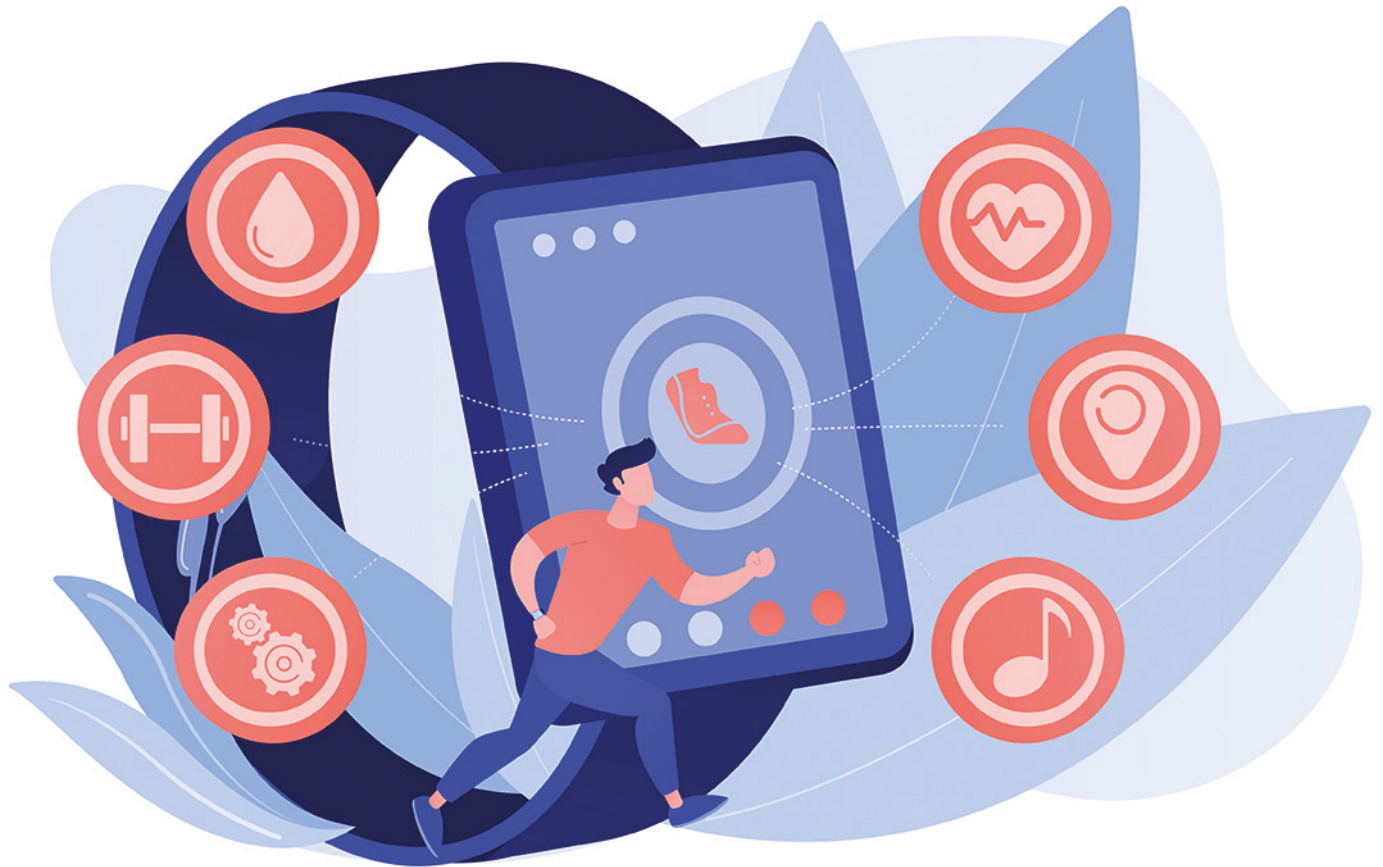


**Dr. Félix Morales Palomo.**

Profesor ayudante doctor en la Universidad de Castilla-La Mancha.
Doctor en ciencias del ejercicio.

**Dr. Ricardo Mora Rodríguez.**

Director del Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de la Universidad de Castilla-La Mancha.
Doctor en ciencias del ejercicio.



¿Existe una mejor hora del día para hacer ejercicio?

Si después de ayunar 8-12 horas, tu nivel de glucosa en sangre se encuentra por encima de 100 miligramos por decilitro de sangre, o si 2 horas después de una carga oral de glucosa sigue por encima de los 140 mg/dl, probablemente tengas diabetes o prediabetes. La glucosa se acumula en la sangre porque hay dificultades para que se transporte hacia los tejidos que la consumen como fuente de energía. El transporte de la glucosa lo media la insulina. Por lo tanto, en lenguaje preciso, la diabetes tipo 2 es la resistencia de los tejidos a la acción transportadora de la insulina. Algunos fármacos para la diabetes intentan

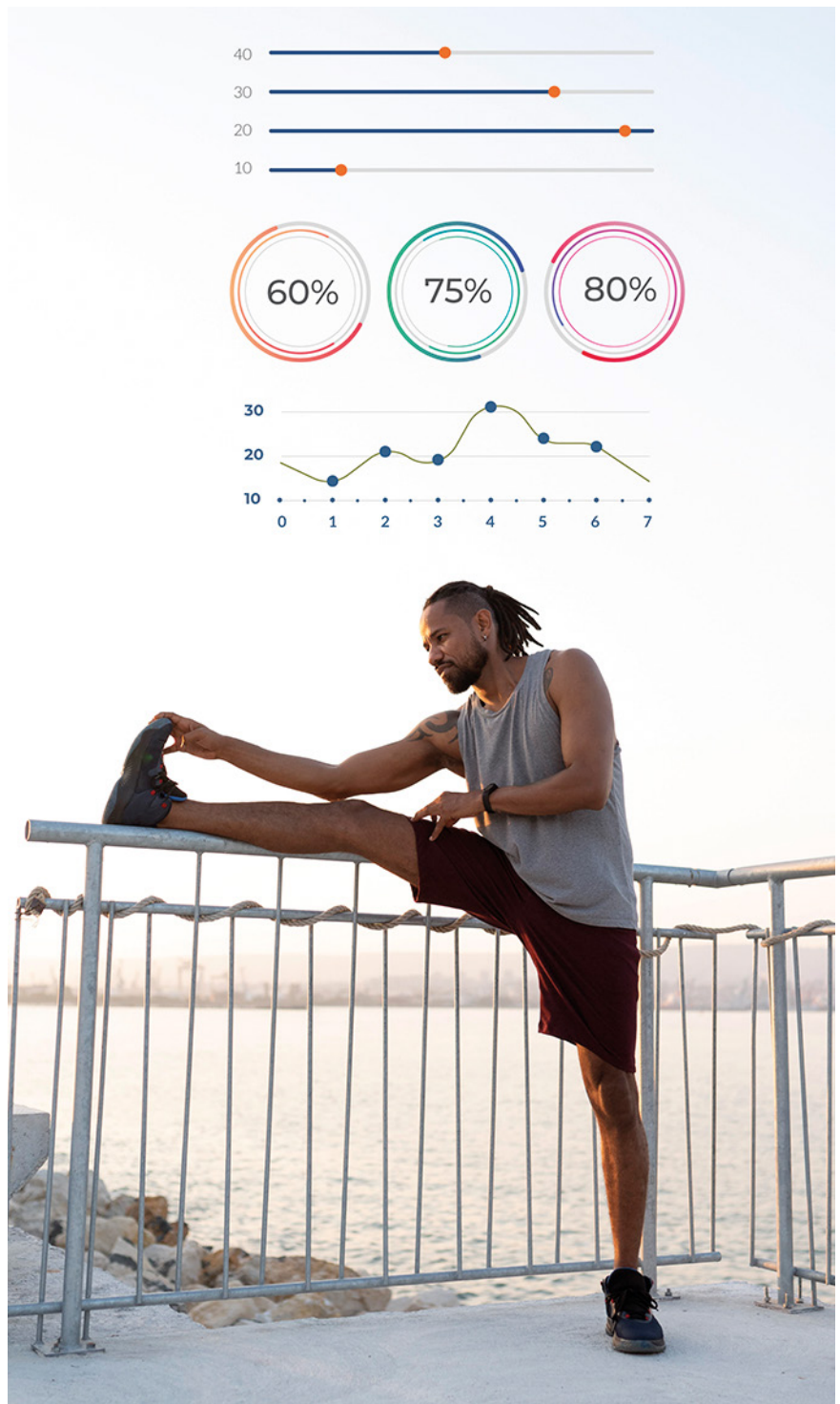
mejorar este transporte, ya sea estimulando el páncreas a producir más insulina (sulfonilureas, meglitinidas, análogos de GLP-1), reduciendo la producción de glucosa por el hígado (thiazolidinedionas, metformina), dificultando la digestión de los carbohidratos (inhibidores de la alfa glucosidasa) o ayudando a las incretinas a ralentizar la digestión (inhibidores de la dipeptidil peptidasa-4, metformina). En los últimos años también se usan fármacos que permiten que la glucosa pase de la sangre a la orina (inhibidores de la SGLT2). Por último, cuando el páncreas empieza a agotar su capacidad para producir insulina, se recurre a la administración de insulina.

Este arsenal de medicinas mejora la calidad de vida de las personas con diabetes y les permite vivir más tiempo. Pero además de tomar las medicinas recetadas, existen otras acciones que nos pueden ayudar a mantener controlada la glucosa. Una de estas ayudas es el ejercicio. Estudios recientes de nuestro grupo, muestran que hacer una sesión de ejercicio, ya sea aeróbico o de fuerza, no interfiere con los efectos de la metformina, que es uno de los fármacos más recetados para la diabetes. Mas allá de una sesión de ejercicio, **un programa completo de entrenamiento de entre 8 y 20 semanas mejora la salud de las personas con diabetes**¹. El ejercicio refuerza el sistema cardiovascular y retrasa la erosión en los vasos causada por los niveles altos de glucosa e insulina. También ayuda a reducir la grasa en los tejidos, y con esto a mejorar el transporte de glucosa², incluyendo la grasa del hígado, permitiendo que cuando comamos carbohidratos estos no aparezcan tan rápido en la sangre. Nos ayuda también a vaciar el carbohidrato que almacenamos en los músculos, llamado glucógeno, amortiguando los picos de glucosa tras las comidas³.

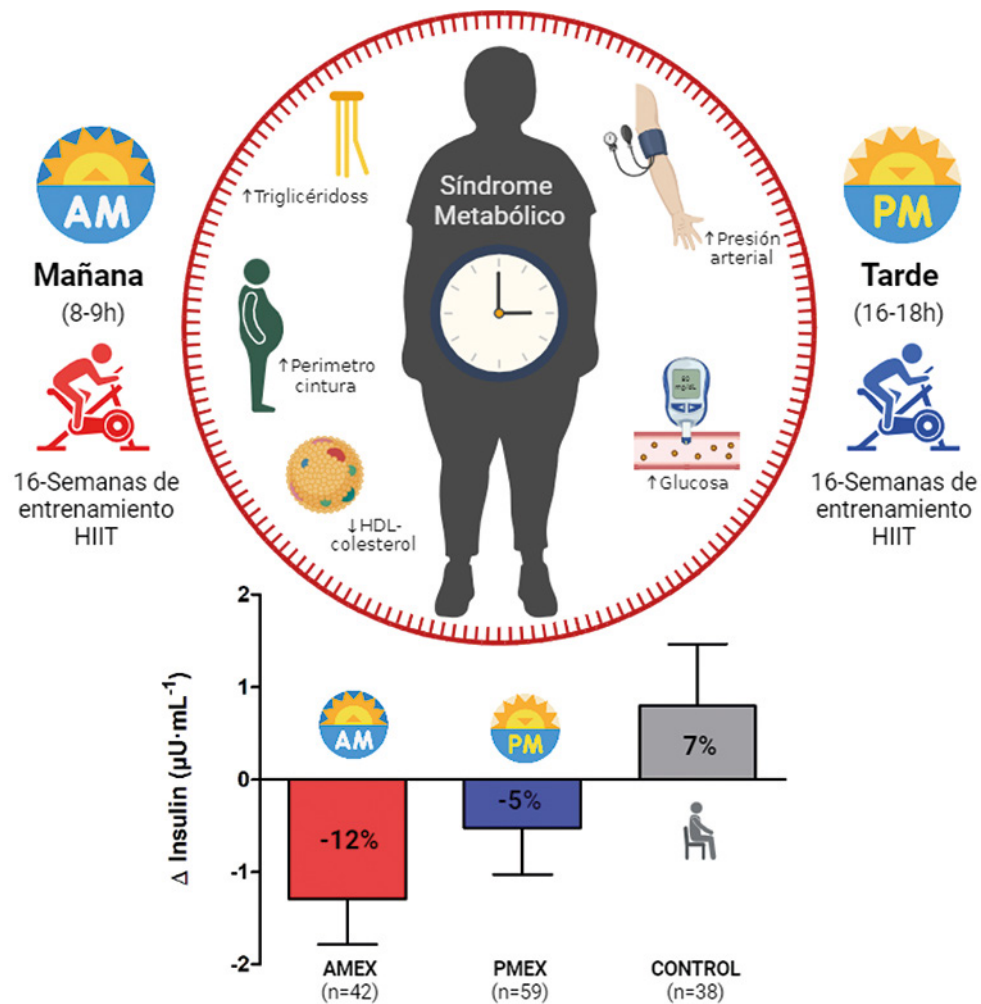
Pero todo esto son efectos “colaterales” del ejercicio y casi todos ellos los podríamos conseguir con una dieta baja en calorías y carbohidratos que nos hiciese perder grasa y vaciar los almacenes de carbohidratos. Lo que poca gente conoce es que **el ejercicio no solo tiene efectos “colaterales” beneficiosos, sino también efectos directos en el transporte de glucosa**. En 1984, el danés Erick Richter en el laboratorio de Neil Ruderman realizó dos observaciones clave de sus experimentos con ratas: 1) tras el ejercicio, el transporte de glucosa en el musculo se mantiene elevado aun en ausencia de insulina, y 2) el ejercicio y la insulina estimulan el transporte de glucosa por vías independientes y sus efectos son aditivos. En resumen, lo que este científico demostró es que **el ejercicio simula algunas acciones de la insulina**. Esto explica que personas con diabetes tipo 1, que no producen insulina, puedan realizar maratones y que hasta haya equipos de ciclistas en los que todos sus componentes tienen diabetes tipo 1.

El descubrimiento de que el ejercicio funciona similar pero independientemente a la insulina tiene aplicaciones no solo para los roedores, sino también para las personas con diabetes tipo 2. Gracias a los estudios de »

EL EJERCICIO SIMULA ALGUNAS ACCIONES DE LA INSULINA EN EL MÚSCULO



PARA LAS PERSONAS
CON DIABETES
TIPO 2, ES
RECOMENDABLE
CAMINAR LIGERO
TRAS UNA
COMIDA ALTA EN
CARBOHIDRATOS,
Y SI SE PUEDE ELEGIR,
ES MEJOR REALIZAR
UN ENTRENAMIENTO
POR LA MAÑANA
CON DESAYUNO
MÍNIMO



» Alessio Bellini y colaboradores en la Universidad de Roma⁴, sabemos que el azúcar en sangre puede reducirse tras un desayuno alto en carbohidratos (1 gr por kilo de peso) con 30 minutos de caminar a paso ligero. Este paseo tiene que comenzar 15-20 minutos tras la ingestión de la comida y no es sustituible por hacer el paseo antes de la comida.

Nuestro grupo de investigación, como el de Bellini, también está interesado en mejorar el control de la glucosa en sangre de adultos con sobrepeso. Durante los últimos 13 años llevamos entrenando durante cuatro meses a personas con pre-diabetes o diabetes que aún no se administran insulina. Además, estas personas tienen sobrepeso, altas concentraciones de grasa en sangre (colesterol o triglicéridos) e hipertensión. Nuestro estudio reciente, publicado en diciembre de 2023 en la revista *Journal of*

Physiology, reveló que hacer estos **cuatro meses de ejercicio aeróbico de alta intensidad (HIIT en inglés) en horario de mañana era más efectivo en la reducción de insulina en ayunas que entrenar por la tarde**⁵. Esto sucedía a pesar de que ambos grupos de personas (mañana y tarde) perdieron la misma cantidad de grasa y bajaron aproximadamente 1 kilo de peso. Además, monitorizamos su dieta y actividad física fuera del programa de entrenamiento y no observamos diferencias en lo que comían ni en el número de pasos diarios. Solamente observamos que la ingesta calórica del almuerzo (comida) casi duplicó la del desayuno (828 Kcal vs. 424 Kcal). En realidad, no sabemos con certeza por qué las personas que entrenaban por la mañana obtenían más beneficios en su control glucémico en ayunas. Sin embargo, hay varias razones que se nos ocurren que podrían explicar »

» esta superioridad del ejercicio por la mañana, y que presentamos a continuación. (Figura)

Ejercicio por la mañana y oxidación de grasa.

Si el desayuno de los participantes de la mañana fue ligero y cercano en el tiempo al ejercicio, quizás no dio tiempo a que los carbohidratos ingeridos compensasen el vaciamiento del glucógeno del hígado que se produce durante las 8 horas de ayuno cuando dormimos. Este déficit de carbohidratos permite que se oxide más grasa durante el ejercicio. Si esto redundaba en librarse de la grasa que interfiere con el transporte de glucosa, esta podría ser la causa de esta mejora. Hay estudios analizando esto. En un estudio en la Universidad de Bath en el Reino Unido, entrenaron a 22 personas con obesidad durante seis semanas. Nueve de ellos entrenaron en ayunas y otros 12 participantes, entrenaron lo mismo, pero tras ingerir 1,3 gramos de carbohidrato por kg de peso⁶. Al final de las seis semanas de entrenamiento, los que entrenaban en ayunas tuvieron menores niveles de glucosa e insulina cuando les dieron una carga oral de glucosa en comparación a los que entrenaban tras ingerir carbohidratos. En el músculo de los que entrenaban en ayunas se midieron mayores niveles de la proteína que transporta glucosa (GLUT 4) y de otra que es un sensor de déficit energético (AMPK) y que estimula la oxidación de la grasa. Esto se consiguió en tan solo 6 semanas de entrenamiento aeró-

bico en personas con obesidad, pero sin diabetes o prediabetes⁷. Es posible que algo parecido esté sucediendo en nuestro estudio.

Ejercicio por la tarde y cena más copiosa.

Es posible que el grupo que terminaba de entrenar a las 18 horas tuviese más hambre a la hora de la cena. Un programa de ejercicio de alta intensidad afecta el equilibrio en las hormonas del hambre y saciedad (grelina y leptina) ralentizando la pérdida de peso después de los primeros meses de entrenamiento⁸. Es posible que el grupo de la tarde tendiese a realizar una cena abundante, mientras el grupo de la mañana tendiese a realizar una comida abundante. La nutricionista española Marta Garaulet ha observado que cenar tarde y mucho aumenta los niveles de melatonina. La melatonina es una hormona que en altas concentraciones dificulta el transporte de glucosa a los tejidos, altera la tolerancia a la glucosa y reduce la sensibilidad a la insulina⁹. Es posible que una cena más tardía y abundante en los que entrenaban por la tarde se haya opuesto a los efectos más beneficiosos del entrenamiento que se ven en el grupo de la mañana.

Intensidad del ejercicio por la mañana.

En nuestro programa de HIIT usamos la frecuencia cardiaca para controlar la intensidad del ejercicio de cada participante. Muchos valores de nuestro cuerpo como la temperatura, ritmo de respira-

ción, cantidad de agua corporal, presión arterial varían con la hora del día y a esto se llama ritmo circadiano de las variables fisiológicas. La frecuencia cardiaca no es ajena al ritmo circadiano y fluctúa con la hora del día. Además, por la mañana nuestras piernas tienen menos fuerza¹⁰. Quizás los participantes del grupo de mañana tenían que poner más resistencia en la bicicleta para elevar la frecuencia cardiaca al nivel que los supervisores les pedíamos en los entrenamientos. Así, los participantes de la mañana habrían acumulado más "carga" de ejercicio repercutiendo en un mejor control glucémico. Sin embargo, no vimos diferencias en las cargas de pedaleo entre grupos cuando las medimos en el estudio.

En resumen, entrenar tras el ayuno de la noche y con poco desayuno consigue una mayor reducción de los niveles de insulina en comparación a entrenar por la tarde⁵. Esto puede parecer contradictorio con el consejo de los estudios de Bellini de caminar ligero 15-20 minutos después haber comido. Pero en realidad, no lo es. **El consejo final sería "camine ligero tras una comida alta en carbohidratos, pero su plan de entrenamiento hágalo por la mañana con desayuno mínimo"**. Aun así, la recomendación general para las personas con diabetes tipo 2 es participar en el programa de ejercicio que le guste, pues esto aumenta su adherencia al ejercicio. Una recomendación secundaria es, si puede elegir, realice el ejercicio por la mañana. **D**

REFERENCIAS

- Mora-Rodríguez R, Ortega JF, Hamouti N, et al. Time-course effects of aerobic interval training and detraining in patients with metabolic syndrome. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2014;24(7):792-798.
- Schenk S, Harber MP, Shrivastava CR, Burant CF, Horowitz JF. Improved insulin sensitivity after weight loss and exercise training is mediated by a reduction in plasma fatty acid mobilization, not enhanced oxidative capacity. *J Physiol.* 2009;587(Pt 20):4949-4961.
- Ortega JF, Morales-Palomo F, Ramirez-Jimenez M, Moreno-Cabañas A, Mora-Rodríguez R. Exercise improves metformin 72-h glucose control by reducing the frequency of hyperglycemic peaks. *Acta Diabetol.* 2020;57(6):715-723.
- Bellini A, Nicolò A, Bazzucchi I, Sacchetti M. Effects of Different Exercise Strategies to Improve Postprandial Glycemia in Healthy Individuals. *Med Sci Sports Exerc.* 2021;53(7):1334-1344.
- Morales-Palomo F, Moreno-Cabañas A, Alvarez-Jimenez L, Mora-Gonzalez D, Ortega JF, Mora-Rodríguez R. Efficacy of morning versus afternoon aerobic exercise training on reducing metabolic syndrome components: A randomized controlled trial. *J Physiol.* 2023.
- Edinburgh RM, Bradley HE, Abdullah NF, et al. Lipid Metabolism Links Nutrient-Exercise Timing to Insulin Sensitivity in Men Classified as Overweight or Obese. *J Clin Endocrinol Metab.* 2020;105(3):660-676.
- Moreno-Cabañas A, Gonzalez JT. Role of prior feeding status in mediating the effects of exercise on blood glucose kinetics. *Am J Physiol Cell Physiol.* 2023;325(4):C823-C832.
- Tremblay A, Duthiel F, Drapeau V, et al. Long-term effects of high-intensity resistance and endurance exercise on plasma leptin and ghrelin in overweight individuals: the RESOLVE Study. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2019;44(11):1172-1179.
- Garaulet M, Qian J, Florez JC, Arendt J, Saxena R, Scheer F. Melatonin Effects on Glucose Metabolism: Time To Unlock the Controversy. *Trends Endocrinol Metab.* 2020;31(3):192-204.
- Mora-Rodríguez R, Pallares JG, Lopez-Gullon JM, Lopez-Samanes A, Fernandez-Elias VE, Ortega JF. Improvements on neuromuscular performance with caffeine ingestion depend on the time-of-day. *J Sci Med Sport.* 2015;18(3):338-342.