaca e insuficiencia renal (Castellanos y Cobo, 2023).

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la DMT1 es una enfermedad autoinmune en la que se produce una deficiencia de la insulina por la destrucción de las células beta, teniendo como consecuencia un incremento en el nivel de glucemia en sangre (hiperglucemia). La hiperglucemia prolongada conlleva a la generación de productos de glicación avanzada y un estrés oxidativo

incontrolado (Brownlee, 2005), que tienen un efecto perjudicial sobre la función mitocondrial y el metabolismo de los aminoácidos en miocitos y neuronas del sistema nervioso central y periférico (Zhao et al., 2018; Krause et al., 2011). Por lo tanto, la glucemia elevada de manera crónica es un importante factor de riesgo de disfunción cognitiva (Díaz-Venegas et al., 2017), así como de empeoramiento sobre el sistema neuromuscular debido precisamente al catabolismo inducido por la hiperglucemia descontrolada (Chulvi y Solà, 2010). Los pacientes con DMT1 suelen presentar atrofia muscular y disminuida fuerza muscular, neuropatía, problemas cognitivos y de comportamiento (Tonoli et al., 2015) En consecuencia, mantener la glucemia y la hemoglobina glucosilada (HbA1c) cerca del nivel recomendado (glucemia preprandial 80-130 mg/dl, glucemia postprandial < 180 mg/dl y HbA1c < 7,0%) es uno de los principales objetivos del tratamiento y la gestión a largo plazo de ésta enfermedad (Kahanovitz et al., 2017; American Diabetes Association, 2017).

De la misma manera, un gran porcentaje de sujetos con DMT1 presentan un comportamiento sedentario, principalmente, por miedo a la hipoglucemia post-ejercicio y falta de tiempo (Alarcón-Gómez et al., 2021), así, una terapia de insulina suficiente y el ejercicio bien planificado representan parte integral del tratamiento y la prevención de las complicaciones relacionadas con la DMT1 (American Diabetes Association, 2017; Rowan et al., 2017). Además de que el ejercicio físico es considerado fundamental en el tratamiento de primera línea de varias patologías, inclusive enfermedades que no involucran disfunción del aparato locomotor, como las oncológicas, problemas cardiorrespiratorios, y DMT1 y tipo 2 (Pedersen & Saltin, 2015).

Esté artículo presenta una *revisión narrativa* sobre los efectos del ejercicio aeróbico, el ejercicio interválico de alta intensidad y el ejercicio resistido sobre parámetros de salud cardiovascular, control glucémico y HbA1c en individuos con DMT1.

Métodos

Se emplearon las bases de datos PubMed y SPORTDiscus, para la cual se introdujeron los términos MeSH y operadores booleanos siguientes:

PubMed: "*aerobic training*" OR "*aerobic exercise*" AND "*type 1 diabetes*": se encontraron 162 resultados, al aplicar los filtros, rango de año desde 2017 a 2022 y ensayos clínicos, quedaron 25 resultados la cual fueron **seleccionados 2 artículos**. Excluidos: Referido al sueño: 1; Aplicado bajo condiciones especiales (hipoxia): 1; con duración < 3 semanas: 18; aplicado en niños y/o adolescentes: 3.

PubMed: "*resistance training*" OR "*strength training*" "*resistance exercise*" AND "*type 1 diabetes*": se obtuvo 32 resultados, al aplicar los filtros, rango de fecha de 2017 a

2022 y ensayos clínicos, quedaron 5 resultados la cual fue **seleccionado 1 artículo**, más un estudio encontrado como *artículo relacionado*. Excluidos: Duración < 3 semanas: 4.

PubMed: *high-intensity interval training (HIIT) AND type 1 diabetes mellitus*: se encontraron 46 resultados, aplicando el filtro de 2017 a 2022 y ensayos clínicos quedan 14 resultados las cuales fueron **seleccionados 5 artículos**. Excluidos: HIIT con duración < 3 semanas: 9.

Por su parte, para la búsqueda en SPORTDiscus:

SPORTDiscus: "*aerobic training*" OR "*aerobic exercise*" AND *type 1 diabetes mellitus OR type 1 diabetes OR t1dm*: 35 artículos encontrados, al aplicar el filtro de 2017 al 2022 quedaron 11 artículos, **no fue seleccionado ninguno** por no cumplir los criterios de inclusión. Excluidos: Aplicado en animales de laboratorio: 1; con duración < 3 semanas: 4; aplicado bajo condiciones ambientales específicas (calor): 1; aplicado en niños y/o adolescentes: 1; sin control de glucosa ni HbA1c: 1; revisión, revisión sistemática y/o metaanálisis: 2; aplicado en adulto mayor: 1.

SPORTDiscus: *resistance training or strength training or weight training or resistance exercise AND type 1 diabetes mellitus or type 1 diabetes or diabetes mellitus type 1 or diabetes type 1*: se encontraron 41 artículos, al aplicar el filtro de 2017 a 2022 han quedado 14 artículos. **No fue seleccionado ninguno** por no cumplir con los criterios de inclusión. Excluidos: Aplicado a animales de laboratorio: 2; con duración < 3 semanas: 1; aplicado en niños y/o adolescentes: 2; revisión, revisión sistemática y/o metaanálisis: 2; artículo de comentario: 1; idioma distinto a inglés o español: 1; individuos con DMT2: 1; declaración de posición: 1; falta de información sobre protocolo aplicado: 1; caso estudio (rabdomiólisis): 1; actualización (manejo de la enfermedad): 1.

SPORTDiscus: *high-intensity interval training AND type 1 diabetes mellitus or type 1 diabetes or diabetes mellitus type 1 or diabetes type 1*: se obtienen 5 resultados, al aplicar el filtro de 2017 a 2022, quedan 4 artículos en donde fue **seleccionado 1 artículo**. Excluidos: con duración < 3 semanas: 1; aplicado en niños y/o adolescentes: 1; artículo de comentario DMT1 y DMT2): 1; referido a DMT2: 1.

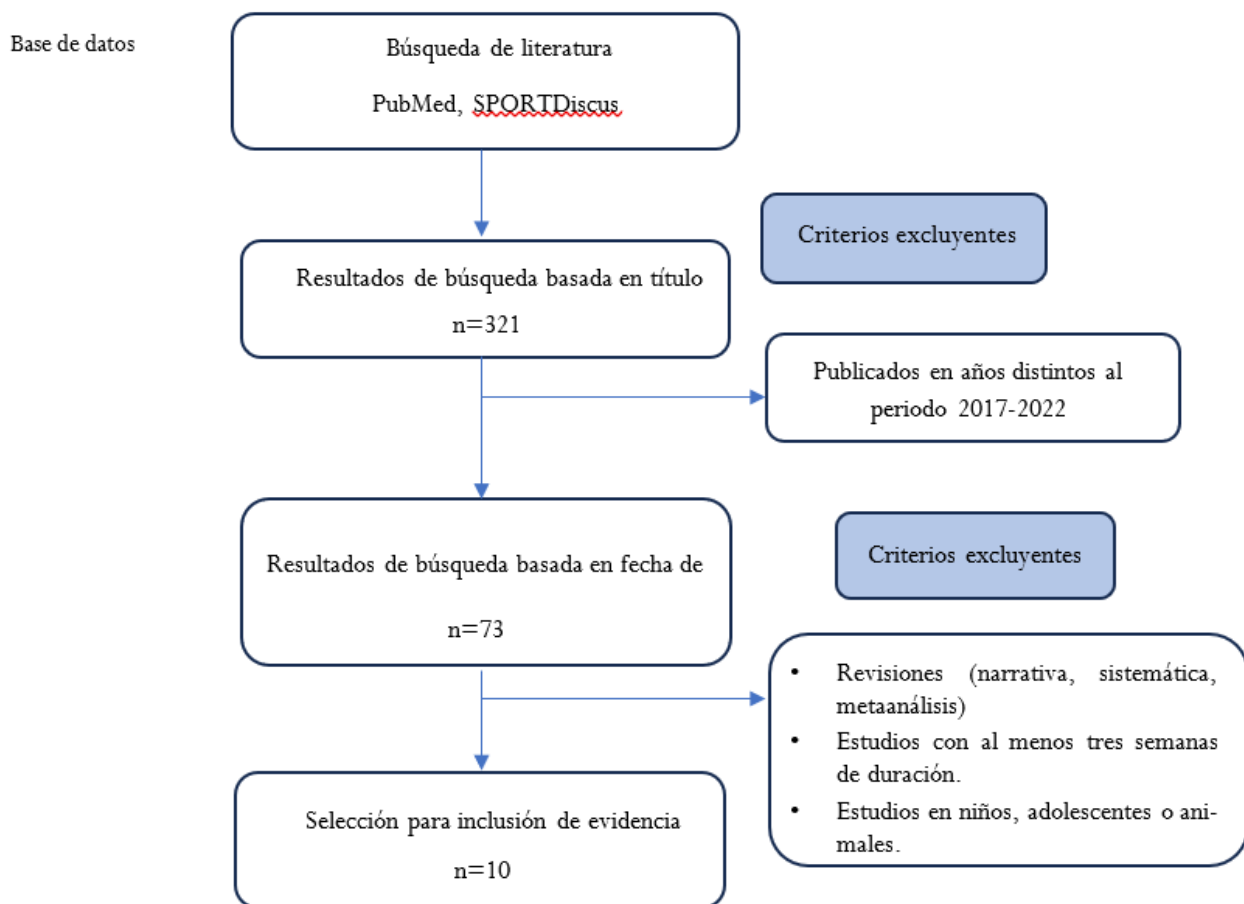
Criterios de inclusión

- Estudios experimentales (ensayos clínicos).
- Publicados entre el año 2017 y 2022.
- Estudios en adultos.
- Estudios con al menos tres semanas de duración.

Criterios de exclusión

- Estudios de revisión narrativa, sistemática o metaanálisis.
- Estudios en niños o adolescentes o animales de laboratorio. Al aplicar lo anterior se obtiene un total de 10 artículos - ejercicio aeróbico: 2 artículos; ejercicio resistido: 2 artículos; y HIIT: 6 artículos.

Diagrama de Flujo



Resultados y discusión

Ejercicio aeróbico (EA)

En la tabla 1 se presentan de manera detallada los estudios relacionados al EA incluidos en esta revisión, en uno de ellos se demostró que aplicando un protocolo de EA dos veces por semana no es suficiente para disminuir significativamente los niveles de HbA1c, al tiempo que tampoco hubo diferencias en la masa corporal, el riesgo de hipoglucemia y factores de riesgo cardiovascular al compararse en el post test y también con ejercicio resistido (ER) (Wróbel et al., 2018), resultados distintos encontramos en el estudio de Reddy et al., (2019), en donde se evidenció que el ER puede ser mejor en cuanto al control glucémico en comparación con el EA, observándose en éste último una tendencia a la reducción de la glucosa durante la actividad, similar al estudio de Scott et al., (2019), que pese a que tanto el EA como el HIIT incrementaron el $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ y la velocidad de pulso, los niveles de glucosa disminuyeron de forma constante durante el EA.

En línea con lo anterior y más relacionado a la hipoglucemia observada durante el EA, las mediciones de glucosa son una parte esencial para la prescripción del ejercicio, para vigilar el nivel de azúcar en sangre antes y

después de éste, y cada 30 min en caso de ejercicio prolongado. De acuerdo a la American Diabetes Association, (2002) los individuos con DMT1 no deberían practicar ejercicio si su nivel de glucosa es superior a 300 mg/dl, o en caso de cetonas en la orina superior a 250 mg/dl. Muchas personas con DMT1 pueden tener dificultades para seguir un EA y hay un gran número de estas que reportan problemas con hipoglucemia inducida por el EA (Pinsker, 2016; Yardley et al., 2013), más que otro tipo de actividad a mayor intensidad.

La hormona del crecimiento, el glucagón, las catecolaminas y el cortisol aumentan normalmente cuando se realiza ejercicio por primera vez en una persona con DMT1. Sin embargo, las concentraciones de insulina en individuos con DMT1 no disminuyen porque la insulina se administra a través de inyecciones en depósitos de tejido adiposo subcutáneo. Además, al comienzo del ejercicio, las concentraciones de insulina con frecuencia aumentan debido al aumento de la perfusión sanguínea en lugar de la inyección de insulina, provocando concentraciones de insulina en plasma más altas de lo normal durante el ejercicio, lo que significa que la producción de glucosa por parte del hígado a menudo no puede equilibrarse con el uso de glucosa por parte del músculo, lo que resulta en una

reducción de la glucosa en sangre. La respuesta hormonal protectora normal (un aumento de glucagón y catecolaminas) puede estar disminuida o ausente si no se toman medidas en respuesta a esta caída de glucosa (Cockcroft et al., 2020).

Reforzando la idea anterior, es importante tener en cuenta el momento de realizar el ejercicio, por lo que la disminución de la glucosa sanguínea será más vertiginosa durante el ejercicio si se realiza durante el tiempo de efecto máximo de la insulina, es decir, si la insulina se administra dentro de las cinco horas después de la inyección de insulina regular, o si se supera la insulina administrada. Esto tiene dos bases: la insulina acelera la absorción y utilización de glucosa por los músculos esqueléticos; por otro lado, cuando la insulina anula la producción de glucosa hepática, ocurre una reacción hipoglucémica. (Jauregui y López, 2015). Así, abogamos también por la recomendación de la Sociedad Brasileña de Diabetes, (2022) (Pereira et al., 2023) en relación al ejercicio en individuos con DMT1, sugiriendo que aquellos sujetos dependientes de insulina como tratamiento terapéutico deben controlar adecuadamente los niveles de glucemia antes, durante y después de las sesiones de ejercicio para minimizar los incidentes como la hipoglucemia.

En resumen, la conducta adecuada para que las personas con DMT1 puedan realizar EA con seguridad se basa en asegurar una ingesta apropiada de CHO antes del ejercicio mismo que eleve los niveles de glucosa en sangre por encima de 126 mg/dL pero no por encima de 270 mg/dL, junto con una reducción de la dosis de insulina antes del ejercicio para contrarrestar el aumento de la sensibilidad a la insulina y la intensificación de los mecanismos de transporte de glucosa no insulino-dependientes que se producen durante el ejercicio (Riddell et al., 2017). Para ello, es importante realizar al menos dos mediciones de glucemia, una media hora antes y una segunda 10 min después. Si el ejercicio es de larga duración, será esencial un aporte suplementario de glucosa y fructosa durante el mismo. Una vez finalizado el ejercicio, la reducción de insulina y la ingesta de CHO es de nuevo esencial para prevenir la hipoglucemia post-ejercicio (Cockcroft et al., 2020).

El EA puede ser realizado siempre y cuando se lleve un régimen dietético adecuado y un buen control del nivel de glucemia sanguínea, tal y como expone Romeres et al., (2020), se recomienda el EA en un estado de glucemia normal o modestamente hiperglucemia en tanto no supere los 180 mg/dL, y alejado del estado de hiperinsulinemia por cuanto ésta última tiene a disminuir la glicemia de forma abrupta durante el EA, coincidiendo con la American Diabetes Association (2017).

Ejercicio Anaeróbico

Si el ejercicio se torna muy intenso, >85% de la frecuencia cardíaca máxima (FC máx), el metabolismo anaeróbico es el que suministra la mayor parte de la energía (Yardley et al., 2013), en éste sentido, se ha propuesto que los sprints están asociados con aumentos de hormonas

contrarreguladoras (catecolaminas, glucagón, hormona del crecimiento) que pueden actuar para aumentar los niveles de glucosa (Cockcroft et al., 2020), de manera que esfuerzos predominantemente anaeróbicos, a menudo conducen a situaciones de hiperglucemia durante el ejercicio y poco después de su culminación (Campbell et al., 2015), precisamente por su efecto hiperglucemiante se sugiere que incluir alguna actividad breve de alta intensidad (5-15 s) en una sesión de EA podría ser un enfoque eficaz para contrarrestar la hipoglucemia (French et al., 2007). Al mismo tiempo, el ER genera incremento de estas hormonas contrarreguladoras (Cockcroft et al., 2020; Petschnig et al., 2020), que de manera similar a la inclusión de sprints, podría ayudar a estabilizar la glucosa en sangre, quedando demostrado que realizar ER antes (Yardley et al., 2013) o después de una sesión de EA tiene efectos protectores (Cockcroft et al., 2020).

Al mismo tiempo, Farinha et al, (2018) observaron reducciones en los marcadores de HbA1c y glucosa en ayunas, así como la mejora morfofuncional, pese a que este protocolo de ER contó con una duración de sólo 10 semanas. Por el contrario, no se han evidenciado cambios significativos en los niveles de HbA1c, pero si en los niveles de fuerza muscular en adultos cuya duración del ER fue de tres meses (Wróbel et al., 2022). Por último, en un estudio piloto con una duración de tres semanas propuesto por Reddy et al, (2019), se comparó un protocolo de EA con otro de ER, en donde se pudo constatar que en el ER el porcentaje medio de glucosa en sangre se mantuvo por más tiempo dentro de rangos óptimos sugeridos. Al parecer el volumen puede representar un factor importante en su influencia en los niveles de HbA1c en individuos con DMT1.

Ejercicio Interválico de Alta Intensidad (HIIT)

Un gran porcentaje de sujetos con DMT1 presentan un comportamiento sedentario, principalmente por miedo a la hipoglucemia tanto durante como después del ejercicio y falta de tiempo. Bajo esta perspectiva, el HIIT se presenta como un método eficaz y seguro ya que previene las hipoglucemias (por lo anteriormente comentado) y no requiere mucho tiempo realizarlo (Alarcón-Gómez et al., 2021). En este orden de ideas, en el estudio de Boff et al, (2019), el HIIT demostró ser superior al EA para mejorar la disfunción endotelial y la condición física, de acuerdo a los autores, el HIIT aplicado durante ocho semanas puede recomendarse como una alternativa no farmacológica útil y segura para mejorar la función vascular en pacientes con DMT1.

En otro estudio, se investigó si seis semanas de HIIT pueden ser más o igual de eficaces en mejorar la salud cardiometabólica que el EA en personas con DMT1, a la vez, evaluaron si el HIIT era capaz de mitigar la hipoglucemia observada con el EA. Los autores concluyeron que ambas propuestas aumentaron el VO_{2max} de manera similar y sin diferencias significativas. Pero, evidenciaron que los niveles de glucosa se mantuvieron sin modificaciones en el grupo de HIIT, disminuyendo la glucosa en el EA, sugiriendo así que el HIIT es una opción válida para esta población específica

(Scott, Clocks et al., 2019). Resultados similares se observaron en el estudio de Minnebeck et al. (2020), en sujetos con DMT1 y con sobrepeso, cuya duración fue de apenas cuatro semanas y una frecuencia de dos veces por semana de HIIT, donde los mayores beneficios estuvieron relacionados al estado físico, el requerimiento de insulina y la calidad de vida, así como en el estudio de Murillo et al., (2022), se reafirma que el HIIT resulta en una mayor estabilidad glucémica, con reducción de episodios hipoglucémicos, resaltando que en éste último estudio se aplicó tres veces por semana en un período relativamente corto (tres semanas). Por su parte, en relación al análisis de los niveles de HbA1c, en otro protocolo HIIT pero no supervisado aplicado durante doce semanas, no se encontró

evidencia de una reducción significativa de la HbA1c en comparación con el grupo control en adultos con DMT1 y sobrepeso u obesidad. Sin embargo, hubo reducciones favorables de HbA1c en el subgrupo que cumplió con una adherencia mayor al 50%, pudiendo así mejorar el control glucémico cuando se realiza HIIT (Lee et al., 2020).

En otro estudio con diecinueve adultos inactivos con DMT1, asignados aleatoriamente a seis semanas de HIIT, o a un grupo control, fue notorio que la programación con HIIT se mejoró significativamente el $VO_{2m\acute{a}x}$. la composición corporal y los niveles de glucosa en ayunas, no reportándose eventos de hipoglucemia grave (Alarcón-Gómez et al., 2021).

Tabla 1.

Características de los artículos incluidos en la revisión

Autor	Muestra	Protocolo	Resultados	Conclusión
Wróbel et al., 2018	21 hombres con edad promedio de 37 años.	Dos veces por semana durante tres meses. EA: 50 min al 75% de la carga de trabajo del umbral de lactato determinada durante el test de resistencia. ER: cinco ejercicios en cinco series de 10 a 15 rep con dos minutos de recuperación e incremento de la carga cada semana.	Disminuyó el nivel de HbA1c, pero no fue significativo EA: (p=0,07) frente a ER (p=0,15). Sin diferencias significativas en la masa corporal, el riesgo de hipoglucemia y factores de riesgo cardiovascular.	Las dos modalidades de ejercicio son seguras en términos de control glucémico y factores de riesgo cardiovascular en pacientes con DMT1 bien controlada y sin complicaciones tardías avanzadas.
Reddy et al., 2019	10 individuos con DMT1 con edad promedio de 33 ± 6 años.	EA: 45 min al 65% del $VO_{2m\acute{a}x}$. ER: tres series entre 8-12 repeticiones al 60-80% de 1RM de cinco ejercicios, aplicado dos veces por semana durante tres semanas.	El EA causó una reducción media de la glucosa durante el ejercicio de $3,94 \pm 2,67$ mmol/L mientras que la reducción durante el ER fue de $1,33 \pm 1,78$ mmol/L (p=0,007). El porcentaje medio de tiempo en rango durante las 24 horas siguientes al ER fue significativamente mayor que durante el período de control (70% frente a 56%, p=0,013), pero no tras el EA (60%).	De acuerdo a los resultados, considerando varios factores de confusión, el ER podría tener mejoras sobre el control glucémico en esta población en comparación con el EA.
Wróbel et al., 2022	11 hombres con edad promedio de 38 ± 6 años.	ER: Dos veces por semana durante tres meses.	Se observa un incremento estadísticamente significativo de la fuerza muscular máxima en comparación con el valor basal, pero no se observaron cambios significativos en la concentración sérica de irisina, la HbA1c ni otros parámetros evaluados.	Un programa de ER de tres meses en pacientes con DMT1 de larga duración y bajo nivel de actividad física afecta significativamente a su nivel de fuerza máxima.
Farinha et al., 2018	28 individuos varones y mujeres: ER: 9 participantes (25,4±5,6 años) HIIT: 9 participantes (22,9 ± 3,6 años) ER + HIIT: 10 participantes (24,9 ± 5,7 años).	ER: Tres series de ocho repeticiones máximas y 1 min de recuperación. HIIT: 10 series de 1 min al 90% de la FCmáx y recuperación de 90 s. Aplicado tres veces por semana durante 10 semanas.	Aplicados por separado (ER, HIIT) y combinados (ER+HIIT) mejoraron los parámetros glucémicos (HbA1c y glucosa en ayunas) y antioxidantes (capacidad antioxidante total), pero no los marcadores inflamatorios plasmáticos (proteína C reactiva, TNF- α e IL-10) ni los marcadores de estrés oxidativo.	Se obtuvo resultados favorables en todos los protocolos en los marcadores de HbA1c y glucosa en ayunas, así como la mejora morfofuncional, sin embargo, el alto volumen (ER+HIIT) jugó un papel muy beneficioso con relación a la reducción de las dosis de insulina.
Boff et al., 2019	HIIT: 9 participantes (26,1 ± 7,8 años) EA: 9 participantes (23,7 ± 5,8 años) CON: 9 participantes (20,8 ± 2,6 años).	HIIT: 40 min al 50-85% de la FC máx. EA: 40 min al 50-85% de la FC máx. Tres veces por semana durante ocho semanas.	El promedio basal de la vasodilatación dependiente del endotelio fue similar en todos los grupos. Tras el entrenamiento, la respuesta media absoluta de la vasodilatación dependiente del endotelio mejoró con respecto al valor basal en HIIT: $+ 5,5 \pm 5,4\%$, (p = 0,0059), pero se mantuvo sin cambios en el EA: $0,2 \pm 4,1\%$ (p = 0,8593) y en el GC: $-2,6 \pm 6,4\%$ (P = 0,2635). El aumento de la vasodilatación dependiente del endotelio fue mayor en HIIT frente al EA (p = 0,0074) y el GC (p = 0,0042) (ANOVA con Bonferroni). El $VO_{2p\acute{i}c}o$ basal fue similar en todos los grupos (P = 0,96) con un incremento del 17,6% con respecto al valor inicial después del HIIT (P = 0,0001), pero sólo un 3% después del EA (P = 0,0001) no observándose ningún cambio en el grupo control (P = 0,63). El control glucémico fue similar en todos los grupos.	El HIIT demostró ser superior al EA para mejorar la disfunción endotelial y la condición física. Así, el HIIT puede recomendarse como una alternativa no farmacológica muy útil y segura para mejorar la función vascular en pacientes con DMT1
Scott et al., 2019	HIIT: 7 participantes con edad promedio de 29 ± 3 años.	EA: 30 min al 65% del $VO_{2p\acute{i}c}o$ con incremento del tiempo cada dos semanas.	Tanto HIIT como el AE aumentaron el $VO_{2p\acute{i}c}o$ en un 14% y un 15%, respectivamente (P, 0,001), y la velocidad de la onda de pulso aórtica en un 12% (P,	El HIIT mejoró el $VO_{2p\acute{i}c}o$, y velocidad de la onda de pulso aórtica en una medida similar al EA, asimismo, los

	EA: 7 participantes con edad promedio de 29 ± 5 años.	HIIT: 1 min equivalente al 100% del $VO_{2\text{pico}}$ seguido de un min de recuperación, con incrementos de en los intervalos cada dos semanas. Tres veces por semana durante seis semanas.	0,001), sin diferencias entre grupos. No hubo diferencias en la incidencia o porcentaje de tiempo pasado en hipoglucemia después del entrenamiento en ninguno de los grupos (P. 0,05). En el estado alimentado, el cambio medio (\pm SEM) en la concentración capilar de glucosa sanguínea durante las sesiones de HIIT fue de $-0,2 \pm 0,5$ mmol/L, y de $-5,5 \pm 0,4$ mmol/L durante el EA.	niveles de glucosa sanguínea se mantuvieron estables durante el HIIT en el estado de alimentación, pero disminuyeron de forma constante durante el EA, lo que sugiere que el HIIT puede ser el modo de entrenamiento preferido para algunos individuos con DMT1.
Murillo et al., 2022	HIIT: 17 participantes con edad promedio de $34,4 \pm 6,3$ años con DMT1 y 15 sin DMT1 con edad promedio de $35,1 \pm 10,3$ años. EA: 13 participantes con edad promedio de $35,5 \pm 12,2$ años con DMT1 y 11 sin DMT1 con edad promedio de $30,7 \pm 7,5$ años.	HIIT: 1:4, 30 s al 100-120% del $VO_{2\text{máx}}$ seguido de 2 min de recuperación activa (40-50% $VO_{2\text{máx}}$). EA: 30 min equivalente al 65-70% del $VO_{2\text{máx}}$. Duración: 3 semanas.	Durante las sesiones de entrenamiento, los niveles de glucosa en sangre se mantuvieron estables en el grupo de ejercicio HIIT ($+3,2 \pm 16,2$ mg/dl., $p=0,43$) mientras que disminuyeron en el grupo de EA ($-27,1 \pm 17,5$ mg/dl., $p < 0,0001$); los participantes del HIIT necesitaron menos suplementos de carbohidratos para prevenir la hipoglucemia en comparación con los participantes del EA; en general, ambos grupos de ejercicio experimentaron una reducción en los niveles promedio de glucosa en sangre, pero el EA provocó un aumento de la frecuencia de episodios de hipoglucemia, $0,56 \pm 0,9$ sesiones, en comparación con $1,83 \pm 0,5$ sesiones ($p < 0,04$) en el grupo de EA.	El entrenamiento HIIT resulta en una mayor estabilidad glucémica, con reducción de episodios hipoglucémicos
Minnebeck et al., 2020	Once individuos con DMT1 y sobrepeso con edad promedio de $40,7 \pm 14,3$ años y 11 con DMT1 y peso óptimo y edad promedio de $42,2 \pm 15,5$ años.	HIIT: 1 min a una intensidad mayor o igual al 95% de la FC máx. seguidos de 1 min de recuperación pasiva (relación trabajo/recuperación 1:1) dos veces por semana durante cuatro semanas.	El HIIT redujo los niveles de LDL y los niveles de ácido úrico en individuos con DMT1 y sobrepeso hasta en un 10,5% (frente a los de peso normal, $p \leq 0,0312$). Los niveles de HbA1c, HDL y TRG no tuvieron modificaciones en ninguno de los grupos.	El HIIT puede ejercer efectos beneficiosos sobre la condición física, la necesidad de insulina y la calidad de vida relacionada con la salud. Destacando que los efectos beneficiosos del HIIT sobre el perfil de riesgo cardiometabólico en individuos con DMT1 pueden ser mayores en individuos con DMT1 y con sobrepeso.
Lee et al., 2020	GI: 12 individuos con DMT1 y promedio de edad de 40 ± 10 años. GC: 15 individuos con DMT1 y edad promedio de $46,1 \pm 10,5$ años.	HIIT: 4*4 del 85 al 95% de la FC pico aplicado tres veces por semana durante 12 semanas de forma supervisada y otras 12 semanas sin supervisión.	La HbA1c disminuyó del $8,63 \pm 0,66\%$ al inicio del estudio al $8,10 \pm 1,04\%$ a las 12 semanas en el grupo de intervención HIIT ($P=0,01$); sin embargo, este cambio no fue significativamente diferente del GC (HIIT $-0,53 \pm 0,61\%$, control $-0,14 \pm 0,48\%$, $P=0,08$). En los participantes que alcanzaron al menos el 50% de la intervención de HIIT prescrito, la reducción de la HbA1c fue significativamente mayor que en el grupo de control (HIIT $-0,64 \pm 0,64\%$ [$n=9$], control $-0,14 \pm 0,48\%$ [$n=15$], $p=0,04$). No hubo diferencias en la dosis de insulina, hipoglucemia en la monitorización continua de glucosa, PAS, lípidos sanguíneos, peso corporal o composición corporal entre los grupos.	En general, no hubo una reducción significativa de la HbA1c con una intervención HIIT de 12 semanas en adultos con DMT 1. Sin embargo, el control glucémico puede mejorar en individuos con DMT1 que realizan HIIT con una adherencia mayor.
Alarcón-Gómez et al., 2021	DMT1: 19 individuos con edad promedio de $37 \pm 6,5$ años. GC: 8 individuos con DMT1 y edad promedio de $35 \pm 8,2$ años	HIIT: Intervalos de 30 s (al 85% potencia pico de salida) con recuperación de 1 min (al 40% potencia pico de salida) Semana 1-2: 12 series. Semana 3-4: 16 series. Semana 5 y 6: 20 series. Aplicado tres veces por semana durante seis semanas.	Posterior a las seis semanas de intervención, se evidenciaron cambios significativos en la glucosa en ayunas ($135,8 \pm 95,0$ vs. $124,5 \pm 15,6$ mg/dL), $VO_{2\text{máx}}$ ($37,1 \pm 4,1$ vs. $40,4 \pm 3,8$ mL/min/kg), en la variabilidad de la frecuencia cardíaca ($37,8 \pm 27,9$ vs. $44,3 \pm 27,7$ ms) así como en el porcentaje de masa grasa ($24,2\%$ a $22,4\%$). Hubo tres casos de hipoglucemia leve ($67,9 \pm 2,6$ mg/dL) de 198 sesiones totales (1,5%), ocurridos inmediatamente después del ejercicio que sólo requirieron unos minutos de descanso y la ingestión de carbohidratos para solucionarse. No se notificaron eventos cardíacos adversos, eventos respiratorios ni lesiones musculoesqueléticas durante el periodo experimental. No se produjeron episodios de hiperglucemia, hipoglucemia nocturna o episodios de cetoacidosis diabética.	El HIIT representa una herramienta eficaz para mejorar el $VO_{2\text{máx}}$, la composición corporal, la variabilidad de la frecuencia cardíaca y la glucosa en ayunas, que son importantes factores de riesgo cardiovascular en individuos con DMT1.

FC: frecuencia cardíaca; PAS: presión arterial sistólica; GI: grupo intervención; GC: grupo control; EA: ejercicio aeróbico; HIIT: entrenamiento interválico de alta intensidad; FC máx: frecuencia cardíaca máxima; $VO_{2\text{máx}}$: consumo de oxígeno máximo; $VO_{2\text{pico}}$: consumo de oxígeno pico; DMT1: diabetes mellitus tipo 1; IRM: una repetición máxima; TNF- ∞ : factor de necrosis tumoral Alpha; IL-10: interleucinas diez; LDL: lipoproteína de baja densidad; HDL: lipoproteína de alta densidad; TRG: triglicéridos; HbA1c: hemoglobina glucosilada

Combinación de ejercicios

Se ha encontrado una sola investigación en donde se combinen alguno de los ejercicios estudiados en ésta revisión, así, en un estudio en donde se aplicó el HIIT, el

ER y ER + HIIT y su impacto sobre marcadores inflamatorios, parámetros de estrés oxidativo, antropométricos y funcionales, se han observado resultados favorables en todos los protocolos en los

marcadores de HbA1c y glucosa en ayunas, así como la mejora morfofuncional, sin embargo, el alto volumen (ER+HIIT) jugó un papel muy beneficioso con relación a la reducción de las dosis de insulina (Farinha et al., 2018).

Consideraciones finales

El ejercicio adecuado representa un componente importante y eficaz en el tratamiento de la DMT1. El ejercicio físico debidamente planificado y la capacidad de reaccionar a los cambios en la glucemia durante la sesión de éste, brindan una posibilidad sustancial de control sérico seguro de la misma, y la ausencia de complicaciones después de cada sesión. La prescripción de ejercicio físico realizada en un individuo con DMT1, difiere de la de un individuo sano, debiendo incluir los cuidados y consideraciones pertinentes del caso para así garantizar sesiones de trabajo seguras.

Los hallazgos científicos sugieren de manera bastante consistente el HIIT y el ER, cuya práctica ha demostrado que incluso interviene favorablemente en la regulación de los perfiles inflamatorios y lipídicos en individuos con DMT1. Es necesario destacar las preferencias individuales, en este sentido, si a un individuo con DMT1 le interesa la realización de EA, lo ideal sería combinarlo con algunos de los modelos anteriormente expuestos, para así obtener un mejor rendimiento durante la actividad y posterior a ésta, y más importante aún las sugerencias en relación al tiempo en que se realiza la actividad, así como los niveles de glucosa sanguínea antes, durante y después de ésta.

Puntos clave

- En los últimos años se ha publicado una gran variedad de investigación relacionada a la Diabetes Mellitus tipo 2 y el ejercicio físico, quedando un camino bastante amplio por recorrer en referencia a la Diabetes Mellitus tipo 1.

- La diabetes tipo 1, se caracteriza con episodios de posible hipoglucemia durante e incluso posterior al ejercicio, factor de gran preocupación en personas que quieran realizar algún tipo de ejercicio físico.

- El incluir sprints cortos, alguna actividad intermitente de alta intensidad (5-15 s), o incluso ejercicio resistido antes o durante una sesión de ejercicio aeróbico puede ser una estrategia eficaz para contrarrestar la hipoglucemia.

Siempre que se tenga un control riguroso de la dieta y el control glicémico, cualquier tipo de ejercicio podrá realizarse en condiciones favorables.

Referencias

- 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 Environmental Res Public Health*, 18(1262), 1–12.
- American Diabetes Association. (2002). Position statement: Diabetes mellitus and exercise. *Diabetes Care* 25 (Supl 1), S64.
- American Diabetes Association. (2017). Standards of medical care in diabetes. *Diabetes Care*, 40, 48–55.
- Baumgard, L. H., Hausman, G. J., Sanz-Fernandez, M. V. (2016). Insulin: Pancreatic secretion and adipocyte regulation. *Domestic Animal Endocrinology*, 54, 76–84.
- Boff, W., Da Silva, A.M., Farinha, J.B., Rodrigues-Krause, J., Reischak-Oliveira, A., Tschiedel, B., et al. (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(april), 1–10.
- Brownlee, M. (2005). The pathobiology of diabetic complications: a unifying mechanism.
- Campbell, M. D., West, D. J., Bain, S. C., Kingsley, M. I. C., Foley, P., Kilduff, L., et al. (2015). Simulated games activity vs continuous running exercise: A novel comparison of the glycemic and metabolic responses in T1DM patients. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(2), 216–22.
- Castellanos-Vega, R., del P., y Cobo-Mejía, E. A. (2023). Efectos de la actividad física en la calidad de vida relacionada con la salud en personas mayores con diabetes mellitus. Revisión sistemática de la literatura y meta análisis. *Retos*, 47, 859–865. <https://doi.org/10.47197/retos.v47.96068>
- Chen, P., Yao, F., Lu, Y., Peng, Y., Zhu, S., Deng, J., et al. (2022). Single-Cell Landscape of Mouse Islet Allograft and Syngeneic Graft. *Frontiers in Immunology*, 13.
- Chulvi-Medrano, I., y Solà-Muñoz, S. (2010). Programa de acondicionamiento neuromuscular en la diabetes mellitus 2. *Revista internacional de medicina y ciencias de la actividad física y del deporte*, 10(37), 77-92.
- Cockcroft, E. J., Narendran, P., Andrews, R. C. (2020). Exercise-induced hypoglycaemia in type 1 diabetes. *Experimental Physiology*, 105(4), 590–9. <https://doi.org/10.1113/EP088219>
- Díaz-Venegas, C., Schneider, D. C., Myrskylä, M., Mehta, N. K. (2017). Life expectancy with and without cognitive impairment by diabetes status among older Americans. *PLoS One*, 12(12).
- Farinha, J. B., Ramis, T. R., Vieira, A. F., Macedo, R. C. O., Rodrigues-Krause, J., Boeno, F. P., et al. (2018). Glycemic, inflammatory and oxidative stress responses to different high-intensity training protocols in type 1 diabetes: A randomized clinical trial. *Journal of Diabetes Complications*, 32(12), 1124–32.
- French, D. N., Kraemer, W. J., Volek, J. S., Spiering, B. A., Judelson, D. A., Hoffman, J. R., et al. (2007). Anticipatory responses of catecholamines on muscle force production. *Journal of Applied Physiology*, 102(1), 4–102.
- International Diabetes Federation, IDF. (2021). *Diabetes Atlas*. 10th ed.
- Jauregui-Ulloa, E., y López, J. (2015). *Guía para la prescripción del ejercicio en individuos con diabetes mellitus*. Guadalajara, México.
- Kahanovitz, L., Sluss, P. M., & Russell, S. R. (2017). Type 1 diabetes – a clinical perspective. *Point Care*, 16, 37–40.
- Krause, M. P., Riddell, M. C & Hawke, T. J. (2011). Effects of type 1 diabetes mellitus on skeletal muscle: clinical observations

- and physiological mechanisms. *Pediatric Diabetes*, 12, 345–364.
- Lee, A. S., Johnson, N. A., McGill, M. J., Overland, J., Luo, C., Baker, C. J., et al. (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), 2281–8.
- Lu, X., Zhao, C. (2020). Exercise and Type 1 Diabetes. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1228(107), 107–21.
- Minnebeck, K., Vorona, E., Zimm, S., Gellner, R., Hinder, J., Brand, S. M., et al. (2021). 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*, 21(8), 1193–203.
- Murillo, S., Brugnara, L., Servitja, J. M., & Novials, A. (2022). High Intensity Interval Training reduces hypoglycemic events compared with continuous aerobic training in individuals with type 1 diabetes: HIIT and hypoglycemia in type 1 diabetes. *Diabetes & metabolism*, 48(6), 101361.
- Pedersen, B. K., Saltin, B. (2015). Exercise as medicine - Evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 3(25):1–72.
- Pereira, W. V. C., Vancea, D. M. M., de Andrade-Oliveira, R., de Freitas, Y. G. P. C., Lamounier, R. N., Silva Júnior, W. S., Fioretti, A. M. B., Macedo, C. L. D., Bertoluci, M. C., & Zagury, R. L. (2023). 2022: Position of Brazilian Diabetes Society on exercise recommendations for people with type 1 and type 2 diabetes. *Diabetology & metabolic syndrome*, 15(1), 2.
- Petschnig, R., Wagner, T., Robubi, A., & Baron, R. (2020). Effect of Strength Training on Glycemic Control and Adiponectin in Diabetic Children. *Medicine and science in sports and exercise*, 52(10), 2172–2178.
- Pinsker, J., Kraus, Amy., Gianferante, Danielle., Schoenberg, Benjamin., Singh, Satbir., Ortiz, Hallie., Dassau, Eyal., & Kerr, David. (2016). Techniques for Exercise Preparation and Management in Adults with Type 1 Diabetes. *Canadian Journal of Diabetes*, xxx, 1–6
- Reddy, R., Wittenberg, A., Castle, J., El Youssef, J., Winters-Stone, K., Gillingham, M., et al. (2019). Effect of aerobic and resistance exercise on glycemic control in adults with type 1 diabetes. *Canadian Journal of Diabetes*, 43(6), 406–14.
- Riddell, M. C., Gallen, I. W., Smart, C. E., Taplin, C. E., Adolfsson, P., Lumb, A. N., Kowalski, A., Rabasa-Lhoret, R., McCrimmon, R. J., Hume, C., Annan, F., Fournier, P. A., Graham, C., Bode, B., Galassetti, P., Jones, T. W., Millán, I. S., Heise, T., Peters, A. L., Petz, A., ... Laffel, L. M. (2017). Exercise management in type 1 diabetes: a consensus statement. *The lancet. Diabetes & endocrinology*, 5(5), 377–390.
- Romeres, D., Olson, K., Carter, R., Cobelli, C., Man, C. D., Basu, A., et al. (2020). Hyperglycemia but not hyperinsulinemia is favorable for exercise in type 1 diabetes: A pilot study. *Diabetes Care*, 43(9), 2176–82.
- Rowan, C. P., Riddell, M. C., Gledhill, N., & Jamnik, V. K. (2017). Aerobic Exercise Training Modalities and Prediabetes Risk Reduction. *Medicine and science in sports and exercise*, 49(3), 403–412.
- Scott, S. N., Cocks, M., Andrews, R. C., Narendran, P., Purewal, T. S., Cuthbertson, D. J., et al. (2019). High-Intensity Interval Training Improves Aerobic Capacity Without a Detrimental Decline in Blood Glucose in People with Type 1 Diabetes. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 104(2), 604–12.
- Tonoli, C., Heyman, E., Roelands, B., Buyse, L., Piacentini, F., Berthoin, S., Bailey, S., Pattyn, N., & Meeusen, R. (2015). BDNF, IGF-I, Glucose and Insulin during Continuous and Interval Exercise in Type 1 Diabetes. *International journal of sports medicine*, 36(12), 955–959.
- Wróbel, M., Gołaś, A., Rokicka, D., Pyka, Ł., Szewczyk, M., Stołtny, T., et al. (2022). The influence of resistance training on muscle strength, irisin concentration, and metabolic parameters in type 1 diabetic patients. *Endokrynologia Polska*, 73(1), 96–102.
- Wróbel, M., Rokicka, D., Czuba, M., Gołaś, A., Pyka, Ł., Greif, M., et al. (2018). Aerobic as well as resistance exercises are good for patients with type 1 diabetes. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 144, 93–101.
- Yardley, J. E., Sigal, R. J., Perkins, B. A., Riddell, M. C., Kenny, G. P. (2013). Resistance exercise in type 1 diabetes. *Canadian Journal of Diabetes*, 37(6), 420–6.
- Zhao, L., Dong, M., Wang, D., Ren, M., Zheng, Y., Zheng, H., Li, C., & Gao, H. (2018). Characteristic Metabolic Alterations Identified in Primary Neurons Under High Glucose Exposure. *Frontiers in cellular neuroscience*, 12, 207.