



## Impacto de la actividad física en la prevención y tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2 en adultos

Impact of physical activity on the prevention and treatment of type 2 diabetes mellitus in adults

Mireya Pérez Rodríguez\*

[mireyaprez@gmail.com](mailto:mireyaprez@gmail.com)

Raymundo Pérez Urquiza\*

[rperezu@umet.edu.ec](mailto:rperezu@umet.edu.ec)

Annetty Beatriz Aguilera Cruz\*

[abaguilera@umet.edu.ec](mailto:abaguilera@umet.edu.ec)

Ramón Arteaga Delgado\*

[rarteagad@yahoo.com](mailto:rarteagad@yahoo.com)

Luz María Contreras Velázquez\*

[lucymcontrerasv@gmail.com](mailto:lucymcontrerasv@gmail.com)

\*Universidad Metropolitana del Ecuador

Recibido: 11/10/2024-Aceptado: 17/01/2025.

Correspondencia: [mireyaprez@gmail.com](mailto:mireyaprez@gmail.com)

### Resumen

La diabetes mellitus tipo 2 es una enfermedad caracterizada por hiperglucemia causada por la resistencia a la insulina y/o es deficiente su secreción. La presente revisión sistemática tiene como objetivo analizar la evidencia científica con respecto al impacto de la actividad física en la prevención y tratamiento de la diabetes mellitus tipo II en adultos. Se realiza una búsqueda exhaustiva en las bases de datos PubMed, Scopus y Google académico de estudios controlados aleatorizados y ensayos clínicos publicados en los últimos diez años, en los que se analiza el efecto de la actividad física en la regulación glucémica y la sensibilidad a la insulina. De los 100 estudios identificados, 63 cumplieron los criterios de inclusión. Los resultados indican que la Actividad Física regular mejora significativamente la sensibilidad a la insulina y reduce los niveles de glucosa en sangre, al combinarse el ejercicio físico con modificaciones dietéticas se contribuye a la reducción de los niveles de hemoglobina glucosilada (HbA1c) y la pérdida de peso corporal. Los programas supervisados resultaron más efectivos que los no supervisados. Se concluye, la Actividad Física es un componente clave en la prevención y tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2, y su inclusión en estrategias de salud pública es fundamental para mejorar el control glicémico y reducir complicaciones.

**Palabras clave:** Impacto; actividad física; diabetes mellitus tipo 2; prevención; tratamiento.

### Abstract

*Type 2 diabetes mellitus is a disease characterized by hyperglycemia caused by insulin resistance and/or deficient insulin secretion. The present systematic review aims to analyze the scientific evidence regarding the impact of physical activity in the prevention and treatment of type II diabetes mellitus in adults. An exhaustive search was carried out in the PubMed, Scopus and Google Scholar databases for randomized controlled studies and clinical trials published in the last ten years, in which the effect of physical activity on glycemic regulation and insulin sensitivity is analyzed. Of the 100 studies identified, 63 met the inclusion criteria. The results indicate that regular physical activity significantly improves insulin sensitivity and reduces blood glucose levels. When physical exercise is combined with dietary modifications, it contributes to the reduction of glycosylated hemoglobin (HbA1c) levels and body weight loss. Supervised programs were more effective than unsupervised ones. In conclusion, physical activity is a key component in the prevention and treatment of type 2 diabetes mellitus, and its inclusion in public health strategies is essential to improve glycemic control and reduce complications.*

**Keywords:** Impact; physical activity; type 2 diabetes mellitus; prevention; treatment.

#### Cómo citar

Pérez Rodríguez, M., Pérez Urquiza, R., Aguilera Cruz, A. B., & Contreras Velázquez, L. M. (2025).

Impacto de la actividad física en la prevención y tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2 en

adultos. GADE: Revista Científica, 4(7), 256-281. Recuperado a partir de

<https://revista.redgade.com/index.php/Gade/article/view/574>



## INTRODUCCIÓN

La diabetes mellitus representa una carga creciente para las personas, familias y naciones en todo el mundo. Según el Atlas de la Diabetes de la Federación Internacional de Diabetes (FID, 2021), el 10,5% de la población adulta (20-79 años) vive con diabetes, y casi la mitad desconoce su diagnóstico. Para el año 2045, la FID proyecta que uno de cada ocho adultos, aproximadamente 783 millones de personas, padecerá diabetes, lo que representa un incremento del 46% en la prevalencia global de la enfermedad.

La mayoría de los casos, > 90%, corresponden a diabetes mellitus tipo 2 (DMT2), una condición influenciada por factores socioeconómicos, demográficos, medioambientales y genéticos. Entre los factores que impulsan este aumento se destacan la urbanización, el envejecimiento de la población, la inactividad física y el incremento de sobrepeso y obesidad.

No obstante, el impacto de la DMT2 puede mitigarse mediante un diagnóstico temprano y un manejo adecuado. Estas intervenciones no solo contribuyen a la prevención y control de la enfermedad, sino que también ayudan a retrasar sus complicaciones, un

tratamiento más efectivo y una mejor calidad de vida para los pacientes.

Las personas con diabetes presentan alteraciones en el metabolismo de los carbohidratos o glúcidos, siendo la hormona insulina fundamental para su regulación. Sin embargo, entre las principales causas de muerte predominan aquellas relacionadas con el metabolismo lipídico, como la acidosis y la arteriosclerosis. Además, en pacientes con diabetes prolongada, disminuye la capacidad de síntesis proteica, lo que favorece la atrofia de tejidos y múltiples alteraciones funcionales. La evidencia muestra que la insulina influye no solo en el metabolismo de los carbohidratos, sino que también es esencial para el metabolismo de los lípidos y proteínas (Hall, 2021).

La DMT2 es una enfermedad caracterizada por una elevación sostenida de la glucosa plasmática, asociada a múltiples complicaciones, y requiere un manejo integral basado en educación, alimentación, farmacoterapia y un estilo de vida saludable (Blonde et al., 2022)., donde la actividad física es clave.

La actividad física según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024), es cualquier movimiento



corporal producido por los músculos esqueléticos que requiere un gasto de energía, destaca la importancia de incorporar esta práctica para mejorar la salud de la población y señala que la inactividad física, junto con otros factores, contribuye significativamente a la alta prevalencia de enfermedades no transmisibles, entre las que se incluye la DMT2.

Existe una sólida base de evidencia científica que respalda los efectos positivos del ejercicio físico en pacientes diabéticos; sin embargo, aún resulta relevante analizar el impacto específico de la actividad física en la prevención y tratamiento de la DMT2 en adultos.

## **METODOLOGÍA**

La revisión realizada es de tipo sistemática, fueron consultados en las bases de datos: PubMed, Scopus y Google académico estudios controlados aleatorizados y ensayos clínicos publicados en los últimos diez años en los que se describe el impacto de la actividad física en la regulación glucémica y la sensibilidad a la insulina.

De los 100 estudios identificados, 63 cumplieron los criterios de inclusión. Para la búsqueda de información se utilizaron los siguientes descriptores: Actividad física and prevención de

diabetes mellitus tipo 2, Actividad física and tratamiento de diabetes mellitus 2, actividad física and impacto salud del diabético, tipos de ejercicios and diabetes

### **Objetivo**

Analizar la evidencia científica con respecto el impacto de la actividad física en la prevención y tratamiento de la DMT2 en adultos.

## **RESULTADOS**

La diabetes mellitus se caracteriza por una deficiencia relativa o absoluta en la secreción de insulina, acompañada por distintos grados de resistencia periférica a la acción de esta hormona (Inzucchi & Lupsa, 2020).

La insulina es esencial en el almacenamiento de energía, al promover la conversión de carbohidratos en glucógeno y grasa. Además, facilita la síntesis de proteínas y previene su degradación. No obstante, el consumo excesivo de carbohidratos puede llevar a un incremento del tejido adiposo, favoreciendo el desarrollo de enfermedades metabólicas como la obesidad y la DMT2 (Hall, 2021).

La captación y el metabolismo de la glucosa en el músculo dependen en gran medida de la insulina. En condiciones de reposo, el músculo utiliza



predominantemente ácidos grasos como fuente de energía, debido a que las membranas de las fibras musculares son poco permeables a la glucosa en ausencia de insulina, especialmente entre comidas, cuando los niveles de esta hormona son bajos (Hall, 2021).

Existen dos momentos clave en los que el músculo incrementa su consumo de glucosa: durante el ejercicio físico de intensidad moderada a intensa y en las horas posteriores a las comidas. En el ejercicio, la contracción de las fibras musculares aumenta la permeabilidad de la membrana a la glucosa, incluso en ausencia de insulina. En el segundo caso, la insulina posprandial facilita la captación de glucosa por el músculo (Hall, 2021).

La carencia de insulina conlleva un aumento en la degradación de proteínas, deteniendo casi por completo el depósito y la síntesis de estas. Como resultado, se liberan grandes cantidades de aminoácidos hacia el plasma, que, debido a su elevada concentración, son utilizados como fuente de energía y como sustratos para la gluconeogénesis (Hall, 2021).

La glucosa plasmática no solo proporciona energía a todas las células del organismo, sino que también es

esencial para la formación de glicoproteínas y glicolípidos. Sin embargo, un control estricto de sus niveles es fundamental: una disminución aguda de la glucosa puede ser fatal, mientras que un aumento crónico puede generar glucotoxicidad y la producción de productos de glicosilación avanzada, responsables de muchas complicaciones en personas diabéticas (Fishman et al., 2018).

La insulina, es una proteína producida y liberada por las células beta ( $\beta$ ) de los islotes pancreáticos, tiene como principal función facilitar la entrada de glucosa plasmática en diversas células, lo que contribuye a mantener estables los niveles de glucemia (Weiss et al., 2000). La secreción de insulina es estimulada por diversos factores, siendo el aumento de la glucemia uno de los principales. Sin embargo, también está regulada por señales endocrinas y paracrinas de otras células del organismo, incluidas algunas de los mismos islotes (Henquin, 2020).

Actualmente se reconoce que, además, de la glucosa, la fructosa y los aminoácidos, junto con estímulos autonómicos, en especial parasimpáticos, y ciertas hormonas, estimulan la secreción de insulina,



mientras que otras sustancias, como la leptina y los corticoides, la inhiben (Henquin, 2021). Los mecanismos intracelulares que regulan la secreción de insulina han sido recientemente replanteados, involucrando complejas interacciones metabólicas tanto en el citoplasma como en las mitocondrias (Merrins et al., 2022).

Después de recibir múltiples estímulos, la célula  $\beta$  no solo libera la insulina almacenada en gránulos hacia la circulación portal, sino que también estimula la transcripción del gen INS, localizado en el cromosoma 11. Este aspecto de la regulación genética adquiere cada vez más relevancia debido a su vínculo con la DMT2 (Tokarz et al., 2018).

Una vez en el torrente sanguíneo, la insulina se une a receptores de las membranas del músculo, hígado y del tejido adiposo. Recientemente, se han identificado receptores de insulina en el endotelio capilar y en diversas áreas del sistema nervioso, especialmente en el hipotálamo (Posner, 2017).

El músculo esquelético desempeña un importante papel en la regulación de la glucosa, ya que adapta su sustrato energético según el estado del organismo: en ayuno, en estado

posprandial o durante el ejercicio, capacidad conocida como flexibilidad metabólica (Smith et al., 2018). Durante el ayuno, el músculo utiliza predominantemente grasas como fuente de energía. Sin embargo, en el estado posprandial, la insulina activa enzimas que favorecen el metabolismo de la glucosa, aunque en condiciones posprandiales fisiológicas, aproximadamente un tercio de la glucosa puede ser almacenada en el hígado (Christensen & Gannon, 2019).

La glucosa es un sustrato energético fundamental para la mayoría de las células del cuerpo humano. En las células dependientes de insulina, la incapacidad de ingresar glucosa, resistencia a la insulina (RI) representa un problema metabólico con múltiples efectos adversos (Yaribeygi et al., 2019).

Resistencia a la insulina y desarrollo de la diabetes mellitus tipo 2

La RI se refiere a la incapacidad de las células para incorporar glucosa en su interior, incluso en presencia de insulina. En la actualidad, la RI se explica por alteraciones en la unión de la insulina a su receptor, cambios estructurales en el receptor mismo, o disfunciones en las vías de señalización intracelular (Iaccarino et al., 2021).



La RI y su progresión hacia la DMT2 representan el resultado de cambios metabólicos en tejidos clave para la regulación de la glucosa, como el músculo, el tejido adiposo y el hígado. Condiciones patológicas como la obesidad se asocia con la elevación de ácidos grasos libres, la presencia de citocinas inflamatorias, como la interleucina 6 (IL-6) y el factor de necrosis tumoral  $\alpha$  (TNF $\alpha$ ), que contribuyen a la RI tanto a nivel hepático como en el músculo esquelético (Loimaala et al., 2009). Aunque el mecanismo exacto que causa RI en el músculo esquelético no se conoce con precisión, una de las teorías más aceptadas sugiere que la acumulación de grasa intramiocelular y metabolitos de ácidos grasos, un fenómeno denominado lipotoxicidad, desempeña un papel importante (Savage et al., 2019).

Los procesos de lipotoxicidad están asociados con la obesidad y la disfunción del tejido adiposo, junto con la glucotoxicidad, resultado de la acumulación excesiva de glucosa en el interior celular, que altera la actividad mitocondrial. Este proceso tóxico incrementa la producción de especies reactivas de oxígeno y genera alteraciones en la fosforilación de

proteínas en vías de señalización celular clave, afectando el almacenamiento y la utilización de la glucosa como fuente de energía.

La DMT2 no es simplemente un trastorno del metabolismo glucídico; si no se maneja de manera oportuna y adecuada, puede desencadenar una serie de complicaciones que afectan significativamente la calidad de vida del paciente. Estas complicaciones incluyen alteraciones microvasculares: retinopatía diabética, y nefropatía, afecciones macrovasculares: enfermedades cardiovasculares y arteriales periféricas, lo que plantea un desafío considerable en el manejo clínico de la DMT2 (Yapanis et al., 2022). Además, la carga emocional y psicológica asociada a la DMT2, agravada por estas complicaciones, puede inducir trastornos del estado de ánimo, como la depresión y la ansiedad (Alzahrani et al., 2023).

Impacto de la actividad física en la prevención de la diabetes mellitus tipo 2 en adultos

Aunque la diabetes mellitus tipo 1 (DMT1) no puede prevenirse, la DMT2 podría evitarse al reducir los factores de riesgo relacionados con esta enfermedad al adoptar un estilo de vida saludable: práctica regular de actividad física, dieta



equilibrada y el mantener un peso saludable resulta fundamental, ya que la obesidad incrementa el riesgo de desarrollar la DMT2. Incluso una pequeña reducción de peso puede disminuir este riesgo de manera significativa. Además, a través de los chequeos periódicos a persona con factores de riesgo, se pueden detectar signos tempranos y prevenir la aparición o evolución de esta enfermedad.

Estudios realizados en Estados Unidos, Finlandia, China, India y Japón demuestran que los cambios en el estilo de vida, como mantener un peso corporal saludable y una actividad física moderada, contribuyen a prevenir la DMT2 en individuos de alto riesgo.

La actividad física involucra múltiples sistemas del organismo y desempeña un rol importante en el manejo de la DMT2 (Lobelo et al., 2018; Seo et al., 2019). Numerosas evidencias científicas sostienen que el ejercicio es un componente esencial en su prevención (De Oca et al., 2019).

Además, varios estudios han demostrado que la actividad física mejora la sensibilidad a la insulina en pacientes con DMT2 e incluso en personas con DMT1, (Ajčević et al., 2019; Leclair et al., 2013). De esta

forma, la actividad física actúa no solo como un modulador del metabolismo glucídico, sino también como un factor importante en la prevención y manejo de las complicaciones asociadas (Kirwan et al., 2017; Wake, 2020).

Se ha reportado que realizar 150 minutos de actividad física moderada a intensa a la semana en personas inactivas se asocia con una reducción del 23% en el riesgo de mortalidad cardiovascular y del 26% en la incidencia de DMT2, independientemente del peso corporal (Wahid et al., 2016). Más allá de su impacto metabólico directo, la actividad física se presenta como una herramienta preventiva y terapéutica frente a las complicaciones asociadas a esta enfermedad (De Oca et al., 2019).

Por otro lado, la dieta resulta fundamental en la prevención de la DMT2. Los polifenoles de origen vegetal, presentes en frutas, verduras y bebidas como el café, el té y el vino tinto, han demostrado tener efectos beneficiosos en la salud humana. Estudios epidemiológicos indican que el consumo de alimentos ricos en polifenoles se asocia con la prevención de enfermedades como la DMT2 (Castro, 2019).



En pacientes con DMT2 establecida, las intervenciones en el estilo de vida, incluyendo la dieta, el ejercicio físico y el manejo psicoemocional, logran beneficios en la reducción de peso y en el control de la glucemia, además de reducir la necesidad de dosis más altas de medicamentos según la Asociación Americana de Diabetes (ADA, 2024). La actividad física no solo impacta el metabolismo glucídico, sino que también tiene efectos positivos sobre el perfil lipídico, reduciendo el colesterol de baja densidad (LDL) y los triglicéridos, al tiempo que incrementa el colesterol de alta densidad (HDL). Estas adaptaciones, junto con la regulación del tejido adiposo y la modulación de adipocinas proinflamatorias y antiinflamatorias, impactan directamente en la RI y, por ende, en la patogénesis de la DMT2 (Powell et al., 2018).

Dado que la DMT2 es una enfermedad multifactorial, su manejo requiere un enfoque multidisciplinario, incluyendo tratamientos farmacológicos y no farmacológicos, para un adecuado control de la glucemia y la prevención de complicaciones (Elsayed et al., 2023). Entre las intervenciones no farmacológicas, la actividad física es

clave. La evidencia científica sobre el impacto de la actividad física en la prevención, tratamiento y reducción del riesgo de complicaciones y mortalidad asociada a la DMT2 es sólida. La mayoría de las guías clínicas para la prevención y tratamiento de esta enfermedad destacan la importancia de la actividad física y su impacto positivo en la salud del paciente.

Impacto de la actividad física en el tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2 en adultos

Las intervenciones centradas en la actividad física han demostrado ser efectivas en la mejora del control metabólico de la DMT2. En el manejo crónico de pacientes diabéticos, se ha evidenciado que la terapia nutricional puede reducir la hemoglobina glicosilada (HbA1c) en un 2%, mientras que el ejercicio físico estructurado logra una disminución de hasta el 0,9%. La combinación de ambas intervenciones se asocia a una menor concentración de HbA1c (Naranjo, Campos & Fallas, 2021).

El ejercicio físico a corto plazo mejora la sensibilidad a la insulina y, en pacientes tratados con hipoglucemiantes orales, tiende a disminuir las concentraciones de glucosa en sangre. A



largo plazo, el ejercicio promueve cambios en la función muscular que favorecen un uso más eficiente de la energía y una mayor translocación de los transportadores de glucosa sensibles a la insulina (GLUT4), lo que contribuye al aumento general de la sensibilidad a la insulina (McCulloch, 2020).

La DMT2 se asocia con un proceso inflamatorio crónico, caracterizado por niveles patológicos de citocinas como proteína C reactiva (PCR), factor de necrosis tumoral  $\alpha$  (TNF $\alpha$ ), interleucina 1 (IL-1) e interleucina 6 (IL-6). Estas citocinas, producidas principalmente por células del sistema inmunológico, también tienen un importante origen en los adipocitos, especialmente en condiciones de obesidad (Lontchi et al. 2013).

El ejercicio físico ejerce un efecto antiinflamatorio, promoviendo la producción de citocinas antiinflamatorias que han demostrado limitar el daño a las células  $\beta$  (Scheffer & Latini, 2020; Pedersen, 2017). Un componente clave de este efecto es el papel endocrino del músculo esquelético, que produce múltiples citocinas llamadas miocinas con funciones inmunomoduladoras (León-Ariza et al., 2023). Entre estas, la IL-6 ha

sido ampliamente estudiada, ya que puede ser fundamental en procesos fisiológicos como la reducción de la grasa visceral asociada al ejercicio y la proliferación de células  $\beta$ , previniendo su apoptosis (Wedell et al., 2019; Karstoft & Pedersen, 2016).

La mayoría de los pacientes con DMT2 presentan exceso de adiposidad, lo que resalta la necesidad de abordar simultáneamente el sobrepeso u obesidad y otros factores de riesgo cardiovascular en el tratamiento de esta enfermedad. El control de la obesidad no solo puede retrasar la progresión de la prediabetes, sino que también mejorar el control glucémico y reducir la necesidad de medicamentos hipoglucemiantes (ADA, 2024; Gómez, 2016).

Investigaciones recientes han encontrado que las personas diabéticas tienden a almacenar más grasa visceral que subcutánea (Levelt et al., 2016) y presentan una mayor sarcopenia (Izzo et al., 2021). Además, existe creciente evidencia sobre el papel de las miocinas y otras citocinas producidas por el hígado (hepatocinas) en la regulación del apetito, la mejora del efecto termogénico de la grasa parda, la mayor liberación de insulina y la regeneración de células  $\beta$  (González & Elizondo, 2020).



Un metaanálisis reciente proporciona una perspectiva integral sobre el impacto positivo de la actividad física en el control metabólico de la DMT2, destaca su efecto en la reducción de los niveles de HbA1c, un marcador esencial del control glucémico a largo plazo (Chávez et al., 2024).

A nivel crónico, la actividad física regular potencia la sensibilidad a la insulina y contrarresta la RI, un factor patogénico central de la DMT2 (Kirwan et al., 2017). Históricamente, el ejercicio se ha promovido por sus beneficios en el control glucémico y la pérdida de peso. Sin embargo, investigaciones recientes han evidenciado su papel en la mejora de la calidad de vida de las personas con DMT2, al contribuir no solo a la función cardiovascular y la reducción de la grasa corporal, sino también al bienestar psicológico, disminuyendo síntomas de depresión y ansiedad (Rabadán & Ortiz, 2023; Castellanos & Cobo, 2023).

El impacto clínico de la actividad física se extiende a los tres niveles de prevención, aportando beneficios en la prevención, tratamiento y disminución de complicaciones, así como en la reducción de la mortalidad. La actividad física actúa como un potente modulador neuroquímico, induciendo la liberación

de neurotransmisores y neuromoduladores como la serotonina y las endorfinas. Estas moléculas son esenciales en la regulación del estado anímico, confiriendo al ejercicio un efecto antidepressivo que atenúa los síntomas depresivos prevalentes en pacientes con DMT2 (De Moraes et al., 2023).

Programas de actividad para la prevención y tratamiento de la diabetes tipo 2 en adultos

En la atención de los adultos con DMT2 se deben incluir programas de actividad física, sin considerarse opcional ni limitarse a simples recomendaciones. Es fundamental implementar programas estructurados y supervisados, diseñados bajo sólidas normas de prescripción y control, para garantizar su eficacia y beneficios (Naranjo & Fallas, 2021).

Antes de aplicar un programa de actividad física, es esencial realizar una evaluación exhaustiva del paciente, que abarque aspectos cardiológicos, musculoesqueléticos, metabólicos y psicológicos. Esta evaluación servirá como base para diseñar un programa adaptado y seguro (Latorre et al., 2022).

El manejo óptimo de la DMT2 en el contexto de la actividad física no debe



ser tarea de un solo profesional. La colaboración entre endocrinólogos, fisioterapeutas, nutricionistas, psicólogos y especialistas en actividad física es fundamental para abordar todas las facetas de la enfermedad (Gómez et al., 2019). La versatilidad del programa es clave para mantener al paciente comprometido y motivado. La inclusión de diferentes modalidades de ejercicios, desde actividades aeróbicas hasta ejercicios de resistencia y flexibilidad, garantiza una intervención holística (De Oca et al., 2019).

La monitorización, tanto farmacológica como la relacionada con la modificación del estilo de vida, debe considerarse un proceso continuo. Esto permite ajustar tanto el tratamiento farmacológico como el programa de actividad física según la evolución y respuesta del paciente (Engle et al., 2021). A medida que el paciente avanza en su programa, es fundamental fomentar la autogestión, empoderando al individuo para que asuma un papel activo en su salud y bienestar (Hämel et al., 2022).

Se recomienda que las personas con DMT2 participen en un programa de entrenamiento que incluya tanto ejercicios aeróbicos como de resistencia,

con el objetivo de lograr un adecuado control metabólico a largo plazo. Para la prescripción, es importante considerar la frecuencia, intensidad y duración del ejercicio, adaptándolos a las condiciones y preferencias personales de cada paciente (Kanaley et al., 2022).

#### Tipos de Ejercicios Físicos

Con respecto al tipo de ejercicio, no existe consenso sobre la mejor estrategia. Sin embargo, se ha demostrado que el entrenamiento aeróbico está directamente relacionado con un mayor consumo de glucosa muscular y con un notable efecto hipoglucemiante (Boulé et al., 2001).

Los ejercicios básicos para el desarrollo del entrenamiento aeróbico incluyen caminar, trotar, correr, andar en bicicleta, nadar, remar o esquiar. Estos ejercicios son de intensidad moderada e involucran grandes grupos musculares durante períodos prolongados, lo que favorece un aumento del gasto de glucosa (García, 2020).

Para pacientes con sobrepeso, edad avanzada o problemas articulares previos, así como aquellos con complicaciones de la DMT2, como el pie diabético, es recomendable evitar ejercicios de alto impacto, que pueden



aumentar el riesgo de lesiones articulares (García, 2020).

El entrenamiento de fuerza, también conocido como resistencia muscular, se utiliza cada vez más en el tratamiento de la DMT2 (Colberg, 2013). Aunque su efecto sobre los niveles de glucemia es menor en comparación con el ejercicio aeróbico, este tipo de entrenamiento incrementa la masa muscular, lo que a su vez aumenta el gasto metabólico basal.

El entrenamiento de fuerza ha mostrado reducir la HbA1c aproximadamente en 0,6%, mientras que el ejercicio aeróbico en el 0,32%. Sin embargo, la combinación de ambas modalidades ha demostrado ser más eficaz, logrando una reducción tres veces mayor en los niveles de HbA1c en comparación con la práctica de una sola modalidad (Loimaala et al., 2009; Hormigo et al., 2015). Tras 6-8 semanas de entrenamiento de fuerza, se pueden observar mejoras en los niveles de glucosa e insulina mediante pruebas de laboratorio. La progresión y aumento en la intensidad del ejercicio después de tres meses también mejora la función de las células  $\beta$  pancreáticas en personas con DMT2 (Yang et al., 2014; Kanaley et al., 2022).

Los programas de ejercicio deben incluir tanto entrenamiento aeróbico como de fuerza para mejorar el control de la glucemia y optimizar la salud del paciente. La combinación de ambos tipos de ejercicio mejora la capacidad aeróbica, ayuda a mantener la masa muscular y aumentar la fuerza muscular (García, 2020).

En el caso de pacientes con complicaciones asociadas a la diabetes, como neuropatía periférica, retinopatías, neuropatía autonómica, enfermedad vascular, nefropatía y microalbuminuria, es necesario prestar atención a las indicaciones y contraindicaciones durante la prescripción del ejercicio.

En general, es necesario iniciar con una evaluación integral del paciente y a partir de los resultados obtenidos, prescribir el programa de ejercicios que contemple las características de la enfermedad, edad del paciente, género, el efecto fisiológico del ejercicio, la preparación psicológica del paciente, las condiciones ambientales y otros factores.

Se sugiere seguir un progreso gradual atendiendo a las etapas de adaptación, desarrollo o recuperación y mantenimiento. Durante cada etapa, se debe tener en cuenta la duración, intensidad, frecuencia y volumen del



ejercicio, así como las capacidades a desarrollar de manera individualizada.

La integración de la actividad física en el manejo de la DMT2 es un proceso complejo que va más allá de la simple prescripción de ejercicio. Requiere una estrategia bien estructurada, basada en evidencia y centrada en el paciente, que considere las múltiples dimensiones de la enfermedad y del individuo. Con un enfoque adecuado, la actividad física puede ser una herramienta invaluable en el arsenal terapéutico para la DMT2, proporcionando beneficios que trascienden la mera modulación metabólica (Gómez-Velasco et al., 2019). Es este sentido es fundamental que profesionales de la salud, investigadores y tomadores de decisiones reconozcan y promuevan la importancia de la actividad física como un pilar fundamental en el tratamiento holístico de la DMT2 (Gallegos et al., 2024).

La inclusión de la actividad física en el tratamiento del adulto con DMT2 requiere de una correcta planificación y adaptación basada en el perfil clínico y las necesidades individuales de cada paciente (Cabrera et al., 2022). Para ser efectiva su implementación debe ser el

resultado de una estrategia multidimensional, respaldada por evidencia científica y centrada en el paciente (Francesconi et al., 2023).

## DISCUSIÓN

Impacto de la actividad física en la prevención y tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2 en adultos

La evidencia presentada en la presente revisión subraya la importancia de la actividad física en la prevención y manejo de la DMT2, que a diferencia de la DMT1, que es una condición autoinmune irreversible, la DMT2 es prevenible en gran medida mediante la modificación de los factores de riesgo. La evidencia actual resalta que la adopción de un estilo de vida saludable, que incluya la actividad física regular, la alimentación equilibrada y el control del peso, es fundamental para disminuir el riesgo de desarrollar esta enfermedad (ADA, 2024; Lobelo et al., 2018; Seo et al., 2019). Varias investigaciones subrayan la importancia de la actividad física no solo como un mecanismo preventivo, sino también como un factor que mejora la salud integral del individuo.

La actividad física se ha relacionado directamente con mejoras en la sensibilidad a la insulina, un aspecto



crítico en la fisiopatología de la DMT2 (Ajčević et al., 2019; Leclair et al., 2013). La evidencia indica que realizar al menos 150 minutos de actividad física de intensidad moderada a alta por semana disminuye el riesgo de mortalidad cardiovascular y la incidencia de DMT2, independientemente del índice de masa corporal (Wahid et al., 2016). Este hallazgo resalta la efectividad del ejercicio como una intervención accesible y fundamental en la prevención y tratamiento de la DMT2.

El ejercicio también desempeña un papel clave en la salud vascular y en la prevención de complicaciones asociadas a la DMT2 (De Oca García et al., 2019). Al mejorarse la perfusión y circulación en las extremidades puede ayudar a prevenir la neuropatía diabética, una complicación común y debilitante de la enfermedad.

Además, de la actividad física, y la nutrición juega un papel determinante en la prevención de la DMT2. La inclusión de polifenoles en la dieta, se ha asociado con una mejora en la salud metabólica y una reducción del riesgo de DMT2 (Castro, 2019). Esta relación subraya la necesidad de adoptar un enfoque integral en la prevención de la enfermedad, que

combine tanto el ejercicio físico como una dieta saludable.

Para los pacientes ya diagnosticados con DMT2, las intervenciones que incluyen modificaciones en el estilo de vida han demostrado ser efectivas en la reducción de peso y en el control glucémico (ADA, 2023). Un enfoque multidisciplinario que integre la actividad física y la alimentación adecuada es fundamental para abordar la naturaleza multifactorial de la DMT2 y para promover un manejo eficaz de la enfermedad.

Es esencial que los profesionales de la salud implementen estrategias que integren la actividad física como un pilar fundamental en la prevención y el tratamiento de la DMT2. La evidencia científica es clara: el ejercicio no solo mejora la calidad de vida, sino que también reduce el riesgo de complicaciones y mortalidad asociada a esta enfermedad.

Los estudios revisados muestran que el ejercicio físico tiene un efecto positivo en la reducción de la HbA1c, un marcador clave para evaluar el control glucémico a largo plazo. La combinación de ejercicio estructurado con terapia nutricional ha demostrado ser más eficaz que cada intervención por separado,



sugiriendo que un enfoque multidimensional es esencial para maximizar los beneficios terapéuticos (Naranjo, Campos & Fallas, 2021). Esto resalta la importancia de implementar programas de intervención que incluyan tanto el ejercicio como la educación nutricional para promover cambios sostenibles en el estilo de vida.

El ejercicio no solo mejora la sensibilidad a la insulina a corto plazo, sino que también induce cambios fisiológicos a largo plazo en la función muscular y el metabolismo energético, además reduce la inflamación sistémica y limitar el daño a las células  $\beta$  (Scheffer & Latini, 2020; León et al., 2023).

La asociación entre la DMT2 y la inflamación crónica ha sido ampliamente documentada. La actividad física, al disminuir los niveles de citocinas proinflamatorias y promover un perfil antiinflamatorio, no solo mejora el control glucémico, sino que también contribuye a la salud metabólica general (Lontchi-imagou et al., 2013). Este hallazgo es significativo, dado que la inflamación es un importante factor en la progresión de la DMT2 y sus complicaciones.

La atención al exceso de adiposidad en pacientes diabéticos es

vital, ya que la obesidad está íntimamente relacionada con la RI y el deterioro del control glucémico (ADA, 2020). La reducción del peso a través del ejercicio puede mejorar significativamente la salud metabólica y, a su vez, disminuir la dependencia de medicamentos hipoglucemiantes, lo que resalta la necesidad de enfoques integrales que aborden el peso corporal y la actividad física simultáneamente (Gómez, 2016).

Los metaanálisis que documentan la eficacia de las intervenciones centradas en el ejercicio para reducir la insulina, la glicemia en ayunas y la HbA1c proporcionan sólidas evidencias de que la actividad física debe ser un componente clave en cualquier estrategia de tratamiento para la DMT2 (Chávez et al., 2024).

El impacto positivo de la actividad física se extiende a la prevención y el manejo de complicaciones asociadas con la DMT2, lo que subraya su papel en la reducción de la mortalidad y el mejoramiento de la salud global del paciente. La actividad física actúa como un modulador neuroquímico, promoviendo la liberación de neurotransmisores que influyen en el estado de ánimo, lo que refuerza su



relevancia no solo como tratamiento médico, sino también como terapia complementaria en la atención integral de los pacientes con DMT2 (De Moraes Ovando et al., 2023).

Programas de actividad para la prevención y tratamiento de la diabetes tipo 2 en adultos

Los resultados obtenidos en la evaluación de programas de actividad física para la prevención y tratamiento DMT2 en adultos resaltan la importancia de integrar el ejercicio como un componente esencial en la gestión de esta condición. La evidencia sugiere que la implementación de programas estructurados y supervisados, basados en normas claras de prescripción y control, puede maximizar los beneficios del ejercicio y mejorar el control metabólico (Naranjo, Campos, & Fallas, 2021).

La evaluación integral del paciente, que incluya aspectos cardiológicos, musculoesqueléticos, metabólicos y psicológicos, debe ser considerado para al diseñar intervenciones seguras y efectivas (Latorre-Román et al., 2022). Esta aproximación multidimensional permite personalizar los programas de actividad física, teniendo en cuenta las particularidades de cada individuo, lo

que puede contribuir a una mayor adherencia y compromiso con el tratamiento.

Además, la colaboración multidisciplinaria de especialistas: endocrinólogos, fisioterapeutas, nutricionistas, psicólogos y especialistas en actividad física es fundamental para abordar la DMT2 de manera holística (Gómez et al., 2019). Esta sinergia no solo optimiza el tratamiento, sino que también promueve un enfoque más integral hacia la salud del paciente.

Los resultados también subrayan la importancia de la diversidad en las modalidades de ejercicio. Incluir actividades aeróbicas, de resistencia y flexibilidad no solo mejora el control metabólico, sino que también aumenta la motivación del paciente al ofrecerle opciones variadas que se alinean con sus preferencias y capacidades (De Oca et al., 2019). Esta adaptabilidad es esencial para mantener el interés y el compromiso del paciente a largo plazo.

La monitorización continua de la actividad física y el tratamiento farmacológico es otra clave para el éxito. Ajustar el programa según la evolución del paciente permite una mejor gestión de la enfermedad y fomenta la autogestión, empoderando al individuo



para que asuma un rol activo en su propio cuidado (Hämel et al., 2022). Este sentido de responsabilidad personal puede llevar a mejores resultados en salud y bienestar general.

#### Tipos de Ejercicios Físicos

La elección del tipo de ejercicio físico para la prevención y tratamiento de adultos con DMT2 es fundamental en el diseño de programas efectivos. Aunque no existe un consenso absoluto sobre la estrategia más adecuada, la evidencia respalda el uso del ejercicio aeróbico como un componente clave debido a que posibilita el aumento del consumo de glucosa muscular, lo que produce efectos hipoglucemiantes significativos (Boulé et al., 2001).

Es fundamental considerar las limitaciones físicas de los pacientes, especialmente aquellos con sobrepeso, edad avanzada o problemas articulares. La recomendación de evitar ejercicios de alto impacto es fundamental para prevenir lesiones, lo que destaca la necesidad de personalizar los programas de ejercicio de acuerdo con las capacidades individuales y las condiciones médicas preexistentes (García, 2020).

En el entrenamiento de fuerza los adultos con DMT2 manifiestan niveles

de glucosa más bajo que los encontrados con el ejercicio aeróbico, no obstante hay un incremento de la masa muscular con efectos positivos en el gasto metabólico basal, beneficioso para el control de la glucemia (Colberg, 2013). La combinación de ambos tipos de ejercicios ha demostrado ser más efectivos que su aplicación independiente.

Antes de iniciar programas de ejercicios deben realizarse una evaluación integral del paciente (Cabrera et al., 2022), de acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación realizada se prescriban los ejercicios teniendo en cuenta además, la edad, género, comorbilidades, condiciones físicas de modo que se maximize la adherencia y efectividad del programa.

#### CONCLUSIONES

La Actividad Física constituye un componente clave en la prevención y tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2, y su inclusión en estrategias de salud pública es fundamental para mejorar el control glicémico y reducir complicaciones.

La práctica regular de actividad física aumenta la sensibilidad a la insulina, facilita la regulación de la glucosa en sangre y resulta



especialmente efectiva para reducir la acumulación de grasa visceral, un factor crítico en la resistencia a la insulina, lo que disminuye el riesgo de desarrollar esta enfermedad.

La actividad física se consolida como un componente esencial en el tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2 en adultos, no solo al mejorar el control glucémico y reducir el consumo de medicamentos, sino también al promover una mejor salud cardiovascular y metabólica.

A largo plazo, un programa de ejercicios combinados bien estructurado que incluya ejercicios aeróbicos y de entrenamiento de la fuerza, resistencia muscular ha demostrado ser más efectivo en el control de la glucosa sanguínea, en la reducción de la hemoglobina glucosilada, en la mejora de la función de las células  $\beta$  pancreáticas en personas con diabetes mellitus 2, así como en el estado psicológico al disminuir los síntomas de depresión y ansiedad prevalentes en esta población.

El abordaje de la diabetes mellitus tipo 2, como enfermedad multifactorial, demanda la intervención de un equipo multidisciplinario: endocrinólogos, fisioterapeutas, especialistas en actividad física, psicólogos y

nutricionistas, cuyo rol es esencial para la prevención y tratamiento de pacientes diabéticos.

La modificación de los estilos de vida se presenta como una estrategia clave para reducir factores de riesgo como el sobrepeso y la obesidad, de importancia para en el desarrollo y progresión de la enfermedad.

## REFERENCIAS

- Ajčević, M., Savić, S., Stevanović, J., & Milinković, D. (2019). Comparison of ECRES algorithm with classical method in management of diabetes type 1 exercise-related imbalances. In World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2018: June 3-8, 2018, Prague, Czech Republic (Vol. 1, pp. 1-4). Springer Singapore.
- Alzahrani, O., Fletcher, J.P., & Hitos, K. (2023). Quality of life and mental health measurements among patients with type 2 diabetes mellitus: A systematic review. *Health and Quality of Life Outcomes*, 21(1), 27. <https://doi.org/10.1186/s12955-023-02038-5>
- American Diabetes Association. (2020). Obesity management for the



- treatment of type 2 diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes 2020. *Diabetes Care*, 43(Suppl-1), 89–91. <https://doi.org/10.2337/dc20-S008>
- American Diabetes Association. (2023). Standards of medical care in diabetes—2023. *Diabetes Care*, 46 (Supplement\_1), S1-S291 <https://doi.org/10.2337/dc23-SINT>
- American Diabetes Association. (2024). Professional Practice Committee. Improving care and promoting health in populations: Standards of care in diabetes—2024. *Diabetes Care*, 47(Supplement 1), S11–S19. <https://doi.org/10.2337/dc24-S001>
- Blonde, L., Umpierrez, G.E., Reddy, S.S., McGill, J.B., Berga, S.L., Bush, M., et al. (2023). American Association of Clinical Endocrinology clinical practice guideline: Developing a diabetes mellitus comprehensive care plan—2023 update. *Endocrine Practice*, 28 (10), 923-1049. <https://doi.org/10.1016/j.eprac.2022.08.002>
- Boulé, N.G., Haddad, E., Kenny, G.P., Wells, G.A., & Sigal, R.J. (2001). Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: A meta-analysis of controlled clinical trials. *JAMA*, 286(10), 1218-1227. <https://doi.org/10.1001/jama.286.10.1218>
- Cabrera, J.N., Martínez, F.C., Aballe, M.C., Robledo, A.R., & Carvajal, A.R. (2022). Importancia del ejercicio físico en las personas con diabetes mellitus. *Ciencia y Salud*, 6 (2), 35-42.
- Castellano, R.D.P., & Mejía, E.A. (2023). Efectos de la actividad física en la calidad de vida relacionada con la salud en personas mayores con diabetes mellitus: Revisión sistemática de la literatura y metaanálisis. *Retos: Nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (47), 859-865.
- Castro, M.L. (2019). Polifenoles: Compuestos bioactivos con efectos benéficos en la prevención de diabetes tipo 2. *REDCieN*, 1, 6.
- Chávez, J.F.A., Gallegos, L.I.F., Hernández, G.S.I.R., Mata, K. J. M., & de León, A. C. P. (2024). Actividad física como estrategia terapéutica en el manejo de la diabetes tipo 2: Evidencia actual.



- Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica, 4(2), 48-65.
- Christensen, A.A., & Gannon, M. (2019). The beta cell in type 2 diabetes. *Current Diabetes Reports*, 19(9), 81. <https://doi.org/10.1007/s11892-019-1196-4>
- Colberg, S.R. (2013). *Exercise and diabetes: A clinician's guide to prescribing physical activity* (1st ed.). Alexandria, VA: American Diabetes Association.
- De Moraes, R.G., Dos Santos, L.L.M., & Bertolini, S.M.M.G. (2023). Perfil motivacional para la práctica de ejercicios físicos: Una cohorte retrospectiva. *Retos*, 50, 8–14. <https://doi.org/10.47197/RETOS.V50.99435>
- De Oca, A.M., Manzanedo, J.V.G., & González, J.G.P. (2019). Entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) como herramienta terapéutica en pacientes con diabetes mellitus tipo 2: Una revisión narrativa. *Retos: Nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (36), 633-639.
- Elsayed, N.A., Aleppo, G., Aroda, V.R., Bannuru, R.R., Brown, F.M., Bruemmer, D., et al. (2023). Classification and diagnosis of diabetes: Standards of care in diabetes—2023. *Diabetes Care*, 46 (January), S19–S40. <https://doi.org/10.2337/dc23-S002>
- Engle, R.L., Mohr, D.C., Holmes, S.K., Seibert, M. N., Afable, M., Leyson, J et al. (2021). Evidence-based practice and patient-centered care: Doing both well. *Health Care Management Review*, 46(3), 174-184. <https://doi.org/10.1097/HMR.0000000000000318>
- Federación Internacional de Diabetes (FID). (2021). Datos y cifras. <https://idf.org/es/about-diabetes/diabetes-facts-figures/>
- Fishman, S.L., Sonmez, H., Basman, C., Singh, V., & Poretsky, L. (2018). The role of advanced glycation end-products in the development of coronary artery disease in patients with and without diabetes mellitus: A review. *Molecular Medicine*, 24, 1-12. <https://doi.org/10.2119/molmed.2018.00110>



- Francesconi, C., Niebauer, J., Haber, P., Moser, O., Weitgasser, R., & Lackinger, C. (2023). Lifestyle: Physical activity and training as prevention and therapy of type 2 diabetes mellitus. *Wiener Klinische Wochenschrift*, 135(Suppl 1), 78-83. <https://doi.org/10.1007/s00508-023-02164-2>
- Gallegos, L.I.F., Hernández, G.S.R., Mata, K.J.M., & Chávez, J.F.A. (2024). Más allá del control glucémico: Beneficios de la actividad física en la calidad de vida de personas con diabetes mellitus tipo 2: Una revisión narrativa. *Retos: Nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (53), 262-270.
- García, S.M. (2020). Habilidades prácticas. *Diabetes Práctica*, 11(04-2020), 136.
- Gómez, R. (2016). Peso y diabetes tipo 2: Nuevas recomendaciones. *Medicina Clínica*, 147(Supl 1), 17-21. [https://doi.org/10.1016/S0025-7753\(17\)30620-6](https://doi.org/10.1016/S0025-7753(17)30620-6)
- Gómez, D.V., Almeda, P., Martagón, A.J., Galán, G.A., & Aguilar, C.A. (2019). Empowerment of patients with type 2 diabetes: Current perspectives. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, 12, 1311-1321. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S203049>
- Gonzalez, A.M., & Elizondo, L. (2020). The role of exercise in the interplay between myokines, hepatokines, osteokines, adipokines, and modulation of inflammation for energy substrate redistribution and fat mass loss: A review. *Nutrients*, 12(6), 1899. <https://doi.org/10.3390/nu12061899>
- Hall, J.E. (2021). *Guyton y Hall. Compendio de fisiología médica*. Elsevier Health Sciences.
- Hämel, K., Röhnsch, G., Heumann, M., Backes, D.S., Toso, B.R.G.D.O., & Giovanella, L. (2022). How do nurses support chronically ill clients' participation and self-management in primary care? A cross-country qualitative study. *BMC Primary Care*, 23(1), 85. <https://doi.org/10.1186/s12875-022-01787-1>
- Henquin, J.C. (2021). Non-glucose modulators of insulin secretion in healthy humans: (dis)similarities



- between islet and in vivo studies. *Metabolism*, 122, 154821. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2021.154821>
- Henquin, J.C. (2021). Paracrine and autocrine control of insulin secretion in human islets: Evidence and pending questions. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*, 320(1), E78–E86. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00485.2020>
- Hormigo, A., Mancera, J., Pérez, M., Alonso, M., López, F., & Mediavilla, J. (2015). Recomendaciones de buena práctica en el tratamiento de la dislipemia en la diabetes. *SEMERGEN - Medicina de Familia*, 41(2), 94. <https://doi.org/10.1016/j.semerg.2014.11.007>.
- Iaccarino, G., Franco, D., Sorriento, D., Strisciuglio, T., Barbato, E; & Morisco, C. (2021). Modulation of insulin sensitivity by exercise training: Implications for cardiovascular prevention. *Journal of Cardiovascular Translational Research*, 14(2), 256–270. <https://doi.org/10.1007/s12265-020-10057-w>
- Inzucchi, S., & Lupsa, B. (2020). Clinical presentation, diagnosis, and initial evaluation of diabetes mellitus in adults. UpToDate. <https://www.uptodate.com/content/s/clinical-presentation-diagnosis-and-initial-evaluation-of-diabetes-mellitus-in-adults>
- Izzo, A., Massimino, E., Riccardi, G., & Della Pepa, G. A. (2021). Narrative review on sarcopenia in type 2 diabetes mellitus: Prevalence and associated factors. *Nutrients*, 13(1), 1–18. <https://doi.org/10.3390/nu13010183>
- Kanaley, J.A., Colberg, S. R., Corcoran, M.H., Malin, S. K., Rodriguez, N. R., Crespo, C. J; et al. (2022). Exercise/Physical activity in individuals with type 2 diabetes: A consensus statement from the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 54(2), 353–368. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002800>
- Karstoft, K., & Pedersen, B.K. (2016). Exercise and type 2 diabetes:



- Focus on metabolism and inflammation. *Immunology and Cell Biology*, 94(2), 146–150. <https://doi.org/10.1038/icb.2015.101>
- Kirwan, J.P., Sacks, J., & Nieuwoudt, S. (2017). The essential role of exercise in the management of type 2 diabetes. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 84(7 Suppl 1), S15.
- Latorre, P.A., Floody, P.D., Martínez, M., Salas, J., Consuegra, P. J., Aragón, J., et al. (2022). Comprehensive cardiac evaluation to maximal exercise in a contemporary population of prepubertal children. *Pediatric Research*, 92(2), 526–535. <https://doi.org/10.1038/s41390-022-01738-5>
- Leclair, E., De Kerdanet, M., Riddell, M., & Heyman, E. (2013). Type 1 diabetes and physical activity in children and adolescents. *Journal of Diabetes & Metabolism*, 10(004).
- León, H.H., Guardela, M. J.R., & Barrera, A.F.C. (2023). Fisiopatología y mecanismos de acción del ejercicio en el manejo de la diabetes mellitus tipo 2. *Revista Colombiana de Endocrinología, Diabetes & Metabolismo*, 10(2).
- Levelt, E., Pavlides, M., Banerjee, R., Mahmood, M., Kelly, C., Sellwood, J., et al. (2016). Ectopic and visceral fat deposition in lean and obese patients with type 2 diabetes. *Journal of the American College of Cardiology*, 68(1), 53–63. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.03.597>
- Lobelo, F., Rohm, D., Sallis, R., Garber, M. D., Billinger, S. A., Duperly, J., et al. (2018). Routine assessment and promotion of physical activity in healthcare settings: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 137(18), e495–e522.
- Loimaala, A., Groundstroem, K., Rinne, M., Nenonen, A., Huhtala, H., Parkkari, J., et al. (2009). Effect of long-term endurance and strength training on metabolic control and arterial elasticity in patients with type 2 diabetes mellitus. *American Journal of Cardiology*, 103(7), 972–977. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2008.12.026>



- Lontchi, E., Sobngwi, E., Matsha, T.E., & Kengne, A.P. (2013). Diabetes mellitus and inflammation. *Current Diabetes Reports*, 13(3), 435–444. <https://doi.org/10.1007/s11892-013-0375-y>.
- McCulloch, D. (2020). Effects of exercise in adults with diabetes mellitus. UpToDate. <https://www.uptodate.com/contents/effects-of-exercise-in-adults-with-diabetes-mellitus#:text=Exercise%20is%20being%20increasingly%20promoted,increased%20tissue%20sensitivity%20to%20insulin>.
- Merrins, M.J., Corkey, B.E., Kibbey, R.G., & Prentki, M. (2022). Metabolic cycles and signals for insulin secretion. *Cell Metabolism*, 34 (7), 947–968. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2022.06.003>
- Naranjo, E.G.B., Campos, G.F.C., & Fallas, Y.M.G. (2021). Estilo de vida saludable en diabetes mellitus tipo 2: Beneficios en el manejo crónico. *Revista Médica Sinergia*, 6(02), 1–10.
- Organización Mundial de la Salud. (2024). Actividad física. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
- Pedersen, B.K. (2017). Anti-inflammatory effects of exercise: Role in diabetes and cardiovascular disease. *European Journal of Clinical Investigation*, 47(8), 600–611. <https://doi.org/10.1111/eci.12781>
- Posner, B.I. (2017). Insulin signalling: The inside story. *Canadian Journal of Diabetes*, 41(1), 108–113. <https://doi.org/10.1016/j.cjcd.2016.07.002>
- Powell, K.E., King, A.C., Buchner, D.M., Campbell, W.W., Di Pietro, L., Erickson, K.I., et al. (2018). The scientific foundation for the physical activity guidelines for Americans, 2nd edition. *Journal of Physical Activity and Health*, 15(9), 1–11. <https://doi.org/10.1123/jpah.2018-0618>
- Rabadán, M., & Ortiz, E. (2023). Calidad de vida y hábitos saludables en las aulas: Una alternativa para el diagnóstico y monitorización de la diabetes mellitus a través de compuestos volátiles orgánicos.



- Savage, D.B., Watson, L., Carr, K., Adams, C., Brage, S., Chatterjee, K.K., et al. (2019). Accumulation of saturated intramyocellular lipid is associated with insulin resistance. *Journal of Lipid Research*, 60(7), 1323–1332. <https://doi.org/10.1194/jlr.M091942>
- Scheffer, D.D.L., & Latini, A. (2020). Exercise-induced immune system response: Anti-inflammatory status on peripheral and central organs. *Biochimica et Biophysica Acta - Molecular Basis of Disease*, 1866(10), 165823. <https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2020.165823>
- Seo, D.Y., Ko, J.R., Jang, J.E., Kim, T.N., Youm, J.B., Kwak, H.B., et al. (2019). Exercise as a potential therapeutic target for diabetic cardiomyopathy: Insight into the underlying mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(24), 6284. <https://doi.org/10.3390/ijms20246284>
- Smith, R.L., Soeters, M.R., Wüst, R.C., & Houtkooper, R.H. (2018). Metabolic flexibility as an adaptation to energy resources and requirements in health and disease. *Endocrine Reviews*, 39(4), 489–517. <https://doi.org/10.1210/er.2017-00211>
- Tokarz, V.L., MacDonald, P.E., & Klip, A. (2018). The cell biology of systemic insulin function. *Journal of Cell Biology*, 217(7), 2273–2289. <https://doi.org/10.1083/jcb.201802095>
- Wahid, A., Manek, N., Nichols, M., Kelly, P., Foster, C., Webster, P., et al. (2016). Quantifying the association between physical activity and cardiovascular disease and diabetes: A systematic review and metaanalysis. *Journal of the American Heart Association*, 5(9). <https://doi.org/10.1161/JAHA.115.002495>
- Wake, A.D. (2022). Protective effects of physical activity against health risks associated with type 1 diabetes: “Health benefits outweigh the risks”. *World Journal of Diabetes*, 13(3), 161. <https://doi.org/10.4239/wjd.v13.i3.161>
- Wedell, A.S., Lang, L., Christensen, R.H., Legaard, G.E., Dorph, E.,



- Larsen, M. K., et al. (2019). Exercise-induced changes in visceral adipose tissue mass are regulated by IL-6 signaling: A randomized controlled trial. *Cell Metabolism*, 29(4), 844–855.e3. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2018.12.007>
- Weiss, M., Steiner, D.F., Philipson, L.H., Feingold, K., Anawalt, B., Blackman, M., et al. (2000). Insulin biosynthesis, secretion, structure, and structure-activity relationships. En *Endotext*. South Dartmouth, Maryland: MDText.com, Inc. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25905258/>
- Yang, Z., Scott, C.A., Mao, C., Tang, J., & Farmer, A.J. (2014). Resistance exercise versus aerobic exercise for type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 44(4), 487–499. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0128-8>
- Yapanis, M., James, S., Craig, M.E., O’Neal, D., & Ekinci, E.I. (2022). Complications of diabetes and metrics of glycemic management derived from continuous glucose monitoring. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 107(6), e2221–e223 <https://doi.org/10.1210/clinem/dgac156>
- Yaribeygi, H., Farrokhi, F.R., Butler, A.E., & Sahebkar, A. (2019). Insulin resistance: Review of the underlying molecular mechanisms. *Journal of Cellular Physiology*, 234(6), 8152–8161. <https://doi.org/10.1002/jcp.27612>