

TRABAJO FIN DE GRADO



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

**EFECTO DE LA PRÁCTICA DE UNA RUTINA
TIPO HIIT EN EL CONTROL GLUCÉMICO EN
DIABETICOS TIPO 1**

Grado en Ciencias de la Actividad Física y deporte
Curso 2018/2019

Autor: Ernesto Sabater Boix

Tutor: Dr. Enrique Roche Collado

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Resultados y limitaciones planteados tras la lectura de las revisiones sistemáticas	6
3. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	7
4. CONCLUSIONES	7
5. BIBLIOGRAFÍA.....	8
6. ANEXOS.....	9
6.1. Tabla	9



1. CONTEXTUALIZACIÓN

LA DIABETES MELLITUS

La diabetes mellitus tipo 1 (DM1) es una enfermedad metabólica, caracterizada por una destrucción autoinmune de las células β pancreáticas. Estas células son el único tipo celular que sintetiza y secreta la hormona insulina en función de las concentraciones de nutrientes circulantes, particularmente la glucosa. La falta de insulina hace que la glucosa sanguínea no pueda entrar en los tejidos que la utilizan como sustrato energético, produciendo una hiperglucemia persistente, que es utilizada como prueba de diagnóstico.

Dado el papel que ejerce la insulina en el anabolismo, esta patología viene acompañada de severas alteraciones en el metabolismo de los macronutrientes tales como hidratos de carbono, lípidos y proteínas. Hoy en día, el único tratamiento paliativo consiste en la inyección de insulina exógena para evitar así el riesgo vital que supone la falta de la hormona. Sin embargo, las inyecciones de insulina no pueden controlar la glucemia de la forma en como lo haría la propia célula β . Por esta razón, estos desajustes en el control de la glucemia suelen cursar a largo plazo con alteraciones secundarias en diversos órganos como ojos (retinopatía), riñones (nefropatía), sistema nervioso (neuropatía) y sistema circulatorio (cardiopatía).

El paciente con DM1 presenta una sintomatología característica con poliuria, polidipsia, polifagia, pérdida de peso y una progresiva cetosis que puede acabar en cetoacidosis, si no se insta un tratamiento con insulina exógena.

Por todo ello, los pilares básicos para un buen control de la DM1 son: control de la alimentación, un aporte adecuado de insulina, la práctica de actividad física regular y la correcta educación al diabético y su entorno (Rosselli., 2018).

EJERCICIO FÍSICO

El ejercicio físico regular puede producir importantes mejoras en la salud de las personas con diabetes. La actividad física regular, reduce el riesgo de enfermedad cardiovascular, disminuye los niveles circulantes de hemoglobina glucosilada (HbA1), mejora la composición corporal, la función cardio-respiratoria, la función endotelial y del perfil lipídico en la sangre (Riddell et al., 2017). En este contexto, la propia actividad física favorece la entrada y el consumo de glucosa en el músculo esquelético, permitiendo un mejor control de la glucemia y disminuyendo la cantidad de insulina inyectada. Por todo ello, la actividad física bien programada produce mejoras para la salud y la calidad de vida de las personas con DM1.

Tanto la Asociación Americana de Diabetes (ADA) como el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM), recomiendan un mínimo acumulado de 1000 kcal o 150 minutos semanales de actividad física aeróbica de intensidad moderada o 90 minutos semanales de ejercicio físico de intensidad vigorosa, o ambos.

De esta forma, la duración, la intensidad y el tipo de actividad influirán en el tipo de respuestas metabólicas modulando los niveles de glucosa circulante de diversas maneras. Esta variación en la glucemia también puede verse afectada por la cantidad de insulina circulante inyectada y el aporte alimenticio. Por todo ello, el control de la glucemia combinando actividad física (tipo, intensidad y duración), dieta e inyecciones de insulina, es extremadamente complejo.

Comenzando por la variable actividad física, habría que considerar en una primera instancia el tipo. En este contexto, el ejercicio aeróbico se caracteriza por realizar movimientos continuos y cíclicos, que incluyen grandes grupos musculares, a una intensidad del 40%- 60% del

VO₂max. Este tipo de ejercicio obtiene energía a través de la oxidación de las grasas, de los carbohidratos y algunas veces de las proteínas (Arévalo., 2018).

Otro tipo de ejercicio físico es el de fuerza, que se caracteriza por ser de corta duración y de alta intensidad, con un alto componente anaeróbico. Es utilizado para mejorar la fuerza, la masa muscular, la movilidad y la flexibilidad. Este tipo de ejercicio utiliza como fuente de energía el adenosina-trifosfato (ATP) y la fosfocreatina (PC), que son sistemas energéticos anaeróbicos inmediatos, pasando a utilizar hidratos de carbono posteriormente, tanto de forma anaeróbica como aeróbica. Es justamente el componente anaeróbico el que genera lactato como producto residual (Harold., 2018).

En DM1, el riesgo de sufrir una hipoglucemia o una hiperglucemia durante la práctica de actividad física es mayor cuando la relación insulina-aporte alimenticio no es correcta.

Con el ejercicio aeróbico, el riesgo de hipoglucemia es mayor debido a que los niveles de insulina no descienden tan rápido al inicio de la actividad como en una persona sin diabetes. Por otro lado, los niveles de glucagón se mantienen, produciendo un desequilibrio en la ratio insulina-glucagón, aumentando el riesgo de hipoglucemia. En contraste, con el ejercicio de fuerza o anaeróbico, los diabéticos tipo 1 pueden sufrir una hiperglucemia post ejercicio (Oliver et al., 2018).

Recientemente, se ha visto que el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT), es igual o tiene mayor capacidad oxidativa que el entrenamiento aeróbico continuo. El HIIT, se caracteriza por ser un tipo de entrenamiento que intercala momentos de alta intensidad con momentos de baja intensidad o carga. A partir del pico de carga, la duración de la carga y la media de estas, se determina el requerimiento metabólico del HIIT. Consecuentemente, la respuesta hormonal durante el HIIT tiene una fuerte relación con la homeostasis de la glucosa en sangre, durante y después del ejercicio. (Moser et al., 2015b).

El objetivo de este trabajo es hacer una propuesta de intervención para estudiar los beneficios y los riesgos del HIIT en diabéticos tipo 1.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Para la selección de los artículos elegidos, se hizo una búsqueda en la base de datos "Pubmed", donde se usaron las palabras clave: high intensity interval training, high intensity interval exercise y diabetes mellitus 1, y se obtuvieron 74 resultados. Se limitaron los artículos con una antigüedad menor a 5 años, que fuera en humanos y que permitieran acceder al texto completo. Se obtuvieron 54 resultados. De estos 54 artículos, solo 7 eran revisiones bibliográficas, de las cuales solo 1, trataban el HIIT y la diabetes tipo 1 (Fig. 1).

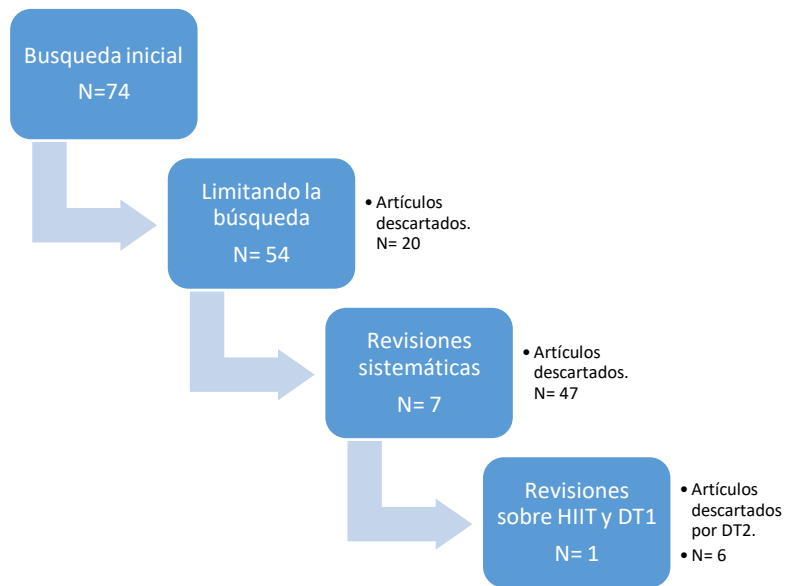


Figura 1. Descripción de la búsqueda de la revisión sistemática o metaanálisis.

Como el número de revisiones era muy bajo, se decidió complementar con los 54 artículos obtenidos tras delimitar la búsqueda a 5 años, con estudios realizados en humanos y que estuviera el texto completo. De los 54 artículos, 38 de ellos fueron excluidos tras la lectura del título, debido a que trataban la diabetes mellitus 2 o no tenían relación con el tema de este trabajo. Después de la lectura de los títulos, se obtuvo un total de 16 artículos. Tras la lectura del abstract, se descartaron 4 artículos por usar una muestra de diabéticos tipo 2. Al final de todo se obtuvo un total de 12 artículos. Tras la lectura de los 12 artículos, se descartaron 3 más, 2 por no tratarse de HIIT y 1 por usar una muestra de una sola persona. Quedando 9 artículos, 1 revisión sistemática y 8 artículos para complementar la información del metaanálisis y de la revisión bibliográfica (Fig. 2).

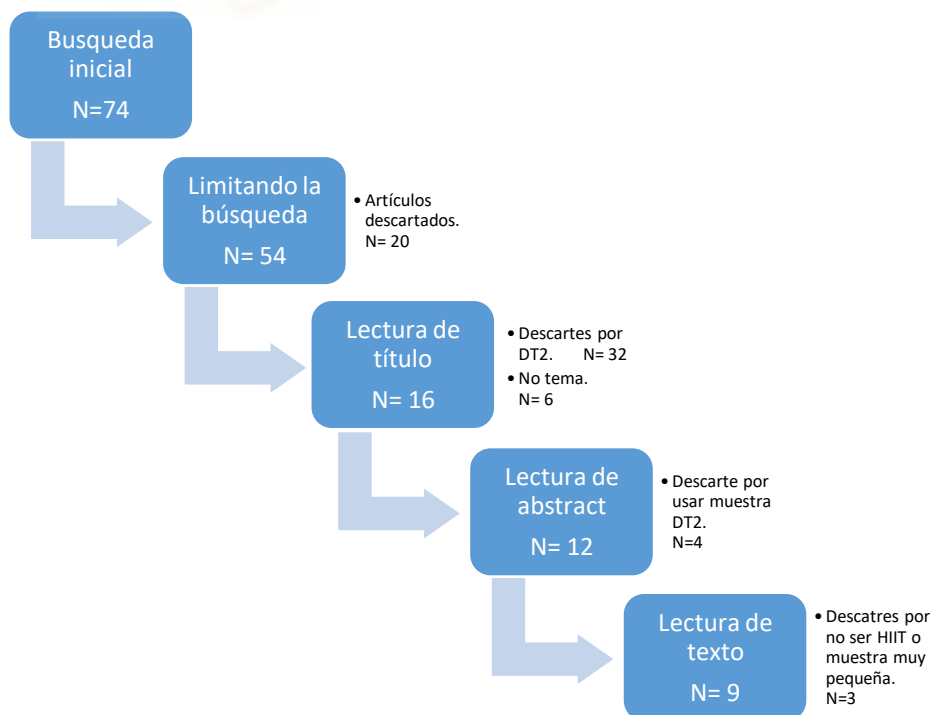


Figura 2. Descripción de la búsqueda de artículos para complementar la revisión sistemática.

Después de haber realizado la búsqueda y selección de las revisiones bibliográficas y los artículos, se plantearán los resultados obtenidos en las revisiones y se expondrán las limitaciones que surgieron durante la realización de estas, así como las futuras investigaciones. Una vez expuestas las revisiones se complementarán con los artículos encontrados.

2.1. Resultados y limitaciones planteados tras la lectura de las revisiones sistemáticas

Las dos revisiones sistemáticas y meta-análisis seleccionados tras la búsqueda, fueron publicadas con 2 años de diferencia. Esto hace que muchos de los interrogantes surgidos en el meta-análisis (García-García, Kumareswaran, Hovorka, & Hernando, 2015), se hayan respondido en la revisión sistemática posterior (Farinha, Krause, Rodrigues-Krause, & Reischak-Oliveira, 2017) o con los artículos más recientes obtenidos tras la búsqueda (TABLA 1).

En las revisiones, el principal problema que surge a la hora de poder valorar las variaciones en la glucemia para un sujeto diabético tipo 1 que hace HIIT, es la gran variedad de protocolos utilizados, con diferencias tanto en la duración e intensidad de los esfuerzos, como en los descansos. No obstante, y a pesar de estas limitaciones, los autores de las revisiones llegan a diversas conclusiones sobre este tipo de ejercicio.

Como bien se ha mencionado antes, dependiendo de la duración y la intensidad de un ejercicio, se producen unos cambios en la glucemia durante y después del ejercicio. En el caso del HIIT, hay bastante controversia, muchos autores afirman que el HIIT produce unos descensos menos bruscos en la glucemia durante el ejercicio que el aeróbico, y provoca un aumento de la glucemia post-ejercicio.

Este leve descenso durante el HIIT y el aumento de la glucemia post HIIT, se relaciona con las intensidades elevadas, superiores al 80% del $VO_2\text{max}$. Igualmente ocurre en el entrenamiento de fuerza y de HIIT (>90% $VO_2\text{max}$). La interpretación de los autores es que las catecolaminas inhiben la insulina exógena que es la que permite la captación de glucosa sanguínea, reduciendo su uso. Consecuentemente, a la reducción del uso de glucosa exógena, se estimula la producción de glucosa hepática y glucógeno muscular, como fuente energética. El aumento en las catecolaminas, el lactato y la hormona del crecimiento (GH) que aparece en las rutinas de fuerza y en el HIIT, no sucede con el ejercicio aeróbico. Por eso, en este tipo de ejercicios, la tendencia es que la glucemia disminuya a medida que el corredor va realizando su actividad. Dicho descenso dependerá de la intensidad, aunque la ingesta de hidratos de carbono antes e incluso durante el ejercicio, permitirán mantener una glucemia estable.

En DM1, se produce una degradación proteica de masa muscular, que produce una pérdida de fuerza. Las rutinas de musculación e hipertrofia ayudan a prevenir la sarcopenia y mejorar la fuerza, el perfil lipídico, y la sensibilidad y tolerancia de la insulina y la glucosa. Además, el músculo esquelético es el principal consumidor de glucosa en presencia o no de insulina, por lo tanto, se cree que las rutinas de fuerza pueden mejorar la homeostasis de la glucosa, produciendo una menor caída de la glucemia durante el ejercicio. Del mismo modo, estas rutinas mantienen la glucemia post ejercicio más tiempo, incluso más que tras el ejercicio aeróbico continuo, donde puede producirse una reducción en la duración y la gravedad de las hipoglucemias post ejercicio.

En conclusión, la fuerza mejora la hipertrofia y la ayuda al mantenimiento de la masa muscular, retrasando o evitando la sarcopenia. El HIIT, mejora la capacidad oxidativa, la capacidad cardiorrespiratoria y la tolerancia a la acidosis, produciendo unos beneficios en la homeostasis de la glucosa, el estrés oxidativo y los parámetros inflamatorios.

Por último, y a nivel general sobre el ejercicio y el control glucémico a largo plazo, las publicaciones muestran una gran controversia. En algunos artículos, el ejercicio no produce cambios en la HbA1c o se producen incluso hipoglucemias, cuando la glucosa sanguínea debería haber aumentado. Estos problemas parecen ser debidos a un mal ajuste del control nutricional y la reducción insulínica pre y post ejercicio. Si la intervención nutricional pre- ejercicio, así como las inyecciones de insulina, son correctas, la glucemia tiende a mantenerse durante y post- ejercicio, llegando a aumentar ligeramente en este último caso.

En algunos de los artículos mencionados (TABLA1), si realizan un control de los porcentajes nutricionales y de la reducción de la dosis de insulina rápida pre y post ejercicio, dependiendo de la intensidad del HIIT. El control nutricional e insulínico es necesario para evitar hipo o hiper glucemias durante y post HIIT, ya que este y las rutinas de fuerza, aumentan la sensibilidad insulínica.

3. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

La propuesta de intervención ha sido realizada basándose en las conclusiones y resultados obtenidos en las revisiones y en los artículos.

El control nutricional y el protocolo de inyección de insulina que se realiza a los 90 minutos pre ejercicio y en el post ejercicio, se ha basado en varios artículos (Moser et al., 2016, 2015a). Los porcentajes de los macronutrientes son 40% CHO, 35% proteínas, 25% grasas. Los porcentajes de reducción de insulina inyectada son 25% para baja intensidad, 50% media intensidad y 75% alta intensidad. Además, se recomienda tener una norma glucemia en el momento previo al inicio del HIIT.

El protocolo de intervención, ha surgido a partir del propuesto en la revisión bibliográfica (Farinha et al., 2017). Aunque se ha modificado el orden de realización, haciéndose primero el HIIT y después la rutina de fuerza, ya que como concluye en un artículo más actual, la fuerza antes del HIIT, produce un alto riesgo de hipoglucemia, pero si se realiza primero la sesión de HIIT, el efecto de la rutina de fuerza, es estabilizador de la glucemia (Farinha et al., 2018).

En cuanto al protocolo HIIT, la mayoría de los estudios realizaban un HIIT largo, de ahí que el tiempo de cada repetición sea de 1 minuto y se intente acumular 10 min a intensidades entre el 90 y el 100% del VO_2max . La recuperación sería pasiva debido a que es menor a 2 minutos y sigue una ratio de trabajo descanso (1:1). Aunque, la intensidad debería prescribirse en vatios o velocidad, obteniendo estos datos a partir de una prueba incremental (ITF).

La rutina de fuerza ha sido la propuesta por (Farinha et al., 2017). En esta rutina de fuerza se incluyen ejercicios de grandes grupos musculares como: press de banca, prensa de piernas, jalón al pecho, extensión de piernas, overhead y abdominales. La intensidad de las repeticiones, van en relación con la repetición máxima, y como pretende hacer hipertrofia, las repeticiones serán 8 (10).

La duración será de 2 meses, 3 veces por semana, 60 min de sesión (5 min calentamiento + 20 min HIIT + 30 min Fuerza + 5 min vuelta a la calma), intensidad alta (90- 100% vVO_2max y 8 RM en fuerza). HIIT= 10 X 60", recuperación pasiva 60s (1:1).

4. CONCLUSIONES

Las conclusiones que podemos obtener tras esta revisión bibliográfica sobre el efecto del HIIT en la glucemia de DM1.

El HIIT, es un tipo de ejercicio físico que se realiza a intervalos de alta intensidad. Este tipo de ejercicio se puede aplicar de muchas metodologías diferentes, de ahí el gran problema a la hora de extraer una conclusión sobre los efectos del HIIT en DM1.

Sin embargo, se puede decir que a intensidades superiores al 80% VO₂max, se estimula la secreción de catecolaminas, que inhiben la acción de la insulina exógena, produciendo una inhibición de la captación de glucosa exógena, estimulando la obtención de energía a través del glucógeno muscular y hepático. Todo ello produciría un leve descenso de la glucosa sanguínea durante el ejercicio y un posterior aumento tras la finalización de este.

Por otro lado, los DM1, sufren una sarcopenia causada por la enfermedad. Por eso es importante introducir ejercicios de fuerza para prevenir la pérdida de masa muscular y fuerza, además de tener un efecto sobre la homeostasis de la glucosa, y estabilizándola post HIIT.

Por último, decir que es igual o más importante el control nutricional y la regulación de la insulina inyectada, que el tipo, la intensidad y la duración del ejercicio físico, ya que, si no se realiza una adaptación nutricional e insulínica pre y post ejercicio, esto puede llevar a un riesgo de hipo o hiper glucemia durante y post ejercicio.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo, H. (2018). Diabetes Tipo 1 y actividad física. En P. Rosselli. (Ed.), *La actividad física, el ejercicio y el deporte en los niños y adolescentes. Recomendaciones en la salud y en la enfermedad* (pp. 190-202). Bogotá, Colombia: Ed. Médica Panamericana.
- Cockcroft, E. J., Moudiotis, C., Kitchen, J., Bond, B., Williams, C. A., & Barker, A. R. (2017). High-intensity interval exercise and glycemic control in adolescents with type one diabetes mellitus: a case study. *Physiological Reports*, 5(13). <https://doi.org/10.14814/phy2.13339>
- Farinha, J. B., Dos Santos, G. C., Vargas, J. L. F., Viana, L. L., De Souza, A. L. G., & Reischak-Oliveira, A. (2018). Capillary glycaemia responses to strength exercises performed before or after high-intensity interval exercise in Type 1 diabetes under real-life settings. *Complementary Therapies in Medicine*, 40, 116–119. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2018.08.004>
- Farinha, J. B., Krause, M., Rodrigues-Krause, J., & Reischak-Oliveira, A. (2017). Exercise for type 1 diabetes mellitus management: General considerations and new directions. *Medical Hypotheses*, 104, 147–153. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2017.05.033>
- García-García, F., Kumareswaran, K., Hovorka, R., & Hernando, M. E. (2015). Quantifying the Acute Changes in Glucose with Exercise in Type 1 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 45(4), 587–599. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0302-2>
- Moser, O., Mader, J. K., Tschakert, G., Mueller, A., Groeschl, W., Pieber, T. R., ... Hofmann, P. (2016). Accuracy of Continuous Glucose Monitoring (CGM) during Continuous and High-Intensity Interval Exercise in Patients with Type 1 Diabetes Mellitus. *Nutrients*, 8(8). <https://doi.org/10.3390/nu8080489>
- Moser, O., Tschakert, G., Mueller, A., Groeschl, W., Pieber, T. R., Obermayer-Pietsch, B., ... Hofmann, P. (2015a). Effects of High-Intensity Interval Exercise versus Moderate Continuous Exercise on Glucose Homeostasis and Hormone Response in Patients with Type 1 Diabetes Mellitus Using Novel Ultra-Long-Acting Insulin. *PloS One*, 10(8), e0136489. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136489>
- Moser, O., Tschakert, G., Mueller, A., Groeschl, W., Pieber, T. R., Obermayer-Pietsch, B., ... Hofmann, P. (2015b). Effects of high-intensity interval exercise versus moderate

continuous exercise on glucose homeostasis and hormone response in patients with type 1 diabetes mellitus using novel ultra-long-acting insulin. *PLoS ONE*.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136489>

- Oliver, N. S., Jairam, C., Amiras, D., Chew, S., Rilstone, S., & Hill, N. E. (2018). Establishing the multidisciplinary Imperial Physical Activity and Diabetes clinic. *Practical Diabetes*, 35(1), 11–15. <https://doi.org/10.1002/pdi.2151>
- Riddell, M. C., Gallen, I. W., Smart, C. E., Taplin, C. E., Adolfsson, P., Lumb, A. N., ... Laffel, L. M. (2017). Exercise management in type 1 diabetes: a consensus statement. *The Lancet Diabetes and Endocrinology*, 5(5), 377–390. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(17\)30014-1](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(17)30014-1)
- Riddell, M. C., Pooni, R., Yavelberg, L., Li, Z., Kollman, C., Brown, R. E., ... Aronson, R. (2019). Reproducibility in the cardiometabolic responses to high-intensity interval exercise in adults with type 1 diabetes. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 148, 137–143. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2019.01.003>
- Rooijackers, H. M., Wiegers, E. C., van der Graaf, M., Thijssen, D. H., Kessels, R. P. C., Tack, C. J., & de Galan, B. E. (2017). A Single Bout of High-Intensity Interval Training Reduces Awareness of Subsequent Hypoglycemia in Patients With Type 1 Diabetes. *Diabetes*, 66(7), 1990–1998. <https://doi.org/10.2337/db16-1535>
- Tonoli, C., Heyman, E., Roelands, B., Buyse, L., Piacentini, F., Berthoin, S., ... 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. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1548886>
- Wiegers, E. C., Rooijackers, H. M., Tack, C. J., Groenewoud, H. J. M. M., Heerschap, A., de Galan, B. E., & van der Graaf, M. (2017). Effect of Exercise-Induced Lactate Elevation on Brain Lactate Levels During Hypoglycemia in Patients With Type 1 Diabetes and Impaired Awareness of Hypoglycemia. *Diabetes*, 66(12), 3105–3110. <https://doi.org/10.2337/db17-0794>

6. ANEXOS

6.1. Tabla

ARTÍCULO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	VARIABLES	RESULTADOS
(Riddell et al., 2019)	<p>N=16</p> <p>Años 34,7+- 10,3</p> <p>Hombres 12 (75%)</p> <p>Duración DT1 (años) 17,3+-11,3</p> <p>HbA1c (mmol/ mol) 54+- 9</p> <p>HbA1c (%) 7,1 +- 0,8</p> <p>IMC (Kg/m2) 25,6 +-2,5</p> <p>VO2peak (ml/ kg/min) 39,7+- 6,5</p> <p>Dosis insulina basal (U) 25,7+- 9,8</p>	<p>4 sesiones hiit separadas por 3 días de descanso.</p> <p>HIIT (1:1) = 3x5'; R= 5'</p> <p>1ero 5' → 30" (100, 110, 120, 130, 130% Peak power (W); R= 30" 50% VO2peak</p> <p>2do 5' → ejercicios de calistenia, cambiando cada 20". La rec.es el cambio de ejercicio.</p> <p>3er 5' → Igual que los 5 primeros minutos.</p>	<p>-Para monitorizar la intensidad del HIIT, se usó:</p> <p>La frecuencia cardíaca, el vo2máx y el RPE, también se midió el lactato.</p> <p>-Para ver los cambios a nivel hormonal i de glucosa, se midió: la insulina, la hormona de crecimiento, los ácidos grasos libres en el plasma y las catecolamidas.</p> <p>Estas mediciones se realizaron a los 10 min, 25 min y 40 min desde el inicio del HIIT.</p>	<p>-Los niveles de glucosa en plasma es significativa entre las 4 sesiones HIIT. Produciendo un aumento de la glucosa, con un pico a los 15 min post HIIT (T40).</p> <p>Estos cambios en la glucosa no están asociados con la línea base de la glucosa, pero si con el pico de frecuencia cardiaca durante la actividad.</p> <p>-Discusiones:</p> <p>En este estudio se puede apreciar como aumenta la glucosa en plasma, asociada al nivel de lactato circulante durante la actividad.</p> <p>Esto produce una nueva apreciación general de la reproducibilidad de la tendencia glucémica, a parte de la ya conocida durante el ejercicio aeróbico.</p>

<p>(Farinha et al., 2018)</p>	<p>N= 9 (5M/ 4F) Años 25,8+ 1,9 Duración diabetes (años) 13,6+ 2,4 IMC 25,4+ 0,9 VO2peak 31,8+ 2,1 HbA1 (%) 7,1+ 0,4 Múltiples inyecciones diarias 9</p>	<p>En este estudio se busca la influencia de la fuerza pre o post una sesión de HIIT, sobre la glucemia durante y post ejercicio en DT1.</p> <p>-La sesión dura 60min: 30' y 30'.</p> <p>-El protocolo HIIT consistía en: 12x 1' (+90%FCmax) R. activa 1:1 Incluye 3' de calentamiento y 3' de vuelta a la calma.</p> <p>-Protocolo FUERZA: 3x 8(10) (80%RM) en pres de banca, prensa de piernas, jalón al pecho, extensión de piernas, over head y 3x 15rep. abdominales R. 1'.</p>	<p>Las variables utilizadas en este estudio fueron:</p> <p>-El VO2peak, para poder monitorizar la intensidad del HIIT. Se obtuvo el VO2 peak con una prueba incremental.</p> <p>-HbA1c, a través de la glucosa en sangre. Esta se midió cada 15 min desde el inicio hasta 120 min después.</p> <p>-También se usó el RM para la sesión de fuerza.</p>	<p>-Con una glucemia similar pre- ejercicio, hay un descenso significativo de la glucemia a los 60, 75 y 90 min post SE+HIIT.</p> <p>Por otro lado, en el HIIT+SE, los niveles de glucemia decaen durante los minutos 30, 45 y 60, y aumentaba hasta el minuto 105.</p> <p>- Se puede deducir que, si se hace una sesión de fuerza previa al HIIT, esta producirá un descenso significativo en la glucosa capilar durante la sesión de HIIT, pudiendo producir una hipoglucemia post- ejercicio.</p> <p>Pero, si se hace una sesión de fuerza después de una de HIIT, la sesión de fuerza provoca una estabilización de la glucemia durante la sesión y un aumento posterior hasta los 105 min.</p>
-------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>(Cockcroft et al., 2017)</p>	<table border="1"> <tr> <td>Años</td> <td>17,1</td> <td>14.8</td> <td>16.6</td> </tr> <tr> <td>Sexo</td> <td>F</td> <td>M</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>HbA1c</td> <td>62</td> <td>59</td> <td>37</td> </tr> <tr> <td>Peso, Kg</td> <td>77,6</td> <td>50,4</td> <td>61,8</td> </tr> <tr> <td>Peak power</td> <td>259</td> <td>173</td> <td>442</td> </tr> <tr> <td>VO2max</td> <td>34,6</td> <td>36,5</td> <td>58,7</td> </tr> </table>	Años	17,1	14.8	16.6	Sexo	F	M	M	HbA1c	62	59	37	Peso, Kg	77,6	50,4	61,8	Peak power	259	173	442	VO2max	34,6	36,5	58,7	<p>Compara HIIT con Continuo:</p> <p>-HIIT: 8x 1' (90% VO2max) R. activa 85'' (20W)</p> <p>-CONT: 30' (90% Umbral ventilatorio)</p>	<p>-VO2máx y el umbral ventilatorio, para monitorizar la intensidad. Obtenido a través de una prueba incremental, supra máximo.</p> <p>-La glucemia es controlada durante las 24 h post ejercicio, usando un monitor de glucosa continuo.</p> <p>-El control de los nutrientes durante el día, para saber la cantidad de carbohidratos se han consumido.</p>	<p>-Se observó un descenso de la glucemia durante 24h post ejercicio en 2 de los 3 participantes, con HIIT (21-46%) en comparación del continuo (38-42%).</p> <p>-Además, se observó una disminución del tiempo en hiper glucemia postprandial, después del HIIT.</p> <p>-Por otro lado, resultó un mayor tiempo en hipo glucemia nocturna, para HIIT (35% y 87%) y para el continuo (7%). Puede ser debido por un aumento de sensibilidad a la insulina.</p> <p>-La variabilidad inter participante en la respuesta glucémica a corto plazo a HIIE aguda y MIE, lo que indica la necesidad de personalizar el manejo de la glucosa con respecto a la modificación de la dosis de insulina y la ingesta de</p>
Años	17,1	14.8	16.6																									
Sexo	F	M	M																									
HbA1c	62	59	37																									
Peso, Kg	77,6	50,4	61,8																									
Peak power	259	173	442																									
VO2max	34,6	36,5	58,7																									

					CHO antes y después del ejercicio.
(Rooijackers et al., 2017)	<p>TIPO IHA</p> <p>N</p> <p>Edad 35</p> <p>Sexo (M: F)</p> <p>BMI 23.4</p> <p>H. Ejercicio/semana</p> <p>HbA1c (%) 0.7</p> <p>Dosis insulina 0.4</p>	<p>NO DT1</p> <p>DT1</p> <p>HNA</p>	<p>-4 min calentamiento a 50W.</p> <p>-HIIT= 3x 30" (all out) R. activa 4' (50W).</p>	<p>-Glucosa en plasma cada 5 min.</p> <p>-Catecolaminas y cortisol con normo glucemia cada 5min, con hipoglucemia cada 20 min.</p> <p>-Insulina, glucagón, GH y PH con normo glucemia al final del ejercicio, con hipoglucemia, al final de esta.</p> <p>-VO2max, RPE y potencia (w) para monitorizar el HIIT.</p>	<p>-Una sesión corta de HIIT puede reducir rápidamente las defensas sintomáticas y hormonales contra la hipoglucemia en pacientes con HNA, lo que puede aumentar el riesgo de no detectar la hipoglucemia posterior al ejercicio, pero esto no ocurre en IHA, no pueden inhibirse más síntomas.</p> <p>-Se ha observado la disminución de la respuesta del cortisol y de GH a la hipoglucemia, pero no se inhibió la respuesta de las catecolaminas. Ante esto parece verse una relación entre el ejercicio realizado previo a la hipoglucemia y los defectos en la contra regulación de esta.</p> <p>-Se observó una menor disminución de la capacidad</p>

									cognitiva en la hipoglucemia post HIIT en comparación con reposo. Puede ser debido al aumento del lactato en sangre, que es usado, para mantener el metabolismo cerebral.
(Wiegers et al., 2017)	DT1	DT1	IAH	NAH	NO	-4 min calentamiento a 50W. -HIIT= 3x 30'' (all out) R. activa 4' (50W).	-Control de la glucosa y el lactato en plasma cada 5 min. -VO2max, RPE y potencia (w) para monitorizar el HIIT. -Medición de los niveles de lactato en el cerebro (MR) durante 4 min, con 3T MR system. -Control de insulina y glucagón en plasma, con RIA. -La adrenalina y noradrenalina en plasma fueron analizados con una cromatografía líquida de alto rendimiento combinado con detección fluoro métrica.	-Añaden un medidor de lactato en el cerebro y confirma un aumento de lactato después del HIIT, sobre todo en IAH. Después de la hipoglucemia, los niveles de lactato decaen hasta por debajo de los basales, en DT1 IAH, esto no ocurre en los NAH y en los sanos. Esto apoya la hipótesis del aumento del transporte de lactato al cerebro, para su oxidación durante la hipoglucemia, en DT1 IAH, el lactato sirve de fuel cuando la glucosa es baja.	
	N		6	6	6				
	Sexo (M/F)		3/3	3/3	3/3				
	Edad		23.5	21.5	23.8				
	IMC		22.8	22.7	23.5				
	HbA1c (%)		6.9	7.7	--				
	Años con dt1		12.0	10.2	--				
	H. ejercicio/sem		4.9	4.8	3.3				

<p>(Moser et al., 2016)</p>	<p>Edad 24+- 5.3 IMC 23.9+-2.5 Duración DT1 16.9+-8.1 HbA1c (%) 7.4+-0.6 VO2max 52+-8.2 Pmax (W) 284.3+-43.1</p>	<p>-24 visitas, las 10 primeras de adaptación, la 11 se realiza una prueba incremental (IET) para determinar la intensidad.</p> <p>-las visitas 13, 15 y 17 se hará CON los días 19, 21 y 23 se entrenará HIIT.</p> <p>-IET, empieza en 40W y la carga aumenta 20W por minuto, hasta la extenuación.</p> <p>-3 min calentamiento, después 3min vuelta a la calma.</p> <p>-CON 30min</p> <p>13-- 5% de Pmax por debajo de LTP1</p> <p>15-- 5% de Pmax por encima de LTP1</p> <p>17-- 5% de Pmax por debajo de LTP2</p> <p>-HIIT 30min (all out 20")</p>	<p>-Se tomo una muestra de sangre cada 5 min durante el protocolo y después de las recuperaciones para determinar el lactato y la glucosa en sangre.</p> <p>-La frecuencia cardíaca y la medición de gases pulmonares y potenciómetro.</p> <p>-También usaron un monitor de glucosa continuo (MGC)</p> <p>-Control nutricional pre -ejercicio 39% CHO, 36% proteínas y 25% grasas.</p> <p>-Reducción de la insulina de acción rápida dependiendo de la intensidad del ejercicio.</p> <p>25% baja, 50% media y 75% alta intensidad.</p>	<p>-Durante el ejercicio intenso, la insulina debe reducirse y los carbohidratos deben controlarse para evitar la hipoglucemia debido a la activación del transportador de glucosa tipo 4 (GLUT 4) causada por la inyección de insulina y la contracción muscular.</p> <p>El MGC es recomendable usarlo junto con un BG normal, antes durante y después del ejercicio.</p>
-----------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

		<p>19-- T recuperación 120s (1:6)</p> <p>21-- T. recuperación 60s (1:3)</p> <p>23-- T. recuperación 20s (1:1)</p>		
(Moser et al., 2015b)	<p>Edad 24+- 5.3</p> <p>IMC 23.9+-2.5</p> <p>Duración DT1 16.9+-8.1</p> <p>HbA1c (%) 7.4+-0.6</p> <p>VO2max 52+-8.2</p> <p>Pmax (W) 284.3+-43.1</p>	<p>-24 visitas, las 10 primeras de adaptación, la 11 se realiza una prueba incremental (IET) para determinar la intensidad.</p> <p>-las visitas 13, 15 y 17 se hará CON los días 19, 21 y 23 se entrenará HIIT.</p> <p>-IET, empieza en 40W y la carga aumenta 20W por minuto, hasta la extenuación.</p> <p>-3 min calentamiento, después 3min vuelta a la calma.</p> <p>-CON 30min</p>	<p>-se tomó una muestra de sangre cada 5 min durante el protocolo y después de las recuperaciones para determinar el lactato y la glucosa en sangre.</p> <p>-También usaron un monitor de glucosa continuo (MGC)</p> <p>-se controlaron los nutrientes de la comida previa al ejercicio, 39% CHO, 36% proteínas y 25% grasas,</p> <p>-Se redujeron la dosis de insulina, administrada 4 horas</p>	<p>-La importancia de controlar los alimentos pre-ejercicio y reducir la dosis de insulina previa y post ejercicio en relación con la intensidad y duración de este.</p> <p>-el HIIT bajo (1:6) y el HIIT alta (1:1), no produjo diferencias con CON, en el riesgo de hipoglucemia, ni en las respuestas agudas de las hormonas.</p> <p>-el HIIT medio (1:3), produjo una disminución de glucosa mayor significativamente, que CON.</p>

		<p>13-- 5% de Pmax por debajo de LTP1</p> <p>15-- 5% de Pmax por encima de LTP1</p> <p>17-- 5% de Pmax por debajo de LTP2</p> <p>-HIIT 30min (all out 20")</p> <p>19-- T recuperación 120s (1:6)</p> <p>21-- T. recuperación 60s (1:3)</p> <p>23-- T. recuperación 20s (1:1)</p>	<p>antes de la sesión, la reducción de la dosis depende de la intensidad de la sesión. IET- 40%, 25% baja, 50% media, 75% alta.</p> <p>IET para obtener la P max y los umbrales de lactato (LT1 y LT2). Ya partir de estos datos se monitoriza la actividad.</p>	
--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

<p>(Tonoli et al., 2015)</p>	<p>N 10 Edad 33.8 IMC 23.7 Duración DT1 9.5 HbA1c (mmol/mol) 11.9 VO2max 53.34 P max (W) 355.0</p>	<p>-Los participantes fueron 4 veces al laboratorio, cada visita separada por 48h.</p> <p>La 1era fue una prueba incremental, empezando a 80-100rpm, aumentando cada minuto 25W, hasta la extenuación.</p> <p>-22min de sesión 2 min de calentamiento y 20 de HIIT O CON.</p> <p>-HIIT, 10x 1' (90% P max) R. activa 1' (50 W) 1:1</p> <p>-CON, 20' (70% P max)</p>	<p>-Se usó una prueba incremental para obtener el VO2max, P max y RPE, para monitorizar las sesiones.</p> <p>-Se controlaron los porcentajes nutricionales de la comida previa al ejercicio, 60% CHO, 20% proteínas, 20% grasas.</p> <p>-Las mediciones se hicieron antes, después y a los 30 min al acabar el ejercicio. Se midió la glucosa en sangre, test cognitivo, BDNF, IGF-I, y el sérum libre de insulina.</p>	<p>-Los dos tipos de ejercicios producen un descenso en la glucosa sanguínea, después del ejercicio. Pero el HIIT, a los 30', provoca una disminución significativa en comparación con el ejercicio aeróbico.</p> <p>-Los niveles de BDNF, cambiaron significativamente en los ejercicios, mostrando un aumento en el post ejercicio. Pero los mayores niveles de BDNF es post HIIT, pero también sufre una decaída significativa a los 30' post ejercicio. Los niveles de BDNF, se correlacionó con el IGF-I pero no con la glucosa en sangre.</p> <p>-El HIIT produjo un aumento de la IGF-I total, esto provoca un aumento de GH.</p> <p>-La insulina libre, muestra una disminución significativa durante el HIIT y el CON, después de 30' de recuperación.</p>
------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

				<p>-Los tipos de ejercicios producen un aumento de BDNF, que produce una mejora de la salud mental. Aunque este aumento se ve relacionado con la intensidad.</p>
--	--	--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



