

Efecto del HIIT sincrónico con el cronotipo matutino sobre el perfil glucémico en personas con prediabetes.

Laguna Jaralillo Luz María¹, Martínez Silva Francisco¹, Moran Martínez Briayan Israel¹, Villanueva Cervantes Ariadna Guadalupe¹, Rucobo Gurrola Luis Rosendo², Pérez-Vázquez Victoriano², Vargas-Ortiz Katya²

¹ Licenciatura en Médico Cirujano, División de Ciencias de la Salud, Campus León, Universidad de Guanajuato.

² Departamento de Ciencias Médicas, División de Ciencias de la Salud, Campus León, Universidad de Guanajuato

Resumen

La prediabetes es un estado de alteración de la glucosa que puede progresar a diabetes tipo 2 (DT2), algunos factores de riesgo como la obesidad, inactividad física, entre otros, han llevado a una prevalencia de DT2 a nivel mundial alarmante.

La actividad física es fundamental en la prevención de la prediabetes, pero bajo porcentaje de la población mundial lo realiza por falta de tiempo, por lo que el entrenamiento por intervalos de alta intensidad (HIIT, por sus siglas en inglés) representa una buena alternativa. Aun así, se necesita definir la hora del día en que cada persona tiene mayor rendimiento e implementarlo para tener mejores resultados en el perfil glucémico. El objetivo de esta investigación es comparar el efecto del HIIT sincrónico con el asincrónico respecto al cronotipo matutino (CM) en control glucémico en personas con prediabetes.

Se implementó un programa de HIIT de 12 semanas, en un grupo de participantes sincrónicos (n = 5) y en un grupo de participantes asincrónicos (n = 5), con intervalos de 1x1, el número de intervalos fue progresando hasta llegar a 10 intervalos/sesión. Se realizaron pruebas de tolerancia oral a la glucosa (PTOG); medición de talla, peso y circunferencia de cintura y se determinó el área bajo la curva de glucosa (AUC, por sus siglas en inglés) antes y después de la intervención con el HIIT.

El Grupo HIIT sincrónico disminuyó los niveles de glucosa 60min de la PTOG y tuvo una tendencia a disminuir el AUC en comparación del grupo asincrónico.

En conclusión, el HIIT sincrónico mejora el perfil glucémico más que el HIIT asincrónico.

Palabras clave: Cronobiología, Diabetes, PTOG, VO₂.

Antecedentes

Prediabetes es el término que se utiliza para describir a personas con alteración de la glucosa en ayuno (IFG, por sus siglas en inglés): de 100 a 125 mg/dL de glucosa en ayuno y/o intolerancia a la glucosa (IGT, por sus siglas en inglés): de 140 a 199 mg/dL de glucosa a las 2 h en una prueba de tolerancia oral a la glucosa (PTOG). Valores de hemoglobina glicada (A1C) de 5.7 a 6.4% también diagnostica prediabetes. La prediabetes implica mayor riesgo de desarrollar DT2 (EISayed et al., 2023a).

La prevalencia de diabetes a nivel mundial es de aproximadamente 10.6% de los adultos para IGT y 6.2% para IFG (*IDF Diabetes Atlas 10th Edition, 2021*). En México, las cifras publicadas por la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) en 2022 estiman que el 22.1% de los mexicanos viven con prediabetes (Basto-Abreu et al., 2023).

Zhang X et al. (2010) dieron seguimiento a la relación de los niveles de A1C y la progresión a DT2, encontraron que, aquellos con A1C entre 5.5 y 6.0% tenían una incidencia del 9 al 25% de progresar a DT2 en 5 años, para valores de A1C 6.0 a 6.4% la incidencia fue del 25 al 50%, un riesgo relativo 20 veces mayor en comparación con individuos con valores de A1C en rango normal (Zhang et al., 2010).

Una vez detectada la prediabetes, se debe intervenir rápida y oportunamente para prevenir o retrasar la progresión a DT2, y gracias a varios ensayos controlados aleatorios se ha demostrado que la piedra angular

del tratamiento son los cambios en el estilo de vida (EISayed et al., 2023b). En un ensayo controlado en pacientes con ITG se demostró que, con solo realizar ejercicio, la incidencia de DT2 disminuye un 41.1% a 6 años de seguimiento (Gong et al., 2019).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 25% de los adultos no cumplen con los 150 min/semana de actividad física de moderada a intensa recomendados (Organización Mundial de la Salud., 2022). En México, los motivos por los que no se cumplen las metas de actividad física son por falta de tiempo (43.3%), cansancio laboral (16.7%) y pereza (16%) (INEGI, 2019).

Estos resultados reflejan un problema en el apego al tratamiento, por lo que se han propuesto alternativas para alcanzar las metas como lo es el HIIT, que representa una mejor opción al ser entrenamientos concentrados en intervalos de alta intensidad cortos e intercalados con periodos de recuperación de media o baja intensidad. Se ha demostrado que pacientes con prediabetes, en un periodo de 6 semanas con el HIIT, redujeron en un 16% la resistencia a la insulina y un 3% la presión arterial, disminuyendo la progresión a DT2 (Phillips et al., 2017). Además, Little et al. (2011) observaron que en pacientes con DT2, 6 sesiones de HIIT [10 intervalos de 60 s a una frecuencia cardiaca máxima (FCM) de ~90%, intercalados con 60 s de descanso] realizadas en un periodo de dos semanas incrementaron la capacidad mitocondrial muscular, lo que sugiere mejoras en la salud metabólica (Little et al., 2011).

Sin embargo; aun con estas alternativas, la incidencia de prediabetes sigue en aumento. Se estima que para el año 2045 la prevalencia mundial aumente un 11.4% para IGT y 6.9% para IFG (2), por lo que se han buscado algunos métodos que ayuden a complementar las medidas ya establecidas, uno de estos es reconocer las ventajas que tiene la hora del día en que se realiza ejercicio respecto al cronotipo de cada persona.

Se han realizado investigaciones en población general con el objetivo de definir las horas con mayor rendimiento al realizar ejercicio, demostrando que hay un mejor desempeño muscular por las tardes dado que a mayor temperatura, mayor activación de las fibras musculares de activación rápida. Mientras que, por la mañana, se beneficia el ejercicio aeróbico (DESCHENES et al., 1998). Si bien, estas diferencias no han resultado ser significativas debido a que influyen factores personales, tomar en cuenta el cronotipo puede ser útil para optimizar la eficacia del entrenamiento, la planificación diaria, maximizar la productividad y el bienestar (Racinais et al., 2010).

Los cronotipos son parte interesante de la cronobiología, se refieren a las preferencias y características individuales en términos de ritmos circadianos; cada persona tiene un cronotipo único. Existe el cronotipo matutino (CM), con mayor preferencia a realizar sus actividades durante las mañanas; los cronotipos vespertinos (CV), que son letárgicos en la mañana, de manera que realizan sus actividades durante la noche; y el intermedio, que oscila entre los dos, desarrollando mayor adaptabilidad de horario al realizar sus actividades. Estos pueden estar sujetos a factores no modificables como la edad, la herencia genética y el sexo; y a factores modificables como los hábitos personales, estilo de vida y el estado socioeconómico. Durante la infancia predomina el CM, el CV en la adolescencia y el CM en la edad adulta (Adan et al., 2012).

Es importante conocer si en personas con prediabetes, su cronotipo y el horario en que hacen ejercicio, tiene algún efecto sobre el metabolismo de la glucosa, por lo que el objetivo de esta investigación es comparar el efecto del HIIT sincrónico con el asincrónico respecto al cronotipo matutino en el control glucémico en personas con prediabetes. Los resultados de esta investigación podrían ser utilizados para diseñar estrategias más eficaces para el control glucémico.

Material y métodos

El protocolo fue aprobado por el Comité de Ética para la Investigación de la Universidad de Guanajuato, otorgando el código CIBIUG-P54-2022. Todos los participantes firmaron consentimiento informado.

Se está realizando un estudio cuantitativo, cuasi experimental, longitudinal, comparativo con intervención de HIIT, se incluyen datos preliminares de 10 participantes.

Selección de participantes

En el estudio se incluyeron a hombres con edad de 30-59 años con prediabetes recién diagnosticada sin tratamiento previo, con sobrepeso y/o obesidad grado 1, con cronotipo matutino e inactividad física de al

menos 2 meses; sin diagnóstico médico de enfermedades crónico-degenerativas, ni consumo de fármacos, suplementos o sustancias que alteren el nivel de glucosa en sangre, la composición corporal y/o acondicionamiento. Además, exentos de lesiones musculoesqueléticas y cirugías previas (en los últimos 6 meses) que contraindiquen el HIIT, sin consumo de dietas para reducción de peso, con consumo máximo de alcohol de 3 unidades/semana, sin tabaquismo (consumo menor de 5 cigarros/día) y que no trabajaran en el turno nocturno ni rotaran turnos.

Se excluyeron a los participantes con cualquier lesión musculoesquelética que afectará el movimiento corporal, con incumplimiento del 80% de las sesiones de entrenamientos y/o con 6 faltas consecutivas a los entrenamientos.

Se determinó como criterios de eliminación a participantes que voluntariamente abandonaran el estudio o con información incompleta por cualquier causa.

Procedimiento

Se convocó por medio de publicaciones en redes sociales y periódico local a hombres que cumplieran los criterios de inclusión. Posteriormente se les realizó una llamada telefónica con el objetivo de explicar las características del estudio, los riesgos y beneficios, así como para verificar el cumplimiento de los criterios de inclusión por medio de la historia clínica y el cuestionario de cronotipo.

Cuestionario para determinar el Cronotipo

El cronotipo se determinó por medio del cuestionario de matutinidad y vespertinidad diseñado por Horne-Ostberg (MEQ), consta de 19 preguntas relacionadas con los tiempos preferidos para el sueño, las actividades físicas y mentales, así como los niveles subjetivos de alerta correspondientes a diferentes momentos del día, de manera que la sumatoria del valor asignado a cada respuesta clasifica el cronotipo en matutino, vespertino o intermedio. Se aceptaron aquellos hombres con cronotipo matutino (59-86 puntos)(Horne & Östberg, n.d.).

Se citó a los candidatos en el Departamento de Ciencias Médicas de la Universidad de Guanajuato para dar a conocer la carta de información y el consentimiento informado, aquellos que aceptaron participar firmaron el consentimiento y se inició con el proceso.

Prueba de tolerancia oral a la glucosa

La PTOG se utilizó como prueba diagnóstica de prediabetes y para conocer el perfil glucémico de los participantes. Se tomó la primera muestra (tiempo 0') en ayuno de 8 a 12 h, después el participante ingirió una carga de 75 g de glucosa y a partir de ese momento cada 30 min se tomó una muestra hasta los 120 min (Pan American Health Organization, 2010). A partir de los valores de concentración de glucosa en los diferentes tiempos obtenidos se calculó el área bajo la curva con la fórmula matemática de los trapecios:

$$AUC_{glu} = 30 \times \left(G_{30} + G_{60} + G_{90} + \frac{(G_0 + G_{120})}{2} \right)$$

En la cual se suman las áreas totales de los trapecios resultantes en el gráfico, desde el tiempo 0' hasta los 120 min en el eje de las X y el pico en mg/dL de glucosa en el eje de las Y (Bender, 1994).

Antropometría

A los participantes se les midió talla, peso y circunferencia de cintura mediante el protocolo estandarizado de ISAK.

Prueba de esfuerzo

Esta prueba se realizó con el fin de determinar el nivel de acondicionamiento físico aeróbico a través del consumo de oxígeno pico (VO_{2pico}) y la FCM alcanzada (Universidad Autónoma de México, n.d.). Antes de iniciar la prueba se realizó un ECG de 12 derivaciones en reposo para identificar alguna anomalía en la conducción cardíaca que contraindicara la realización de la prueba de esfuerzo (Iglesias, 2013).

La prueba de esfuerzo inició con la familiarización del participante con el equipo y un calentamiento de 5 min con resistencia de 1.5 kp. Posteriormente se le pidió al participante mantener la cadencia de 60 rpm durante

el tiempo de la prueba, la resistencia aumentó 0.5 kg cada 2 min, iniciando en 2 kp. Durante toda la prueba se midió la frecuencia cardiaca (FC) y nivel de esfuerzo percibido mediante la escala de Borg.

La prueba finalizó cuando el participante no pudo mantener la cadencia o manifestó un esfuerzo subjetivo máximo de 9 -10 en la escala de Borg modificada.

Se registró FCM y, el VO_{2pico} se calculó mediante la siguiente fórmula (Glass & Dweyer, 2007):

WR (índice de trabajo) = $R * D * F$

- R = resistencia (en kg del cicloergómetro)
- D = distancia del volante (constante de 6m)
- F = frecuencia en rpm (constante de 60 rpm)

Intervención del HIIT

Consistió en un entrenamiento personalizado y progresivo de 12 semanas de duración. En cada intervalo de alta intensidad los participantes debían alcanzar, al menos, el 85% de su FCM y después se recuperaban con un intervalo de recuperación a intensidad ligera.

Cada entrenamiento constaba de un periodo de 5 min de calentamiento, seguido de un intervalo de 1 min de alta intensidad y un periodo de recuperación de la misma duración. La FC se monitoreó durante toda la sesión con sensores de FC (Polar OH1, Finlandia).

El número de intervalos de alta intensidad fue incrementando progresivamente:

- Semanas 1-4: 6 HIITs
- Semanas 5-8: 8 HIITs
- Semanas 9-12: 10 HIITs

Después del último HIIT los participantes seguían pedaleando a un ritmo cómodo por 5 min con el objetivo de volver a la calma o enfriamiento.

Durante este periodo del entrenamiento, se pidió a los participantes que no cambiaran sus hábitos alimenticios ni de actividad física.

Una vez terminadas las 12 semanas de entrenamiento, se repitió la evaluación de medidas antropométricas, prueba de esfuerzo y la PTOG.

Análisis estadístico

Para todas las variables dependientes, se probó la normalidad utilizando la prueba de Shapiro-Wilks. El análisis de las variables respuesta se realizó mediante medidas repetidas utilizando la metodología de los modelos de efectos fijos (Littell et al., 1998).

El modelo usado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + (G * T)_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta (VO_{2pico} , glucosa 0', glucosa 60', glucosa 120', AUC glucosa e IMC)

μ = promedio general

$(G * T)_{ij}$ = Efecto de interacción fijo (G)*Tiempo (T) con la i_{th} grupo = sincrónico y asincrónico y con j_{th} tiempo = 1 (antes del HIIT) y 2 (después del HIIT)

e_{ijk} = Error aleatorio asociado a cada observación ($\sim NID=0, \sigma^2 e$).

El análisis de los datos se realizó usando el programa SAS (SAS Institute, Cary, NC, USA). Considerando un cambio significativo cuando la $p < 0.05$. Los valores contenidos en el texto y tabla son presentados como media \pm error estándar.

Resultados

Se incluyen datos de 10 hombres: 5 para grupo sincrónico y 5 para grupo asincrónico que terminaron el programa de HIIT. La edad promedio de los participantes fue de 47.1 ± 4.95 años. Antes de la intervención los grupos, en general fueron homogéneos, la única variable que mostró una tendencia a ser mayor en el grupo asincrónico fue la glucosa en ayuno (Tabla 1).

Después de la intervención se observó incremento significativo en el acondicionamiento físico (VO_{2pico}) en ambos grupos, mientras que el grupo sincrónico tuvo una disminución en los niveles de glucosa en ayuno (glucosa 0 min) (Tabla 1). Se observó una interacción grupo*tiempo, la cual evidenció que el entrenamiento sincrónico fue más efectivo mejorando la glucosa a los 60 min durante la PTOG y una tendencia a disminuir el área bajo la curva.

Tabla 1. Características de los participantes por grupo antes y después del HIIT.

Variables	HIIT Sincrónico (S) n = 5			HIIT Asincrónico (A) n = 5			p	
	Inicial $\bar{x} \pm EE$	Final $\bar{x} \pm EE$	p	Inicial $\bar{x} \pm EE$	Final $\bar{x} \pm EE$	p	Inicial (S vs A)	Final (S vs A)
VO_2 pico (ml.Kg ⁻¹ .min ⁻¹)	34.4 ± 2.0	40.5 ± 2.0	0.05	33.3 ± 2.0	41.5 ± 2.0	0.01	0.72	0.74
Perfil glucémico								
Glucosa 0' (mg/dL)	109.2 ± 1.5	104.2 ± 1.5	0.03	108.8 ± 1.5	108.0 ± 1.5	0.70	0.85	0.09
Glucosa 60' (mg/dL)	156.0 ± 16.6	119.2 ± 16.6	0.13	204.2 ± 16.6	175.8 ± 16.6	0.24	0.06	0.02
Glucosa 120' (mg/dL)	135.0 ± 12.0	115.4 ± 12.0	0.26	139.8 ± 12.0	124.4 ± 12.0	0.37	0.78	0.60
AUC glucosa (mmol.min ⁻¹ /L)	18267 ± 1234	15684 ± 1234	0.15	21465 ± 1234	19236 ± 1234	0.21	0.08	0.06
IMC (kg/m ²)	30.3 ± 1.2	30.3 ± 1.2	0.97	28.3 ± 1.2	28.04 ± 1.2	0.85	0.26	0.20

AUC: Área bajo la curva (por sus siglas en inglés).

EE: Error estándar.

IMC: Índice de masa corporal.

\bar{x} : Media.

Discusión

El HIIT se ha propuesto como una estrategia para disminuir la prevalencia de prediabetes y la progresión a DT2, así como la reducción de la mortalidad a causa de ésta. Sin embargo, la incidencia sigue en aumento, por lo que se buscan nuevas estrategias como el HIIT sincrónico. En este estudio se comparan los resultados de la intervención del HIIT sincrónico y asincrónico en personas con prediabetes.

En este estudio hubo un aumento en el VO_{2pico} en ambos grupos, como se esperaba, indicando un aumento en el acondicionamiento físico al término de la intervención. En un metaanálisis realizado por Guo Z et al. (2023) el HIIT aumentó el VO_2 en comparación de entrenamientos de una intensidad moderada-intensa (Guo et al., 2023).

Por otro lado, la intervención no mostró cambios significativos en el IMC en ninguno de los grupos, la bibliografía muestra una heterogeneidad en cuanto a los resultados de esta variable. Algunos autores señalan una mayor efectividad del HIIT en la reducción del IMC frente a otro tipo de entrenamientos, en los cuales se utilizan entrenamientos de 12 semanas, 3-4 veces por semana ya sea con el uso de bicicleta o correr (Andreato et al., 2019; Petersen et al., 2022), mientras otros mencionan que después del HIIT, no se obtuvo una reducción de esta variable, siendo periodos de entrenamiento de 5 semanas; en estos se considera una herramienta efectiva para una mejoría en la condición física, pero no se considera un método muy efectivo en la grasa corporal (Caldeira et al., 2018; Keating et al., 2014). La diferencia de resultados se puede deber a los métodos en el entrenamiento, debido a que utilizan diferentes métodos, duración de la intervención o duración en los periodos del HIIT y en los periodos de recuperación.

Se observó una mejoría en el perfil glucémico de los participantes en ambos grupos, sin embargo, el HIIT sincrónico provocó una disminución significativa en la concentración de la glucosa a los 60 min de haber

ingerido la solución de glucosa en la PTOG. Lo anterior es de importancia clínica debido a que niveles de glucosa a los 60 min \geq 154.94 mg/dL aumentan el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y DT2 (Abbasi et al., 2019); además de que la glucosa a los 60 min se correlaciona de mejor manera con los niveles de secreción de insulina (Abdul-Ghani & DeFronzo, 2009). Los participantes del grupo sincrónico lograron disminuir la glucosa de 60 min a 119.2 mg/dL, por lo que inferimos que el HIIT sincrónico disminuye en mayor medida el riesgo de progresión a DT2 que el grupo asincrónico.

Cui X et al. (2022) compararon el control glucémico del HIIT con el ejercicio continuo de intensidad moderada-intensa reportando que el HIIT disminuye el área bajo la curva de glucosa (CUI et al., 2022). En el presente estudio se observó una tendencia a que el HIIT sincrónico disminuyó en mayor proporción el área bajo la curva en comparación con el HIIT asincrónico. Clínicamente, la reducción de los valores de esta variable se asocia a un buen funcionamiento de los receptores de insulina, los cuales permiten una adecuada absorción de la glucosa.

Por primera vez se está comparando el efecto del HIIT en el control del perfil glucémico antes y después de la intervención en personas con prediabetes y cronotipo matutino y los resultados indican que, una persona con prediabetes y de cronotipo matutino que realice entrenamiento HIIT por la mañana, tendrá un mayor control glucémico, menor riesgo de progresar a DT2 y una mejor calidad de vida. Sin embargo, los resultados de este estudio son preliminares y deben ser tomados con cautela.

Conclusión

El HIIT sincrónico mejoró significativamente la glucosa de 60 min de la PTOG y el área bajo la curva en varones con prediabetes de cronotipo matutino. De corroborarse esté hallazgo, este tipo de entrenamiento se podría considerar como una mejor alternativa para la prevención de DT2.

Agradecimientos

Federación Internacional de Ciencias de la Salud Integrativa por su apoyo en la difusión del programa y por el equipo necesario para la realización del HIIT.

Fondo Mentefacturalo, Modalidad Ciencia Productiva por su apoyo en la compra de reactivos.

Referencias

- Abbasi, F., Tern, P. J., & Reaven, G. M. (2019). Plasma glucose concentration 60 min post oral glucose load and risk of type 2 diabetes and cardiovascular disease: Pathophysiological implications. *Diabetes and Vascular Disease Research*, 16(4), 337–343. <https://doi.org/10.1177/1479164119827239>
- Abdul-Ghani, M. A., & DeFronzo, R. A. (2009). Plasma glucose concentration and prediction of future risk of type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 32 Suppl 2(Suppl 2), S194-8. <https://doi.org/10.2337/dc09-S309>
- Adan, A., Archer, S. N., Hidalgo, M. P., Di Milia, L., Natale, V., & Randler, C. (2012). Circadian Typology: A Comprehensive Review. *Chronobiology International*, 29(9), 1153–1175. <https://doi.org/10.3109/07420528.2012.719971>
- Andreato, L. V., Esteves, J. V., Coimbra, D. R., Moraes, A. J. P., & Carvalho, T. (2019). The influence of high-intensity interval training on anthropometric variables of adults with overweight or obesity: a systematic review and network meta-analysis. *Obesity Reviews*, 20(1), 142–155. <https://doi.org/10.1111/obr.12766>
- Basto-Abreu, A., López-Olmedo, N., Rojas-Martínez, R., Aguilar-Salinas, C. A., Moreno-Banda, G. L., Carnalla, M., Rivera, J. A., Romero-Martínez, M., Barquera, S., & Barrientos-Gutiérrez, T. (2023). Prevalencia de prediabetes y diabetes en México: Ensanut 2022. *Salud Pública de México*, 65, s163–s168. <https://doi.org/10.21149/14832>
- Bender, R. (1994). Determination of the Area Under a Curve. *Diabetes Care*, 17(10), 1223–1223. <https://doi.org/10.2337/diacare.17.10.1223a>

- Caldeira, R. S., Panissa, V. L. G., Inoue, D. S., Campos, E. Z., Monteiro, P. A., Giglio, B. de M., Pimentel, G. D., Hofmann, P., & Lira, F. S. (2018). Impact to short-term high intensity intermittent training on different storages of body fat, leptin and soluble leptin receptor levels in physically active non-obese men: A pilot investigation. *Clinical Nutrition ESPEN*, 28, 186–192. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2018.08.005>
- CUI, X., XU, J., YANG, X., LI, L., JIA, X., YU, J., LI, N., & ZHANG, Y. (2022). Acute high intensity interval exercise is similarly effective as moderate intensity continuous exercise on plasma glucose control in type 2 diabetic men aged 30 to 50 years: a randomized controlled trial. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 62(9). <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.21.12717-3>
- DESCHENES, M. R., KRAEMER, W. J., BUSH, J. A., DOUGHTY, T. A., KIM, D., MULLEN, K. M., & RAMSEY, K. (1998). Biorhythmic influences on functional capacity of human muscle and physiological responses. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(9), 1399–1407. <https://doi.org/10.1097/00005768-199809000-00008>
- ElSayed, N. A., Aleppo, G., Aroda, V. R., Bannuru, R. R., Brown, F. M., Bruemmer, D., Collins, B. S., Gaglia, J. L., Hilliard, M. E., Isaacs, D., Johnson, E. L., Kahan, S., Khunti, K., Leon, J., Lyons, S. K., Perry, M. Lou, Prahalad, P., Pratley, R. E., Seley, J. J., ... Gabbay, R. A. (2023a). 2. Classification and Diagnosis of Diabetes: *Standards of Care in Diabetes—2023. Diabetes Care*, 46(Supplement_1), S19–S40. <https://doi.org/10.2337/dc23-S002>
- ElSayed, N. A., Aleppo, G., Aroda, V. R., Bannuru, R. R., Brown, F. M., Bruemmer, D., Collins, B. S., Gaglia, J. L., Hilliard, M. E., Isaacs, D., Johnson, E. L., Kahan, S., Khunti, K., Leon, J., Lyons, S. K., Perry, M. Lou, Prahalad, P., Pratley, R. E., Seley, J. J., ... Gabbay, R. A. (2023b). 3. Prevention or Delay of Diabetes and Associated Comorbidities: *Standards of Care in Diabetes—2023. Diabetes Care*, 46(Supplement_1), S41–S48. <https://doi.org/10.2337/dc23-S003>
- Glass, S., & Dwyer, B. (2007). ACSM Metabolic Calculations. *Lippincott Williams*, 1, 1–20.
- Gong, Q., Zhang, P., Wang, J., Ma, J., An, Y., Chen, Y., Zhang, B., Feng, X., Li, H., Chen, X., Cheng, Y. J., Gregg, E. W., Hu, Y., Bennett, P. H., Li, G., Qian, X., Zhang, L., Hui, Y., He, S., ... Roglic, G. (2019). Morbidity and mortality after lifestyle intervention for people with impaired glucose tolerance: 30-year results of the Da Qing Diabetes Prevention Outcome Study. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, 7(6), 452–461. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(19\)30093-2](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(19)30093-2)
- Guo, Z., Li, M., Cai, J., Gong, W., Liu, Y., & Liu, Z. (2023). Effect of High-Intensity Interval Training vs. Moderate-Intensity Continuous Training on Fat Loss and Cardiorespiratory Fitness in the Young and Middle-Aged a Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(6), 4741. <https://doi.org/10.3390/ijerph20064741>
- Horne, J., & Östberg, O. (n.d.). *VERSIÓN CASTELLANA DEL CUESTIONARIO DE MATUTINIDAD-VESPERTINIDAD DE HORNE Y ÖSTBERG*. www.Cet.org.
- IDF Diabetes Atlas 10th edition*. (2021). www.diabetesatlas.org
- Iglesias, D. E. (2013). Evaluación cardiovascular para realizar actividad física y deportes. *Rev. Hosp. Ital. B.Aires*, 33.
- INEGI. (2019). *RESULTADOS DEL MÓDULO DE PRÁCTICA DEPORTIVA Y EJERCICIO FÍSICO*. <https://www.Inegi.Org.Mx/Programas/Moprade/>.
- Keating, S. E., Machan, E. A., O'Connor, H. T., Gerofi, J. A., Sainsbury, A., Caterson, I. D., & Johnson, N. A. (2014). Continuous Exercise but Not High Intensity Interval Training Improves Fat Distribution in Overweight Adults. *Journal of Obesity*, 2014, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2014/834865>
- Littell, R. C., Henry, P. R., & Ammerman, C. B. (1998). Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal of Animal Science*, 76(4), 1216. <https://doi.org/10.2527/1998.7641216x>
- Little, J. P., Gillen, J. B., Percival, M. E., Safdar, A., Tarnopolsky, M. A., Punthakee, Z., Jung, M. E., & Gibala, M. J. (2011). Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *Journal of Applied Physiology*, 111(6), 1554–1560. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00921.2011>
- Organización Mundial de la Salud. (2022). *Actividad física*. <https://www.Who.Int/Es/News-Room/Fact-Sheets/Detail/Physical-Activity>.

- Pan American Health Organization. (2010). *World Health Organization. Guías ALAD de diagnóstico, control y tratamiento de la Diabetes Mellitus Tipo 2*. Available from: https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2010/Guias_ALAD_2009.pdf.
- Petersen, M. H., de Almeida, M. E., Wentorf, E. K., Jensen, K., Ørtenblad, N., & Højlund, K. (2022). High-intensity interval training combining rowing and cycling efficiently improves insulin sensitivity, body composition and VO2max in men with obesity and type 2 diabetes. *Frontiers in Endocrinology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.1032235>
- Phillips, B. E., Kelly, B. M., Lilja, M., Ponce-González, J. G., Brogan, R. J., Morris, D. L., Gustafsson, T., Kraus, W. E., Atherton, P. J., Vollaard, N. B. J., Rooyackers, O., & Timmons, J. A. (2017). A Practical and Time-Efficient High-Intensity Interval Training Program Modifies Cardio-Metabolic Risk Factors in Adults with Risk Factors for Type II Diabetes. *Frontiers in Endocrinology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fendo.2017.00229>
- Racinais, S., Perrey, S., Denis, R., & Bishop, D. (2010). MAXIMAL POWER, BUT NOT FATIGABILITY, IS GREATER DURING REPEATED SPRINTS PERFORMED IN THE AFTERNOON. *Chronobiology International*, 27(4), 855–864. <https://doi.org/10.3109/07420521003668412>
- Universidad Autónoma de México. (n.d.). *Estudio de la fisiología entre los sistemas cardiovasculares y respiratorio: cicloergometría*. .
- Zhang, X., Gregg, E. W., Williamson, D. F., Barker, L. E., Thomas, W., Bullard, K. M., Imperatore, G., Williams, D. E., & Albright, A. L. (2010). A1C Level and Future Risk of Diabetes: A Systematic Review. *Diabetes Care*, 33(7), 1665–1673. <https://doi.org/10.2337/dc09-1939>