

**EFFECTO DEL EJERCICIO MATUTINO VERSUS VESPERTINO EN LA
RESPUESTA GLUCÉMICA EN ADULTOS CON DIABETES TIPO 2:
REVISIÓN SISTEMÁTICA Y METAANÁLISIS**

Claudia Milena Gómez-Giraldo, MD, Esp.

**Informe proyecto de investigación para optar al título de
Magister en Actividad Física y Salud**

Tutores

Diana Ramos Caballero, Ft., PhD

Eliana Isabel Rodríguez Grande, Ft., MsC. PhD

Maestría en Actividad Física y Salud

Universidad del Rosario

Bogotá, DC, diciembre de 2025

- Tabla de contenido

1	Resumen y abstracto.....	4
2	Palabras clave:	5
3	Abreviaturas:	5
4	Formulación del problema: planteamiento, justificación, pregunta de investigación:	5
4.1	Planteamiento del problema:.....	6
4.2	Justificación:.....	7
4.3	Pregunta de investigación:.....	8
5	Marco teórico:.....	8
6	Objetivos: general y específicos:.....	10
6.1	Objetivo general:	10
6.2	Objetivos específicos:	10
7	Metodología:.....	11
7.1	Idioma y tipo de estudio:.....	11
7.2	Población:.....	11
7.3	Definición de la intervención:.....	11
7.4	Definición de los comparadores:.....	12
7.5	Criterios de inclusión:	12
7.6	Criterios de exclusión:.....	12
7.7	Desenlaces	13
7.8	Búsqueda de la información:.....	13
7.9	Metodología de extracción de datos:	13
7.10	Evaluación de la calidad:	14
7.11	Registro de la información:	14

7.12	Análisis estadístico:	14
8	Consideraciones éticas:	14
9	Resultados:	15
9.1	Resultados de la búsqueda	15
	Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA.....	16
9.2	Evaluación de la calidad	16
	Figura. 2. Gráfico de riesgo de sesgo de los 24 ensayos controlados aleatorizados incluidos	17
9.3	Características de los estudios incluidos	18
	Tabla. 1. Características de estos estudios incluidos	19
9.4	Resultados de la revisión sistemática y metaanálisis:	24
	Figura 3. Metaanálisis glucemia en ayunas mañana versus tarde ejercicio combinado > 2 semanas.....	29
	Figura 4. Metaanálisis Glucemia en ayunas en la mañana HIIT versus MICT > 2 semanas	32
	Figura 5. Metaanálisis promedio de glucosa en 24 horas de MICT versus grupo control sedentario ≤2 semanas	38
	Figura 6. Metaanálisis promedio de glucosa en 24 horas de MICT versus grupo control sedentario ≤2 semanas	38
	Figura 7. Metaanálisis promedio de glucosa en 24 horas de HIIT versus grupo control sedentario ≤2 semanas	39
	8.4.5. Tiempo en rango (TIR):.....	39
	Figura 8. Metaanálisis porcentaje del tiempo por encima del rango en 24 horas de MICT versus grupo control sedentario ≤2 semanas	43
	Figura 9. Metaanálisis porcentaje del tiempo por debajo del rango en 24 horas de MICT versus grupo control sedentario ≤2 semanas	45
10	Discusión	47
11	Conclusiones	54
12	Recomendaciones para investigaciones futuras	54
13	Referencias	55
14	Anexo 1: estrategia de búsqueda completa	62

1 Resumen y abstracto

Introducción. La diabetes tipo 2 (DM2) es una enfermedad prevalente que se asocia a múltiples complicaciones. El ejercicio es una estrategia de tratamiento para esta patología. A la fecha, existen múltiples estudios que evalúan el efecto del ejercicio sobre el metabolismo de la glucosa; sin embargo, se desconoce el momento del día en el cual el ejercicio sea más eficaz para mejorar estos parámetros metabólicos.

Objetivo. Determinar el efecto del momento del día en que se realiza el ejercicio sobre diversos parámetros del metabolismo de la glucosa ~~en pacientes~~ adultos con DM2.

Metodología. Revisión sistemática de intervención. Se realizó una búsqueda de los estudios en las bases de datos PubMed (MedLine), Scopus, Ovid Multicampo y LILACs desde su inicio hasta abril de 2024 para identificar ensayos clínicos aleatorizados sobre el momento del ejercicio en adultos con DM2. Revisores emparejados realizaron de forma independiente la selección de estudios, la extracción de datos y la evaluación del riesgo de sesgo.

Resultados. Se incluyeron 24 ensayos clínicos aleatorizados con un total de 592 participantes con DM2. Los estudios mostraron que el ejercicio, independientemente del horario, contribuye a la mejoría de parámetros de control glucémico. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el ejercicio matutino y vespertino en HbA1c, glucemia en ayunas, ni en métricas derivadas de monitoreo continuo de glucosa. En conjunto, la evidencia indica que los efectos dependen más del tipo e intensidad del ejercicio que de la franja horaria.

Conclusiones. Los hallazgos sugieren que la prescripción personalizada del ejercicio, adaptada a las preferencias y posibilidades del paciente, podría favorecer la adherencia y potenciar los beneficios metabólicos a largo plazo. Se requieren ensayos clínicos aleatorizados con mayor tamaño muestral, con mayor duración y estandarización de protocolos, para esclarecer de manera más robusta el impacto del momento del ejercicio sobre los diferentes parámetros del control glucémico en la DM2.

2 Palabras clave:

Diabetes Mellitus, Type 2. Exercise. Physical activity. Timing exercise.

3 Abreviaturas:

ADA: Asociación Americana de Diabetes (*American Diabetes Association*); **AER:** ejercicio aeróbico; **MCG:** Monitoreo continuo de glucosa (*Continuous Glucose Monitoring*); **CV:** Coeficiente de variación; **DM2:** Diabetes mellitus tipo 2; **DE:** Desviación estándar; **FID:** Federación Internacional de Diabetes (*International Diabetes Federation*); **HbA1c:** Hemoglobina glicosilada A1c; **HIIT:** Entrenamiento interválico de alta intensidad (*High-Intensity Interval Training*); **IC95%:** Intervalo de confianza del 95%; **IMC:** Índice de masa corporal; **L-HIIT:** HIIT de intervalos largos; **MAGE:** Amplitud media de las excursiones glucémicas (*Mean Amplitude of Glycemic Excursions*); **MICT:** Entrenamiento continuo de intensidad moderada (*Moderate-Intensity Continuous Training*); **OMS/WHO:** Organización Mundial de la Salud (*World Health Organization*); **REHIT:** Entrenamiento interválico de alta intensidad y esfuerzo reducido (*Reduced-Exertion High-Intensity Training*); **RoB-2:** Herramienta Cochrane para riesgo de sesgo, versión 2; **RES:** ejercicio de resistencia; **RPE:** Escala de esfuerzo percibido (*Rating of Perceived Exertion*); **S-HIIT:** HIIT de intervalos cortos; **SMD/DME:** Diferencia de medias estandarizada (*Standardized Mean Difference*); **TIR:** Tiempo en rango (70–180 mg/dL; *Time in Range*); **TBR:** Tiempo por debajo del rango (*Time Below Range*); **TAR:** Tiempo por encima del rango (*Time Above Range*); **VO₂máx:** Consumo máximo de oxígeno.

4 Formulación del problema: planteamiento, justificación, pregunta de investigación:

4.1 Planteamiento del problema:

La diabetes mellitus (DM) es una patología de prevalencia creciente. Según datos de la Federación Internacional de Diabetes (FID) en su edición 2025, esta enfermedad afecta a aproximadamente 589 millones de adultos entre 20 y 79 años, lo que corresponde al 11,1% de la población mundial en este grupo etario; más del 90% de los casos corresponden a DM2 (1). Se proyecta que para el año 2050 esta cifra ascenderá a 853 millones de personas, lo que representa un incremento del 45% en el número de casos, mientras que la población mundial crecería solo un 25% en el mismo periodo (1). En América Latina, 35,4 millones de adultos viven con esta enfermedad (1). En Colombia, la FID reporta una prevalencia ajustada del 8,3% (1), mientras que estimaciones previas indicaban cifras entre el 4% y el 8%, dependiendo del rango de edad evaluado (2).

La DM2 conlleva múltiples complicaciones y fue responsable de aproximadamente 3,4 millones de muertes en adultos de 20 a 79 años en 2024, lo que equivale al 9,3% de todas las muertes en este grupo etario a nivel global (1). Cerca del 40% de estas muertes ocurrieron en personas de 20 a 59 años, es decir, en la población económicamente más activa (1).

La patogenia de la DM2 es multifactorial, con interacción entre factores genéticos y ambientales, siendo estos últimos frecuentemente asociados a un estilo de vida sedentario (3) y a hábitos alimentarios inadecuados. Diversos estudios han demostrado que es posible retrasar la progresión de la enfermedad mediante intervenciones en el estilo de vida, tales como dietas hipocalóricas y ejercicio, o con el uso de fármacos (4).

Entre las estrategias de prevención y tratamiento, la promoción de la actividad física es fundamental. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que los adultos y personas mayores con enfermedades crónicas, incluida la DM2, realicen al menos 150 a 300 minutos semanales de actividad física aeróbica de intensidad moderada, o 75 a 150 minutos de intensidad vigorosa; además, aconseja realizar ejercicios de fortalecimiento muscular dos o más días por semana y actividades que mejoren el equilibrio funcional (5).

El ejercicio físico como herramienta para alcanzar las metas de control glucémico en DM2 ha sido ampliamente evaluado. Los efectos a largo plazo se miden con la hemoglobina glicosilada (HbA1c) y, a corto plazo, con el monitoreo continuo de glucosa (MCG) (6). Revisiones sistemáticas y metaanálisis han demostrado que el entrenamiento aeróbico, de fuerza, combinado y el de intervalos de alta intensidad (HIIT, por sus siglas en inglés) reducen la HbA1c (7,8). En un metaanálisis, la reducción promedio fue de $0,8 \pm 0,3\%$ para los tres primeros tipos de ejercicio mencionados (9). Otro metaanálisis no encontró diferencias significativas en la HbA1c entre HIIT y entrenamiento aeróbico continuo de moderada intensidad; sin embargo, el HIIT se asoció a más eventos adversos, principalmente lesiones musculoesqueléticas (10).

Pocos estudios han evaluado la influencia del momento del día en que se realiza el ejercicio sobre el control glucémico en DM2, y los resultados son contradictorios. Un ensayo clínico encontró que el HIIT vespertino fue más eficaz que el matutino para reducir la glucemia (11). En cambio, otro estudio no halló diferencias al realizar ejercicio aeróbico moderado en tres momentos distintos del día (12). De igual manera, un ensayo clínico que evaluó los efectos crónicos del ejercicio sobre la glucosa mostró que el entrenamiento combinado vespertino generó adaptaciones metabólicas más favorables que el matutino (13); sin embargo, otro estudio no encontró diferencias significativas entre ambos horarios (14).

Por lo tanto, el objetivo de esta revisión sistemática y metaanálisis fue sintetizar y analizar la evidencia disponible respecto al momento del día en que la práctica de ejercicio físico ofrece mayores beneficios para el control glucémico en pacientes con DM2.

4.2 Justificación:

La práctica regular de ejercicio físico ha demostrado ser efectiva para disminuir la glucemia en pacientes con DM2; no obstante, la evidencia científica aún no es concluyente respecto al momento del día en que se obtienen los mayores beneficios (7). Determinar el horario óptimo para la realización de ejercicio se justifica por varias razones.

En primer lugar, permitirá ampliar el conocimiento sobre estrategias que integren tipo, intensidad y momento del día del ejercicio como parte de un estilo de vida saludable y del tratamiento no farmacológico complementario de la DM2. En segundo lugar, contribuirá a optimizar el control glucémico, lo que podría generar un impacto positivo en la reducción de los costos para el sistema de salud, al disminuir las complicaciones y la necesidad de tratamientos farmacológicos(15). Finalmente, un mejor entendimiento de estos aspectos favorecerá la adherencia a la práctica de ejercicio, retrasando la progresión de la enfermedad y la aparición de otros factores de riesgo cardiovascular, con el consecuente incremento en la calidad de vida de esta población (16).

4.3 Pregunta de investigación:

¿cuál es el efecto del momento del día (mañana o tarde) en que se realiza cualquier tipo de ejercicio sobre el metabolismo glucémico en pacientes adultos con DM2?

5 Marco teórico:

La DM es una afección crónica caracterizada por niveles elevados de glucosa en sangre (hiperglucemia), consecuencia de una producción insuficiente de insulina o de un uso inadecuado de la misma (1). La DM2 representa más del 90% de los casos a nivel mundial (1) y se origina por la incapacidad de las células del organismo para responder de forma adecuada a la insulina (resistencia a la insulina), lo que provoca un aumento compensatorio en su producción. Con el tiempo, esta resistencia puede acompañarse de una secreción insuficiente de insulina debido a la disfunción progresiva de las células β pancreáticas. La hiperglucemia crónica no tratada incrementa el riesgo de complicaciones micro y macrovasculares (1).

El control glucémico óptimo es uno de los principales objetivos en el manejo de la DM2 para prevenir complicaciones y se evalúa mediante parámetros como la HbA1c, el tiempo en rango (TIR, por sus siglas en inglés) determinado por MCG y la glucosa capilar (6). Las estrategias para alcanzar este control incluyen tanto la terapia no

farmacológica, basada en actividad física y alimentación saludable, como la terapia farmacológica, que dispone de múltiples medicamentos con diversos mecanismos de acción (5).

La actividad física se define como cualquier movimiento corporal que aumente el gasto energético por encima del nivel de reposo. Cuando es planificada, estructurada, repetitiva y orientada a mantener o mejorar la condición física, se denomina ejercicio (17). El tipo de ejercicio hace referencia al entrenamiento específico, que puede clasificarse dentro de un continuo fuerza-resistencia. Por un lado, se encuentran los ejercicios de fuerza de alta resistencia, enfocados en aumentar la fuerza máxima; Por el otro, el entrenamiento de resistencia aeróbico, orientado a mejorar la capacidad cardiorrespiratoria, como correr, nadar, bailar o practicar ciclismo. Entre estos, existen modalidades intermedias, como el entrenamiento de fuerza con cargas bajas y alto número de repeticiones, o el HIIT, definido como períodos de ejercicio de alta intensidad ($\geq 80\%$ de la frecuencia cardíaca máxima) intercalados con períodos de recuperación activa o pasiva (18). La intensidad del entrenamiento describe el nivel de esfuerzo o estrés fisiológico durante el ejercicio. El método más preciso para cuantificarla es la medición del consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$). No obstante, dado que esta evaluación no siempre es factible, en la práctica se utilizan otros indicadores como la frecuencia cardíaca, la escala de esfuerzo percibido (RPE, por sus siglas en inglés), los equivalentes metabólicos y las velocidades o potencias específicas (18).

Los efectos del ejercicio sobre el control glucémico en DM2 han sido evaluados en múltiples ensayos clínicos, y sintetizados en revisiones sistemáticas y metaanálisis. En estudios de 12 semanas o más de duración, el principal desenlace evaluado ha sido la HbA1c, con evidencia consistente de su reducción significativa tras programas de ejercicio aeróbico, de fuerza, combinados o de tipo HIIT (8–10,19,20). En contraste, son menos los estudios que han empleado el MCG en pacientes con DM2, y la mayoría son de corta duración (≤ 2 semanas). Un metaanálisis que agrupó este tipo de estudios evidenció que tanto el ejercicio agudo como el crónico pueden mejorar el perfil glucémico de 24 horas en adultos con DM2 (21). En particular, el HIIT parece ofrecer mayores beneficios cuando se realiza en la tarde (11).

6 Objetivos: general y específicos:

6.1 Objetivo general:

Determinar el efecto del momento del día en que se realiza el ejercicio sobre diversos parámetros del metabolismo de la glucosa, incluyendo: HbA1c, glucosa plasmática en ayunas, promedio de glucosa en 24 horas, porcentaje de mediciones dentro del rango objetivo (70–180 mg/dL), porcentaje de mediciones en hiperglucemia (>180 mg/dL), porcentaje de mediciones en hipoglucemia (<70 mg/dL y <54 mg/dL), resistencia a la insulina (índice HOMA-IR) y variabilidad glucémica (determinada por coeficiente de variación, MAGE y otros índices) en pacientes adultos con DM2.

6.2 Objetivos específicos:

- Comparar el efecto del ejercicio realizado en la mañana versus la tarde sobre la HbA1c en adultos con DM2.
- Evaluar el efecto del momento del día del ejercicio sobre la glucemia plasmática en ayunas.
- Analizar si el horario del ejercicio influye en el promedio de glucosa en 24 horas, medido mediante MCG.
- Determinar el impacto del ejercicio matutino y vespertino en el tiempo en rango (TIR), el tiempo por encima del rango (TAR) y el tiempo por debajo del rango (TBR).
- Comparar la variabilidad glucémica (coeficiente de variación, MAGE y otros índices) según el momento del día en que se realiza el ejercicio.
- Explorar si la modalidad e intensidad del ejercicio (MICT, HIIT, REHIT, combinado, fuerza) modifican la relación entre el horario del ejercicio y los desenlaces glucémicos.
- Identificar posibles diferencias según características de los participantes (cronotipo, sexo, edad, estado metabólico) en la respuesta glucémica al ejercicio realizado en distintos horarios.
- Describir los eventos adversos reportados en los estudios incluidos según el momento del día del ejercicio.

7 Metodología:

Registro del protocolo: esta revisión sistemática cuenta con un protocolo registrado prospectivamente en PROSPERO (ID: CRD42024531738), el cual definió a priori la pregunta de investigación, los criterios de elegibilidad, los desenlaces y los métodos de análisis.

7.1 Idioma y tipo de estudio:

Se incluyeron únicamente estudios publicados en inglés y español, correspondientes a artículos originales de ensayos clínicos aleatorizados o estudios cruzados publicados en revistas científicas con revisión por pares. Se excluyeron estudios en otros idiomas, resúmenes de congreso, tesis no publicadas, literatura no revisada por pares y publicaciones secundarias.

7.2 Población:

Sujetos ≥ 18 años con DM2 participantes en estudios clínicos que evalúen el efecto sobre el metabolismo de la glucosa de cualquier tipo de ejercicio.

7.3 Definición de la intervención:

Estudios con intervenciones donde realizaron todo tipo de ejercicio, definido como una actividad física planificada, estructurada, repetitiva y que se realiza para mantener o aumentar la salud física. El tipo se refiere al entrenamiento específico. Una categoría para clasificarlo es utilizando el continuo de fuerza-resistencia. En un extremo, se encuentran los ejercicios de fuerza de alta resistencia, generalmente dirigidos a aumentar la fuerza máxima. En el otro, se encuentra el entrenamiento de resistencia aeróbico, generalmente destinado a aumentar la aptitud cardiorrespiratoria. Entre estos extremos, hay varios tipos intermedios, como el entrenamiento de fuerza con cargas bajas y un número elevado de repeticiones, o HIIT.

7.4 Definición de los comparadores:

Estudios donde compararon el efecto sobre el metabolismo de la glucosa en el ejercicio realizado en la mañana versus en la tarde, ejercicio realizado en la mañana o en la tarde con la no realización de ejercicio o recomendaciones de ejercicio (ejercicio no estructurado) y el mismo sujeto antes y después de realizar ejercicio.

7.5 Criterios de inclusión:

- Ensayos clínicos aleatorizados o estudios cruzados realizados en adultos con diagnóstico de DM2.
- Intervenciones que compararan ejercicio realizado en diferentes momentos del día o que especificaran claramente la hora de realización del ejercicio (p. ej., mañana, tarde).
- Medición de al menos un desenlace relacionado con la eficacia metabólica de la glucosa, incluyendo glucemia en ayunas, parámetros de MCG o HbA1c.
- Disponibilidad del texto completo del estudio.
- Artículos originales publicados en inglés o español, en revistas científicas con revisión por pares.

7.6 Criterios de exclusión:

- Estudios que incluyeran personas con otros tipos de diabetes o que combinaran población con y sin DM2 sin reportar los resultados de forma separada para los participantes con DM2.
- Intervenciones que incluyeran componentes adicionales al ejercicio (p. ej., medicamentos, dietas, restricciones calóricas) sin posibilidad de aislar el efecto del ejercicio.
- Estudios que promovieran mayor actividad física sin una prescripción estructurada de ejercicio ni control del momento del día en que se realizaba.
- Estudios observacionales, revisiones narrativas o sistemáticas, meta-análisis previos, editoriales, cartas al editor o comentarios.
- Intervenciones sin ejercicio físico o que no especificaran la hora del día en que se realizó el ejercicio.

- Estudios que no reportaran datos suficientes para extraer los desenlaces de interés.
- Resúmenes de congreso, tesis no publicadas, literatura gris y documentos no sometidos a revisión por pares.

7.7 Desenlaces

Desenlace primario:

Promedio de glucosa en 24 horas, medido mediante MCG, o equivalente según disponibilidad del estudio.

Desenlaces secundarios:

- HbA1c.
- Glucemia plasmática en ayunas.
- Métricas derivadas de MCG, incluyendo: TIR, TAR, TBR, Variabilidad glucémica .
- Insulina en ayunas o marcadores de resistencia a la insulina cuando estuvieran disponibles.

7.8 Búsqueda de la información:

Se realizó una búsqueda de los estudios en las bases de datos PubMed (MedLine), Scopus, Ovid Multicampo y LILACs. Además, se hizo búsquedas de literatura gris en Google académica y en las referencias bibliográficas de los estudios incluidos.

7.9 Metodología de extracción de datos:

La extracción de datos se realizó siguiendo las recomendaciones metodológicas para revisiones sistemáticas y metaanálisis, así como la guía PRISMA (22). El proceso de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de los estudios se presenta en la Figura 1 (diagrama PRISMA), donde se detallan las etapas del flujo de selección y los motivos de exclusión.

7.10 Evaluación de la calidad:

La evaluación de calidad de los ensayos clínicos aleatorizados incluidos se realizó por 2 investigadores de forma paralela e independiente, mediante la herramienta de la Colaboración Cochrane para riesgo de sesgo en su versión 2 (RoB 2). Esta clasifica los estudios en tres niveles: bajo riesgo, algunas preocupaciones o alto riesgo de sesgo, considerando los distintos dominios establecidos en RoB 2 (23).

7.11 Registro de la información:

Recolección de variables relacionadas con los componentes de la pregunta PICO planteada en esta revisión.

7.12 Análisis estadístico:

Los resultados se sintetizaron tras la presentación de los estudios primarios incluidos. En los casos en que se identificó heterogeneidad, y no existió contraindicación para el análisis conjunto, se realizó un metaanálisis mediante un modelo de efectos aleatorios. Este integró los estudios que evaluaron un mismo momento del día para la realización de un ejercicio, comparado con el mismo ejercicio en otro momento del día, o que contrastaron diferentes tipos de ejercicios o actividades (por ejemplo, MICT, HIIT o reposo) en el mismo momento del día. Los resultados se presentaron en diagramas de bosque mediante diferencias de medias estandarizadas (DME; Hedges' g), calculadas con el software Meta-Mar (24). La magnitud del efecto se interpretó según los umbrales convencionales: pequeño ($g = 0.2$), moderado ($g = 0.5$) y grande ($g = 0.8$). Se consideró un efecto positivo ($g > 0$) cuando la media del grupo de intervención superó la del control, y negativo ($g < 0$) cuando fue inferior.

8 Consideraciones éticas:

El presente trabajo corresponde a una revisión sistemática y metaanálisis de ensayos clínicos previamente publicados. Por tanto, no implicó la realización de intervenciones directas en seres humanos ni la recolección primaria de información

personal. En este sentido, se clasifica como una investigación sin riesgo, de acuerdo con lo establecido en el artículo 11 de la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia (25).

No obstante, se respetaron los principios éticos para la investigación biomédica establecidos en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (24) y las normas de buena práctica en investigación científica (27). En todo momento se garantizó la fidelidad a las fuentes y la protección de los derechos de autor, realizando las citas y referencias de manera adecuada.

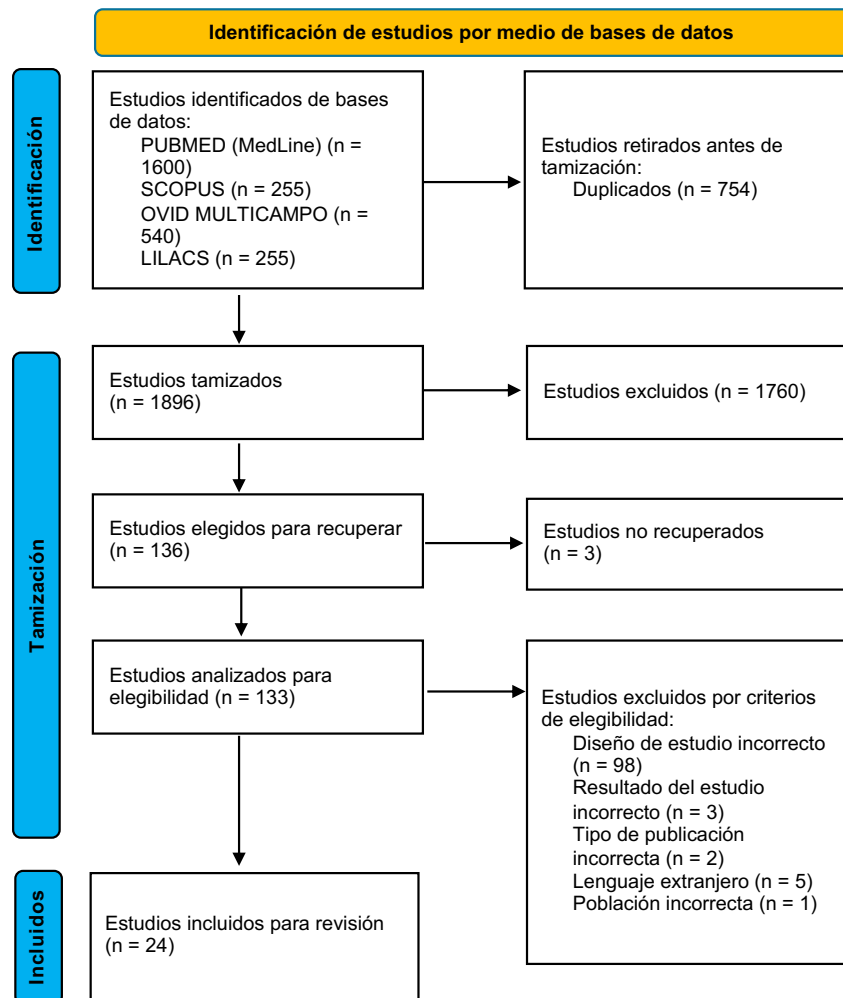
El proyecto fue desarrollado en concordancia con los lineamientos éticos y de integridad académica de la Universidad del Rosario, asegurando transparencia, objetividad y rigor metodológico en todas las etapas del proceso investigativo.

9 Resultados:

9.1 Resultados de la búsqueda

La estrategia de búsqueda completa se describe en el anexo 1. La búsqueda en las bases de datos identificó 2650 estudios. Tras la eliminación de 754 duplicados, se evaluaron 1896 mediante la revisión de títulos y resúmenes, de los cuales se excluyeron 1760 por no cumplir los criterios de inclusión. De los 136 textos elegibles para recuperar; tres no pudieron ser obtenidos. Entre los 133 estudios completos evaluados, 98 fueron excluidos por el tipo de publicación, 3 por presentar resultados no pertinentes, 5 por estar redactados en un idioma no contemplado y 1 por no cumplir con los criterios de población. Finalmente, 24 estudios cumplieron con los criterios de inclusión y fueron incorporados en la síntesis cualitativa (Fig. 1).

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA

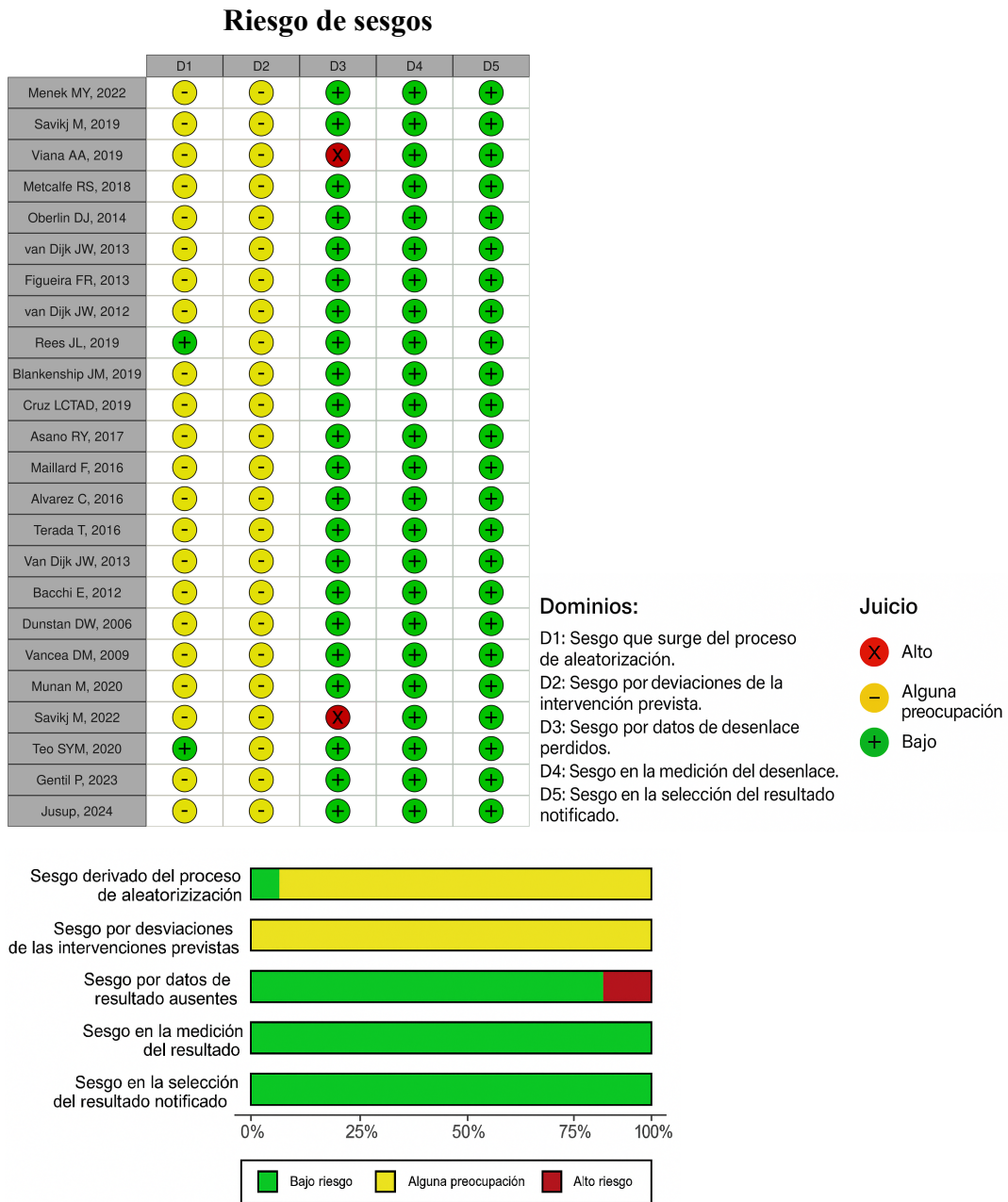


9.2 Evaluación de la calidad

De los 24 ensayos clínicos controlados incluidos, 22 presentaron riesgo de sesgo moderado (11,12,14,28–46). Esta clasificación no se debió a problemas en la generación de la secuencia de aleatorización, sino a que en las intervenciones basadas en ejercicio físico no es factible enmascarar a los participantes o al personal, lo cual eleva este dominio del RoB2. No obstante, la aleatorización y su ocultamiento fueron evaluados por separado y, cuando fueron adecuadamente descritos, no contribuyeron

a aumentar el riesgo global. Los 2 ensayos restantes (47,48) mostraron alto riesgo de sesgo debido a la pérdida de datos en los desenlaces (Fig. 2).

Figura. 2. Gráfico de riesgo de sesgo de los 24 ensayos controlados aleatorizados incluidos



Los metaanálisis se realizaron exclusivamente con estudios clasificados como ‘bajo riesgo’ o ‘alguna preocupación’ según RoB-2. Los dos ensayos con alto riesgo de sesgo (Viana 2019 y Savikj 2022) se excluyeron a priori de los análisis cuantitativos debido a la pérdida de datos en los desenlaces principales y se incorporaron únicamente en la síntesis narrativa.

9.3 Características de los estudios incluidos

Se seleccionaron 24 estudios publicados entre 2006 y 2024, que en conjunto incluyeron 592 participantes con diagnóstico de DM2. De estos, nueve correspondieron a ensayos clínicos aleatorizados (14,28,38,39,42–46) y quince a estudios con diseño cruzado (11,12,29–37,40,41,47,48). Las principales características metodológicas y de la población estudiada —incluyendo número de participantes, sexo, edad, índice de masa corporal, tipo de comparador, modalidad e intensidad del ejercicio, horario de realización, frecuencia, así como duración de las sesiones y del período de intervención— se presentan de manera resumida en la Tabla 1.

El tamaño muestral varió entre 8 participantes (48) y 60 (41). Las edades promedio oscilaron entre 43 ± 2.4 años (39) y 70.1 ± 2.4 años (38), mientras que el IMC varió entre normo peso (46) y obesidad grado 2 (30). Algunos estudios incluyeron únicamente hombres (11,29,31,33,41,48) o mujeres (36,39,46), aunque la mayoría evaluó poblaciones mixtas (12,28,30,32,34,35,37,40,42,43,45,47). Sin embargo, en 2 estudios no hubo especificación del sexo de los participantes (14,44). Las intervenciones fueron principalmente aeróbicas (11,12,29–35,37–42,44,45,47,48) además de programas combinados de aeróbico y fuerza (14,28,32,35), entrenamientos de fuerza aislados (36,42,43) y, en menor medida, modalidades como gimnasia diabética Persadia (46). La intensidad abarcó protocolos de baja (31,35,36), moderada (12,14,28–34,37,38,40–42,44–47) y alta intensidad (36,37,42,43), incluyendo HIIT (11,29,38–40,45,47,48).

Respecto al momento de ejecución, seis estudios compararon directamente el ejercicio matutino frente al vespertino (11,12,14,28,46,48), catorce lo realizaron exclusivamente en la mañana (29–33,35–37,39–41,43–45) y cuatro únicamente en la

tarde (34,38,42,47). En conjunto, predominan las intervenciones matutinas, aunque varios estudios aportaron comparaciones directas entre ambos horarios.

Tabla. 1. Características de estos estudios incluidos

Características de los estudios incluidos												
Autor, año	Tipo de estudio	n	Sexo (F/M)	Edad (años, DE)	IMC (kg/m ² , DE)	Tipo de ejercicio	Intensidad del ejercicio	Grupos comparadores	Horario del ejercicio	Frecuencia del ejercicio	Duración de la intervención de ejercicio	Duración de la sesión de ejercicio (en minutos)
Menek MY, 2022 (28)	ECA	30	8/7	52.5 ± 10.3	29.9 ± 3.1	Combinado (aeróbicos y fuerza)	Moderada	Cronotro pismo matutino (n= 15)	Mañana	3 veces por semana x 6 semanas	> 2 semanas	60
			11/4	45.9 ± 9.4	32.6 ± 3.5	Combinado (aeróbicos y fuerza)	Moderada	Cronotro pismo vespertino (n=15)	Tarde	3 veces por semana x 6 semanas	> 2 semanas	60
Savikj M, 2019 (11)	ECA CRUZ ADO	11	0/11	60 ± 2	27.5 ± 0.6	Cardiovascular (cicloergómetro)	HIIT	HITT mañana	Mañana	3 veces por semana x 2 semanas	≤2 semanas	20
						Cardiovascular (cicloergómetro)	Moderada	HIIT tarde	Tarde	3 veces por semana x 2 semanas	≤2 semanas	20
Viana AA, 2019 (47)	ECA CRUZ ADO	11	9/2	52.3 ± 3	28.4 ± 1.5	Cardiovascular (caminadora)	HIIT	HIIT RPE	Tarde	Una sola sesión	≤2 semanas	25
						Cardiovascular (caminadora)	HIIT	HIIT HR	Tarde	Una sola sesión	≤2 semanas	25
						Cardiovascular (caminadora)	Moderada	MICT	Tarde	Una sola sesión	≤2 semanas	30
						NA	NA	Control	NA	NA	≤2 semanas	NA
Metcalfe RS, 2018 (29)	ECA CRUZ ADO	11	0/11	52 ± 6	29.7 ± 3.1	Cardiovascular (cicloergómetro)	HIIT	REHIT	Mañana	Una sola sesión	≤2 semanas	10
						Cardiovascular (cicloergómetro)	Moderada	MICT	Mañana	Una sola sesión	≤2 semanas	30
						Cardiovascular (cicloergómetro)	HIIT	HIIT	Mañana	Una sola sesión	≤2 semanas	25
						NA	NA	Control	NA	NA	≤2 semanas	NA
Oberlin DJ,	ECA CRUZ ADO	9	5/4	60.3 ± 1	36.0 ± 1.1	Cardiovascular (caminador)	Moderada	Ejercicio	Mañana	Una sola sesión	≤2 semanas	60

2014 (30)						a y bicicleta estática)						
						NA	NA	Sedentari o	NA	NA	≤2 semanas	NA
van Dijk JW, 2013 (31)	ECA CRUZ ADO	20	0/20	64 ± 1	29.5 ± 0.9	Cardiovasc ular (cicloergóm etro)	Moderad a	MICT	Mañana	Una sola sesión	≤2 semanas	45
						Cardiovasc ular (caminata ligera)	Leve	Activo	Mañana, tarde y noche	Una sola sesión	≤2 semanas	45
						NA	NA	Sedentari o	NA	NA	≤2 semanas	NA
Figueir a FR, 2013 (32)	ECA CRUZ ADO	14	9/5	56 ± 2	30.0 ± 1.0	Cardiovasc ular (cicloergóm etro)	Moderad a	Cardiova scular	Mañana	Una sola sesión	≤2 semanas	50
						Combinado (cicloergóm etro y fuerza)	Moderad a	Combina do	Mañana	Una sola sesión	≤2 semanas	50
van Dijk JW, 2012 (33)	ECA CRUZ ADO	30	0/30	60 ± 1	30.4 ± 0.7	Cardiovasc ular (cicloergóm etro)	Moderad a	Ejercicio en días alternos	Mañana	Una sesión	≤2 semanas	60
						Cardiovasc ular (cicloergóm etro)	Moderad a	Ejercicio diario	Mañana	Una sesión dos días seguidos	≤2 semanas	30
						NA	NA	Control	NA	NA	≤2 semanas	NA
Rees JL, 2019 (34)	ECA CRUZ ADO	63	34/2 9	64 ± 8	30.5 ± 6.5	Cardiovasc ular (caminador a)	Moderad a	Ejercicio	Tarde	Una sola sesión	≤2 semanas	50
						NA	NA	No ejercicio	NA	NA	≤2 semanas	NA
Blanke nship JM, 2019 (35)	ECA CRUZ ADO	30	16/1 4	64 ± 8.2	31.7 ± 5.4	Cardiovasc ular (caminata en ambiente libre)	Leve	Caminata continua	Mañana	3 días con una sesión	≤2 semanas	20-60
						Cardiovasc ular (pausas activas)	Leve	Interrupci ones de tiempo sedentari o	NA	4 días con 3 sesiones	≤2 semanas	20-60
						NA	NA	Control	NA	NA	≤2 semanas	NA
Cruz LCTA, 2019 (36)	ECA CRUZ ADO	12	12/0	55.2 ± 4	29.0 ± 5.4	NA	NA	CONTR OL 40%1RM	Mañana	Una sesión	≤2 semanas	40
						Fuerza	Leve	RE40%1 RM	Mañana	Una sesión	≤2 semanas	40
						NA	NA	CONTR OL 80%1RM	Mañana	Una sesión	≤2 semanas	40
						Fuerza	Alta	RE80%1 RM	Mañana	Una sesión	≤2 semanas	40
Asano RY, 2017 (37)	ECA CRUZ ADO	11	6/5	62.1 ± 9	28.8 ± 4.6	Cardiovasc ular (cicloergóm etro)	Alta	Ejercicio al 120% del umbral de lactato (120%LT	Mañana	Una sesión de ejercicio	≤2 semanas	20

) por 20 minutos				
						Cardiovascular (cicloergómetro)	Moderada	Ejercicio al 80% del umbral de lactato (80%LT) por 20 minutos.	Mañana	Una sesión de ejercicio	≤2 semanas	20
						NA	NA	Sesión de control	NA	NA	≤2 semanas	20
Maillard F, 2016 (38)	ECA	17	8/0	68.2 ± 1.9	32.6 ± 1.7	Cardiovascular (cicloergómetro)	HIIT	HIIT	Tarde	2 sesiones por semana	> 2 semanas	20
			9/0	70.1 ± 2.4	29.7 ± 1.2	Cardiovascular (cicloergómetro)	Moderada	MICT	Tarde	2 sesiones por semana	> 2 semanas	40
Alvarez C, 2016 (39)	ECA	23	13/0	46 ± 3	30.6 ± 1.1	Cardiovascular (en superficie plana)	HIIT	HIIT	Mañana	3 sesiones por semana	> 2 semanas	22-33.5
			10/0	43 ± 2.4	29.9 ± 1.1	NA	NA	Control	NA	NA	> 2 semanas	NA
Terada T, 2016 (40)	ECA CRUZ ADO	10	2/8	60 ± 6	30.8 ± 5.4	Cardiovascular (caminador a)	HIIT	HIIT en estado de ayuno	Mañana	Una sesión de ejercicio	≤2 semanas	60
						Cardiovascular (caminador a)	HIIT	HIIE después del desayuno	Mañana	una sesión de ejercicio	≤2 semanas	60
						Cardiovascular (caminador a)	Moderada	MICT en estado de ayuno	Mañana	una sesión de ejercicio	≤2 semanas	60
						Cardiovascular (caminador a)	Moderada	MICT después del desayuno	Mañana	una sesión de ejercicio	≤2 semanas	60
						NA	No aplica	Control	NA	NA	≤2 semanas	60
Van Dijk JW, 2013 (41)	ECA CRUZ ADO	60	0/60	60 ± 6	30.1 ± 3.2	Cardiovascular (cicloergómetro)	Moderada	MICT	Mañana	una sesión de ejercicio	≤2 semanas	45-60
						NA	NA	Control	NA	NA	≤2 semanas	NA
Bacchi E, 2012 (42)	ECA	25	4/9	57 ± 2.1	29.5 ± 1.2	Cardiovascular (caminador a)	Moderada	Entrenamiento aeróbico	Tarde	una sesión de ejercicio	≤2 semanas	60
			5/7	56.1 ± 2.4	31.6 ± 1.2	Fuerza	Alta	Entrenamiento de fuerza, 80% de 1RM	Tarde	una sesión de ejercicio	≤2 semanas	60
Dunstan DW, 2006 (43)	ECA	57	14/14	60.5 ± 8.2	32.8 ± 4.8	Fuerza	Alta	Entrenamiento en un centro comunitario	Mañana	2 sesiones por semana	> 2 semanas	55
			13/16	62.4 ± 8.3	32.4 ± 4.4	Fuerza	Alta	Entrenamiento en el hogar	NA	2 sesiones por semana	> 2 semanas	55

Vancea DM, 2009 (44)	ECA	40	sin dato	55.8 ± 6.6	27.6 ± 5.8	NA	NA	Control (n=17)	NA	NA	> 2 semanas	NA
			sin dato	57.4 ± 5.3	29.5 ± 2.9	Cardiovascular (caminadora)	Moderada	Grupo 3x = G3, tres sesiones de entrenamiento por semana (n=14)	Mañana	3 sesiones por semana	> 2 semanas	45
			sin dato	58.8 ± 6.1	29.7 ± 4.4	Cardiovascular (caminadora)	Moderada	grupo 5x = G5 cinco sesiones de entrenamiento durante 20 semanas (n=9)	Mañana	5 sesiones por semana	> 2 semanas	45
Munan M, 2020 (12)	ECA CRUZ ADO	14	6/8	65 ± 9	27.2 ± 3.5	Cardiovascular (caminadora)	Moderada	Ejercicio matutino (en ayunas)	Mañana	Una sesión de ejercicio	≤ 2 semanas	50
						Cardiovascular (caminadora)	Moderada	Ejercicio vespertino o antes de la cena	Tarde	Una sesión de ejercicio	≤ 2 semanas	50
						Cardiovascular (caminadora)	Moderada	Ejercicio vespertino o después de la cena	Tarde	Una sesión de ejercicio	≤ 2 semanas	50
						NA	No aplica	Control	NA	NA	≤ 2 semanas	50
Savikj M, 2022 (48)	ECA CRUZ ADO	8	0/8	62 ± 8	27.4 ± 1.9	Cardiovascular (cicloergómetro)	HIIT	HIIT (tres sesiones/semana) por la mañana (08:00, n → 5)	Mañana	3 sesiones por semana	≤ 2 semanas	21
						Cardiovascular (cicloergómetro)	HIIT	HIIT (tres sesiones/semana) por la tarde (16:45, n → 3)	Tarde	3 sesiones por semana	≤ 2 semanas	21
Teo SYM, 2020 (14)	ECA	20	sin dato	57 ± 5	31.2 ± 3.8	Combinado (caminadora y fuerza)	Moderada	Entrenamiento físico matutino (n=10)	Mañana	3 sesiones por semana	> 2 semanas	60
			sin dato	51 ± 13	30.9 ± 4.2	Combinado (caminadora y fuerza)	Moderada	Entrenamiento físico vespertino (n=19)	Tarde	3 sesiones por semana	> 2 semanas	60
Gentil P, 2023 (45)	ECA	44	5/9	54.6 ± 8.9	29.4 ± 4.9	Cardiovascular (caminadora)	Moderada	MICT	Mañana	2 sesiones por semana	> 2 semanas	18

			9/6	55.7 ± 7.4	28.9 ± 3.6	Cardiovascular (caminadora)	HIIT	HIIT de intervalos cortos (S-HIIT)	Mañana	2 sesiones por semana	> 2 semanas	23.5
			9/6	57.3 ± 8.9	28.5 ± 4.9	Cardiovascular (caminadora)	HIIT	HIIT de intervalos largos (L-HIIT)	Mañana	2 sesiones por semana	> 2 semanas	22
Jusup, 2024 (46)	ECA	11	11/0	61 ± 3.5	23.9 ± 0.58	Combinado (gimnasia diabética tipo Persadia)	Moderada	Grupo de ejercicio en la mañana	Mañana	3 sesiones por semana	> 2 semanas	50
			11/0	60.6 ± 3.6	24.3 ± 0.55	Combinado (gimnasia diabética tipo Persadia)	Moderada	Grupo de ejercicio en la tarde	Tarde	3 sesiones por semana	> 2 semanas	50

n: tamaño de la muestra; F/M: Femenino/Masculino; DE: desviación estándar; ECA: ensayo clínico aleatorizado; NA: no aplica para ese brazo del estudio; sin dato: dato no reportado por los autores; HIIT: ejercicio interválico de alta intensidad; RPE: esfuerzo percibido; HR: frecuencia cardíaca; REHIT: entrenamiento en intervalos de alta intensidad y esfuerzo reducido; MICT: entrenamiento continuo de moderada intensidad; 1RM: una repetición máxima; CONT40%: reposo sin ejercicio; RE40%: ejercicio resistencia 40% 1RM; CONT80%: reposo sin ejercicio; RE80%: ejercicio resistencia 80% 1RM

Nota:

La columna "Frecuencia del ejercicio" incluye la duración exacta de cada intervención tal como fue reportada en los estudios primarios (por ejemplo: 3 veces/semana × 6 semanas, una sola sesión, 4 días).

La columna "Duración de la intervención" presenta únicamente la clasificación analítica empleada en el metaanálisis (≤2 semanas / >2 semanas).

9.4 Resultados de la revisión sistemática y metaanálisis:

Los resultados se presentarán según cada desenlace analizado. En primer lugar, se describirán los estudios que compararon el ejercicio realizado en la mañana frente al efectuado en la tarde; posteriormente, aquellos en los que la intervención se llevó a cabo exclusivamente en la mañana; y, finalmente, los que evaluaron el ejercicio realizado únicamente en la tarde.

Para el análisis cuantitativo se clasificaron las intervenciones en dos categorías (≤ 2 semanas y > 2 semanas). Las intervenciones ≤ 2 semanas representan el periodo en el cual los cambios glucémicos derivan principalmente de los efectos agudos y subagudos del ejercicio, caracterizados por un aumento transitorio de la sensibilidad a la insulina que dura entre 24–72 horas y que puede dominar la respuesta glucémica inicial (21). Por el contrario, las intervenciones > 2 semanas permiten evaluar adaptaciones crónicas del entrenamiento —como cambios mitocondriales, incremento en la capacidad oxidativa o modificaciones sostenidas en el metabolismo de la glucosa— que no dependen exclusivamente de la última sesión realizada (21).

9.4.1. Hemoglobina glicosilada:

Ejercicio en la mañana versus ejercicio en la tarde:

De los seis estudios que compararon el ejercicio realizado en la mañana frente al efectuado en la tarde, dos evaluaron la HbA1c con un período de seguimiento superior a tres meses (14,28) y uno con un seguimiento menor a 12 semanas (48). En los dos primeros que son los estudios de Menek MY. (28) y Teo SYM. (14) que se detallan a continuación, se observó una reducción de HbA1c tras la intervención, sin que el horario del ejercicio determinara diferencias significativas.

De manera específica, el ensayo clínico cruzado de Menek MY. (28), que implementó un programa de ejercicio combinado de intensidad moderada, con tres sesiones semanales de 60 minutos durante seis semanas y ajustado al cronotipo de los participantes, mostró que el grupo matutino (15 participantes: 8 mujeres y 7 hombres) redujo la HbA1c de 9,11% a 7,44% ($p < 0.05$), mientras que el grupo vespertino (15

participantes: 11 mujeres y 4 hombres) pasó de 8,9% a 7,74% ($p < 0.05$). Aunque la reducción absoluta fue ligeramente mayor en el grupo matutino (1,67% vs. 1,16%), las diferencias entre grupos no alcanzaron significación estadística ($p > 0.05$).

De manera similar, Teo SYM. (14) en un ensayo clínico no cruzado que incluyó a 20 pacientes con DM2 de ambos sexos (no diferenciados en el análisis), evaluó un programa multimodal de entrenamiento combinado de intensidad moderada, con tres sesiones semanales de 60 minutos durante doce semanas. Los participantes fueron asignados a realizar ejercicio en la mañana ($n = 10$) o en la tarde ($n = 10$). Tras la intervención, se evidenció disminución de la HbA1c de 7,91% a 7,34% en el grupo matutino ($n=10$) y de 8,04% a 7,64% en el vespertino ($n=10$), ambas estadísticamente significativas ($p < 0.01$), pero sin diferencias relevantes entre horarios (0,57% vs. 0,40%).

Por su parte, el estudio cruzado de Savikj M. (48), con un seguimiento inferior a 12 semanas, incluyó ocho hombres con DM2 que realizaron HIIT en sesiones de 21 minutos, tres veces por semana durante dos semanas en cada grupo. Tanto el grupo matutino ($n=5$) como el vespertino ($n=3$) presentaron una reducción mínima e idéntica de la HbA1c, pasando de 6,4% a 6,3%. Estos hallazgos reflejan estabilidad en los valores de HbA1c, sin diferencias significativas atribuibles al momento del día en que se llevó a cabo el ejercicio.

Ejercicio exclusivamente en la mañana:

De los catorce estudios en los que el ejercicio se realizó exclusivamente en la mañana (29–33,35–37,39–41,43–45), cuatro con una duración mayor a dos semanas evaluaron la HbA1c como desenlace principal.

El ensayo de Alvarez C. (39), un estudio controlado aleatorizado de 16 semanas en 23 mujeres con DM2, incluyó 13 en el grupo de HIIT, con tres sesiones semanales, y 10 en el grupo control sin ejercicio. En el grupo de intervención, la HbA1c disminuyó

de 7,5% a 6,6% ($p < 0.001$), mientras que en el grupo control se observó un leve aumento de 7,3% a 7,4%, lo que respalda la eficacia del HIIT.

Por su parte, Dunstan DW. (43) evaluó un programa combinado con dos sesiones semanales en 57 participantes distribuidos en dos modalidades: un grupo comunitario (14 mujeres y 14 hombres), que redujo la HbA1c de 7,8% a 7,4% ($p < 0.05$), y un grupo domiciliario (13 mujeres y 16 hombres), que mostró una disminución no significativa de 7,5% a 7,4% tras 14 meses.

El estudio de Vancea DM. (44) que duró 20 semanas, prospectivo y aleatorizado, incluyó 40 participantes distribuidos en un grupo control ($n=17$), un grupo con tres sesiones semanales de ejercicio (G3; $n=14$) y otro con cinco sesiones (G5; $n=9$). No se especificó la distribución por sexo dentro de cada grupo, solo se mencionó la inclusión de ambos géneros. La intervención consistió en un programa estructurado en caminadora, con frecuencia de dos a tres o cinco veces por semana, según el grupo. El grupo control fue animado a mantener ejercicio espontáneo. Se observaron reducciones de HbA1c en todos los grupos: en el control, de $9,0 \pm 3,1\%$ a $8,7 \pm 2,6\%$; en G3, de $8,2 \pm 1,9\%$ a $7,4 \pm 1,2\%$; y en G5, de $7,7 \pm 1,8\%$ a $7,4 \pm 0,7\%$. No obstante, los autores concluyeron que las diferencias no fueron estadísticamente significativas en los tres grupos, ni entre los grupos.

Finalmente, Gentil P. (45) realizó un ensayo clínico aleatorizado donde analizó tres protocolos aeróbicos de bajo volumen en 44 participantes durante ocho semanas, con dos sesiones semanales. El grupo MICT (5 mujeres y 9 hombres) redujo la HbA1c de $8,5 \pm 2,4\%$ a $7,9 \pm 1,2\%$ ($p=0.2$); el grupo S-HIIT (9 mujeres y 6 hombres), de $9,6 \pm 1,9\%$ a $8,7 \pm 1,6\%$ ($p=0.09$); y el grupo L-HIIT (9 mujeres y 6 hombres), de $9,9 \pm 2,8\%$ a $8,1 \pm 2,1\%$ ($p < 0.01$). Solo el protocolo L-HIIT logró una reducción significativa ($-1,8\%$ en promedio), aunque no se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre grupos ($p=0.28$).

Ejercicio exclusivamente en la tarde:

De los cuatro estudios que evaluaron exclusivamente el ejercicio en horario vespertino (34,38,42,47), dos con duración superior a 12 semanas analizaron la HbA1c como desenlace principal.

El estudio de Maillard F. (38) incluyó a 17 mujeres posmenopáusicas, quienes participaron en un programa de 16 semanas de entrenamiento en bicicleta, asignadas a dos grupos: HIIT de 20 minutos (n=8) y MICT de 40 minutos (n=9), ambos realizados dos veces por semana. En cuanto a la HbA1c, el grupo HIIT mostró una reducción de 7,4% a 7,3%, mientras que el grupo MICT descendió de 7,6% a 7,4%. Aunque se evidenció una disminución en ambos grupos, la ANOVA de medidas repetidas no encontró una interacción significativa entre grupo y tiempo ($p=0.50$), ni un efecto de grupo significativo ($p=0.75$).

Por su parte, el ensayo clínico de Bacchi E. (42), un estudio controlado aleatorizado, incluyó a 25 pacientes con DM2 de ambos sexos. Los participantes realizaron durante 4 meses sesiones de 60 minutos, tres veces por semana, en dos modalidades: ejercicio aeróbico (AER; 4 mujeres y 9 hombres) o ejercicio de resistencia (RES; 5 mujeres y 7 hombres). Ambas intervenciones demostraron ser efectivas en la reducción de la HbA1c: el grupo AER pasó de 7,3% a 6,8% ($-0,48 \pm 0,14\%$), mientras que el grupo RES disminuyó de 7,5% a 7,1% ($-0,39 \pm 0,16\%$). Al comparar los cambios entre grupos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p=0.70$). Sin embargo, el estudio no reporta de forma explícita la significancia estadística intragrupo, es decir, la comparación basal versus post-intervención para cada modalidad por separado.

9.4.1. *Glucemia en ayunas:*

Ejercicio en la mañana versus ejercicio en la tarde:

De los seis estudios que compararon directamente el ejercicio realizado en la mañana frente al efectuado en la tarde, cinco incluyeron la glucemia en ayunas como desenlace.

El estudio cruzado realizado por Menek MY. (28) con 30 participantes (19 mujeres, 11 hombres) que siguieron un programa estructurado de ejercicio aeróbico y de fuerza, observó que la glucemia plasmática en ayunas mejoró de manera estadísticamente significativa dentro de ambos grupos ($p < 0.05$). Específicamente, el ejercicio alineado con el cronotipo individual (mañana para cronotipos matutinos y tarde para vespertinos) que duró 6 semanas, resultó en la mayor mejoría estadística de la glucemia en ayunas. El grupo de cronotipo matutino redujo su glucemia promedio de 199.40 ± 62.45 mg/dL a 151.66 ± 25.22 mg/dL tras el ejercicio apropiado para su cronotipo; el grupo de cronotipo vespertino, de 201.06 ± 49.28 mg/dL a 156.73 ± 47.54 mg/dL, sin diferencia significativa entre los grupos.

En el estudio de Savikj M. (11), el cual fue un ensayo cruzado con 11 hombres, que realizaron 3 sesiones de ejercicio HIIT por 2 semanas en la mañana y 2 semanas en la tarde, la glucemia en ayunas promedio fue de 131.53 ± 5.41 mg/dL antes de la intervención, aumentando a 138.74 ± 7.21 mg/dL tras el HIIT matutino y a 135.14 ± 5.41 mg/dL después del HIIT vespertino. Estos resultados no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de entrenamiento matutino y vespertino, ni respecto al período pre-entrenamiento. En una publicación posterior con ocho participantes de la misma cohorte, la glucemia basal fue de 135 ± 20 mg/dL, aumentando a 139 ± 16 mg/dL tras el entrenamiento matutino y a 137 ± 18 mg/dL después del vespertino (48). Tampoco hubo una diferencia estadísticamente significativa en la glucemia en ayunas entre los grupos de ejercicio matutino y vespertino en este análisis.

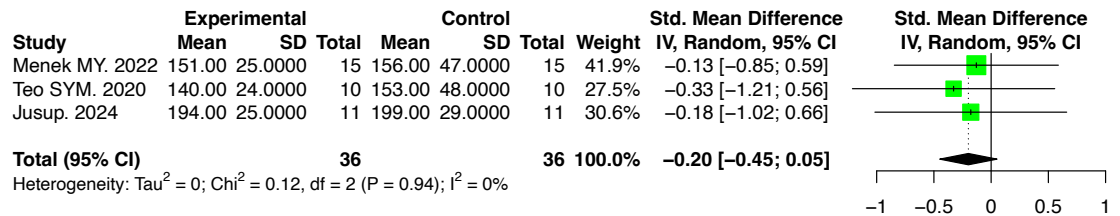
Por su parte, Teo SYM. (14), en un ensayo clínico no cruzado que incluyó a 20 pacientes con DM2 de ambos sexos (no diferenciados en el análisis), evaluó un programa multimodal de entrenamiento combinado de intensidad moderada, con tres sesiones semanales de 60 minutos durante doce semanas. Los participantes fueron asignados a realizar ejercicio en la mañana ($n = 10$) o en la tarde ($n = 10$). Tras la intervención, se evidenció que el entrenamiento mejoró significativamente la

glucemia en ayunas en la cohorte general (pasando de 138.2 ± 30.6 mg/dL a 122.0 ± 26.1 mg/dL en el grupo matutino, y de 149.0 ± 66.9 mg/dL a 127.8 ± 43.4 mg/dL en el vespertino; $P < 0.01$). Sin embargo, no se encontraron beneficios glucémicos distintivos ni diferencias estadísticamente significativas entre el ejercicio matutino y vespertino en este estudio.

Finalmente, Jusup (46), en un estudio no cruzado que incluyó a 22 mujeres, evaluó la gimnasia Persadia diabetes. Encontró que el ejercicio matutino y vespertino redujo significativamente la glucemia plasmática ($p=0.003$). El grupo matutino disminuyó de 226.98 ± 40.18 mg/dL a 194.19 ± 25.76 mg/dL; el vespertino, de 230.98 ± 45.75 mg/dL a 199.87 ± 29.23 mg/dL. No hubo una diferencia significativa en la reducción de la glucosa entre los horarios para este desenlace.

Se realizó un metaanálisis con los tres estudios (14,28,46) que evaluaron programas de ejercicio combinado con una duración superior a dos semanas, con el objetivo de determinar si el ejercicio matutino ofrecía mayores beneficios que el vespertino. Aunque en todos los estudios se observó una mejoría en los niveles de glucemia en ayunas, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos horarios de práctica (Fig.3).

Figura 3. Metaanálisis glucemia en ayunas mañana versus tarde ejercicio combinado > 2 semanas



Experimental: mañana
Control: tarde

Ejercicio exclusivamente en la mañana:

De los 14 estudios que evaluaron el ejercicio realizado en la mañana, cinco incluyeron la glucemia en ayunas como desenlace, todos con una duración superior a dos semanas.

El ensayo de Alvarez C. (39), un estudio controlado aleatorizado de 16 semanas en 23 mujeres con DM2, incluyó 13 en el grupo de HIIT, con tres sesiones semanales, y 10 en el grupo control sin ejercicio. La glucemia en ayunas disminuyó de 149.4 ± 12.6 mg/dL a 135.0 ± 10.8 mg/dL tras la intervención ($P < 0.001$). En contraste, el grupo control presentó un incremento de 145.8 ± 10.8 mg/dL a 147.6 ± 12.6 mg/dL, sin cambio significativos. La diferencia entre los grupos fue estadísticamente significativa ($P < 0.001$) a favor de la intervención.

Por su parte, Dunstan DW. (43) evaluó un programa combinado con dos sesiones semanales en 57 participantes distribuidos en dos modalidades: un grupo comunitario (14 mujeres y 14 hombres), el cual mostró una reducción significativa de la glucemia en ayunas de -14.4 ± 32.4 mg/dL ($P < 0.05$) y un grupo domiciliario (13 mujeres y 16 hombres), el cual presentó una reducción de -7.2 ± 39.6 mg/dL, sin alcanzar significación estadística, sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los grupos.

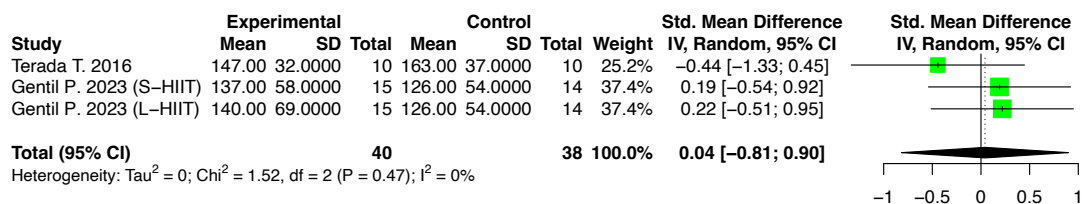
El estudio de Vancea DM. (44), prospectivo y aleatorizado, incluyó 40 participantes distribuidos en un grupo control ($n=17$), un grupo con tres sesiones semanales de ejercicio (G3; $n=14$) y otro con cinco sesiones (G5; $n=9$). No se especificó la distribución por sexo dentro de cada grupo, solo se mencionó la inclusión de ambos géneros. La intervención consistió en un programa estructurado en caminadora, con frecuencia de dos a tres o cinco veces por semana, según el grupo. El grupo control fue animado a mantener ejercicio espontáneo. Solo el grupo con cinco sesiones semanales logró una reducción significativa, pasando de 150.8 ± 47.7 mg/dL al inicio a 109.2 ± 30.5 mg/dL en la semana 20 ($P = 0.034$), sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los grupos.

El estudio de Terada T. (40) fue un ensayo cruzado, aleatorizado y controlado que incluyó a 10 participantes (2 mujeres y 8 hombres). Cada sujeto realizó cinco condiciones experimentales en caminadora durante 60 minutos, separadas por 48 horas. En la condición HIIT ayunas, la glucemia en ayunas descendió de 153.15 ± 8.5 mg/dL a 126.13 mg/dL, reducción que resultó estadísticamente significativa frente al control ($p < 0.05$). En HIIT después del desayuno, la glucemia en ayunas pasó de 154.95 ± 8.6 mg/dL a 129.73 mg/dL, sin alcanzar significancia estadística frente al control. En la condición MICT en ayunas, la glucemia en ayunas disminuyó de 160.36 ± 8.9 mg/dL a 142.34 mg/dL, sin significancia estadística frente al control. De forma similar, en MICT post desayuno, la glucemia en ayunas descendió de 154.95 ± 8.6 mg/dL a 142.34 mg/dL, sin diferencias significativas con el control. Finalmente, en la condición control (sin ejercicio), la glucemia en ayunas fue de 158.56 ± 8.8 mg/dL al inicio y de 144.14 ± 8.0 mg/dL postintervención. En síntesis, solo el ejercicio HIIT ayunas logró una reducción estadísticamente significativa en la glucemia en ayunas del día siguiente frente a la condición de no ejercicio. Además, el HIIT mostró un efecto superior al MICT al disminuir tanto la glucemia nocturna como la matutina (efecto principal: ambos $p < 0.05$).

Finalmente, Gentil P (45) realizó un ensayo clínico aleatorizado donde analizó tres protocolos aeróbicos de bajo volumen en 44 participantes durante ocho semanas, con dos sesiones semanales. El grupo MICT (5 mujeres y 9 hombres) tenía una glucemia en ayunas pre-intervención de 129.8 ± 57.1 mg/dL y posintervención de 126.7 ± 54.6 mg/dL, con una reducción que no fue estadísticamente significativa ($p = 0.69$); el grupo S-HIIT (9 mujeres y 6 hombres) presentó una glucemia en ayunas pre-intervención de 142.7 ± 63.0 mg/dL que redujo posintervención a 136.9 ± 57.9 mg/dL, lo cual no fue estadísticamente significativo ($p = 0.46$) y el grupo L-HIIT (9 mujeres y 6 hombres) con una glucemia en ayunas pre-intervención de 145.5 ± 66.0 mg/dL que redujo posintervención a 140.1 ± 69.0 mg/dL, lo cual no fue estadísticamente significativo ($p = 0.58$), sin diferencia significativa entre los grupos.

Se realizó un metaanálisis con los estudios de Terada T. (40) y Gentil P. (45) que compararon la glucemia en ayunas entre diferentes modalidades de ejercicio cardiovascular (HIIT versus MICT). Como se muestra en la fig. 4, el metaanálisis no evidenció diferencias significativas entre los grupos para este desenlace.

Figura 4. Metaanálisis Glucemia en ayunas en la mañana HIIT versus MICT > 2 semanas



Experimental:
HIIT
Control: MICT

Ejercicio exclusivamente en la tarde:

De los cuatro estudios en los que el ejercicio se realizó exclusivamente en horario vespertino, dos evaluaron la glucemia en ayunas como desenlace.

El ensayo cruzado aleatorizado de Rees JL. (34) incluyó a 63 participantes (29 hombres y 34 mujeres), quienes completaron una única sesión de 50 minutos de caminata en cinta rodante (ejercicio cardiovascular de intensidad moderada) antes de la cena, comparada con una condición control de 50 minutos en reposo sentado. Los valores de glucemia plasmática en ayunas fueron de 131.5 ± 28.8 mg/dL tras la condición de ejercicio y de 126.1 ± 30.6 mg/dL en la condición control, con una diferencia estimada de 4.14 mg/dL (IC95%: -1.26 a 9.55), sin alcanzar significancia estadística (P = 0.126).

Por su parte, el estudio de Maillard F. (38) incluyó a 17 mujeres posmenopáusicas que participaron en un programa de 16 semanas de entrenamiento en bicicleta,

asignadas a dos grupos: HIIT de 20 minutos (n=8) y MICT de 40 minutos (n=9), ambos realizados dos veces por semana en horario vespertino. Los valores basales de glucemia plasmática en ayunas fueron de 174.6 ± 12.6 mg/dL en el grupo HIIT y 151.2 ± 12.6 mg/dL en el grupo MICT, observándose un ligero incremento tras la intervención (180.0 ± 14.4 mg/dL en HIIT y 158.4 ± 19.8 mg/dL en MICT). Sin embargo, no se registraron cambios estadísticamente significativos en la glucemia en ayunas en ninguno de los grupos ($P = 0.74$ para el efecto del tiempo; $P = 0.90$ para la interacción grupo \times tiempo).

9.4.1. *Insulina en ayunas:*

Ejercicio en la mañana versus ejercicio en la tarde:

De los seis estudios que compararon directamente el ejercicio realizado en la mañana frente al efectuado en la tarde, tres incluyeron la insulina como desenlace.

Teo SYM. (14), en un ensayo clínico no cruzado que incluyó a 20 pacientes con DM2 de ambos sexos (no diferenciados en el análisis), evaluó un programa multimodal de entrenamiento combinado de intensidad moderada, con tres sesiones semanales de 60 minutos durante doce semanas. Los participantes fueron asignados a realizar ejercicio en la mañana (n = 10) o en la tarde (n = 10). Tras la intervención, los niveles de insulina basal disminuyeron significativamente en ambos grupos: de 13.6 ± 4.7 a 10.4 ± 3.6 $\mu\text{U}/\text{mL}$ en el grupo matutino ($P < 0.01$) y de 14.2 ± 4.1 a 10.7 ± 3.2 $\mu\text{U}/\text{mL}$ en el vespertino ($P < 0.01$). Sin embargo, esta mejoría fue independiente del momento del día, ya que no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos ($P = 0.83$).

En el estudio de Savikj M. (11), el cual fue un ensayo cruzado con 11 hombres, que realizaron 3 sesiones de ejercicio HIIT por 2 semanas en la mañana y la tarde, se observó un aumento en la insulina basal post-intervención para ambos grupos: en el grupo HIIT matutino de 8.19 ± 1.33 a 10.28 ± 0.99 $\mu\text{U}/\text{mL}$, y en el grupo HIIT vespertino de 8.19 ± 1.33 a 10.13 ± 1.67 $\mu\text{U}/\text{mL}$. Sin embargo, no se reportaron

diferencias estadísticamente significativas en la insulina en ayunas tras la intervención, ni entre los grupos. En una publicación posterior con ocho participantes de la misma cohorte (48), los valores de insulina basal en también mostraron un incremento numérico post-intervención en ambos grupos: el grupo de HIIT matutino pasó de 8.1 (7.0–10.8) a 9.7 (7.8–15.1) $\mu\text{U}/\text{mL}$, y el grupo de HIIT vespertino de 8.1 (7.0–10.8) a 10.8 (9.4–13.3) $\mu\text{U}/\text{mL}$, pero no se reportaron diferencias estadísticamente significativas en la insulina en ayunas tras la intervención, ni entre los grupos.

Ejercicio exclusivamente en la mañana:

De los 14 estudios que evaluaron exclusivamente el ejercicio realizado en la mañana, únicamente el de Dunstan DW. (43) consideró la insulina en ayunas como desenlace. Este ensayo incluyó 57 participantes distribuidos en dos modalidades: un grupo comunitario (14 mujeres y 14 hombres) y un grupo domiciliario (13 mujeres y 16 hombres). En el grupo comunitario, la insulina en ayunas fue de $23.9 \pm 11.0 \mu\text{U}/\text{mL}$ al inicio y presentó una reducción de $-3.65 \pm 7.9 \mu\text{U}/\text{mL}$ al final de la intervención, alcanzando significancia estadística ($P \leq 0.05$). En contraste, en el grupo domiciliario, la insulina basal fue de $21.1 \pm 9.2 \mu\text{U}/\text{mL}$ y disminuyó $-1.4 \pm 5.5 \mu\text{U}/\text{mL}$, sin alcanzar significancia estadística. No se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos de intervención.

Ejercicio exclusivamente en la tarde:

En cuanto a los 4 estudios en los que el ejercicio fue realizado en la tarde, ninguno evaluó el desenlace de insulina.

9.4.1. Promedio de glucosa:

Ejercicio en la mañana versus ejercicio en la tarde:

De los seis estudios que compararon directamente el ejercicio realizado en la mañana frente al efectuado en la tarde, dos evaluaron el promedio de glucosa como desenlace.

El estudio de Savikj M. (11), un ensayo cruzado en 11 hombres que realizaron tres sesiones semanales de ejercicio HIIT durante dos semanas en la mañana y dos semanas en la tarde, reportó un promedio de glucosa de 24 horas basal de 115.2 ± 5.4 mg/dL. Tras una semana de intervención, el grupo matutino presentó un incremento hasta 124.2 ± 7.2 mg/dL ($p < 0.05$), mientras que el grupo vespertino mostró una reducción hasta 111.6 ± 5.4 mg/dL ($p < 0.05$). La diferencia entre ambos grupos fue estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

Por su parte, el estudio de Munan M. (12) incluyó 14 participantes con DM2 (8 hombres y 6 mujeres), de los cuales 11 completaron el análisis principal. Bajo un diseño cruzado aleatorizado, cada participante realizó cuatro condiciones consistentes en una única sesión de caminata moderada de 50 minutos. Los valores promedio de glucosa en 24 horas fueron de 133.2 ± 12.6 mg/dL para el ejercicio matutino en ayunas, 131.4 ± 12.6 mg/dL para el vespertino antes de la cena, 135.0 ± 14.4 mg/dL para el nocturno después de la cena, y 135.0 ± 12.6 mg/dL en la condición control sedentaria. No se observaron diferencias significativas entre las intervenciones ($p=0.55$). Sin embargo, un análisis secundario mostró que el ejercicio antes de la cena redujo ligeramente la glucosa de 24 horas en comparación con el control (aproximadamente 7.21 mg/dL; $p = 0.006$).

Ejercicio exclusivamente en la mañana:

De los 14 estudios que evaluaron exclusivamente el ejercicio realizado en horario matutino, seis ensayos clínicos controlados cruzados incluyeron como desenlace la glucemia promedio en 24 horas.

El ensayo de Metcalfe RS. (29), de diseño cruzado y aleatorizado con 11 hombres, evaluó una sola sesión de diferentes tipos de ejercicio. En el control sin ejercicio, la glucemia media fue de 146.12 ± 18.92 mg/dL. En comparación, el grupo REHIT (ciclismo con sprints “all-out”, 10 minutos) mostró una reducción significativa a 135.68 ± 15.67 mg/dL ($p = 0.008$). El grupo MICT (ciclismo continuo moderado, 30

minutos) presentó un valor de 139.46 ± 19.82 mg/dL ($p = 0.08$) y el grupo HIIT (intervalos de ~25 minutos) alcanzó 139.46 ± 10.63 mg/dL ($p = 0.31$), sin significancia estadística.

El estudio de Oberlin DJ. (30), un ensayo cruzado aleatorizado en 9 adultos (5 mujeres, 4 hombres), comparó una sesión aeróbica de 60 minutos —20 min en caminadora, 20 min en bicicleta y 20 min en caminadora— con una condición sedentaria. La glucemia media disminuyó de 119.16 ± 13.15 mg/dL en el control a 107.75 ± 8.83 mg/dL tras el ejercicio, con reducción significativa ($p = 0.038$).

Por su parte, Van Dijk JW. (33), en un estudio cruzado con 30 hombres, analizó ciclismo de resistencia moderada diario (2×30 min en días consecutivos) frente a ejercicio cada dos días (1×60 min). El control sin ejercicio presentó un promedio de glucemia de 163.96 ± 7.21 mg/dL, mientras que tanto el protocolo diario como el alterno redujeron significativamente el promedio de la glucemia a 149.55 ± 5.41 mg/dL ($p < 0.001$), sin diferencias entre ellos ($p = 1.00$).

En un entorno de vida libre, Blankenship JM. (35) incluyeron 30 adultos (16 mujeres, 14 hombres) en un ensayo cruzado aleatorizado, comparando caminata continua postdesayuno (20, 40 o 60 min), pausas activas después de las comidas y control sedentario. El promedio de glucemia fue de 169.04 ± 59.28 mg/dL en el control, 155.88 ± 40.54 mg/dL en pausas activas y 166.01 ± 55.49 mg/dL en caminata, sin diferencias significativas entre condiciones.

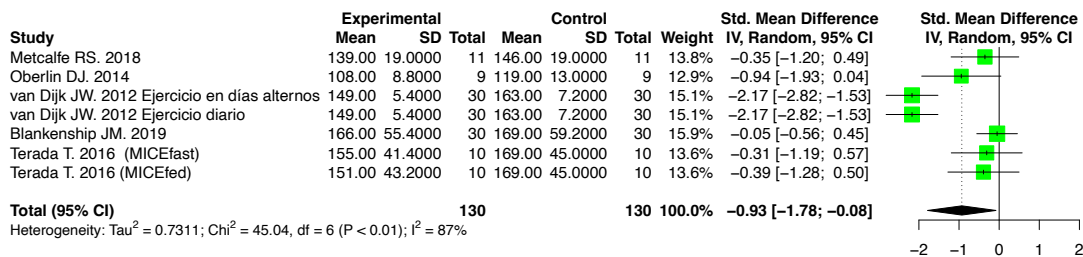
El estudio de Cruz LCTAD. (36), en 12 mujeres posmenopáusicas, utilizó un diseño cruzado por bloques (dos semanas) con sesiones de control y resistencia al 40% y 80% de 1RM (40 minutos). En CONT40%1RM, la glucemia media fue 196.0 ± 17.4 mg/dL frente a 146.0 ± 25.5 mg/dL en RE40%1RM ($p \leq 0.01$). En cambio, no hubo diferencias entre CONT80%1RM (188.1 ± 25.7 mg/dL) y RE80%1RM (192.0 ± 41.6 mg/dL). Solo el ejercicio de resistencia al 40% de 1RM resultó eficaz en reducir la glucemia y la hiperglucemia.

Finalmente, Terada T. (40) incluyó 10 participantes (2 mujeres, 8 hombres) en un ensayo cruzado con cinco condiciones de 60 minutos en caminadora. El control registró 169.37 ± 45.04 mg/dL. El protocolo HIIT ayunas redujo significativamente a 142.34 ± 45.04 mg/dL ($p < 0.05$). Las condiciones HIIT postprandial (149.43 ± 45.04 mg/dL), MICT ayunas (154.81 ± 45.04 mg/dL) y MICT postprandial (151.21 ± 45.04 mg/dL) no mostraron diferencias frente al control.

Con 5 estudios (29,30,33,35,40), se realizó un metaanálisis que comparó el promedio de glucosa tras programas de ejercicio aeróbico continuo de intensidad moderada (MICT) frente a un grupo control sedentario (fig.5). El análisis mostró una diferencia de medias estandarizada (SMD) de -0.93 (IC95% $-1.78; -0.08$) a favor del ejercicio matutino, equivalente a una reducción cercana a una desviación estándar completa en la glucemia de 24 horas. Este tamaño de efecto se interpreta como moderado a grande y clínicamente relevante. En valores absolutos, los estudios reportaron descensos de entre 7 y 15 mg/dL. Sin embargo, la heterogeneidad fue alta ($I^2 = 87\%$), lo que evidencia variabilidad considerable entre los estudios.

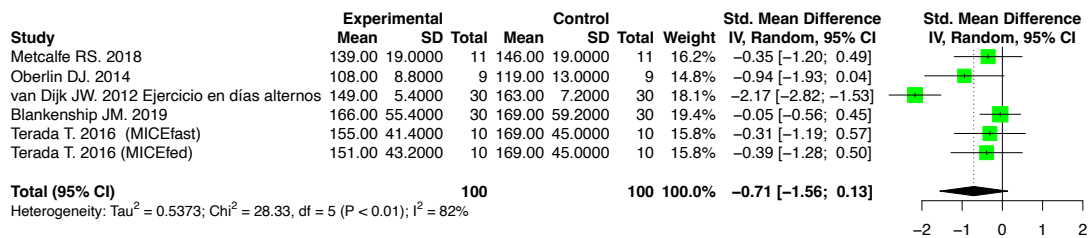
Al repetir el metaanálisis (Fig. 6) incluyendo únicamente el grupo de Van Dijk JW. con ejercicio en días alternos —más comparable metodológicamente con los otros protocolos—, el efecto combinado fue de $SMD = -0.71$ (IC95%: -1.56 a 0.13) a favor del ejercicio matutino frente al control sedentario, aunque sin alcanzar significancia estadística.

Figura 5. Metaanálisis promedio de glucosa en 24 horas de MICT versus grupo control sedentario ≤ 2 semanas



Experimental: MICT mañana
Control: sedentario

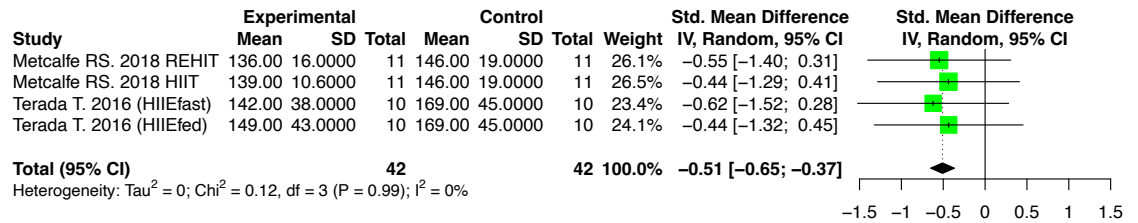
Figura 6. Metaanálisis promedio de glucosa en 24 horas de MICT versus grupo control sedentario ≤ 2 semanas



Experimental: MICT mañana
Control: sedentario

De manera complementaria, se realizó otro metaanálisis con dos estudios (29,40) que evaluaron el entrenamiento HIIT comparado con control sedentario (fig.7), el cual mostró un efecto combinado de SMD = -0.51 (IC95%: -0.65 a -0.37) a favor del ejercicio HIIT matutino frente al grupo control.

Figura 7. Metaanálisis promedio de glucosa en 24 horas de HIIT versus grupo control sedentario ≤ 2 semanas



Experimental: HIIT mañana
Control: sedentario

Ejercicio exclusivamente en la tarde:

En cuanto a los 4 estudios en los que el ejercicio fue realizado en la tarde, ninguno evaluó el desenlace de promedio de glucosa.

8.4.5. Tiempo en rango (TIR):

Ejercicio en la mañana versus ejercicio en la tarde:

Ninguno de los seis estudios que compararon ejercicio matutino vs. vespertino reportó tiempo en rango (TIR, 70–180 mg/dL).

Ejercicio exclusivamente en la mañana:

De 14 estudios con ejercicio solo en la mañana, el TIR pudo estimarse en 5 de ellos.

Van Dijk JW. 2012 (33) realizó un estudio cruzado en 30 hombres que comparó ciclismo de resistencia moderada efectuado diariamente (2 × 30 min en días consecutivos) frente a ejercicio en días alternos (1 × 60 min) y un grupo control. Tanto el ejercicio diario como el alterno aumentaron el TIR a 74%, en comparación con el 66% del control (P < 0.001). Posteriormente, un ensayo cruzado aleatorizado con 60

hombres Van Dijk JW. 2013 (41) corroboró estos hallazgos, mostrando que una sola sesión de ciclismo de intensidad moderada incrementó el TIR de 64.5% en el control a 76.3% ($P < 0.001$).

En un contexto de vida libre, Blankenship JM. (35) incluyó 30 adultos (16 mujeres y 14 hombres) en un ensayo cruzado aleatorizado que comparó caminata continua postdesayuno (20, 40 o 60 min), pausas activas postprandiales y control sedentario. El TIR fue de 78.3% en el control, 83.8% en pausas activas y 82.6% en caminata, sin alcanzar significancia estadística ($P = 0.0875$ entre caminata y control).

Por su parte, Cruz LCTAD. (36) estudió a 12 mujeres posmenopáusicas en un diseño cruzado por bloques de dos semanas, con sesiones de control y entrenamiento de resistencia al 40% y 80% de 1RM (40 minutos). El TIR aumentó de 22.6% en CONT40%1RM a 79.2% en RE40%1RM ($p \leq 0.05$). No obstante, no hubo diferencias en la condición de 80% 1RM (30.6% en control vs. 34% en ejercicio).

Finalmente, Terada T. (40) evaluó a 10 participantes (2 mujeres, 8 hombres) en un ensayo cruzado con cinco condiciones de 60 minutos en caminadora. El grupo control registró un TIR de $51.2\% \pm 18.3\%$. El protocolo HIIT en ayunas aumentó el TIR a $68.9\% \pm 14.7\%$ ($p < 0.05$ frente a control). Sin embargo, otras condiciones —HIIT postprandial ($62.8\% \pm 16.2\%$), MICT en ayunas ($60.4\% \pm 17.1\%$) y MICT postprandial ($42.8\% \pm 16.7\%$)— no difirieron significativamente del control. Además, al comparar HIIT en ayunas con las demás modalidades, tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas.

Ejercicio exclusivamente en la tarde:

En cuatro estudios donde el ejercicio se realizó exclusivamente por la tarde, tampoco se informó TIR.

9.4.1. Tiempo por encima del rango:

Ejercicio en la mañana versus ejercicio en la tarde:

De los seis estudios que compararon directamente el ejercicio realizado en la mañana frente al efectuado en la tarde, ninguno evaluó el desenlace de tiempo por encima del rango.

Ejercicio exclusivamente en la mañana:

De los catorce estudios que compararon modalidades de ejercicio realizadas en la mañana, siete evaluaron el tiempo por encima del rango mediante MCG.

El ensayo de Metcalfe RS. (29), de diseño cruzado y aleatorizado con 11 hombres, evaluó una sola sesión de diferentes tipos de ejercicio. Se definió hiperglucemia como glucosa ≥ 162 mg/dL. En el control sin ejercicio, el porcentaje de tiempo en hiperglucemia fue de 24.5%. En comparación, el grupo REHIT (ciclismo con sprints “all-out”, 10 minutos) mostró una reducción significativa a 16.7% (P = 0.002). El grupo MICT (ciclismo continuo moderado, 30 minutos) presentó un valor de 15.8% (P = 0.08), y el grupo HIIT 16.5% (P = 0.04), siendo también significativa la reducción en este último grupo.

El estudio de Van Dijk JW. 2013 (41), fue un experimento cruzado aleatorizado, que incluyó a 60 hombres con DM 2 (23 tratados con insulina y 37 no tratados con insulina), donde se comparó una condición de control sin ejercicio y una única sesión de 45-60 minutos de ciclismo de intensidad moderada. En la condición control, los pacientes experimentaron hiperglucemia el $34.4 \pm 6.3\%$ del día, con una reducción a $23.5 \pm 5.7\%$ del día tras la intervención de ejercicio, lo cual fue estadísticamente significativo (P < 0.001). Otro estudio de Van Dijk JW. 2013 (31), publicado en mismo año, fue un ensayo cruzado aleatorizado donde participaron 20 hombres con DM2. Se comparó una condición de control sedentario y tres sesiones de 15 minutos de actividades de la vida diaria con un total de 45 minutos (paseo ligero después de las comidas), y una única sesión de 45 minutos de ejercicio de ciclismo continuo en un cicloergómetro de intensidad moderada. El grupo control presentó un porcentaje del tiempo en hiperglucemia del 28.5% del día. La sesión de ejercicio redujo significativamente la prevalencia diaria de hiperglucemia al 19.9% del día (P < 0.001)

en comparación con el control y las actividades de la vida diaria a 25.1% del día), lo cual no fue estadísticamente significativa ($P = 0.67$) en comparación con el control.

El estudio de Figueira FR. (32) fue un ensayo cruzado aleatorizado en el que participaron 14 pacientes (5 hombres y 9 mujeres), donde se evaluó el efecto de una sola sesión de ejercicio aeróbico y combinado (aeróbico más resistencia) de 50 minutos cada una, en diferentes parámetros de la glucosa. Se definió hiperglucemia como glucosa ≥ 150 mg/dL. Tras la intervención se evidenció que una única sesión de ejercicio cardiovascular redujo el tiempo en hiperglucemia del $33 \pm 0.3\%$ al $31 \pm 0.3\%$, lo que no fue estadísticamente significativo ($P = 0.79$) y el ejercicio combinado del $31 \pm 0.2\%$ al $27 \pm 0.3\%$, lo que tampoco fue estadísticamente significativo ($P = 0.33$). Al comparar directamente ambas modalidades de ejercicio, la duración de los episodios hiperglucémicos no fue diferente después de las sesiones de ejercicio aeróbico y combinado ($P = 0.50$).

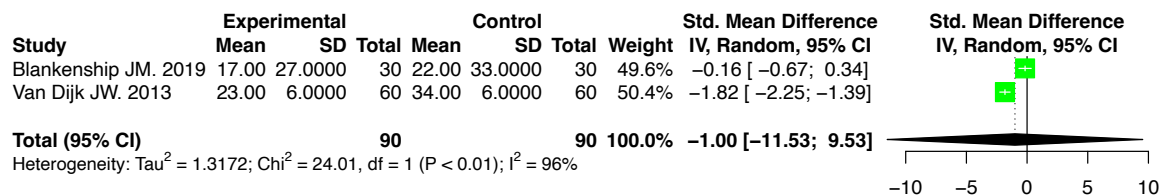
En un contexto de vida libre, Blankenship JM. (35) incluyó 30 adultos (16 mujeres y 14 hombres) en un ensayo cruzado aleatorizado que comparó caminata continua postdesayuno (20, 40 o 60 min), pausas activas postprandiales y control sedentario. El tiempo por encima del rango fue de 21.67% en el control, 16.21% en pausas activas y 17.38% en caminata, sin alcanzar significancia estadística ($P = 0.0875$ entre caminata y control).

Por su parte, Cruz LCTAD. (36) evaluó a 12 mujeres posmenopáusicas en un diseño cruzado por bloques de dos semanas, en el que compararon sesiones de control y de entrenamiento de resistencia al 40% y 80% de 1RM (40 minutos). En la condición CONT40%1RM, el tiempo en hiperglucemia fue de $77.4 \pm 18.3\%$, el cual se redujo significativamente a $20.8 \pm 21.2\%$ en RE40%1RM ($p < 0.01$). En contraste, en la condición de 80% 1RM no se observaron diferencias relevantes ($69.4 \pm 24.6\%$ en control vs. $66.0 \pm 33.7\%$ en ejercicio). Asimismo, no se encontraron diferencias significativas en la prevalencia de hiperglucemia al comparar la sesión RE80%1RM con CONT80%1RM ($p = 0.986$) o con CONT40%1RM ($p = 0.681$).

Finalmente, Terada T. (40) evaluó a 10 participantes (2 mujeres, 8 hombres) en un ensayo cruzado con cinco condiciones de 60 minutos en caminadora. El grupo control registró un tiempo por encima del rango de 33.75%. El protocolo HIIT en ayunas redujo el porcentaje del tiempo por encima del rango a 14.10% ($p < 0.01$ frente a control). Sin embargo, otras condiciones —HIIT postprandial (22.15%), MICT en ayunas (25.42%) y MICT postprandial (24.93%), no difirieron significativamente del control.

Se construyó un metaanálisis con resultados de los estudios de Blankenship JM. (35) y Van Dijk JW. (41) para evaluar el efecto del entrenamiento continuo de moderada intensidad comparado con control sedentario sobre el tiempo por encima del rango (Fig.8). El efecto combinado con modelo de efectos aleatorios mostró una diferencia de medias estandarizada (SMD) de -1.00 (IC95%: -11.53 a 9.53), lo cual no es estadísticamente significativo.

Figura 8. Metaanálisis porcentaje del tiempo por encima del rango en 24 horas de MICT versus grupo control sedentario ≤ 2 semanas



Experimental: MICT mañana
Control: sedentario

Ejercicio exclusivamente en la tarde:

En cuanto a los 4 estudios en los que el ejercicio fue realizado en la tarde, ninguno evaluó el desenlace de tiempo por encima del rango.

9.4.1. *Tiempo por debajo del rango (TBR):*

Ejercicio en la mañana versus ejercicio en la tarde:

De los seis estudios que compararon directamente el ejercicio realizado en la mañana frente al efectuado en la tarde, ninguno evaluó el desenlace de tiempo por debajo del rango (TBR).

Ejercicio exclusivamente en la mañana:

Entre los catorce estudios que analizaron modalidades de ejercicio matutino, cinco incluyeron este desenlace mediante MCG.

Van Dijk JW. 2012 (33) realizó un estudio cruzado en 30 hombres que comparó ciclismo de resistencia moderada efectuado diariamente (2×30 min en días consecutivos) frente a ejercicio en días alternos (1×60 min) y un grupo control. El estudio reportó porcentajes de hipoglucemia ligeramente superiores en los grupos de ejercicio en días alternos ($2.08 \pm 0.49\%$) y ejercicio diario ($2.05 \pm 0.49\%$) frente al grupo control ($1.60 \pm 0.62\%$), sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($P = 0.63$). Posteriormente, un experimento cruzado aleatorizado, que incluyó a 60 hombres con DM2 (23 tratados con insulina y 37 no tratados con insulina) evaluó el efecto de una sola sesión de ciclismo de intensidad moderada. El TBR fue de $0.3 \pm 0.5\%$ frente a $1.5 \pm 0.7\%$ en la condición control, diferencia que no alcanzó significación estadística (41).

En un contexto de vida libre, Blankenship JM. (35) realizó un ensayo cruzado aleatorizado con 30 adultos (16 mujeres y 14 hombres), en el que se compararon tres condiciones: caminata continua postdesayuno (20, 40 o 60 minutos), pausas activas postprandiales y control sedentario. El TBR fue de 0% en todas las condiciones, sin observarse diferencias entre los grupos.

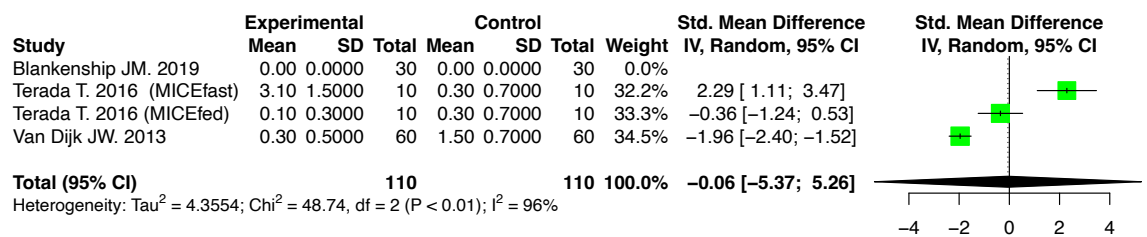
Por su parte, Cruz LCTAD. (36) evaluó a 12 mujeres posmenopáusicas en un diseño cruzado por bloques de dos semanas, que incluyó sesiones de control y entrenamiento

de resistencia al 40% y 80% de 1RM (40 minutos). En todas las condiciones, el TBR fue de 0%, lo que confirma la ausencia de episodios de hipoglucemia en este contexto.

Finalmente, Terada T. (40) evaluó a 10 participantes (2 mujeres y 8 hombres) en un ensayo cruzado con cinco condiciones de 60 minutos en caminadora. El grupo control presentó un TBR de $0.3 \pm 0.7\%$. El protocolo de HIIT en ayunas lo incrementó a $2.9 \pm 1.3\%$, el HIIT postprandial a $3.3 \pm 1.6\%$ y el MICT en estado de ayuno a $3.1 \pm 1.5\%$. En contraste, el MICT posterior al desayuno redujo el TBR a $0.1 \pm 0.3\%$. No obstante, ninguna de estas diferencias alcanzó significación estadística.

Se realizó un metaanálisis con tres de estos (35,40,41) estudios, todos con intervenciones cruzadas ≤ 2 semanas que comparando MICT frente a control sedentario (fig. 9). No se encontró diferencia entre los grupos.

Figura 9. Metaanálisis porcentaje del tiempo por debajo del rango en 24 horas de MICT versus grupo control sedentario ≤ 2 semanas



Experimental: MICT mañana
Control: sedentario

Ejercicio exclusivamente en la tarde:

En cuanto a los 4 estudios en los que el ejercicio fue realizado en la tarde, ninguno evaluó el desenlace de tiempo por debajo del rango.

9.4.1. Variabilidad de la glucosa:

Ejercicio en la mañana versus ejercicio en la tarde:

De los seis estudios que compararon directamente el ejercicio realizado en la mañana frente al efectuado en la tarde, ninguno evaluó el desenlace de variabilidad de la glucosa.

Ejercicio exclusivamente en la mañana:

Entre los catorce estudios que analizaron modalidades de ejercicio matutino, cuatro incluyeron este desenlace.

El ensayo de Metcalfe RS. (29), de diseño cruzado y aleatorizado con 11 hombres, evaluó una sola sesión de diferentes tipos de ejercicio que incluyeron el REHIT (ciclismo con sprints “all-out”, 10 minutos), el MICT (ciclismo continuo moderado, 30 minutos) y el HIIT (intervalos de ~25 minutos), los cuales fueron comparados con un grupo control sin ejercicio. En resumen, los índices de variabilidad glucémica (rango glucémico, MAGE, CONGA y 24-h SD) no se alteraron significativamente con ninguna de las condiciones de ejercicio (REHIT, MICT, HIIT) en comparación con la condición de control.

El estudio de Figueira FR. (32) fue un ensayo cruzado aleatorizado en el que participaron 14 pacientes (5 hombres y 9 mujeres), donde se evaluó el efecto de una sola sesión de ejercicio aeróbico y combinado (aeróbico más resistencia, COMB) de 50 minutos cada una, en diferentes parámetros de la glucosa. No encontraron cambios significativos en varianza, desviación estándar ni coeficiente de variación en 24 h entre ejercicio aeróbico y combinado; sin embargo, observó una reducción significativa del coeficiente de variación posprandial y, mediante análisis simbólico, una menor fluctuación glucémica tras el ejercicio combinado.

Terada T. (40) evaluó a 10 participantes (2 mujeres y 8 hombres) en un ensayo cruzado con cinco condiciones de ejercicio en caminadora de 60 minutos. En la

condición control, el MAGE fue de 90.54 ± 37.8 mg/dL. El protocolo de HIIT en ayunas redujo el MAGE en -32.22 mg/dL, diferencia que resultó estadísticamente significativa en comparación con el control ($p < 0.01$). En contraste, el HIIT postprandial mostró una reducción de -4.68 mg/dL, sin alcanzar significación estadística frente al control. El MICT en estado de ayuno produjo una disminución de -27.72 mg/dL, la cual fue significativa ($p < 0.05$) frente al grupo control. Por su parte, el MICT posterior al desayuno redujo el MAGE en -17.64 mg/dL, sin diferencia significativa respecto al control. Además, el estudio reportó que el MAGE fue significativamente menor tras el ejercicio en ayunas (HIIT y MICT) en comparación con las condiciones postprandiales (HIIT y MICT) ($p < 0.05$).

Finalmente, Blankenship JM. (35), en un contexto de vida libre, realizó un ensayo cruzado aleatorizado en 30 adultos (16 mujeres y 14 hombres), en el que se compararon tres condiciones: caminata continua postdesayuno (20, 40 o 60 minutos), pausas activas postprandiales y control sedentario. El coeficiente de variación fue de $16.30 \pm 5.72\%$ en el grupo control, $18.32 \pm 9.98\%$ en el grupo de interrupciones del sedentarismo y $16.79 \pm 5.87\%$ en el grupo de caminata continua, sin observarse diferencias significativas entre las condiciones.

Ejercicio exclusivamente en la tarde:

En cuanto a los 4 estudios en los que el ejercicio fue realizado en la tarde, ninguno evaluó el desenlace de variabilidad de la glucosa.

10 Discusión

Está bien establecido que el ejercicio mejora el control glucémico en personas con DM2 (7). No obstante, existe una alta heterogeneidad en los desenlaces metabólicos reportados en la literatura. Un aspecto relevante por considerar es que la mayoría de los ensayos clínicos se han centrado en la modalidad o la intensidad del ejercicio,

mientras que rara vez han explorado su momento de realización (49). En los últimos años, sin embargo, ha surgido un creciente interés en determinar si la hora del día podría potenciar dichos beneficios. Aun así, la evidencia es controversial. En línea con lo reportado en la literatura reciente, Riddell et al. (50) señalan que, aunque algunos estudios muestran ventajas del ejercicio matutino en ayunas o del vespertino de mayor intensidad, los resultados siguen siendo heterogéneos y dependientes de factores individuales como el cronotipo.

Con el propósito de sintetizar la evidencia basada en ensayos clínicos controlados disponibles, se llevó a cabo una revisión sistemática y metaanálisis que incluyó 24 estudios (nueve ensayos clínicos aleatorizados y quince con diseño cruzado) con el fin de evaluar de manera más detallada el efecto del momento del día del ejercicio sobre parámetros de control glucémico en personas con DM2.

Al analizar el impacto del momento del día del ejercicio sobre la HbA1c, los estudios incluidos en esta revisión, centrados en intervenciones de ejercicio supervisado, muestran que tanto el ejercicio realizado en la mañana como en la tarde pueden favorecer la reducción de este parámetro en personas con DM2. Las diferencias observadas entre horarios son pequeñas y no alcanzan relevancia clínica, por lo que no es posible afirmar que un periodo específico del día confiera mayores beneficios sobre el control glucémico a largo plazo. En contraste, evidencia proveniente de contextos de ejercicio no supervisado, no incluida en esta revisión, aporta un matiz adicional. En el análisis longitudinal del estudio Look AHEAD (51), la mayor reducción de HbA1c se observó en los participantes que concentraron su actividad física en la tarde, con descensos un 30–50% superiores en comparación con otros horarios. Aunque esta diferencia fue modesta en términos absolutos (–0.20 a –0.29%; $P = 0.02$), sugiere que el momento del día podría desempeñar un papel modulador en el beneficio glucémico del ejercicio, independientemente del volumen y la intensidad de la actividad. De manera concordante, en un estudio observacional en adultos hispanos/latinos de los cuales el 85% tenía DM2 (52), el ejercicio habitual realizado predominantemente en horas tardías del día se asoció con valores más bajos de

HbA1c, particularmente en individuos más jóvenes y con sobrepeso. Mediante análisis de conglomerados, los autores identificaron que el mayor número de pasos y la mayor actividad moderada-vigorosa en la tarde se correlacionaron de forma inversa con la HbA1c, independientemente del volumen total de actividad. Estos hallazgos, en contextos de actividad no supervisada, respaldan la hipótesis de que el momento del día podría modular el beneficio glucémico del ejercicio, en concordancia con lo observado en el subestudio Look AHEAD. La diferencia entre los ensayos clínicos y los estudios observacionales puede atribuirse principalmente a diferencias metodológicas y contextuales. En los ensayos clínicos, el ejercicio supervisado y estandarizado, junto con la baja sensibilidad de la HbA1c para detectar cambios pequeños en intervenciones de corta duración, podría atenuar el efecto del momento del día. En contraste, los estudios observacionales reflejan patrones habituales de actividad física no supervisada, donde el ejercicio vespertino se integra a la vida diaria y coincide con periodos de mayor resistencia a la insulina y carga postprandial (53), permitiendo que el efecto modulador del *timing* sobre la HbA1c sea más evidente.

Respecto a la glucemia en ayunas, los estudios que compararon ejercicio en la mañana versus la tarde muestran resultados heterogéneos. Mientras Menek MY. (28) reporta beneficios al alinear la actividad con el cronotipo, Savikj M. (11) describe aumentos discretos de glucemia tras el HIIT matutino. Estas discrepancias se explican por diferencias en diseño, tipo y duración de las intervenciones, características de los participantes y tamaños de muestra reducidos. El metaanálisis (Fig. 3) no encontró diferencias significativas entre horarios, aunque se observó una ligera tendencia a favor del ejercicio combinado en la mañana. En los estudios exclusivamente matutinos, la mayoría evidenció mejoría o tendencia a la reducción de la glucemia en ayunas, sobre todo en programas de mayor frecuencia e intensidad, mientras que las intervenciones de bajo volumen no mostraron cambios. El metaanálisis (Fig. 4) comparando HIIT vs. MICT no halló diferencias significativas, lo que sugiere que el efecto depende más del volumen total y del estado de ayuno que del tipo de entrenamiento. En contraste, los estudios vespertinos no evidenciaron modificaciones relevantes en la glucemia en ayunas, ni en intervenciones agudas ni prolongadas. Este

resultado puede estar influido por factores como la cercanía de la cena, las variaciones circadianas de la sensibilidad a la insulina y el número limitado de ensayos disponibles. Por consiguiente, los resultados globales son heterogéneos y los metaanálisis no muestran diferencias significativas entre horarios ni entre modalidades como HIIT y MICT. En el análisis longitudinal de ejercicio no supervisado del estudio Look AHEAD (51) respalda estos hallazgos al no identificar diferencias en los cambios de glucosa en ayunas según el momento de la actividad física.

En cuanto a la insulina en ayunas, la evidencia sobre este desenlace es limitada, con solo tres estudios que compararon mañana versus tarde (11,14,48) y uno realizado exclusivamente en la mañana (43), la mayoría con muestras pequeñas. En general, el ejercicio regular contribuye a reducir la insulina en ayunas en personas con DM2, sin que el momento del día modifique de forma significativa este efecto. Teo SYM. (14) reportó descensos consistentes en ambos grupos, mientras que Savikj M. (11,48) observó incrementos numéricos sin diferencias estadísticas entre horarios.

Respecto al promedio de glucosa, solo dos estudios compararon el efecto del ejercicio en la mañana versus la tarde. Savikj M. (11) encontró que el ejercicio vespertino redujo significativamente la glucosa promedio en 24 horas, mientras que el matutino la incrementó, sugiriendo un posible beneficio metabólico de la tarde. En contraste, Munan M. (12) no reportó diferencias significativas, aunque un análisis secundario mostró un modesto efecto favorable del ejercicio antes de la cena. Estas discrepancias pueden deberse a diferencias metodológicas en duración, intensidad y tipo de ejercicio.

De forma concordante, un estudio retrospectivo de corta duración, excluido de esta revisión, que evaluó ejercicio aeróbico supervisado con monitoreo continuo de glucosa (54), mostró que el ejercicio realizado en la tarde se asoció con una reducción más temprana de la glucosa durante la sesión y con valores más bajos de glucosa promedio en horas clave de la tarde y la noche, en comparación con el ejercicio

matutino. Aunque no se observaron diferencias en el promedio diario de glucosa, el perfil glucémico fue más favorable con el ejercicio vespertino durante periodos de mayor carga metabólica. En conjunto, esta evidencia preliminar sugiere que el ejercicio realizado en la tarde, especialmente previo a la cena, podría ofrecer ventajas sobre el control del promedio de glucosa, si bien se requieren estudios más amplios y metodológicamente homogéneos para confirmar estos hallazgos.

Los efectos observados podrían explicarse por la interacción entre el ejercicio y los ritmos circadianos del metabolismo de la glucosa. El ejercicio vespertino coincide con periodos de mayor resistencia a la insulina y mayor carga postprandial (55), lo que podría amplificar su impacto sobre la reducción de la glucosa, particularmente en horas vespertinas y nocturnas (53). Asimismo, una menor activación de mecanismos contrarregulatorios y una mayor eficiencia metabólica muscular en la tarde podrían contribuir a un perfil glucémico más favorable, aun sin traducirse en cambios significativos en el promedio diario de glucosa en intervenciones de corta duración (56,57).

En relación a los estudios con ejercicio exclusivamente matutino que evaluaron el promedio de glucosa en 24 horas en la revisión sistemática, los resultados son heterogéneos. Protocolos de alta intensidad (REHIT y HIIT en ayunas) mostraron reducciones significativas del promedio de glucemia, mientras que las modalidades continuas moderadas o en estado postprandial no evidenciaron cambios. En los cuatro estudios exclusivamente vespertinos tampoco se reportó TIR.

Ninguno de los seis estudios que compararon ejercicio matutino vs. vespertino reportó TIR. La evidencia disponible sugiere que el ejercicio en la mañana puede mejorar este indicador, aunque los resultados son heterogéneos y dependen del tipo e intensidad de la actividad. Protocolos de resistencia moderada (33,41) muestran beneficios consistentes y significativos, mientras que la caminata postprandial (35) o intervenciones de mayor intensidad (40) presentan efectos más variables, en

ocasiones no significativos. Esto indica que la efectividad del ejercicio matutino podría estar influenciada por la carga de entrenamiento y el estado nutricional previo.

Ninguno de los seis estudios que compararon ejercicio matutino vs. vespertino evaluó el tiempo por encima del rango (TAR). En los estudios exclusivamente matutinos, los resultados fueron heterogéneos: algunas intervenciones agudas de ejercicio aeróbico continuo o interválico de moderada a alta intensidad redujeron significativamente el tiempo en hiperglucemia (ej. Van Dijk JW. (31,41), Metcalfe RS. (29)), mientras que otros (Figueira FR. (32), Blankenship JM. (35)) no mostraron cambios relevantes. En Cruz LCTAD. (36) los beneficios se observaron solo con resistencia al 40% de 1RM, y en Terada T. (40) únicamente con HIIT en ayunas. Estos hallazgos indican que la respuesta depende de la intensidad, el estado nutricional y las características de la población. El metaanálisis con los estudios de Blankenship JM. (35) y Van Dijk JW. (41) (MICT matutino vs. control) no mostró efecto significativo y tuvo heterogeneidad muy alta, lo que refleja gran variabilidad metodológica y limita la certeza de la evidencia. En conjunto, aunque algunos trabajos sugieren beneficios del ejercicio matutino, los resultados son inconsistentes y no permiten conclusiones firmes.

Ninguno de los seis estudios que compararon ejercicio matutino vs. vespertino evaluó el tiempo por debajo del rango (TBR). La evidencia disponible (33,35,36,40,41) indica que el ejercicio en la mañana, en distintas modalidades e intensidades, no aumenta significativamente el riesgo de hipoglucemia en personas con DM2, incluso en ayuno o bajo tratamiento con insulina. La mayoría de los estudios reportó valores de TBR cercanos a cero o sin diferencias frente a control, lo que respalda un perfil de seguridad favorable. El metaanálisis que comparó MICT matutino frente a control (Fig. 9) no mostró diferencias entre los grupos evaluados. En los estudios vespertinos tampoco se reportó TBR.

Ninguno de los seis estudios que compararon ejercicio matutino vs. vespertino evaluó la variabilidad de la glucosa. Los estudios exclusivamente matutinos muestran

resultados heterogéneos; en la mayoría de las intervenciones agudas (aeróbicas, HIIT o combinadas) no se observaron cambios significativos en indicadores clásicos de variabilidad (MAGE, rango glucémico, CONGA, SD de 24 h, coeficiente de variación). No obstante, algunos hallazgos sugieren beneficios bajo condiciones específicas. Terada et al. (38) reportaron reducciones significativas del MAGE tras ejercicio en ayunas, tanto con HIIT como con MICT, mientras que Figueira FR. (32) halló disminución de la variabilidad glucémica mediante análisis simbólico en ejercicio combinado, aun sin cambios en métodos convencionales. En contraste, Metcalfe RS. (29) y Blankenship JM. (35) no encontraron diferencias respecto al control. De manera complementaria, aunque no incluido en esta revisión, un estudio retrospectivo de corta duración que comparó ejercicio aeróbico supervisado realizado en la mañana versus la tarde (54), con monitoreo continuo de glucosa, no mostró diferencias significativas en el coeficiente de variación global entre ambos horarios. Sin embargo, el ejercicio realizado en la tarde se asoció con un perfil glucémico más estable durante las horas vespertinas y nocturnas, caracterizado por menores excursiones glucémicas en periodos de mayor carga metabólica. Estos resultados sugieren que el posible efecto del momento del día sobre la variabilidad glucémica podría manifestarse de forma localizada en franjas horarias específicas, más que como un cambio global en los índices tradicionales, lo que podría explicar la heterogeneidad observada en la literatura.

En conjunto, la evidencia experimental que existe a la fecha, no confirma que el horario, por sí solo, modifique la respuesta glucémica en personas con DM2, lo que sugiere que otros factores (intensidad, adherencia, condición metabólica basal) podrían tener un peso mayor.

En cuanto a las limitaciones de esta revisión sistemática y metaanálisis, la mayoría de los estudios se han realizado en la mañana, con muy pocos que comparen directamente el ejercicio matutino y vespertino o que evalúen intervenciones en la tarde. En general, presentan limitaciones metodológicas importantes: muestras pequeñas que reducen la potencia estadística, seguimientos cortos que impiden

evaluar efectos sostenidos (p. ej., sobre HbA1c) y gran heterogeneidad en protocolos (intensidad, modalidad, diseño), lo que limita la comparabilidad. Además, varios ensayos no reportaron la distribución por sexo, lo que impide analizar posibles diferencias biológicas; existe riesgo de sesgo de publicación y variabilidad en los dispositivos de MCG empleados, que no siempre miden las mismas métricas.

Una limitación adicional fue la exclusión de estudios publicados en idiomas distintos del inglés y el español. Aunque esta decisión respondió a la disponibilidad lingüística del equipo investigador, podría introducir sesgo de selección, ya que incluso un solo ensayo clínico con mayor tamaño muestral o resultados robustos podría modificar la interpretación global del efecto. Finalmente, la escasa representación de mujeres, adultos mayores y poblaciones no caucásicas restringe la generalización de los hallazgos y subraya la necesidad de investigaciones más inclusivas y culturalmente diversas.

11 Conclusiones

En general, a partir del análisis de la evidencia disponible, se puede concluir que no existe una ventaja estadística clara entre el ejercicio matutino y vespertino para la mayoría de los desenlaces de control glucémico. Más que priorizar una franja horaria universal, los hallazgos sugieren que la prescripción personalizada del ejercicio, adaptada a las preferencias y posibilidades del paciente, podría favorecer la adherencia y potenciar los beneficios metabólicos a largo plazo.

12 Recomendaciones para investigaciones futuras

Las limitaciones metodológicas identificadas en los estudios actuales –incluyendo tamaños muestrales reducidos, heterogeneidad en los protocolos de ejercicio, duraciones cortas de intervención y ausencia de cegamiento inherente a las

intervenciones conductuales– destacan la necesidad de ensayos clínicos aleatorizados más robustos, con mayor duración y protocolos estandarizados.

Asimismo, con el creciente uso del monitoreo continuo de glucosa (MCG), se requieren investigaciones que evalúen de forma sistemática métricas como tiempo en rango (TIR), tiempo por encima (TAR) y por debajo del rango (TBR), así como la variabilidad glucémica, para comprender mejor tanto las respuestas agudas como las adaptaciones crónicas del ejercicio según la hora del día. Estudios diseñados específicamente para comparar de manera directa diferentes ventanas horarias, con análisis por sexo, cronotipo, estado hormonal y uso concomitante de medicamentos, permitirán avanzar hacia una prescripción verdaderamente personalizada del ejercicio en la DM2.

13 Referencias

1. International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas. 11th ed [Internet]. Brussels: International Diabetes Federation; 2025; 2025 [cited 2025 Aug 14]. Available from: <https://diabetesatlas.org/atlas/>
2. Aschner P. Epidemiology of diabetes in Colombia. Vol. 26, Av Diabetol. 2010.
3. World Health Organization. Global Report on Diabetes [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2016 [cited 2025 Aug 14]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565257>
4. Davies MJ, Aroda VR, Collins BS, Gabbay RA, Green J, Maruthur NM, et al. Management of Hyperglycemia in Type 2 Diabetes, 2022. A Consensus Report by the American Diabetes Association (ADA) and the European Association for the Study of Diabetes (EASD). *Diabetes Care*. 2022 Nov 1;45(11):2753–86.
5. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary

- behaviour. Vol. 54, *British Journal of Sports Medicine*. BMJ Publishing Group; 2020. p. 1451–62.
6. American Diabetes Association Professional Practice Committee. Glycemic goals and hypoglycemia: Standards of care in diabetes—2025. *Diabetes Care*. 2025 Jan 1;48:S128–45.
 7. Kanaley JA, Colberg SR, Corcoran MH, Malin SK, Rodriguez NR, Crespo CJ, et al. Exercise/Physical Activity in Individuals with Type 2 Diabetes: A Consensus Statement from the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc*. 2022 Feb 1;54(2):353–68.
 8. Umpierre D, Ribeiro PAB, Kramer CK, Leitão CB, Zucatti ATN, Azevedo MJ, et al. Physical Activity Advice Only or Structured Exercise Training and Association With HbA 1c Levels in Type 2 Diabetes A Systematic Review and Meta-analysis [Internet]. Vol. 305, *JAMA*. 2011. Available from: www.jama.com
 9. Snowling NJ, Hopkins WG. Effects of different modes of exercise training on glucose control and risk factors for complications in type 2 diabetic patients: A meta-analysis. *Diabetes Care*. 2006 Nov;29(11):2518–27.
 10. Jelleyman C, Yates T, O’Donovan G, Gray LJ, King JA, Khunti K, et al. The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: A meta-analysis. Vol. 16, *Obesity Reviews*. 2015. p. 942–61.
 11. Savikj M, Gabriel BM, Alm PS, Smith J, Caidahl K, Björnholm M, et al. Afternoon exercise is more efficacious than morning exercise at improving blood glucose levels in individuals with type 2 diabetes: a randomised crossover trial. *Diabetologia*. 2019 Feb 1;62(2):233–7.
 12. Munan M, Dyck RA, Houlder S, Yardley JE, Prado CM, Snydermiller G, et al. Does Exercise Timing Affect 24-Hour Glucose Concentrations in Adults With Type 2 Diabetes? A Follow Up to the Exercise-Physical Activity and Diabetes Glucose Monitoring Study. *Can J Diabetes*. 2020 Dec 1;44(8):711-718.e1.
 13. Mancilla R, Brouwers B, Schrauwen-Hinderling VB, Hesselink MKC, Hoeks J, Schrauwen P. Exercise training elicits superior metabolic effects when

- performed in the afternoon compared to morning in metabolically compromised humans. *Physiol Rep*. 2021 Jan 1;8(24).
14. Teo SYM, Kanaley JA, Guelfi KJ, Marston KJ, Fairchild TJ. The Effect of Exercise Timing on Glycemic Control: A Randomized Clinical Trial. *Med Sci Sports Exerc*. 2020 Feb 1;52(2):323–34.
 15. Santos AC, Willumsen J, Meheus F, Ilbawi A, Bull FC. The cost of inaction on physical inactivity to public health-care systems: a population-attributable fraction analysis. *Lancet Glob Health*. 2023 Jan 1;11(1):e32–9.
 16. Vilafranca-Cartagena M, Bonet-Augè A, Colillas-Malet E, Puiggrós-Binefa A, Tort-Nasarre G. Physical Activity Interventions in People with Diabetes: A Systematic Review of The Qualitative Evidence. Vol. 12, *Healthcare (Switzerland)*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2024.
 17. Siscovick DS, Laporte RE, Newman J, Health ; Iverson DC, Fielding JE. Physical Activity, Exercise, and Physical Fitness: Definitions and Distinctions for Health-Related Research Synopsis. Vol. 100, *Public Health Rep*. 1985.
 18. J Xiao. Physical Exercise for Human Health [Internet]. Lee Z and JL and BC, editor. Vol. AEMB, volume 1228. Singapore: Springer Nature; 2020. Available from: <http://www.springer.com/series/5584>
 19. Mannucci E, Bonifazi A, Monami M. Comparison between different types of exercise training in patients with type 2 diabetes mellitus: A systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2021 Jun 30;31(7):1985–92.
 20. Pan B, Ge L, Xun Y qin, Chen Y jing, Gao C yun, Han X, et al. Exercise training modalities in patients with type 2 diabetes mellitus: A systematic review and network meta-analysis. Vol. 15, *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. BioMed Central Ltd.; 2018.
 21. Munan M, Oliveira CLP, Marcotte-Chénard A, Rees JL, Prado CM, Riesco E, et al. Acute and Chronic Effects of Exercise on Continuous Glucose Monitoring Outcomes in Type 2 Diabetes: A Meta-Analysis. Vol. 11, *Frontiers in Endocrinology*. Frontiers Media S.A.; 2020.

22. Moher D, Shamseer L, Clarke M, Ghersi D, Liberati A, Petticrew M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Revista Espanola de Nutricion Humana y Dietetica*. 2016;20(2):148–60.
23. Sterne JAC, Savović J, Page MJ, Elbers RG, Blencowe NS, Boutron I, et al. RoB 2: A revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *The BMJ*. 2019;366.
24. Ashkan Beheshti. Shiny Apps; 2018. 2018 [cited 2025 Aug 29]. Meta-Mar meta-analysis calculator [Internet]. Available from: <https://meta-mar.shinyapps.io/meta-analysis-calculator/>
25. Ministerio de Salud de Colombia. Resolución 8430 de 1993, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Bogotá: Ministerio de Salud. 1993.
26. World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*. 2013;310(20). 2013. p. 2191–4.
27. World Health Organization. Handbook for good clinical research practice (GCP): guidance for implementation. Geneva: WHO; 2002. 2002.
28. Menek MY, Budak M. Effect of exercises according to the circadian rhythm in type 2 diabetes: Parallel-group, single-blind, crossover study. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2022 Jul 1;32(7):1742–52.
29. Metcalfe RS, Fitzpatrick B, Fitzpatrick S, McDermott G, Brick N, McClean C, et al. Extremely short duration interval exercise improves 24-h glycaemia in men with type 2 diabetes. *Eur J Appl Physiol*. 2018 Dec 1;118(12):2551–62.
30. Oberlin DJ, Mikus CR, Kearney ML, Hinton PS, Manrique C, Leidy HJ, et al. One bout of exercise alters free-living postprandial glycemia in type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc*. 2014 Feb;46(2):232–8.
31. Van Dijk JW, Venema M, Van Mechelen W, Stehouwer CDA, Hartgens F, Van Loon LJC. Effect of moderate-intensity exercise versus activities of daily living on 24-hour blood glucose homeostasis in male patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2013 Nov;36(11):3448–53.

32. Figueira FR, Umpierre D, Casali KR, Tetelbom PS, Henn NT, Ribeiro JP, et al. Aerobic and Combined Exercise Sessions Reduce Glucose Variability in Type 2 Diabetes: Crossover Randomized Trial. *PLoS One*. 2013 Mar 11;8(3).
33. Van Dijk JW, Tummers K, Stehouwer CDA, Hartgens F, Van Loon LJC. Exercise therapy in type 2 diabetes: Is daily exercise required to optimize glycemic control? *Diabetes Care*. 2012 May;35(5):948–54.
34. Rees JL, Chang CR, François ME, Marcotte-Chénard A, Fontvieille A, Klapat ND, et al. Minimal effect of walking before dinner on glycemic responses in type 2 diabetes: outcomes from the multi-site E-PARA DiGM study. *Acta Diabetol*. 2019 Jul 1;56(7):755–65.
35. Blankenship JM, Chipkin SR, Freedson PS, Staudenmayer J, Lyden K, Braun B. Managing free-living hyperglycemia with exercise or interrupted sitting in type 2 diabetes. *J Appl Physiol* [Internet]. 2019;126:616–25. Available from: <http://www.jappp.org>
36. Loumai L, Carvalho L, Cruz DA, Teixeira-Araujo AA, Andrade KTP, Camila T, et al. LOW-INTENSITY RESISTANCE EXERCISE REDUCES HYPERGLYCEMIA AND ENHANCES GLUCOSE CONTROL OVER A 24-HOUR PERIOD IN WOMEN WITH TYPE 2 DIABETES. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2018; Available from: www.nscs.com
37. Asano RY, Browne RAV, Sales MM, Arsa G, Moraes JFVN, Coelho-Júnior HJ, et al. Bradykinin, insulin, and glycemia responses to exercise performed above and below lactate threshold in individuals with type 2 diabetes. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2017;50(11).
38. Maillard F, Rousset S, Pereira B, Traore A, de Pradel Del Amaze P, Boirie Y, et al. High-intensity interval training reduces abdominal fat mass in postmenopausal women with type 2 diabetes. *Diabetes Metab*. 2016 Dec 1;42(6):433–41.
39. Alvarez C, Ramirez-Campillo R, Martinez-Salazar C, Mancilla R, Flores-Opazo M, Cano-Montoya J, et al. Low-Volume High-Intensity Interval Training as a Therapy for Type 2 Diabetes. *Int J Sports Med*. 2016 Aug 1;37(9):723–9.

40. Terada T, Wilson BJ, Myette-Côté E, Kuzik N, Bell GJ, McCargar LJ, et al. Targeting specific interstitial glyceic parameters with high-intensity interval exercise and fasted-state exercise in type 2 diabetes. *Metabolism*. 2016 May 1;65(5):599–608.
41. Van Dijk JW, Manders RJF, Canfora EE, Van Mechelen W, Hartgens F, Stehouwer CDA, et al. Exercise and 24-h glyceic control: Equal effects for all type 2 diabetes patients? *Med Sci Sports Exerc*. 2013;45(4):628–35.
42. Bacchi E, Negri C, Trombetta M, Zanolin ME, Lanza M, Bonora E, et al. Differences in the Acute Effects of Aerobic and Resistance Exercise in Subjects with Type 2 Diabetes: Results from the RAED2 Randomized Trial. *PLoS One*. 2012 Dec 5;7(12).
43. Dunstan DW, Vulikh E, Owen N, Jolley D, Shaw J, Zimmet P. Community center-based resistance training for the maintenance of glyceic control in adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2006 Dec;29(12):2586–91.
44. Martins Vancea DM, Nelson Vancea J, Fernandes Pires MI, Reis MA, Moura RB, Dib SA. Effect of Frequency of Physical Exercise on Glyceic Control and Body Composition in Type 2 Diabetic Patients. *Arch Intern Med*. 2009 Jan;23–30.
45. Gentil P, Silva LRB e., Antunes DE, Carneiro LB, de Lira CAB, Batista G, et al. The effects of three different low-volume aerobic training protocols on cardiometabolic parameters of type 2 diabetes patients: A randomized clinical trial. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2023 Jan 23;14.
46. Jusup SA, Douwes M, Purwanto B, Indarto D. Effect of Morning and Afternoon Exercise on the Improvement of Endothelial Dysfunction in Type-2 Diabetes Mellitus Patients. *Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences*. 2024 Mar 1;20(2):168–74.
47. Viana AA, Fernandes B, Alvarez C, Guimarães GV, Ciolac EG. Prescribing high-intensity interval exercise by rpe in individuals with type 2 diabetes: Metabolic and hemodynamic responses. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*. 2019;44(4):348–56.

48. Savikj M, Stocks B, Sato S, Caidahl K, Krook A, Deshmukh AS, et al. Exercise timing influences multi-tissue metabolome and skeletal muscle proteome profiles in type 2 diabetic patients – A randomized crossover trial. *Metabolism*. 2022 Oct 1;135.
49. Chacko E. Timing, intensity and frequency of exercise for glucose control. Vol. 54, *Acta Diabetologica*. Springer-Verlag Italia s.r.l.; 2017. p. 103–4.
50. Riddell MC, Turner L V., Patton SR. Is there an optimal time of day for exercise? A commentary on when to exercise for people living with type 1 or type 2 diabetes. *Diabetes Spectrum*. 2023 Mar 1;36(2):146–50.
51. Qian J, Xiao Q, Walkup MP, Coday M, Erickson ML, Unick J, et al. Association of timing of moderate-to-vigorous physical activity with changes in glycemic control over 4 years in adults with type 2 diabetes from the look AHEAD trial. *Diabetes Care*. 2023 Jul 1;46(7):1417–24.
52. Kerr D, Abbasi M, Bevier W, Glantz N, Larez A, Sabharwal A. Patterns of Timing and Intensity of Physical Activity and HbA1c Levels in Hispanic/Latino Adults With or at Risk of Type 2 Diabetes. *J Diabetes Sci Technol*. 2024 Jan 1;18(1):106–12.
53. Mancilla R, Krook A, Schrauwen P, Hesselink MKC. Diurnal Regulation of Peripheral Glucose Metabolism: Potential Effects of Exercise Timing. Vol. 28, *Obesity*. Blackwell Publishing Inc.; 2020. p. S38–45.
54. Niu W chang, Liu C, Liu K, Fang W jing, Liu X qian, Liang X li, et al. The effect of different times of day for exercise on blood glucose fluctuations. *Prim Care Diabetes*. 2024 Aug 1;18(4):427–34.
55. Knutson KL, Dixon DD, Grandner MA, Jackson CL, Kline CE, Maher L, et al. Role of Circadian Health in Cardiometabolic Health and Disease Risk: A Scientific Statement From the American Heart Association. Vol. 152, *Circulation*. 2025. p. e408–19.
56. Keller MJ, Brady AJ, Smith JAB, Savikj M, MacGregor K, Jollet M, et al. Inflammatory markers and blood glucose are higher after morning vs afternoon exercise in type 2 diabetes. *Diabetologia*. 2025 Sep 1;68(9):2023–35.

			<p>2[Title])) OR (Diabetes Mellitus, Adult-Onset[Title])) OR (Adult-Onset Diabetes Mellitus[Title])) OR (Diabetes Mellitus, Adult Onset[Title])) AND</p> <p>((((((((Exercise[Title/Abstract]) OR (Exercises[Title/Abstract])) OR (Physical Activity[Title/Abstract])) OR (Activities, Physical[Title/Abstract])) OR (Activity, Physical[Title/Abstract])) OR (Physical Activities[Title/Abstract])) OR (Exercise, Physical[Title/Abstract])) OR (Exercises, Physical[Title/Abstract])) OR (Physical Exercise[Title/Abstract])) OR (Physical Exercises[Title/Abstract])) OR (Acute Exercise[Title/Abstract])) OR (Acute Exercises[Title/Abstract])) OR (Exercise, Acute[Title/Abstract])) OR (Exercises, Acute[Title/Abstract])) OR (Exercise, Isometric[Title/Abstract])) OR (Exercises, Isometric[Title/Abstract])) OR (Isometric Exercises[Title/Abstract])) OR (Isometric Exercise[Title/Abstract])) OR (Exercise, Aerobic[Title/Abstract])) OR (Aerobic Exercise[Title/Abstract])) OR (Aerobic Exercises[Title/Abstract])) OR (Exercises, Aerobic[Title/Abstract])) OR (Exercise Training[Title/Abstract])) OR (Exercise Trainings[Title/Abstract])) OR (Training, Exercise[Title/Abstract])) OR (Trainings, Exercise[Title/Abstract])) AND (((((Time) OR (timing exercise)) OR (Circadian Rhythm)) OR (Circadian Rhythms)) OR (Rhythm, Circadian))</p>	
<p>PubMed algoritmo # 2</p>	28/11/2023	<p>English, Spanish; Humans; Adults</p>	<p>((((((((Diabetes mellitus, type 2[Title]) OR (Diabetes Mellitus, Noninsulin-Dependent[Title])) OR (Diabetes Mellitus, Non Insulin Dependent[Title])) OR (Diabetes Mellitus, Non-Insulin-Dependent[Title])) OR (Non-Insulin-Dependent Diabetes Mellitus[Title])) OR (Diabetes Mellitus, Type II[Title])) OR (NIDDM[Title])) OR (Diabetes Mellitus, Noninsulin Dependent[Title])) OR (Type 2 Diabetes Mellitus[Title])) OR (Noninsulin-Dependent Diabetes Mellitus[Title])) OR (Noninsulin Dependent Diabetes Mellitus[Title])) OR (Type 2 Diabetes[Title])) OR (Diabetes, Type 2[Title])) AND</p> <p>((((((((Exercise[Title/Abstract]) OR (Exercises[Title/Abstract])) OR (Physical Activity[Title/Abstract])) OR (Activities, Physical[Title/Abstract])) OR (Activity, Physical[Title/Abstract])) OR (Physical Activities[Title/Abstract])) OR (Exercise, Physical[Title/Abstract])) OR (Exercises, Physical[Title/Abstract])) OR (Physical Exercise[Title/Abstract])) OR (Physical Exercises[Title/Abstract])) OR (Acute Exercise[Title/Abstract])) OR (Acute Exercises[Title/Abstract])) OR (Exercise, Acute[Title/Abstract])) OR (Exercises, Acute[Title/Abstract])) OR (Exercise, Isometric[Title/Abstract])) OR (Exercises, Isometric[Title/Abstract])) OR (Isometric Exercises[Title/Abstract])) OR (Isometric Exercise[Title/Abstract])) OR (Exercise, Aerobic[Title/Abstract])) OR (Aerobic Exercise[Title/Abstract])) OR (Aerobic Exercises[Title/Abstract])) OR (Exercises, Aerobic[Title/Abstract])) OR (Exercise</p>	122,159

			Training[Title/Abstract])) OR (Exercise Trainings[Title/Abstract])) OR (Training, Exercise[Title/Abstract])) OR (Trainings, Exercise[Title/Abstract])) AND ((timing exercise) OR (Circadian Rhythm) OR (Circadian Rhythms)) OR (Rhythm, Circadian) OR (Rhythms, Circadian) OR (Chronobiology Phenomena))	
PubMed algoritmo # 3	02/04/2024	English, Spanish; Humans; Adults	<p>(((((Diabetes mellitus, type 2[Title]) OR (Diabetes Mellitus, Noninsulin-Dependent[Title])) OR (Diabetes Mellitus, Non Insulin Dependent[Title])) OR (Diabetes Mellitus, Non-Insulin-Dependent[Title])) OR (Non-Insulin-Dependent Diabetes Mellitus[Title])) OR (Diabetes Mellitus, Type II[Title])) OR (NIDDM[Title])) OR (Diabetes Mellitus, Noninsulin Dependent[Title])) OR (Type 2 Diabetes Mellitus[Title])) OR (Noninsulin-Dependent Diabetes Mellitus[Title])) OR (Noninsulin Dependent Diabetes Mellitus[Title])) OR (Type 2 Diabetes[Title])) OR (Diabetes, Type 2[Title])) AND</p> <p>(((((Exercise[Title/Abstract]) OR (Exercises[Title/Abstract])) OR (Physical Activity[Title/Abstract])) OR (Activities, Physical[Title/Abstract])) OR (Activity, Physical[Title/Abstract])) OR (Physical Activities[Title/Abstract])) OR (Exercise, Physical[Title/Abstract])) OR (Exercises, Physical[Title/Abstract])) OR (Physical Exercise[Title/Abstract])) OR (Physical Exercises[Title/Abstract])) OR (Acute Exercise[Title/Abstract])) OR (Acute Exercises[Title/Abstract])) OR (Exercise, Acute[Title/Abstract])) OR (Exercises, Acute[Title/Abstract])) OR (Exercise, Isometric[Title/Abstract])) OR (Exercises, Isometric[Title/Abstract])) OR (Isometric Exercise[Title/Abstract])) OR (Exercise, Aerobic[Title/Abstract])) OR (Aerobic Exercise[Title/Abstract])) OR (Exercises, Aerobic[Title/Abstract])) OR (Exercise Training[Title/Abstract])) OR (Exercise Trainings[Title/Abstract])) OR (Training, Exercise[Title/Abstract])) OR (Trainings, Exercise[Title/Abstract])) AND (((((Time) OR (timing exercise)) OR (Circadian Rhythm)) OR (Circadian Rhythms)) OR (Rhythm, Circadian) OR (Rhythms, Circadian) OR (Chronobiology Phenomena)) Sort by: Most Recent</p>	1471
Scopus algoritmo # 1	20/11/2023	English, Spanish; Articles; Peer-reviewed	(TITLE (" OR Diabetes mellitus, type 2" OR "Diabetes Mellitus, Noninsulin-Dependent" OR "Diabetes Mellitus, Ketosis-Resistant"QR "Diabetes Mellitus, Ketosis Resistant" OR "Ketosis-Resistant Diabetes Mellitus" OR "Diabetes Mellitus, Non Insulin Dependent"OR "Diabetes Mellitus, Non-Insulin-Dependent" OR "Non-Insulin-Dependent Diabetes Mellitus" OR "Diabetes Mellitus, Stable" OR "Stable Diabetes Mellitus" OR "Diabetes Mellitus, Type I" OR "NIDDM" OR "Diabetes Mellitus, Noninsulin Dependent" OR "Type 2 Diabetes Mellitus" OR "Noninsulin-Dependent Diabetes Mellitus" OR "Noninsulin Dependent Diabetes Mellitus" OR "Type 2 Diabetes" OR	4,214

			"Diabetes, Type 2") AND TITLE-ABS-KEY ("Exercise" OR "Exercises" OR "Physical Activity" OR "Activities, Physical" OR "Activity, Physical" OR "Physical Activities" OR "Exercise, Physical" OR "Exercises Physical" OR "Physical Exercise" OR "Physical Exercises" OR "Acute Exercise" OR "Acute Exercises" OR "Exercise, Acute" OR "Exercises, Acute" OR "Exercise, Isometric" OR "Exercises, Isometric" OR "Isometric Exercises" OR "Isometric Exercise" OR "Exercise, Aerobic" OR "Aerobic Exercise" OR "Aerobic Exercises" OR "Exercises, Aerobic" OR "Exercise Training" OR "Exercise Trainings" OR "Training, Exercise" OR "Trainings, Exercise") AND ALL ("time" OR "timing exercise" OR "Circadian Rhythm" OR "Circadian Rhythms" OR "Rhythm, Circadian" OR "Rhythms, Circadian" OR "Chronobiology Phenomena"))	
Scopus algoritmo # 2	02/04/24	English, Spanish; Articles; Peer-reviewed	(TITLE (" OR Diabetes mellitus, type 2" OR "Diabetes Mellitus, Noninsulin-Dependent" OR "Diabetes Mellitus, Non Insulin Dependent" OR "Diabetes Mellitus, Non-Insulin-Dependent" OR "Non-Insulin-Dependent Diabetes Mellitus" OR "Diabetes Mellitus, Type II" OR "NIDDM" OR "Diabetes Mell-itus, Noninsulin Dependent" OR " 2 Diabetes Mellitus" OR "Noninsulin-Dependent Diabetes Mellitus" OR "Diabetes, Type 2") AND (TITLE-ABS-KEY ("Exercise" OR "Physical Activity" OR "Activities, Physical" OR "Activity, Physical" OR "Physical Activities" OR "Exercise, Physical" OR "Physical Exercise" OR "Exercise" OR "Physical Exercises" OR "Acute Exercise" OR "Physical Exercise" OR "Physical Exercises" OR "Isometric Acute" OR "Isometric Isometric" OR "Exercise, Aerobic" OR "Acrobic Exercise" OR "Exercises, Acute" OR "Iso-metric Exercises Exercise" OR "Training, Exercise" OR "Training, Exercise" OR "Rhythms, Circadian" OR "Circadian Rhythms" OR "1 Circadian" OR "Rhythms, Circadian" OR "Chronobiology Phenomena"))	132
Ovid Multicampo algoritmo # 1	25/11/2023	English, Spanish; Humans; Adults	("Exercise" or "Exercises" or "Physical Activity" or "Activities, Physical" or "Activity, Physical" or "Physical Activities" or "Exercise, Physical" or "Exercises, Physical" or "Physical Exercise" or "Physical Exercises" or "Acute Exercise" or "Acute ExercisesOR Exercise, Acute" or "Exercises, Acute" or "Exercise, Isometric" or "Exercises, Isometric" or "Isometric Exercises" or "Isometric Exercise" or "Exercise, Aerobic" or "Aerobic Exercise" or "Aerobic Exercises" or "Exercises, Aerobic" or "Exercise Training" or "Exercise Trainings" or "Training, Exercise" or "Trainings, Exercise").ti. AND" OR Diabetes mellitus, type 2" or "Diabetes Mellitus, Noninsulin-Dependent" or "Diabetes Mellitus, Non Insulin Dependent" or "Diabetes Mellitus, Non-Insulin-Dependent" or "Non-Insulin-Dependent Diabetes Mellitus" or "Diabetes Mellitus, Type II" or "NIDDM" or	5

			"Diabetes Mellitus, Noninsulin Dependent" or "Type 2 Diabetes Mellitus" or "Noninsulin-Dependent Diabetes Mellitus" or "Noninsulin Dependent Diabetes Mellitus" or "Type 2 Diabetes" or "Diabetes, Type 2").ti. AND ("timing exercise" or "Circadian Rhythm" or "Circadian Rhythms" or "Rhythm, Circadian" or "Rhythms, Circadian" or "Chronobiology Phenomena").ab	
Ovid Multicampo algoritmo # 2	25/11/2024	English, Spanish; Humans; Adults	"timing exercise" AND("Exercise or Exercises" or "Physical Activity" or "Activities, Physical" or "Activity, Physical" or "Physical Activities" or "Exercise, Physical" or "Exercises, Physical" or "Physical Exercise" or "Physical Exercises" or "Acute Exercise" or "Acute Exercises OR Exercise, Acute" or "Exercises, Acute" or "Exercise, Isometric" or "Exercises, Isometric" or "Isometric Exercises" or "Isometric Exercise" or "Exercise, Aerobic" or "Aerobic Exercise" or "Aerobic Exercises" or "Exercises, Aerobic" or "Exercise Training" or "Exercise Trainings" or "Training, Exercise" or "Trainings, Exercise" AND "Diabetes mellitus, type 2" or "Diabetes Mellitus, Noninsulin-Dependent" or "Diabetes Mellitus, Non Insulin Dependent" or "Diabetes Mellitus, Non-Insulin-Dependent" or "Non-Insulin-Dependent Diabetes Mellitus" or "Diabetes Mellitus, Type II" or "NIDDM" or "Diabetes Mellitus, Noninsulin Dependent" or "Type 2 Diabetes Mellitus" or "Noninsulin-Dependent Diabetes Mellitus" or "Noninsulin Dependent Diabetes Mellitus" or "Type 2 Diabetes" or "Diabetes, Type 2"	1
Ovid Multicampo algoritmo # 3	02/04/2024	English, Spanish; Humans; Adults	("Diabetes mellitus, type 2" or "Diabetes Mellitus, Noninsulin-Dependent" or "Diabetes Mellitus, Non Insulin Dependent" or "Diabetes Mellitus, Non-Insulin-Dependent" or "Non-Insulin-Dependent Diabetes Mellitus" or "Diabetes Mellitus, Type II" or "NIDDM" or "Diabetes Mellitus, Noninsulin Dependent" or "Type 2 Diabetes Mellitus" or "Noninsulin-Dependent Diabetes Mellitus" or "Noninsulin Dependent Diabetes Mellitus" or "Type 2 Diabetes" or "Diabetes, Type 2").ti. AND ("Exercise" or "Exercises" or "Physical Activity" or "Activities, Physical" or "Activity, Physical" or "Physical Activities" or "Exercise, Physical" or "Exercises, Physical" or "Physical Exercise" or "Physical Exercises" or "Acute Exercise" or "Acute Exercises OR Exercise, Acute" or "Exercises, Acute" or "Exercise, Isometric" or "Exercises, Isometric" or "Isometric Exercises" or "Isometric Exercise" or "Exercise, Aerobic" or "Aerobic Exercise" or "Aerobic Exercises" or "Exercises, Aerobic" or "Exercise Training" or "Exercise Trainings" or "Training, Exercise" or "Trainings, Exercise").ti. AND ("time" or "timing exercise" or "Circadian Rhythm" or "Circadian Rhythms" or "Rhythm, Circadian" or "Rhythms, Circadian OR Chronobiology Phenomena").af.	540
LILACS algoritmo # 1	28/11/2023	Portugues, English, Spanish	("Diabetes mellitus, type 2" or "Diabetes Mellitus, Noninsulin-Dependent" or "Diabetes Mellitus, Non Insulin Dependent" or "Diabetes Mellitus, Non-Insulin-Dependent" or "Non-Insulin-	0

		(pero solo se incluyó EN/ES a posteriori)	Dependent Diabetes Mellitus" or "Diabetes Mellitus, Type II" or "NIDDM" or "Diabetes Mellitus, Noninsulin Dependent" or "Type 2 Diabetes Mellitus" or "Noninsulin-Dependent Diabetes Mellitus" or "Noninsulin Dependent Diabetes Mellitus" or "Type 2 Diabetes" or "Diabetes, Type 2") AND ("Exercise" or "Exercises" or "Physical Activity" or "Activities, Physical" or "Activity, Physical" or "Physical Activities" or "Exercise, Physical" or "Exercises, Physical" or "Physical Exercise" or "Physical Exercises" or "Acute Exercise" or "Acute ExercisesOR Exercise, Acute" or "Exercises, Acute" or "Exercise, Isometric" or "Exercises, Isometric" or "Isometric Exercises" or "Isometric Exercise" or "Exercise, Aerobic" or "Aerobic Exercise" or "Aerobic Exercises" or "Exercises, Aerobic" or "Exercise Training" or "Exercise Trainings" or "Training, Exercise" or "Trainings, Exercise") AND ("timing exercise" or "Circadian Rhythm" or "Circadian Rhythms" or "Rhythm, Circadian" or "Rhythms, Circadian" or "Chronobiology Phenomena")	
LILACS algoritmo # 2	2/04/2024	Portugues, English, Spanish (pero solo se incluyó EN/ES a posteriori)	("Diabetes mellitus, type 2" or "Diabetes Mellitus, Noninsulin-Dependent" or "Diabetes Mellitus, Non Insulin Dependent" or "Diabetes Mellitus, Non-Insulin-Dependent" or "Non-Insulin-Dependent Diabetes Mellitus" or "Diabetes Mellitus, Type II" or "NIDDM" or "Diabetes Mellitus, Noninsulin Dependent" or "Type 2 Diabetes Mellitus" or "Noninsulin-Dependent Diabetes Mellitus" or "Noninsulin Dependent Diabetes Mellitus" or "Type 2 Diabetes" or "Diabetes, Type 2") AND ("Exercise" or "Exercises" or "Physical Activity" or "Activities, Physical" or "Activity, Physical" or "Physical Activities" or "Exercise, Physical" or "Exercises, Physical" or "Physical Exercise" or "Physical Exercises" or "Acute Exercise" or "Acute ExercisesOR Exercise, Acute" or "Exercises, Acute" or "Exercise, Isometric" or "Exercises, Isometric" or "Isometric Exercises" or "Isometric Exercise" or "Exercise, Aerobic" or "Aerobic Exercise" or "Aerobic Exercises" or "Exercises, Aerobic" or "Exercise Training" or "Exercise Trainings" or "Training, Exercise" or "Trainings, Exercise") AND Time	141

Las estrategias de búsqueda elegidas para la revisión sistemática metaanálisis fueron:

PUBMED – Estrategia de búsqueda # 3:

((((((((((((((Diabetes mellitus, type 2[Title]) OR (Diabetes Mellitus, Noninsulin-Dependent[Title])) OR (Diabetes Mellitus, Non Insulin Dependent[Title])) OR (Diabetes Mellitus, Non-Insulin-Dependent[Title])) OR (Non-Insulin-Dependent

Diabetes Mellitus[Title])) OR (Diabetes Mellitus, Type II[Title])) OR (NIDDM[Title])) OR (Diabetes Mellitus, Noninsulin Dependent[Title])) OR (Type 2 Diabetes Mellitus[Title])) OR (Noninsulin-Dependent Diabetes Mellitus[Title])) OR (Noninsulin Dependent Diabetes Mellitus[Title])) OR (Type 2 Diabetes[Title])) OR (Diabetes, Type 2[Title])) AND (((((((((((((((((((((((((((((((Exercise[Title/Abstract]) OR (Exercises[Title/Abstract])) OR (Physical Activity[Title/Abstract])) OR (Activities, Physical[Title/Abstract])) OR (Activity, Physical[Title/Abstract])) OR (Physical Activities[Title/Abstract])) OR (Exercise, Physical[Title/Abstract])) OR (Exercises, Physical[Title/Abstract])) OR (Physical Exercise[Title/Abstract])) OR (Physical Exercises[Title/Abstract])) OR (Acute Exercise[Title/Abstract])) OR (Acute Exercises[Title/Abstract])) OR (Exercise, Acute[Title/Abstract])) OR (Exercises, Acute[Title/Abstract])) OR (Exercise, Isometric[Title/Abstract])) OR (Exercises, Isometric[Title/Abstract])) OR (Isometric Exercises[Title/Abstract])) OR (Isometric Exercise[Title/Abstract])) OR (Exercise, Aerobic[Title/Abstract])) OR (Aerobic Exercise[Title/Abstract])) OR (Aerobic Exercises[Title/Abstract])) OR (Exercises, Aerobic[Title/Abstract])) OR (Exercise Training[Title/Abstract])) OR (Exercise Trainings[Title/Abstract])) OR (Training, Exercise[Title/Abstract])) OR (Trainings, Exercise[Title/Abstract])) AND ((((((Time) OR (timing exercise) OR (Circadian Rhythm) OR (Circadian Rhythms)) OR (Rhythm, Circadian) OR (Rhythms, Circadian) OR (Chronobiology Phenomena)) Sort by: Most Recent

Resultados obtenidos: 1471 estudios

Filtros: English, Spanish; Humans; Adults

Fecha: 02/04/2024

SCOPUS – Estrategia de búsqueda # 2:

(TITLE (" OR Diabetes mellitus, type 2" OR "Diabetes Mellitus, Noninsulin-Dependent" OR "Diabetes Mellitus, Non Insulin Dependent" OR "Diabetes Mellitus, Non-Insulin-Dependent" OR "Non-Insulin-Dependent Diabetes Mellitus" OR "Diabetes Mellitus, Type II" OR "NIDDM" OR "Diabetes Mell-itus, Noninsulin Dependent" OR " 2 Diabetes Mellitus" OR "Noninsulin-Dependent Diabetes Mellitus" OR "Diabetes, Type 2") AND (TITLE-ABS-KEY ("Exercise" OR

"Physical Activity" OR "Activities, Physical" OR "Activity, Physical" OR "Physical Activities" OR "Exercise, Physical" OR "Physical Exercise" OR "Exercise" OR "Physical Exercises" OR "Acute Exercise" OR "Physical Exercise" OR "Physical Exercises" OR "Isometric Acute" OR "Isometric Isometric" OR "Exercise, Aerobic" OR "Acrobic Exercise" OR "Exercises, Acute" OR "Iso-metric Exercises Exercise" OR "Training, Exercise" OR "Training, Exercise" OR "Rhythms, Circadian" OR "Circadian Rhythms" OR "1 Circadian" OR "Rhythms, Circadian" OR "Chronobiology Phenomena"))

Resultados: 132 estudios.

Filtros: English, Spanish. Articles. Peer-reviewed

Fecha: 02/04/2024.

OVID Multicampo – Estrategia de búsqueda # 3:

("Diabetes mellitus, type 2" or "Diabetes Mellitus, Noninsulin-Dependent" or "Diabetes Mellitus, Non Insulin Dependent" or "Diabetes Mellitus, Non-Insulin-Dependent" or "Non-Insulin-Dependent Diabetes Mellitus" or "Diabetes Mellitus, Type II" or "NIDDM" or "Diabetes Mellitus, Noninsulin Dependent" or "Type 2 Diabetes Mellitus" or "Noninsulin-Dependent Diabetes Mellitus" or "Noninsulin Dependent Diabetes Mellitus" or "Type 2 Diabetes" or "Diabetes, Type 2").ti. AND ("Exercise" or "Exercises" or "Physical Activity" or "Activities, Physical" or "Activity, Physical" or "Physical Activities" or "Exercise, Physical" or "Exercises, Physical" or "Physical Exercise" or "Physical Exercises" or "Acute Exercise" or "Acute Exercises OR Exercise, Acute" or "Exercises, Acute" or "Exercise, Isometric" or "Exercises, Isometric" or "Isometric Exercises" or "Isometric Exercise" or "Exercise, Aerobic" or "Aerobic Exercise" or "Aerobic Exercises" or "Exercises, Aerobic" or "Exercise Training" or "Exercise Trainings" or "Training, Exercise" or "Trainings, Exercise").ti. AND ("time" or "timing exercise" or "Circadian Rhythm" or "Circadian Rhythms" or "Rhythm, Circadian" or "Rhythms, Circadian OR Chronobiology Phenomena").af.

Resultados: 540 estudios.

Filtros: English, Spanish; Humans; Adults

Fecha: 02/04/2024

LILACS – Estrategia de búsqueda # 2:

("Diabetes mellitus, type 2" or "Diabetes Mellitus, Noninsulin-Dependent" or "Diabetes Mellitus, Non Insulin Dependent" or "Diabetes Mellitus, Non-Insulin-Dependent" or "Non-Insulin-Dependent Diabetes Mellitus" or "Diabetes Mellitus, Type II" or "NIDDM" or "Diabetes Mellitus, Noninsulin Dependent" or "Type 2 Diabetes Mellitus" or "Noninsulin-Dependent Diabetes Mellitus" or "Noninsulin Dependent Diabetes Mellitus" or "Type 2 Diabetes" or "Diabetes, Type 2") AND ("Exercise" or "Exercises" or "Physical Activity" or "Activities, Physical" or "Activity, Physical" or "Physical Activities" or "Exercise, Physical" or "Exercises, Physical" or "Physical Exercise" or "Physical Exercises" or "Acute Exercise" or "Acute Exercises" OR "Exercise, Acute" or "Exercises, Acute" or "Exercise, Isometric" or "Exercises, Isometric" or "Isometric Exercises" or "Isometric Exercise" or "Exercise, Aerobic" or "Aerobic Exercise" or "Aerobic Exercises" or "Exercises, Aerobic" or "Exercise Training" or "Exercise Trainings" or "Training, Exercise" or "Trainings, Exercise") AND Time

Resultados: 141 estudios

Filtros: Portuguese, English, Spanish (pero solo se incluyó EN/ES a posteriori)

Fecha: 02/04/2024

Software y proceso de selección:

Gestión de referencias y eliminación de duplicados: **Rayyan**.

Selección por dos revisores independientes.

Tras deduplicar, se revisaron 1896 resúmenes.

Se evaluaron 136 textos completos, sin embargo, tres no pudieron ser obtenidos.

Motivos de exclusión documentados: de los 133 estudios evaluados en texto completo:

- 98 excluidos por tipo de publicación no pertinente (p. ej., editoriales, revisiones, protocolos)
- 3 excluidos por resultados no relacionados

- 5 excluidos por idioma no contemplado
- 1 excluido por no cumplir criterios de población

Se incluyeron 24 estudios en la síntesis final.