



Efectos del Ejercicio Físico en Adultos Insulinodependientes

Trabajo Fin de Grado. Ciencias de la Actividad Física y el
Deporte

Alcántara Cordero, Francisco Javier

01/06/2017

ÍNDICE

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	5
1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
1.1 Diabetes mellitus tipo 1	6
1.2 Tipos de ejercicio físico y sus variables	8
1.3 Riesgos del Ejercicio Físico en insulinodependientes	11
2 OBJETIVOS	13
3 MÉTODO	14
3.1 Criterios de elegibilidad	14
3.2 Fuentes de información	15
3.3 Procedimiento de Búsqueda	16
4 RESULTADOS	19
4.1 Análisis de los datos	19
5 DISCUSIÓN	24
6 CONCLUSIÓN	27
7 PERSPECTIVA FUTURAS	28
8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

RESUMEN

Este documento analiza los estudios más relevantes acerca de la diabetes mellitus tipo 1 y su relación directa con la actividad física con el propósito de hallar el tipo de entrenamiento más adecuado para el control de la enfermedad y centrándose en las variables que la determinan, como son la glucosa en sangre y la hemoglobina glicosilada (HbA1c). Para ello, se han usado unos específicos criterios de selección, con especial énfasis en el aspecto deportivo.

Un total de 9 estudios han sido escogidos, de los cuales 3 se centran en entrenamientos aeróbicos continuos, 3 acerca de entrenamientos interválicos de alta intensidad y 3 sobre entrenamientos de fuerza. Los resultados mostraron que cualquier tipo de actividad física tiene influencia directa en la cantidad de azúcar en sangre y Hb1Ac, pudiendo acrecentar o declinar sus valores, dependiendo de la tipología de ejercicio realizado.

Como conclusión, hay que resaltar que tanto la actividad física con preferencia oxidativa como con preferencia no oxidativa pueden ser recomendables para mejorar la calidad de vida de los diabéticos tipo 1 adultos, siempre que se conozcan los efectos que estos produzcan en cada paciente individualmente y así otorgar una herramienta útil para médicos, pacientes y graduados en ciencias del deporte en la que basarse para controlar la enfermedad. Todos los estudios analizados apoyan la idea de seguir avanzando en investigaciones en este ámbito.

Palabras Claves: Diabetes Mellitus tipo 1. Ejercicio Físico. Alta intensidad. Actividad Física.

ABSTRACT

This paper analyzes the most relevant studies about type 1 diabetes mellitus (T1DM) and its direct relationship with physical activity (PA) in order to find the most appropriate type of training for disease control and focus on the variables that determine it, such as blood glucose (BG) and glycosylated hemoglobin (Hb1Ac). Thus, specific selection criteria have been used, with special emphasis on the sport aspect.

Nine studies have been selected, 3 focus on continuous aerobic trainings, 3 about high intensity interval training and 3 on strength trainings. The results showed that any type of PA has direct influence on BG and Hb1Ac, increasing or decreasing their values, depending on the type of EXE performed.

In conclusion, it is demonstrated by recent studies that both aerobic and anaerobic physical activity may be recommended to improve the quality of life of T1DM, provided they are known the effects that they produce in each individual patient and thus provide a useful tool for doctors, patients and sports science graduates on which to rely to control the disease. All the studies analyzed support the idea of further progress in research in this area.

Key Words: Type 1 diabetes mellitus. Exercise. High intensity. Physical activity.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, debido al constante crecimiento de diabéticos tipo 2 en el mundo, la mayoría de los estudios se han centrado en esta patología a la hora de investigar qué tipo de actividad o ejercicio es más recomendable para mejorarla, ya que es una enfermedad asociada a la obesidad, y con cambios en los hábitos diarios se puede incluso curar. En cambio, la diabetes mellitus tipo 1 (en adelante T1DM, siglas en inglés) al ser una enfermedad metabólica crónica y que afecta a muchas menos personas que la diabetes tipo 2, no hay tantas investigaciones en cuanto al tratamiento deportivo en comparación. De hecho, en la práctica (soy diabético y lo experimento en primera persona) no existe suficiente fundamentación ni mucho conocimiento del tratamiento en cuanto a la actividad física y deportiva en esta patología.

Es sabido que una persona diabética necesita controlar su glucosa en sangre (en adelante BG, blood glucose en inglés) diariamente para no tener en el futuro mayores problemas derivados de la enfermedad. Este control se basa en 3 pilares fundamentales: una buena alimentación, hacer deporte regularmente e inyectarse la cantidad correcta de insulina en base a lo anterior. En general, cuando un paciente es diagnosticado como diabético insulinodependiente, los doctores suelen obsequiarle con bastante información acerca de cómo subministrarse la insulina y porqué, como contabilizar la cantidad de hidratos de carbono que debe ingerir debido a la cantidad de glucosa en sangre que posee, pero en el caso de la actividad física (en adelante PA, physical activity en inglés), te sugieren únicamente que practiques algún tipo de ejercicio físico (en adelante EXE, exercise en inglés), a poder ser diaria o semanalmente, de preferencia aeróbica.

El propósito de esta revisión es indagar en la PA y encontrar el tipo de EXE que ayude a esta población a mejorar sus niveles de BG, ya que es un tratamiento aún por descubrir, barato y de fácil acceso a cualquier T1DM, siempre y cuando se conozcan las limitaciones propias de cada individuo y sin olvidar los otros 2 pilares, que junto con la práctica deportiva y en concordancia, mantendrían los niveles de euglucemia (niveles normales de carbohidratos en sangre) en el tiempo.

1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

La terminología a utilizar es clave a la hora de enmarcar el posterior análisis. Por ello ¿Qué es la Diabetes Mellitus tipo I?, ¿Qué la diferencia con respecto a la Tipo II?, ¿Qué tipo de ejercicios son recomendables y el riesgo asumido a la hora de llevarlo a la práctica? Son cuestiones que se deben aclarar para abordarlo.

1.1 Diabetes mellitus tipo 1

La diabetes mellitus tipo 1 es una enfermedad autoinmune en la cual el organismo ataca a las células Beta, productoras de la insulina, inhabilitándolas de su función. Conocida como diabetes insulinodependiente, inmuno-mediada o juvenil, la T1DM puede aparecer en cualquier momento durante la vida de una persona, aunque su diagnóstico, en general, se da en pacientes menores a 30 años. El ratio de destrucción de las células Beta es más rápido en niños y adolescentes que en adultos, manteniendo estos últimos la función residual de las mismas durante algunos años. A pesar de los avances significativos realizados para entender mejor los factores subyacentes de la enfermedad (riesgo genético, factores desencadenantes inmunológicos etc.) las causas de la T1DM aún se desconocen (Chiang JL, 2014).

Según Jagers, Hynes y Wintergest (2016) la diabetes es una enfermedad de naturaleza, aunque los avances en las opciones de tratamiento hacen la vida de los insulinodependientes muy manejable, dándoles la oportunidad de vivir una vida activa.

Para llevar una vida lo más sana posible, los pacientes de este tipo de diabetes deben equilibrar los aumentos y descensos de la BG para prevenir las complicaciones agudas y/o crónicas que su descontrol conllevan. Este equilibrio está basado en 3 pilares: la insulina exógena, la PA y la ingesta de hidratos.

Respecto al primer pilar, el tratamiento consiste en la inyección exógena subcutánea de insulina, ya que su páncreas no la genera como en las personas sanas. Además, esta insulina, creada en laboratorios, tiene que cubrir diferentes requerimientos del cuerpo durante diferentes periodos. El tratamiento habitual hoy en día consiste en inyecciones múltiples diarias de insulina de acción rápida (usualmente antes de las principales ingestas del día) y una inyección de insulina de acción lenta-basal, para cubrir los requerimientos basales (Bally, Laimer y Stettler, 2015).

En cuanto a la actividad física, los médicos suelen recomendar la práctica de algún tipo de EXE y/o deporte a estos pacientes, indicando que deben practicarlo para sentirse bien y mejorar su salud, nunca como una obligación. Junto a ello suelen reportar los beneficios que la PA aporta a los T1DM, entre los cuales destacan un descenso en el requerimiento de la insulina, una mejora de la forma física y un menor riesgo en problemas cardiovasculares. Aun así, más del 60% de los adultos T1DM son inactivos (Brazeau et al., 2014), ya que muchos diabéticos tienen miedo a hacer ejercicio debido a las complicaciones que este conlleva respecto al control de la glucemia en sangre, destacando la hipoglucemia (peligrosa caída del nivel de BG) y su antítesis, la hiperglucemia (aumento del nivel de glucosa) (Bally et al., 2017).

El último estribo es la ingesta de hidratos de carbono (en adelante CHO, siglas en inglés). Para un T1DM es imprescindible conocer la cantidad de CHO que contiene cada alimento que va a comer, debido a que deberá ajustar la cantidad de insulina que se tiene que inyectar respecto al número de raciones que va a ingerir (1 ración = 10 g. CHO).

La estabilización entre los 3 pilares es un quebradero de cabeza para médicos, científicos y pacientes, ya que las causas del incremento o descenso de BG no depende solo de los 3 factores antes mencionados, sino que, además, el estado de ánimo, las hormonas contrareguladoras, la altitud y más factores pueden alterar la concentración de carbohidratos en sangre, tanto para alcanzar una hipoglucemia como una hiperglucemia, en los T1DM.

La euglucemia es el principal objetivo diario de un diabético, ya que, si esta sufre muchas variaciones a largo plazo, las complicaciones crónicas a consecuencia van desde aumento 2-4 veces del riesgo de enfermedad coronaria y vascular cerebral hasta casos de ceguera, pasando por enfermedades renales terminales y la amputación no traumática de extremidades inferiores. Para comprobar como el paciente diabético va evolucionando a lo largo del tiempo, se le realizan periódicamente extracciones de sangre para comprobar los niveles de HbA1c, la cual mide el nivel promedio de BG durante los últimos tres meses aproximadamente.

1.2 Tipos de ejercicio físico y sus variables

La práctica de ejercicio tiene muchas finalidades, pero se debe discernir el propósito principal a conseguir con dicha práctica. Se realiza con fines lúdicos, de entretenimiento o diversión, para mejorar el rendimiento en un determinado deporte y para prevenir o tratar determinadas enfermedades. En este último caso, en el cual nos vamos a centrar, el ejercicio debe ser prescrito con rigor y conocimiento de causa para su mayor eficacia (Novials Sardà, 2006).

Según Caspersen, Powell y Christenson (1985), los términos «actividad física», «ejercicio físico», «deporte» y «forma física» se usan con asiduidad como análogos, cuando ciertamente describen diferentes conceptos. La actividad física se define como cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que resulta en el gasto de energía en la vida diaria, puede clasificarse en actividades ocupacionales, deportivas, condicionales, domésticas u otras. En cambio, el ejercicio físico es un subconjunto de la PA que está planeado, estructurado y repetitivo y tiene como objetivo final o intermedio la mejora o el mantenimiento de la aptitud física. Por otro lado, se entiende como la forma física es un conjunto de atributos que están relacionados con la salud o las habilidades. La medida en que las personas tienen estos atributos se puede medir con pruebas específicas. Por último, se entiende como deporte cualquier actividad o ejercicio físico sujeto a determinadas normas, en que se hace prueba, con o sin competición, de habilidad, destreza o fuerza física (Novials Sardà, 2006).

American Diabetes Association (2003) recomienda 150 minutos de moderado (50-70% de Frecuencia Cardíaca Máxima (FCM)) o vigoroso (>70% de FCM) ejercicio físico a la semana para los adultos T1DM. Debido a la escasez de pruebas disponibles sobre este tema, la dosis apropiada (tipo, duración, frecuencia, intensidad, estado de forma) de la PA necesaria para mejorar el control glucémico en esta población sigue siendo poco clara (Yardley, Hay, Abou-Setta, Marks, & McGavock, 2014) ya que los efectos serán diferentes y las acciones pre, durante y post ejercicio también cambiarán dependiendo de dichas alternativas (Dubé, Lavoie y Weisnagel, 2013).

Para conocer dicho efecto, debemos profundizar en las variables nombradas anteriormente, cuyas definiciones están sacadas de la obra de Murillo (2012)¹:

Tipo de ejercicio: Históricamente, se han dividido la tipología de ejercicio en 2, referente a la forma de obtención de la energía predominante en cada esfuerzo, tal y como se explica en la tabla 1. Además, es posible que ambos tipos de ejercicios se engloben en un determinado deporte o entrenamiento (mixtos). Por lo tanto, es más importante el análisis del tipo de ejercicio predominante sobre el resto que la clasificación o catalogación de cada actividad.

Duración: Es una de las variables más influyentes en la BG después del ejercicio. Conforme se incrementa, aumenta la cantidad total de glucosa consumida por el organismo. Junto a ello, se van consumiendo las reservas de glucógeno tanto en el hígado como en los músculos (suele pasar a partir de los 60 minutos de actividad, dependiendo del sujeto). Por ello, se acrecienta el riesgo de que aparezca una hipoglucemia post-ejercicio (Pinsker et al., 2016).

Estado de forma: A medida que el organismo se va adaptando, disminuye obtención de energía a través de la glucosa y la aumenta a través de los lípidos. Esto conlleva que el diabético, con el paso de los meses, necesite menos cantidad de CHO y debas reducir menos las dosis de insulina para soportar el esfuerzo de la actividad que lleva realizando ese tiempo.

Frecuencia: La hipoglucemia post-ejercicio puede mantenerse después de 12-24 horas. Dependiendo de la duración del mismo, se puede llegar a gastar las reservas de glucógeno hepático, por lo que, al no poder reponerse las reservas del hígado en un día, si se realiza PA en días consecutivos, aumentara la frecuencia de hipoglucemias.

¹ Hay que advertir que los conceptos que aquí se van a desarrollar se enmarcan dentro del ámbito de la medicina del deporte. Sin embargo desde la perspectiva del Entrenamiento Deportivo las variables que determinan la tipología de la tarea (Intensidad y frecuencia entre otras) se fundamentan en procesos más complejos y que aumentarían considerablemente la extensión de este documento.

Tabla 1. Características generales de los tipos de ejercicios en función de los sistemas energéticos predominantes. (Adaptado de Novials Sardà, 2006, p. 8)

Ejercicio Aeróbico o Preferentemente oxidativo

Características

Los procesos aeróbicos tienen una menor relación Energía/tiempo, manteniendo el esfuerzo a lo largo del tiempo aunque la intensidad de los mismos sea baja..

Las necesidades metabólicas de oxígeno son satisfechas por el aparato cardiovascular y respiratorio.

Nutrientes

Grasas y carbohidratos. La glucosa se metaboliza por las vías aeróbicas y no se produce mucho lactato.

Diagnóstico

Frecuencia cardiaca de menos del 80% del máximo según edad y niveles de lactato en sangre por debajo del umbral ventilatorio 2 (menos de 4 mmol/L).

Ejemplos: caminar, correr, nadar, montar en bicicleta o practicar esquí de fondo

Ejercicio Anaeróbico o Preferentemente no oxidativo

Características

Los procedimientos anaeróbicos de obtención de energía tienen la particularidad de tener una mayor relación Energía/Tiempo. Destacan la alta intensidad y corta duración de ellos.

Las necesidades metabólicas de oxígeno no son satisfechas por el aparato cardiovascular y respiratorio.

Nutrientes

Carbohidratos. La glucosa se metaboliza por las vías anaeróbicas y se produce mucho lactato.

Diagnóstico

Frecuencia cardiaca mayor del 80% del máximo según edad y se produce mucho lactato.

Ejemplos: carreras de velocidad, levantamiento de pesas y picos de actividad en deportes como fútbol o tenis.

Intensidad: El impacto del ejercicio en los niveles de BG en T1DM está influenciada por el tipo y la intensidad del mismo (Pinsker et al., 2016). Como se puede observar en la figura 1, a baja intensidad se consume básicamente grasa y un poco de glucosa plasmática, por lo que apenas disminuye la glucemia. Conforme se va aumentando la intensidad de la actividad crece la cantidad de glucosa consumida, tanto sanguínea como en forma de glucógeno muscular.

Por otra parte, los IHE (en adelante ejercicios intermitentes de alta intensidad, siglas en inglés), que consisten en repetidos esfuerzos submáximos interrumpidos por esfuerzos de baja o moderada intensidad, provocan una alta estimulación de las hormonas contrareguladoras, conllevando a un aumento de la producción hepática de glucosa (Bally et al., 2016). Debido a ello y a su corta duración, la consecuencia final puede ser una hiperglucemia, ya que la producción de glucosa es mayor a la consumida por parte de los músculos.

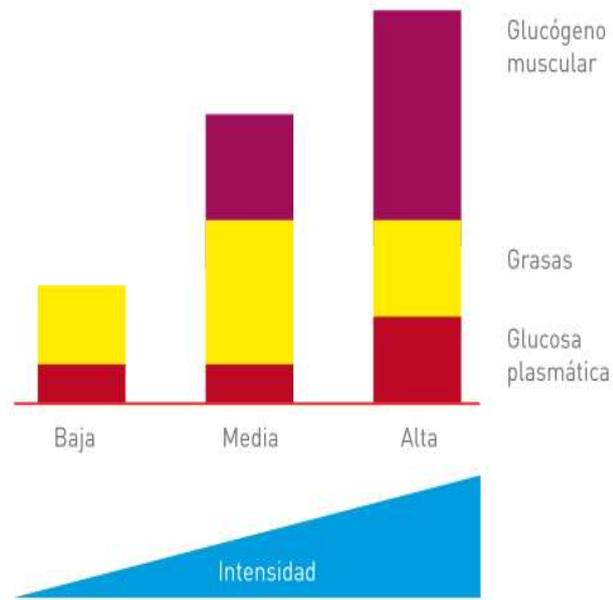


Figura 1. Respuesta de la glucosa respecto a la intensidad del ejercicio (Adaptado de Murillo, 2012, p.9)

Según Jagers, Hynes y Wintergest (2016), al desarrollar una prescripción de EXE para las personas con T1DM, la atención a la intensidad y la duración es de mayor importancia en comparación con los otros factores, ya que la sesión de ejercicio podría tener un efecto muy diferente si se trata de un día de entrenamiento de intensidad moderada o una competición de alta intensidad más prolongado, por ejemplo. Esto es debido a la compleja naturaleza de la respuesta interna para mantener las concentraciones de glucosa homeostática.

1.3 Riesgos del Ejercicio Físico en insulinodependientes

Según Peirce (1999), históricamente los principales riesgos que puede causar la PA en los T1DM son trastornos metabólicos potencialmente mortales junto con complicaciones microvasculares y macrovasculares. A pesar de las mejores precauciones, puede ocurrir hipoglucemia y, aunque el ejercicio moderado en sí no puede enmascarar respuestas hipoglucémicas en estos pacientes, durante la actividad vigorosa esta retroalimentación puede verse afectada por hipotensión ortostática adicional, termorregulación alterada y neuropatía confundiendo los síntomas hipoglucémicos (Nermoen et al., 1998).

Este descenso de la BG puede durar hasta 24 horas después del ejercicio, incluso más dependiendo del sujeto. El incremento de la sensibilidad a la insulina y las reservas de glucógeno agotadas conspiran para producir una profunda hipoglucemia, más comúnmente nocturna. Se ha sugerido que esta neuroglicopenia altera los patrones de sueño, altera la recuperación y por lo tanto afecta el rendimiento físico al día siguiente (Peirce, 1999). Una hora de hipoglucemia nocturna reduce la sensación de bienestar y aumenta los determinantes subjetivos de la fatiga, pero no produce alteraciones en la respuesta hormonal, glucosa y lactato al ejercicio. Curiosamente, el rendimiento cerebral, cardiovascular y físico tampoco muestran alteraciones objetivas (King, Kong, Parkin, Macdonald & Tattersall, 1998).

Del mismo modo, la hiperglucemia también produce consecuencias agudas y a largo plazo, agudizando los riesgos de enfermedad cardiovascular, muerte súbita, capacidad de ejercicio reducida, hipertensión, retinopatía, nefropatía y neuropatía, que pueden empeorar significativamente con un control deteriorado (Peirce, 1999).

Aun teniendo en cuenta todos estos riesgos, los doctores recomiendan encarecidamente realizar ejercicio a sus pacientes insulinodependientes. Muchos estudios avalan sus beneficios (Chimen et al., 2011; Durak, Jovanovic-Peterson, & Peterson, 1990; Ramalho et al., 2006) entre los cuales se incluyen la reducción de los requerimientos de insulina exógena, mejora de la aptitud cardiovascular, ganancias de fuerza, preservación de la masa muscular magra y pérdida de grasa corporal. La American Diabetes Association (2003) aboga por un estilo de vida físicamente activo para los individuos con T1DM con énfasis en la participación regular en ejercicios de resistencia y fortalecimiento.

Por último, la frecuencia de monitorización de la glucosa, el control en la ingesta de CHO y el uso adecuado y en concordancia de insulina se deben tomar muy en cuenta, ya que merma los riesgos que la PA produce en los T1DM.

2 OBJETIVOS

El trabajo de investigación que se presenta se ha centrado en la búsqueda, a través de los estudios más relevantes, del tipo de entrenamiento más adecuado para mantener la euglucemia en diabéticos tipo 1 (T1DM), o intentar que esta varíe lo mínimo durante el menor tiempo posible. Junto con este propósito general, también se propondrán los siguientes:

- Conocer las singularidades de la enfermedad, y con respecto al deporte
- Uso del EXE como herramienta para prevenir/tratar enfermedades, es nuestro caso la diabetes tipo 1.
- Comprender las características de los tipos de ejercicio físico y sus variables.
- Minimizar los riesgos de cualquier tipo de práctica deportiva para un T1DM.
- Aprender a realizar una revisión bibliográfica en el campo de trabajo de la PA y el deporte.

3 MÉTODO

Para la realización del siguiente análisis se ha llevado a cabo unos métodos de búsqueda de información con las directrices establecidas en la Declaración PRISMA, documento que recoge las directrices para la publicación de revisiones bibliográficas sistemáticas y metaanálisis de estudios que evalúan intervenciones sanitarias, tal y como dice Urrútia & Bonfill (2010). Esta declaración presenta un total de 27 puntos a seguir para realizar una revisión de esta índole, entre los que se encuentran los ya presentes en QUOROM más los nuevos ítems incorporados, entre los que destacan la evaluación de riesgo de sesgo (y no de evaluación de calidad, tal y como aparecía en QUOROM) tanto en los estudios incluidos como a nivel de los resultados junto con el nombramiento de la publicación como revisión sistemática, metaanálisis o ambos (QUOROM expone exclusivamente que en el título se haga mención a metaanálisis de ensayos clínicos).

3.1 Criterios de elegibilidad

Llevar a cabo una revisión sistemática clara y con un objetivo concreto necesita de un proceso exhaustivo de filtración para escoger los artículos cuya finalidad coincida con dicha revisión, prescindiendo de los que se desvían de la misma. En cuanto a ello, se han seleccionado varios criterios, tanto de inclusión como de exclusión que se detallan a continuación:

Criterios de inclusión:

- Estudios realizados en humanos (hombres y mujeres) mayores de 18 años.
- Estudios realizados a personas con la patología T1DM.
- Artículos publicados en inglés.
- Estudios con supervisión constante del sujeto mientras realiza la PA.
- Artículos incluidos en revistas con un factor de impacto superior a 4.0. y cuyo cuartil sea Q1.
- Estudios en los cuales no se modificaran los niveles de insulina previos al mismo.
- Artículos donde los participantes fuesen diagnosticados T1DM hace más de 3 años.

Criterios de exclusión:

- Estudios realizados sobre población sin ninguna patología.
- Estudios realizados en deportistas de alto nivel.
- Estudios realizados en animales.
- Artículos en los que los pacientes fuesen diabéticos tipo 2 (no insulinodependientes)
- Artículos en los que los sujetos elegidos no posean bombas de insulina externa como tratamiento de su enfermedad ni sean diagnosticados recientemente como diabéticos.
- Estudios en los cuales los pacientes no tienen ninguna complicación derivada de la diabetes.
- Estudios que no definen el nivel de actividad física (duración, tipo, intensidad etc.)
- Estudios donde no aparezcan los datos tanto de Hb1Ac como de BG de los sujetos estudiados
- Artículos en los cuales se modificará la dieta o la cantidad de insulina inyectada a los sujetos.

3.2 Fuentes de información

Se ha llevado a cabo una investigación acerca de la literatura en las principales bases de datos relacionadas con el tema, entre las cuales destacan: Pubmed, SportDiscuss, Web of Science y Scopus.

- PubMed es una base de datos, de acceso libre y especializada en ciencias de la salud, con más de 26 millones de citas de artículos científicos. Por su cobertura temática, las revistas y su constante actualización, es de consulta obligada por los graduados en ciencias de la actividad física y el deporte necesitados de información relevante. Permite desde consultas complejas (mediante búsqueda por campos) hasta búsquedas sencillas las cuales pueden guardarse y mostrarse a través de diferentes herramientas y formatos (Barroso, Fernández y Orejón de Luna, 2003).

- Web of Science, consiste en 3 bases de datos (Science Citation Index Expanded, Social Sciences Citation Index y Arts and Humanities Citation Index) separadas que pueden utilizarse a la vez si se desea. Disponible a través de la plataforma Web of Knowledge desde 1945, brinda acceso a través de internet a los índices de citas ISI Citation Indexes y contiene información sobre investigación multidisciplinaria de las principales revistas sobre las ciencias biológicas y de la salud, ciencias sociales, artes y humanidades ("WEB OF SCIENCE. Science Citation Index Expanded. Social Sciences Citation Index. Arts & Humanities Citation Index - PDF", 2017)
- Scopus, según Codina (2005) es una base de datos sobre ciencia y tecnología que permite la asesoría y el acceso a unos 27 millones de referencias bibliográficas en 14.000 publicaciones provenientes de 4.000 editoriales diferentes.
- SportDiscuss es una plataforma sobre medicina deportiva y deporte que está incluida dentro de la base datos EBSCOhost, la cual contiene información científica sobre los principales campos de las ciencias de la salud, económicas y sociales.

3.3 Procedimiento de Búsqueda

El procedimiento de búsqueda de artículos científicos que se ha llevado a cabo en esta revisión ha estado dividido en varias fases, las cuales se detallan a continuación:

Fase 1:

En la búsqueda de artículos realizada, las palabras claves que han sido utilizadas han sido: Type 1 diabetes mellitus. Exercise. High intensity. Physical activity.

En algunas bases de datos usadas los términos han sido combinados utilizando el operador boleano ``AND`` mientras que en otras han sido escritos sucesivamente, dependiendo de la plataforma, para encontrar una mayor especificidad en dichas indagaciones.

La búsqueda se ha realizado exclusivamente en inglés y se han combinado los términos para encontrar un mayor número de estudios en relación a los objetivos marcados.

En los primeros resultados obtenidos se han encontrado una cantidad considerable de artículos (93), teniendo que aumentar el número de criterios de exclusión para hallar los más considerables.

Fase 2:

Finalizada la búsqueda de artículos en cuanto a las bases de datos se refiere, se procedió a seleccionar los artículos para su posterior revisión.

Se descartaron estudios hechos en animales además de en niños, adultos jóvenes y personas de la tercera edad. Igualmente se eliminaron los que fueron elaborados con personas diabéticas de tipo II y los realizados a deportistas de alto nivel. Además, se evitaron los estudios que implicasen a diabéticos tipo I con otra patología o que tuviesen bombas de insulina como tratamiento de su enfermedad.

Estos criterios se llevaron a cabo leyendo el título de los documentos, junto, en caso de duda, el resumen (abstract). Debido al alto número de artículos, se tuvo que agrandar dichos principios, tanto de exclusión como de inclusión. No solo se rechazaron los estudios donde no aparecieran los resultados ni de la HbA1c ni de la BG de los sujetos estudiados, sino también en los cuales no se definió en nivel de PA ni donde los sujetos no estuvieran supervisados durante la realización de las pruebas.

Finalmente, basándonos en el listado de revistas por materias del Journal Citation Report Science del año 2015², se incluyeron los artículos más relevantes, es decir, los que fueron publicados en las revistas con un factor de impacto superior a 4.0 y cuyo cuartil sea Q1, destacando *Diabetes Care* (8.934 IF) y *Diabetologia* (6.206 IF). Por consiguiente, el número de resultados disminuyó a 26.

² Publicada el 5/7/2016 y obtenida con fecha 10/Abril/2017 en: https://bib.us.es/estudia_e_investiga/investigacion/estrategias/dondepublicar

Fase 3:

En esta fase se aplicaron todos los criterios de inclusión y exclusión expuestos anteriormente, pero con la diferencia que en esta fase se leyeron los documentos en su totalidad, con el fin de seleccionar los más relevantes en cuanto al objetivo marcado. En conclusión, se obtuvieron 9 estudios los cuales cumplían todos los requisitos de la presente revisión.

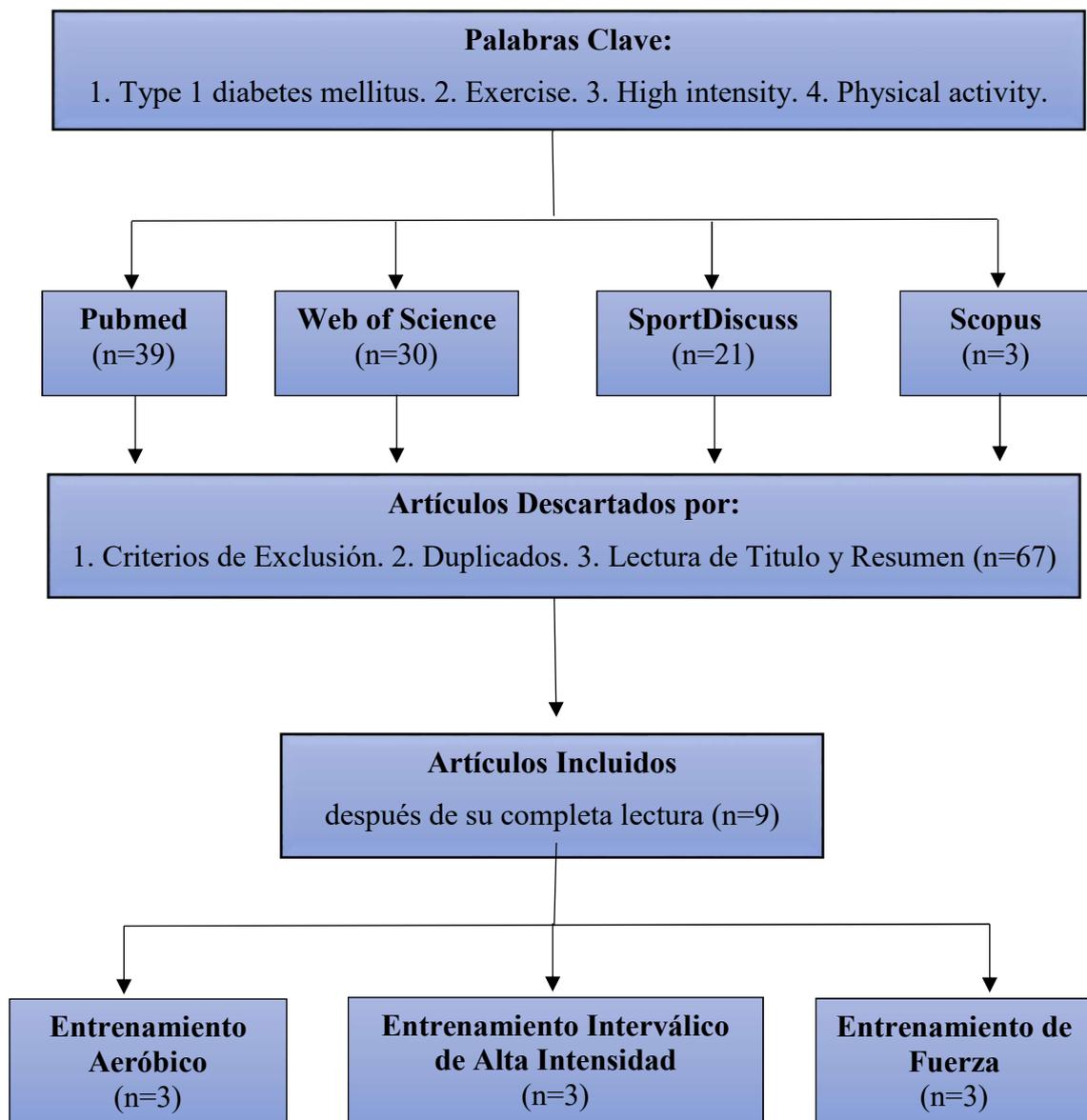


Figura 2. Diagrama de flujo donde se detalla el proceso de búsqueda y selección de artículos.

4 RESULTADOS

En primer lugar, se examinaron los diferentes tipos de ejercicio (aeróbico, IHE y de fuerza) para proporcionar una estimación global del efecto del EXE sobre el control glucémico agudo y crónico. Además, el análisis abarca los cambios en el número de sesiones de entrenamiento por semana, la duración del EXE y del descanso y los niveles de consumo máximo de oxígeno (en adelante VO₂max) y del pico del consumo máximo de oxígeno (VO₂peak). Sin embargo, se evitaron estudios donde se modificará la cantidad de insulina a los sujetos o se les proporcionará una dieta mientras se les realizaba el estudio, debido a que la revisión se centra en el aspecto deportivo, intentando encontrar el tipo de EXE que mantenga la euglucemia, independientemente de las variables nombradas anteriormente.

4.1 Análisis de los datos

Las Tablas 2,3 y 4 describen los datos de los estudios (3 en cada tabla) incluidos en la presente revisión. En la segunda tabla, se muestran los efectos que el ejercicio aeróbico tiene en los T1DM, donde en todos los artículos presentes, se incrementó el VO₂max, aumentando la condición física y reduciendo los factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares de los insulinodependientes. Aunque en otros estudios se ha comprobado que este tipo de entrenamiento disminuía los valores de BG (Tonoli et al., 2015; Yamanouchi et al., 2002 etc.), en los seleccionados para este documento no se aprecian descensos significativos de la BG, incluso creciendo en Zinman, Zúñiga-Guajardo y Kelly (1984).

A pesar de ello, si se redujo la Hb1Ac (Laaksonen et al., 2000), por lo que a largo plazo este tipo de entrenamiento CON (ejercicio continuo, sin variaciones de intensidad), si tienen un efecto positivo en el control de la diabetes. Respecto al análisis de Lehmann et al. (1997), el total de unidades por día que se suministraban los sujetos se redujo considerablemente, y a pesar de que la hemoglobina glicada y la cantidad de CHO en sangre no sufrieron cambios significativos, se redujeron los episodios de hipoglucemia, uno de los principales riesgos de los T1DM al practicar este tipo de deporte.

En cuanto a la tabla 4, entre los efectos del entrenamiento de fuerza destacan por que en todos los estudios se redujo el riesgo de hipoglucemias post-ejercicio, incluso cuando los valores de BG descendieron (Durak et al., 1990).

Respecto al estudio de Turner et al. (2015) la sesión de LOW (baja intensidad) provocó un aumento de tres veces y cuatro veces en las concentraciones de adrenalina y noradrenalina, respectivamente, mientras que la sesión de MOD (intensidad moderada) produjo un doble aumento en la adrenalina y un aumento de tres veces en la noradrenalina. Estos aumentos significativos en las catecolaminas reflejan una mayor actividad medular simpatoadrenal, que probablemente fue un componente en la aparición de hiperglucemia post-ejercicio.

Por último, es sabido que IHE incrementa los niveles de las hormonas contrarreguladoras que conduce a una hiperglucemia (tabla 3). En personas sanas, es rápidamente contrarrestada con un aumento de la insulina endógena. En cambio, en los T1DM las complicaciones se multiplican al no producir dicha insulina. A causa de ello, Bussau, Ferreira, Jones, & Fournier (2006) demostraron que un único sprint total de 10s directamente después del EXE puede contrapesar la disminución post-ejercicio de la glucosa inducida por la activación de la proteína transportadora de glucosa (GLUT4). Esto no impidió una caída de la glucosa debido al aumento de la sensibilidad a la insulina asociado al EXE, pero indujo una estabilización de los niveles BG post-ejercicios.

En relación a ello, Bally et al. (2016) esperaban que el aumento de las hormonas contrarreguladoras se tradujera en un aumento de la producción de glucosa hepática como resultado de la glucogenólisis hepática y/o la gluconeogénesis. No obstante, fue debido a que la eliminación de glucosa fue significativamente menor en IHE que en CON, pudiendo ser causado por muchas razones (altos niveles de GH, un incremento de la utilización del lactato etc..).

Respecto al análisis de Harmer et al. (2008), se analizó la respuesta de T1DM a 7 semanas de entrenamientos de sprints supervisado y progresivo en un cicloergometro, donde se redujo desestabilización metabólica (lactato, glucogenólisis / glucólisis y ATP) y se incrementaron los niveles de lactato muscular, correspondiendo al incremento de los niveles de glucemia en sangre. Sorprendentemente, la Hb1Ac aminoro, aunque no significativamente, que junto con la mejora del metabolismo oxidativo muscular fueron los beneficios de este tipo de entrenamiento en insulinodependientes.

Tabla 2. Efectos del Entrenamiento Aeróbico en T1DM

Estudio, Año	Numero de sujetos (edad)	HbA1c (%) (pre/post EXE)	BG (mmol/L) (pre/post EXE)	Intervención	Resultados
Laaksonen et al., 2000	20 (32 ± 5.7)	CG: 8.2 ± 1.1 / 8.0 ± 1.0 EG: 8.5 ± 1.6 / 8.0 ± 1.0	CG: 10.5 ± 6.0 / 12.1 ± 6.0 EG: 12.1 ± 6.0 / 11.9 ± 5.8	Consistió en 30-60 minutos de carrera de intensidad moderada 3-5 veces por semana durante 12-16 semanas.	El VO ₂ peak aumento significativamente (43.4 ± 8.0 / 46.1 ± 6.6 mL/min/kg) y la HbA1c disminuyo en el grupo que realizo el entrenamiento comparado con el grupo de control. BG no tuvo cambios significativos.
Lehmann et al., 1997	20 (33 ± 7.7)	7.6 ± 4.4 / 7.5 ± 4.0	7.9 ± 1.7 / 7.5 ± 4.0	3 días por semana durante 3 meses hicieron 45min de entrenamiento regular de resistencia entre 50-70% VO ₂ max.	La insulina total (unidades/día) se redujo considerablemente, en cambio el HbA1c no. Mientras el VO ₂ max si aumento significativamente. Se redujo los episodios de hipoglucemia.
Zinman et al., 1984	13 (30 ± 1.8)	10.7 ± 0.3 / 10.3 ± 0.8	10.8 ± 1.5 / 11.2 ± 1.7	45 minutos de ejercicio aeróbico 3 veces a la semana durante 3 meses; entre 45-135 minutos después de la última inyección de insulina.	El VO ₂ max se incrementó (38.7 ± 3.3 / 46.5 ± 3.6 mL/min/kg). El Hb1Ac no cambio considerablemente.

Los datos presentados detrás de ± indican la desviación típica de los datos anteriores. **CG:** Grupo control (siglas en inglés). **EG:** Grupo que realiza el ejercicio (siglas en inglés). **VO₂max:** Consumo máximo de oxígeno. **VO₂peak:** Pico del consumo máximo de oxígeno.

Tabla 3. Efectos del Entrenamiento Intermitente de Alta Intensidad en T1DM

Estudio, Año	Numero de sujetos (edad)	HbA1c (%) (pre/post EXE)	BG (mmol/L) (pre/post EXE)	Intervención	Resultados
Bussau et al., 2006	7 (21 ± 3.5)	7.4 ± 0.8 / NA	CG: 11.9 ± 1.1 / 3.1 ± 1.3 EG: 11.2 ± 1.1 / 3.6 ± 1.3	40% de VO ₂ peak durante 20 minutos en un ciclo ergómetro, inmediatamente después se realizó un sprint máximo de ciclismo de 10 segundos (prueba de sprint) o descansó (CG). La prueba se hizo unos 109 ± 10 min después de la inyección de insulina	La intensidad moderada descendió significativamente la glucemia en ambos ensayos. Esto se asoció a un aumento de los niveles de catecolaminas, GH, y cortisol.
Harmer et al., 2008	7 (25 ± 4)	8.6 ± 2.3 / 8.1 ± 1.6	Pre-Intervención: 3.8 ± 1.8 / 4.9 ± 1.6 Post-Intervención: 2.9 ± 0.8 / 6.2 ± 2.9	Entrenamientos progresivos de sprints en cicloergometro durante 7 semanas, 3 días cada una. La primera semana hicieron 4 sprint de 30 segundos, la segunda 6, la tercera 8 y desde la cuarta hasta la última 10; con 3-4 min de descanso.	Los niveles de glucosa aumentaron (pre-post sesión) y la HbA1c disminuyó, pero no significativamente.
Bally (2016)	12 (26.2 ± 3.9)	7.0 ± 0.6 / NA	IHE: 7.88 ± 0.22 / 8.02 ± 0.61 CON: 7.29 ± 0.20 / 10.09 ± 1.13	90min de una isoenergetica sesión de ciclismo al 50% VO ₂ max de forma continua e interválica (cada 10 min un sprint de 10seg a 120% VO ₂ peak con una fase de recuperación de 50 seg). Los días siguientes debían evitar ejercicio agotador (<5mil pasos/día), alcohol y cafeína.	1) Menor cantidad de CHO fue requerida para mantener euglucemia durante IHE comparado con CON. 2) Este hallazgo no estaba relacionado con un aumento de la producción de glucosa hepática, sino con una eliminación de glucosa significativamente menor en IHE comparado con CON. 3) Metabólicamente, esto fue paralelo por niveles crecientes de hormonas contra-reguladoras (principalmente GH y catecolaminas), así como niveles sustancialmente más altos de lactato en IHE.

Los datos presentados detrás de ± indican la desviación típica de los datos anteriores. **CG:** Grupo control (siglas en inglés). **EG:** Grupo que realiza el ejercicio (siglas en inglés). **GH:** Hormona de crecimiento. **VO₂max:** Consumo máximo de oxígeno. **VO₂peak:** Pico del consumo máximo de oxígeno.

Tabla 4. Efectos del Entrenamiento de Fuerza en T1DM

Estudio, Año	Numero de sujetos (edad)	HbA1c (%) (pre/post EXE)	BG (mmol/L) (pre/post EXE)	Intervención	Resultados
Turner et al. (2015)	8 (34 ± 7)	8.7 ± 1.1 / NA	MOD: 11.2 ± 1.3 / 12.7 ± 1.5 LOW: 11.2 ± 1.2 / 13.4 ± 1.8	Realizaron 1 sesión de baja intensidad (LOW) que consistió en 2 series de 20 repeticiones de 6 ejercicios al 30% del 1RM) y otra de media intensidad(MOD) con 2 series de 10 repeticiones de los mismos ejercicios al 60% del 1RM, ambos seguidos de 65 minutos de descanso.	No ocurrieron hipoglucemias después de ninguna sesión, pero si aumentaron las catecolaminas.
Durak et al., 1990	8 (31 ± 3.5)	6.9 ± 1.4 / 5.8 ± 0.9	7.8 ± 3.1 / 7.0 ± 2.9	3 días por semana; 15 ejercicios (3-6 series de máximo 12 repeticiones) con un descanso entre 30 seg. -2min durante 10 semanas. El ejercicio se realizó 5h después de la última inyección de insulina.	La hemoglobina glicada, los niveles de glucosa y triglicéridos descendieron significativamente.
Turner et al. (2014)	8 (38 ± 6)	8.7 ± 1.0 / NA	1SET: 11.7 ± 1.1 / 103.6 ± 36.9 2SET 11.8 ± 2.0 / 128.7 ± 26.1 3SET 12.2 ± 1.6 / 40.7 ± 59.3CON 11.2 ± 1.5 / -24.3 ± 15.2	Las sesiones constaban de 1 Serie (14 min), 2 series (28 min) o 3 series (42min) de 8 ejercicios, cada uno 10 repeticiones, entre el 60-70% de 1RM. Descanso ente 1-2 min. La prueba de descanso consistía en 1 serie más 60 min de recuperación pasiva.	La glucosa en sangre creció después de 1h de acabar 1 o 2 series, mientras que al acabar la 3ª estos niveles no subieron. No se conocen datos de la HbA1c posterior al estudio.

Los datos presentados detrás de ± indican la desviación típica de los datos anteriores. **CG:** Grupo control (siglas en inglés). **EG:** Grupo que realiza el ejercicio (siglas en inglés). **NA:** Se desconoce. **VO2peak:** Pico del consumo máximo de oxígeno **VO2max:** Consumo máximo de oxígeno.

5 DISCUSIÓN

Según Bally et al. (2015), aunque está demostrado que el ejercicio físico es beneficioso en los individuos con diabetes tipo 2, su papel es más ambiguo en pacientes con T1DM, con estudios que incluso revelan el empeoramiento del control glucémico (Kennedy et al., 2013; Tonoli et al., 2012; Turner et al., 2015). La pérdida de la regulación endógena de la secreción de insulina y la consiguiente necesidad de administración exógena de insulina (con el riesgo asociado de niveles insulínicos no fisiológicos) predispone a un mayor riesgo de fluctuaciones de glucosa asociadas al ejercicio en individuos con T1DM. Los niveles suprafisiológicos de insulina pueden afectar la producción de glucosa hepática y limitar el cambio fisiológico de la glucosa a la oxidación de ácidos grasos durante el ejercicio.

En cuanto a los beneficios testados y validados de la PA y EXE en T1DM, se encuentra la mejora no solo de la resistencia y necesidad de insulina exógena, sino también la aptitud física, los lípidos y la función endotelial. Del mismo modo, aumenta la mortalidad y el bienestar en los sujetos, a la vez que mengua las enfermedades cardiovasculares (Chimen et al., 2011).

Respecto al tipo de EXE en cuestión, es reconocido que el ejercicio aeróbico disminuye el porcentaje de BG, pudiendo inducir a la hipoglucemia post-ejercicio (Campbell et al., 2013), además de una hipoglucemia nocturna habiéndose realizado el entrenamiento con anterioridad (Tonoli et al., 2015).

Interesantemente, la adicción de un único (Bussau et al., 2006) o múltiples episodios intermitentes de PA de intensidad vigorosa (Guelfi et al., 2005; evaluó el impacto de sprints de 4 segundos realizados cada 2 minutos durante 30 minutos de EXE de baja/media intensidad) al ejercicio aeróbico puede significativamente prevenir la hipoglucemia durante el ejercicio sin tener que modificar la cantidad de insulina previa ni aumentar la cantidad de CHO ingerido pre ni durante el esfuerzo; y tiene el potencial de estabilizar los niveles de BG durante los días de ejercicio, así como las noches después de las sesiones de ejercicio.

Aunque los datos parecen prometedores, nunca se ha probado empíricamente la eficacia de la introducción de episodios intermitentes de ejercicio vigoroso a las recomendaciones de ejercicio estándar para mejorar el control glucémico y reducir el riesgo de eventos hipoglucémicos utilizando un diseño de ensayo controlado aleatorizado.

Según Fahey et al. (2012), el ejercicio anaeróbico evoca una fuerte respuesta hormonal contraregulatoras en T1DM que conduce a una mayor aparición de BG que la absorción de la misma por parte de las células.

En cuanto a los IHE, son escasos los estudios donde se recojan los niveles de Hb1Ac post-ejercicio. En relación a la búsqueda de esta revisión, únicamente en la investigación de Harmer et al. (2008) aparecen dichos datos, siendo además positivos ya que se mejoró dicho parámetro.

La mayoría de publicaciones se centran en la BG a corto plazo (Iscoc, Campbell, Jamnik, Perkins, & Riddell, 2006; Iscoe y Riddell, 2011; etc.) pero con resultados muy diferentes, ya que depende de la intensidad, tipo, duración, frecuencia etc. De los ejercicios realizados en el entrenamiento en sí. En consecuencia, es de vital importancia constatar el efecto a largo plazo en T1DM de este tipo de EXE, para verificar si los aumentos/descensos de BG afectan a la hemoglobina glicada.

Por otro lado, respecto al entrenamiento de fuerza, la escasa investigación en esta área no permite identificar el balance óptimo entre la seguridad de realizar ejercicio agudo y su impacto crónico, pero el estudio de Turner et al. (2014) manifestó que 1 o 2 series de 8-10 ejercicios al 60-70% de su RM inducía a la hiperglucemia al menos 1 hora después del EXE. Sin embargo, esta respuesta no se dio con la adición de una tercera serie, gracias a la mayor utilización de la glucosa circulatoria generada a partir de las respuestas contraregulatoras. El aumento del volumen de ejercicio podría ser una estrategia no farmacológica útil para los T1DM para mejorar la magnitud de la hiperglucemia aguda inducida por el ejercicio.

Yardley et al., (2012) comprobó que realizando el entrenamiento de fuerza antes que el entrenamiento aeróbico aumentaba la estabilidad de la glucosa y se reducía la duración y la gravedad de la hipoglucemia post ejercicio. Asimismo, Turner et al. (2015) demuestra que después de realizar dicho tipo de entrenamiento, es posible que aumente la BG a alta y baja intensidad y el estrés metabólico, por lo que es probable que sea más adecuado prescribir este tipo de EXE a T1DM menos activos físicamente o aumentando el tiempo de descanso entre las series.

Para concluir, la presente revisión se ha caracterizado por ver los efectos de cada tipo de EXE específicamente en los insulinodependientes adultos. No obstante, otros estudios (Mosher, Nash, Perry, LaPerriere, & Goldberg, 1998; Bernardini et al.,2004) se han interesado por estos mismos factores, pero acerca de entrenamiento combinados (ejercicios aeróbicos con ejercicios de fuerza), dando buenos resultados en cuanto a Hb1Ac y BG.

6 CONCLUSIÓN

El principal hallazgo de esta revisión muestra que aparte del EXE aeróbico, hay otros tipos de EXE los cuales pueden mejorar los niveles de BG y Hb1Ac. Aun así, la glucemia durante la PA puede variar debido a múltiples factores, tales como la intensidad y modalidad del ejercicio en cuestión, el tiempo previo de inyección de la insulina exógena, los niveles previos de BG y demás variables nombradas anteriormente.

Junto a ello, se comprobó que cualquier tipo de PA tiene consecuencias directas en la glucemia y en la respuesta endocrina en los T1DM, siendo muy diferentes dependiendo del tipo de EXE, inclusive dentro del mismo tipo, los efectos pueden ser muy distintos, pudiendo llegar a mejorar o no la variable en cuestión y a elevar los riesgos que puede ocasionar practicar de una forma u otra esos ejercicios.

En general, podría concluirse que la PA ayuda a rebajar el control glucémico agudo y crónico en T1DM, ayudando a los diabéticos con un control deficiente de su Hb1Ac a descenderlo. Por consiguiente, los insulinodependientes deben integrar en su estilo de vida diario la práctica de algún tipo de PA o EXE, a poder ser uno en el cual disfruten practicándolo. Finalmente, para evitar una fluctuación excesiva en los niveles de BG durante y después de dicha práctica, deberán, aparte de seguir algunas de las indicaciones dadas anteriormente, contrarrestarlas ajustando la insulina pre y post EXE o ingiriendo una mayor o menor cantidad de CHO, dependiendo del efecto que ese tipo de EXE conlleve en su cuerpo.

Con el apoyo de un médico experto, no hay ninguna razón por la que las personas con T1DM no deban ser capaces de practicar con seguridad algún tipo de PA, mientras conservan su euglucemia, debido a las mejoras significativas recientes en el conocimiento de lo que subyace a estos cambios y en la gestión adecuada para apoyar el mantenimiento de esta.

7 PERSPECTIVA FUTURAS

Una de las preocupaciones con las recomendaciones actuales es la falta de grandes ensayos clínicos que demuestran las características heterogéneas de las diferentes formas de diabetes en respuesta a diferentes intensidades de ejercicio y formas. En particular, hay una escasez de información específica sobre la insulina y la suplementación adecuada de hidratos de carbono. Debido a la falta de datos disponibles, actualmente se recomienda que las personas con T1DM sigan las pautas similares presentadas para las personas con diabetes tipo 2 mediante la terapia de insulina exógena.

Tal y como se indicó, hay una insuficiencia en las investigaciones en las que se manifiesten los valores de Hb1Ac respecto al entrenamiento interválico de alta intensidad ni al entrenamiento de fuerza, por lo tanto, se requieren futuras investigaciones para determinar si la relación entre las hormonas contrareguladoras y las variables de este tipo de entrenamiento (intensidad, tiempo de descanso y duración, tipología etc.) han afectado al control glucémico, asimismo, comprobar si la hiperglucemia posterior al mismo influye en la Hb1Ac. Un ensayo controlado aleatorio adecuadamente corroborado proporcionaría evidencia empírica muy necesaria para el papel de la PA de intensidad vigorosa para el control metabólico en el establecimiento de la diabetes tipo 1.

Por último, existe una carencia de estudios relevantes sobre entrenamientos combinados en adultos, en cambio sí en niños y adolescentes, por lo que este sería un campo interesante para futuros estudios, debido a los prometedores resultados obtenidos en niños y adolescentes.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. American Diabetes Association. (2003). Physical Activity/Exercise and Diabetes. *Diabetes Care*, 27 (Supplement 1), S58-S62. <http://dx.doi.org/10.2337/diacare.27.2007.s58>
2. Bally, L., Kempf, P., Zueger, T., Speck, C., Pasi, N., & Ciller, C. et al. (2017). Metabolic Effects of Glucose-Fructose Co-Ingestion Compared to Glucose Alone during Exercise in Type 1 Diabetes. *Nutrients*, 9(3), 164. <http://dx.doi.org/10.3390/nu9020164>.
3. Bally, L., Laimer, M., & Stettler, C. (2015). Exercise-associated glucose metabolism in individuals with type 1 diabetes mellitus. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 18(4), 428-433. <http://dx.doi.org/10.1097/mco.0000000000000185>.
4. Bally, L., Zueger, T., Buehler, T., Dokumaci, A., Speck, C., & Pasi, N. et al. (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. <http://dx.doi.org/10.1007/s00125-015-3854-7>
5. Barroso Espadero, D., Fernández Rodríguez, M., Orejón de Luna, G. (2003). Introducción a MEDLINE y a las búsquedas bibliográficas (I). Fundamentos sobre bibliografía médica y búsquedas. MEDLINE en Internet. PubMed y familia. *Revista Pediatría de Atención Primaria*, 20(5), 603-628.
6. Bernardini AL, Vanelli M, Chiari G, et al. Adherence to physical activity in young people with type 1 diabetes. *Acta Biomed* 2004 Dec; 75 (3): 153-7
7. Brazeau, A., Gingras, V., Leroux, C., Suppère, C., Mircescu, H., & Desjardins, K. et al. (2014). A pilot program for physical exercise promotion in adults with type 1 diabetes: the PEP-1 program. *Applied Physiology, Nutrition, And Metabolism*, 39(4), 465-471. <http://dx.doi.org/10.1139/apnm-2013-0287>.
8. Bussau, V., Ferreira, L., Jones, T., & Fournier, P. (2006). The 10-s Maximal Sprint: A novel approach to counter an exercise-mediated fall in glycemia in individuals with type 1 diabetes. *Diabetes Care*, 29(3), 601-606. <http://dx.doi.org/10.2337/diacare.29.03.06.dc05-1764>

9. Campbell, M., Walker, M., Trenell, M., Jakovljevic, D., Stevenson, E., & Bracken, R. et al. (2013). Large Pre- and Post-Exercise Rapid-Acting Insulin Reductions Preserve Glycemia and Prevent Early- but Not Late-Onset Hypoglycemia in Patients with Type 1 Diabetes. *Diabetes Care*, 36(8), 2217-2224. <http://dx.doi.org/10.2337/dc12-2467>.
10. Caspersen, C. J., Powell, K. E. y Christenson, G. M. (1985) Physical activity, exercise and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*. 100(2), 126-131.
11. Chiang, J., Kirkman, M., Laffel, L., & Peters, A. (2014). Type 1 Diabetes Through the Life Span: A Position Statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care*, 37(7), 2034-2054. <http://dx.doi.org/10.2337/dc14-1140>.
12. Chimen, M., Kennedy, A., Nirantharakumar, K., Pang, T., Andrews, R., & Narendran, P. (2011). What are the health benefits of physical activity in type 1 diabetes mellitus? A literature review. *Diabetologia*, 55(3), 542-551. <http://dx.doi.org/10.1007/s00125-011-2403-2>
13. Chimen, M., Kennedy, A., Nirantharakumar, K., Pang, T., Andrews, R., & Narendran, P. (2011). What are the health benefits of physical activity in type 1 diabetes mellitus? A literature review. *Diabetologia*, 55(3), 542-551. <http://dx.doi.org/10.1007/s00125-011-2403-2>
14. Codina, P. (2005). Scopus: el mayor navegador científico de la web. *El Profesional De La Información*, 14(1), 44-49. <http://dx.doi.org/10.3145/epi.2005.feb.07>.
15. Durak, E., Jovanovic-Peterson, L., & Peterson, C. (1990). Randomized Crossover Study of Effect of Resistance Training on Glycemic Control, Muscular Strength, and Cholesterol in Type I Diabetic Men. *Diabetes Care*, 13(10), 1039-1043. <http://dx.doi.org/10.2337/diacare.13.10.1039>.
16. Fahey, A., Paramalingam, N., Davey, R., Davis, E., Jones, T., & Fournier, P. (2012). The Effect of a Short Sprint on Post Exercise Whole-Body Glucose Production and Utilization Rates in Individuals with Type 1 Diabetes Mellitus. *The Journal of*

- Clinical Endocrinology & Metabolism*, 97(11), 4193-4200.
<http://dx.doi.org/10.1210/jc.2012-1604>.
17. Guelfi, K., Jones, T., & Fournier, P. (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.
<http://dx.doi.org/10.2337/diacare.28.6.1289>.
18. Harmer, A., Chisholm, D., McKenna, M., Hunter, S., Ruell, P., & Naylor, J. et al. (2008).
 Sprint Training Increases Muscle Oxidative Metabolism During High-Intensity Exercise in Patients with Type 1 Diabetes. *Diabetes Care*, 31(11), 2097-2102.
<http://dx.doi.org/10.2337/dc08-0329>.
19. Iscoe, K., & Riddell, M. (2011). Continuous moderate-intensity exercise with or without intermittent high-intensity work: effects on acute and late glycaemia in athletes with Type 1 diabetes mellitus. *Diabetic Medicine*, 28(7), 824-832.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1464-5491.2011.03274.x>
20. Iscoe, K., Campbell, J., Jamnik, V., Perkins, B., & Riddell, M. (2006). Efficacy of Continuous Real-Time Blood Glucose Monitoring During and After Prolonged High-Intensity Cycling Exercise: Spinning with a Continuous Glucose Monitoring System. *Diabetes Technology & Therapeutics*, 8(6), 627-635.
<http://dx.doi.org/10.1089/dia.2006.8.627>
21. Jagers, J. R., Hynes, K. C., & Wintergerst, K. A. (2016). Exercise and Sport Participation for Individuals with Type 1 Diabetes: Safety Considerations and the Unknown. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 20(6), 40-44.
22. Kennedy, A., Nirantharakumar, K., Chimen, M., Pang, T., Hemming, K., Andrews, R., & Narendran, P. (2013). Does Exercise Improve Glycaemic Control in Type 1 Diabetes? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Plos ONE*, 8(3), e58861.
<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0058861>
23. King, P., Kong, M., Parkin, H., Macdonald, I., & Tattersall, R. (1998). Well-Being, Cerebral Function, and Physical Fatigue After Nocturnal Hypoglycemia in IDDM. *Diabetes Care*, 21(3), 341-345. <http://dx.doi.org/10.2337/diacare.21.3.341>
24. Laaksonen, D., Atalay, M., Niskanen, L., Mustonen, J., Lakka, T., & Uusitupa, M.

- (2000). Aerobic exercise and the lipid profile in type 1 diabetic men: a randomized controlled trial. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1541-1548. <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200009000-00003>
25. Lehmann, R., Kaplan, V., Bingisser, R., Bloch, K., & Spinass, G. (1997). Impact of Physical Activity on Cardiovascular Risk Factors in IDDM. *Diabetes Care*, 20(10), 1603-1611. <http://dx.doi.org/10.2337/diacare.20.10.1603>
26. Mosher, P., Nash, M., Perry, A., LaPerriere, A., & Goldberg, R. (1998). Aerobic circuit exercise training: Effect on adolescents with well-controlled insulin-dependent diabetes mellitus. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 79(6), 652-657. [http://dx.doi.org/10.1016/s0003-9993\(98\)90039-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0003-9993(98)90039-9)
27. Murillo, S. (2012). *Diabetes tipo 1 y deporte* (1st ed.). Barcelona: EdikaMed.
28. Nermoen, I. Jorde, R. Sager, G. et al. (1998) Effects of exercise of hypoglycaemic responses in insulin-dependent diabetes mellitus. *Diabete Metab* 24:131–6.
29. Novials Sardà, A. (2006). *Diabetes y ejercicio* (1st ed.). Barcelona: Mayo.
30. Peirce, N. (1999). Diabetes and exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 33(3), 161
172. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.33.3.161>
31. Pinsker, J., Kraus, A., Gianferante, D., Schoenberg, B., Singh, S., & Ortiz, H. et al. (2016). Techniques for Exercise Preparation and Management in Adults with Type 1 Diabetes. *Canadian Journal of Diabetes*, 40(6), 503-508. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cjcd.2016.04.010>
32. Ramalho, A., de Lourdes Lima, M., Nunes, F., Cambuí, Z., Barbosa, C., & Andrade, A. et al. (2006). The effect of resistance versus aerobic training on metabolic control in patients with type-1 diabetes mellitus. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 72(3), 271-276. <http://dx.doi.org/10.1016/j.diabres.2005.11.011>
33. Tonoli, C., Heyman, E., Roelands, B., Buyse, L., Cheung, S., Berthoin, S., & Meeusen, R. (2012). Effects of Different Types of Acute and Chronic (Training) Exercise on Glycaemic Control in Type 1 Diabetes Mellitus. *Sports Medicine*, 42(12), 1059-1080. <http://dx.doi.org/10.2165/11635380-000000000-00000>.
34. Tonoli, C., Heyman, E., Roelands, B., Buyse, L., Piacentini, F., & Berthoin, S. et al. (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. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0035-1548886>

35. Turner, D., Gray, B., Luzio, S., Dunseath, G., Bain, S., & Hanley, S. et al. (2015). Similar magnitude of post-exercise hyperglycemia despite manipulating resistance exercise intensity in type 1 diabetes individuals. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(4), 404-412. <http://dx.doi.org/10.1111/sms.12472>
36. Turner, D., Luzio, S., Gray, B., Dunseath, G., Rees, E., & Kilduff, L. et al. (2014). Impact of single and multiple sets of resistance exercise in type 1 diabetes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(1), e99-e109. <http://dx.doi.org/10.1111/sms.12202>.
37. Urrútia, G., & Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina Clínica*, 135(11), 507-511. <http://dx.doi.org/10.1016/j.medcli.2010.01.015>.
38. WEB OF SCIENCE. Science Citation Index Expanded. Social Sciences Citation Index. Arts & Humanities Citation Index - PDF. (2017). Docplayer.es. Retrieved 16 May 2017, from <http://docplayer.es/54842-Web-of-science-science-citation-index-expanded-social-sciences-citation-index-arts-humanities-citation-index.html>
39. Yamanouchi, K., Abe, R., Takeda, A., Atsumi, Y., Shichiri, M., & Sato, Y. (2002). The effect of walking before and after breakfast on blood glucose levels in patients with type 1 diabetes treated with intensive insulin therapy. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 58(1), 11-18. [http://dx.doi.org/10.1016/s0168-8227\(02\)00099-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0168-8227(02)00099-2)
40. Yardley, J., Hay, J., Abou-Setta, A., Marks, S., & McGavock, J. (2014). A systematic review and meta-analysis of exercise interventions in adults with type 1 diabetes. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 106(3), 393-400. <http://dx.doi.org/10.1016/j.diabres.2014.09.038>
41. Yardley, J., Kenny, G., Perkins, B., Riddell, M., Malcolm, J., & Boulay, P. et al. (2012). Effects of Performing Resistance Exercise Before Versus After Aerobic Exercise on Glycemia in Type 1 Diabetes. *Diabetes Care*, 35(4), 669-675. <http://dx.doi.org/10.2337/dc11-1844>
42. Zinman, B., Zuniga-Guajardo, S., & Kelly, D. (1984). Comparison of the Acute and Long-Term Effects of Exercise on Glucose Control in Type I Diabetes. *Diabetes Care*, 7(6), 515-519. <http://dx.doi.org/10.2337/diacare.7.6.515>