



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea



Osakidetza
Servicio vasco de salud

GASTEIZKO ERIZAINZAKO UNIBERTSITATE-ESKOLA
ESCUELA UNIVERSITARIA DE ENFERMERIA DE VITORIA-GASTEIZ

LA EFICACIA DEL EJERCICIO DE RESISTENCIA EN LA DIABETES MELLITUS TIPO 2

REVISIÓN CRÍTICA DE LA LITERATURA

Autora: June Urarte García-Ardanaz

Director/a: Asier Léniz Rodríguez

Año académico: 2022-2023

Escuela universitaria de enfermería de Vitoria-Gasteiz

Número de palabras: 6283

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. RESUMEN..... | 2 |
| 2. MARCO CONCEPTUAL Y JUSTIFICACIÓN | 3 |
| 3. OBJETIVO GENERAL | 7 |
| 4. METODOLOGÍA | 7 |
| 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 9 |
| 5.1. Efecto del ejercicio de resistencia en la hemoglobina glicada | 10 |
| 5.2. Efecto del ejercicio de resistencia combinado con ejercicio aeróbico en la hemoglobina glicada | 14 |
| 6. CONCLUSIÓN..... | 18 |
| 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 19 |
| 8. ANEXOS..... | 23 |
| Anexo 1. Tabla de conceptos de búsqueda | 23 |
| Anexo 2. Tabla de búsqueda | 24 |
| Anexo 3. Diagrama de flujo | 27 |
| Anexo 4. Tablas de lectura crítica | 28 |
| Anexo 5. Resumen de los estudios incluidos en la revisión sistemática | 31 |
| Anexo 6. Árbol categorial | 39 |

1. RESUMEN

Introducción: la diabetes mellitus 2 (DM2) es el tipo de diabetes más prevalente. La educación diabetológica, realizada por enfermería, es clave para evitar el desarrollo de complicaciones agudas y crónicas. Desde hace varios años se pauta la práctica regular de ejercicio aeróbico por sus beneficios en el control glucémico. Pero algunos estudios sugieren que los ejercicios de resistencia producen mayores beneficios que los aeróbicos.

Objetivo: identificar el efecto del ejercicio de resistencia, solo o combinado con ejercicio aeróbico, en el nivel de hemoglobina glicosilada (HbA1c) en personas con DM2.

Metodología: se realizó una revisión crítica de la literatura. Se llevó a cabo una búsqueda en Medline, Cinalh, Cuiden, Cocranhe library, PEdro, Sportdiscus y WOS y una búsqueda manual en Google Académico y Science direct. Los filtros aplicados fueron artículos publicados en los últimos 10 años en inglés y castellano, con acceso a resumen y texto completo. Se identificaron 841 artículos y se incluyeron en la revisión 16.

Resultados: en 7 estudios se observó una reducción significativa de la HbA1c tras la ejecución de ejercicios de resistencia, y en la mayoría de ellos (5 investigaciones) las personas tenían una HbA1c inicial >7,5%. En 7 estudios se observó una reducción significativa de la HbA1c tras la realización de ejercicios de resistencia combinados con aeróbicos, con independencia del nivel inicial de HbA1c.

Conclusión: el ejercicio de resistencia puede ser beneficioso para mejorar el control glucémico en personas con DM2 que tienen una HbA1c inicial superior a 7,5%, pero combinado con ejercicio aeróbico se puede obtener el mismo beneficio con independencia del nivel inicial de dicho parámetro.

Palabras clave: *diabetes mellitus type 2, resistance training, weight training, blood glucose, glycated hemoglobin A, hyperglycemia.*

2. MARCO CONCEPTUAL Y JUSTIFICACIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS)¹ define la diabetes mellitus (DM) como “una enfermedad crónica que aparece cuando el páncreas no produce insulina suficiente o no utiliza eficazmente la insulina que produce”. La DM constituye un conjunto de enfermedades metabólicas que se caracterizan por la presencia de niveles altos de glucosa en sangre (hiperglucemia) de forma crónica, debido a la disfunción en la segregación de la insulina o la resistencia en la función de ésta².

Los síntomas principales derivados de esta hiperglucemia son la poliuria (producción de orina >3 L por día), la polidipsia (sed excesiva), la polifagia (hambre elevada), la pérdida de peso y, ocasionalmente, la visión borrosa². Según *American Diabetes Association* (ADA)³, estos síntomas, junto con los valores de la glucemia en ayunas y la hemoglobina glicada (HbA1c) (tabla 1), son clave para el diagnóstico de la enfermedad.

Tabla 1. Criterios diagnósticos de la diabetes

| Parámetros analíticos | Valores |
|---|-------------|
| Glucemia | |
| • Preprandial | ≥ 126 mg/dL |
| • 2 h postprandial | ≥ 200 mg/dl |
| • Cualquier momento con síntomas de hiperglucemia | ≥ 200 mg/dl |
| HbA1c | ≥ 6,5% |

Nota: se considera diagnóstico de diabetes si en uno de los parámetros analíticos se obtienen dos resultados anormales en la misma muestra o en muestras separadas. TTOG: test de tolerancia oral a la glucosa.

Fuente: modificado de American Diabetes Association 2021³.

Según su etiología, la DM se clasifica en cuatro categorías: a) diabetes tipo 1 (DM1); b) diabetes tipo 2 (DM2); c) DM gestacional; y d) otros tipos específicos de diabetes¹. La DM gestacional, junto con otros tipos específicos de diabetes, únicamente alcanzan una pequeña proporción de los casos², la DM1 representa un 5-10% y la DM2 constituye la forma más prevalente¹.

En la actualidad, en el mundo hay 541 millones de personas que padecen diabetes, de las cuales el 90% sufre de DM2⁴ y desde 2014 su incidencia va en aumento¹. En Europa son 55 millones las personas con DM2, y España es uno de los países que lidera la prevalencia de diabetes, con 5,3 millones de personas diagnosticadas de DM2 según el estudio di@bet.es⁴. En Euskadi hay 200 mil personas con DM2, a pesar de ser una de las comunidades autónomas con menor prevalencia⁵.

La DM2 se desarrolla, sobre todo, durante en la edad adulta, y se presenta con mayor prevalencia durante el envejecimiento². Se caracteriza por un defecto en la producción de insulina junto con una menor repuesta de los tejidos a dicha hormona (resistencia a la insulina)⁶, dando lugar a la

aparición de la hiperglucemia crónica¹. Con frecuencia se detecta en un examen rutinario, ya que los síntomas habituales que la acompañan (polifagia, poliuria...) no se manifiestan con claridad².

Los factores de riesgo de la enfermedad son multifactoriales y pueden ser no modificables⁷, como la edad, la raza/etnia, los antecedentes heredo-familiares¹, o modificables, como el sobrepeso, la obesidad, niveles de HDL superiores a 35 mg/dl o de triglicéridos inferiores a 250mg/dl, hipertensión arterial³ y otros factores asociados al estilo de vida⁷ (alimentación inadecuada, sedentarismo, tabaquismo, uso de fármacos glucocorticoides)³. Estos últimos tienen gran importancia para mantener un control óptimo de los niveles de glucemia, así como para evitar las complicaciones agudas y crónicas⁷.

Las principales complicaciones agudas de la DM2 son la cetoacidosis diabética (acumulación de cuerpos cetónicos en sangre) y el coma hiperosmolar no cetónico (deshidratación extrema con pérdida de conciencia), que aparecen debido a una hiperglucemia mantenida en el tiempo, y la hipoglucemia (<60 mg/ dl de glucosa en sangre)⁶ derivada de un mal manejo del tratamiento de la diabetes². Tras varios años de hiperglucemia crónica⁶, por la falta de un tratamiento adecuado, pueden aparecer las complicaciones crónicas¹. Estas complicaciones pueden ser afecciones microvasculares (retinopatía, neuropatía y nefropatía) y macrovasculares (arteriopatía coronaria, enfermedad cerebrovascular y enfermedad vascular periférica)⁴, las cuales se asocian a una alta tasa de morbi-mortalidad¹.

La DM2 también afecta al área psicosocial de la persona que la padece y de su familia, ya que se trata de una dolencia que requiere una adaptación a nivel familiar⁸. El paciente suele desarrollar depresión y ansiedad a consecuencia del cambio de vida que tiene que realizar (nuevas pautas dietéticas, ejercicio físico y conocimiento del tratamiento)⁹. El hecho de padecer estos trastornos, además de aumentar las posibilidades de un incumplimiento del tratamiento terapéutico⁸, pueden dar lugar a problemas de socialización, generando aislamiento y soledad en la persona. A nivel familiar no sólo supone una gran carga emocional¹⁰, sino que también conlleva un gasto económico importante⁸, ya que al tratarse de una enfermedad crónica es necesario un tratamiento farmacológico continuo, así como cambios en la alimentación de toda la familia como medio de apoyo al paciente⁹.

Así mismo, esta enfermedad tiene un impacto importante en la sociedad, dado que provoca un elevado gasto sanitario en los sistemas de salud¹. Este gasto se mide en costes sanitarios directos (atención primaria e hospitalaria) e indirectos (bajas, incapacidades, muertes prematuras...)¹⁰, y costes no sanitarios (cuidadores, servicios sociales...etc)¹. En España, en 2021, se estimó que los costes sanitarios de la diabetes fueron, un 8,2% del presupuesto destinado a salud; 5.809 millones de euros, de los cuales 2.143 millones eran debidos a las complicaciones de la enfermedad, y unos 2.800 millones de euros se asociaban a los costes indirectos¹⁰.

Teniendo presente la elevada prevalencia de la enfermedad, su continuo crecimiento y sus consecuencias, desde los poderes públicos se han desarrollado planes integrales de educación

y asistencia a diabéticos, como el Plan de Salud del Gobierno Vasco 2013-2020⁴. Dichos planes inciden tanto en la prevención de los factores de riesgo modificables¹ como en la actuación ante la enfermedad, siendo la base del tratamiento la educación diabetológica⁷.

La educación diabetológica es una actividad llevada a cabo por los profesionales de enfermería¹¹, y su objetivo es la capacitación del paciente en su autocuidado mediante la enseñanza de un plan dietético adecuado, de la administración de fármacos orales o insulina y de recomendaciones de ejercicio físico (EF)³.

A la hora de recomendar un plan dietético, la enfermera debe de tener en cuenta ciertos aspectos, como los gustos y las preferencias de la persona, pero, en cualquier caso, la dieta debe ser equilibrada y satisfacer sus necesidades nutricionales⁷. Para ello se debe de sustituir los alimentos con mayor efecto diabetogénico y aterogénico por otros con mayor riqueza en hidratos de carbono complejos, y fibra dietética². En definitiva, se recomienda realizar una dieta mediterránea³. Respecto al tratamiento farmacológico, los medicamentos que se prescriben son: a) hipoglucemiantes orales, como la metformina y la glibenclamida, entre otros; b) agonistas del receptor del péptido semejante a glucagón 1 (GLP-1), que es un hipoglucemiante inyectable; c) insulina; o d) una combinación de fármacos². Los profesionales de enfermería deben instruir al paciente sobre la vía de administración, la dosis, el horario y los efectos secundarios de estos fármacos⁷.

Para realizar una prescripción segura de EF es necesario que la enfermera tenga conocimiento de las limitaciones de la persona, de las características de los diferentes tipos de ejercicios (duración, intensidad, ritmo de progresión, horario)¹² y de los beneficios en la salud y en el control de la enfermedad¹¹.

El EF es un término amplio que incorpora todo tipo de movimientos que utilizan la energía, constituyendo una parte importante del plan de gestión de la diabetes³. El EF en las personas con DM2 contribuye a mejorar la sensibilidad a la insulina, perder peso y mejorar el control glucémico, con lo que se reduce el riesgo cardiovascular¹³, y al mismo tiempo produce beneficios psicológicos como una reducción de los síntomas de ansiedad y de depresión¹². Aunque su realización conlleva ciertos riesgos, produce grandes beneficios, por lo que se recomiendan programas de ejercicios para las personas con DM2³.

Estos programas cuentan con dos tipos de EF: aeróbicos (EA) y de fuerza/resistencia (ER)¹². El EA es aquel en el que participan los grandes grupos musculares durante periodos prolongados de tiempo, implicando un incremento del consumo de oxígeno (caminar, correr...)¹³. El ER se define como el uso de resistencia externa que puede provenir de la utilización de mancuernas, barras, gomas elásticas o muelles, pesas, maquinas con poleas, resistencia inercial o resistencia hidráulica¹⁴, así como del uso del propio cuerpo¹². Su práctica puede realizarse tanto en el ámbito del hogar como en un gimnasio¹³.

Los ER se clasifican en diferentes tipos según los siguientes criterios:

- a) Tipo de contracción muscular¹²:
- Isométricos/estáticos: la fuerza se aplica sin movimiento.
 - Isotónicos/dinámicos: la fuerza aplicada produce movimiento.
 - Isocinéticos: una fuerza variable es aplicada para mover una resistencia a velocidad constante.
- b) Tipo de esfuerzo¹⁵:
- De fuerza máxima: la mayor fuerza que los músculos pueden desarrollar con un determinado peso, representándose en 1-RM (carga máxima en una sola repetición)
 - De velocidad: capacidad del músculo para contraerse a la máxima velocidad.
 - De resistencia: capacidad del musculo para vencer una resistencia durante un largo periodo de tiempo.
- c) Forma de acción: estática (la fuerza se aplica sin movimiento) o dinámica (la fuerza aplicada produce movimiento)¹².

Desde hace varios años se recomienda la práctica regular de EA, ya que mejoran el control glucémico y disminuyen el riesgo cardiovascular¹³. En cambio, los ER se han incluido recientemente en los planes de EF¹², puesto que algunos estudios han evidenciado que producen mayores beneficios que los EA, en el control glucémico y en la disminución de la HbA1c, si se realizan en cortos episodios y con periodos de reposo intermitentes¹⁶, aproximadamente 3 series de 8 y 10 repeticiones¹³ con una intensidad de 70 y el 90 % de 1-RM¹⁶. En la actualidad, la ADA recomienda realizar programas de 2-3 sesiones semanales de ER en días no consecutivos junto al EA³. Estos combinan ambos ejercicios y se realizan en un periodo de entrenamiento, pudiendo realizarse de forma separada en dos o más sesiones o bien en una única sesión¹².

3. OBJETIVO GENERAL

Para dar respuesta a la pregunta de investigación sobre si el ER reduce la HbA1c en personas con DM2, se ha planteado el siguiente objetivo general: identificar el efecto del ER, solo o combinado con ejercicios aeróbicos, en el nivel de HbA1c en personas con DM2.

4. METODOLOGÍA

Para dar respuesta al objetivo planteado se ha realizado una revisión crítica de la literatura publicada sobre el tema de estudio siguiendo las directrices de la declaración PRISMA¹⁷. Para ello se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica en las bases de datos de Medline, Cinalh, Cuiden, Cocranhe library, PEdro, Sportdiscus y WOS, así como una búsqueda manual en Google Académico y en Science direct, entre septiembre y noviembre de 2022.

A partir de las palabras clave del objetivo general se obtuvieron diferentes sinónimos y se tradujeron al inglés. A continuación, estos términos se convirtieron en lenguaje controlado (descriptores) a través de los tesauros de las bases de datos seleccionadas (anexo 1).

Los descriptores que se han utilizado son: *diabetes mellitus type 2*, *resistance training*, *weight training*, *blood glucose*, *glycated hemoglobin A* e *hyperglycemia*. Estos descriptores se combinaron con los operadores booleanos *AND* y *OR*, obteniendo diferentes ecuaciones de búsqueda (anexo 2).

Para realizar la selección de los artículos se aplicaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

1. Criterios de inclusión:

- Idioma: inglés y castellano.
- Resumen del artículo disponible.
- Acceso libre a texto completo.
- Año de publicación de los artículos: desde 2013 hasta 2023.
- Población: personas diagnosticadas de DM2 y mayores de 18 años.
- Intervención: ER solos o combinados con EA.
- Resultados sobre la HbA1c.
- Tipo de diseño: ensayos clínicos aleatorizados controlados, ensayos clínicos cuasiexperimentales y revisiones sistemáticas sin o con metaanálisis.

2. Criterios de exclusión:

- Intervenciones sólo con EA o ER combinado con suplementos, planes dietéticos o fármacos.
- Tipo de diseño: artículos de revisión sistemática, sin o con metaanálisis, cuyas referencias primarias se han incluido en esta revisión, actas de conferencias, tesis doctorales, artículos de opinión y pósteres.

Tras aplicar las estrategias de búsqueda se identificaron 841 artículos. Después de eliminar los duplicados pasaron a revisión de título y resumen 372, de los cuales se eliminaron 280 artículos por no responder al objetivo de estudio o no cumplir los criterios de inclusión. A la fase de elegibilidad pasaron 92 artículos y tras la exclusión de 78 artículos, que no daban respuesta al objetivo del estudio o no cumplían con los criterios de inclusión, se obtuvieron 15 artículos. A estos se añadió un artículo más obtenido a través de la búsqueda manual, consiguiendo 16 artículos para su revisión crítica. Todo el proceso de selección de los artículos se refleja en el diagrama de flujo (anexo 3).

Los 16 estudios fueron sometidos a un análisis de su calidad metodológica, utilizando la Guía de lectura crítica de la Escuela Universitaria de Enfermería Vitoria-Gasteiz, la cual se ha elaborado a partir de diferentes fichas de lectura crítica de entidades nacionales e internacionales²⁸. En el anexo 4 se presenta una tabla con el análisis de uno de los estudios, argumentando cada uno de los 11 ítems que presenta la escala, según la categorización sí, regular o no, y otra tabla en la que se recogen los resultados de dicho análisis de todos los estudios (anexo 4).

Tras realizar la lectura completa de los 16 artículos, se realizó tabla resumen de los estudios (anexo 5) y un árbol categorial (anexo 6). Este último nació a partir del análisis de los estudios incluidos, realizando dos categorías en base a dos intervenciones efectuadas en ellos: ER (sin otra intervención) y ER combinado con EA (ER+EA).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los años en los que se publicaron mayor número de investigaciones sobre el tema de estudio fueron 2021 y 2015 (4 y 3 estudios, respectivamente), sin embargo, en 2022 no se publicó nada al respecto (figura 1). Todos los artículos estaban editados en inglés (figura 2). Los estudios se llevaron a cabo en los 5 continentes, destacando Asia con 8 trabajos, lo que representa el 50% de los estudios revisados^{19-23,29-31}, y China fue el país con mayor número^{19-20,22,31}. En Europa^{26,33-34} y América^{25,28,32} se realizaron el mismo número de investigaciones; 3 en cada continente (figura 3). Según el tipo de diseño, el 87,5% de los estudios fueron ensayos clínicos aleatorizados (ECA)^{19-22,25-34} (figura 4).



Figura 1. Año de publicación



Figura 2. Idioma de publicación

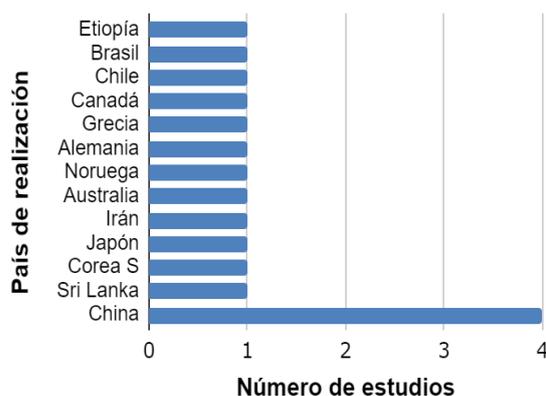


Figura 3. País de realización de los estudios

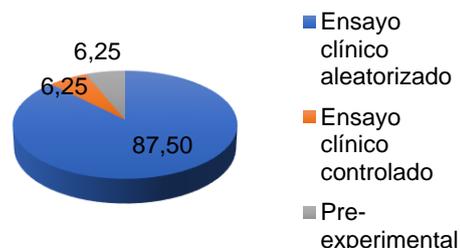


Figura 4. Tipo de diseño

La muestra total de los 16 estudios fue de 1.176 participantes con DM2 (716 hombres y 460 mujeres), con una edad comprendida entre los 40 y los 71 años. En todas las investigaciones participaron tanto hombres como mujeres^{19-22,24-29,31-34}, excepto en 2 estudios en los que únicamente hubo mujeres^{23,30}.

En base al árbol categorial (anexo 6), los resultados de los estudios se han clasificado en las siguientes categorías: efecto de ER en la HbA1c y efecto de ER+EA en la HbA1c.

5.1. Efecto del ejercicio de resistencia en la hemoglobina glicada

El músculo esquelético representa hasta el 40% del peso corporal total, y es el responsable de captar el 75% de la glucosa, aproximadamente³³. Las contracciones musculares generadas a través del ER facilitan dicha captación, mejoran la función de la insulina y aumenta el número de transportadores de glucosa tipo 4 (GLUT-4)²⁴. El ER también mejora la masa muscular magra y la densidad mineral ósea, lo que conlleva una mejora del estado funcional²² y de la calidad muscular (a través de la disminución de la adiposidad intramuscular)³², ayudando a prevenir la sarcopenia y la osteoporosis²². En la tabla 2 se presenta una síntesis de los resultados obtenidos sobre el efecto del ER en la HbA1c.

La muestra total de los 9 estudios revisados fue de 628 personas (381 hombres y 247 mujeres) de 40 a 71,2 años. En todos los trabajos se incluyeron hombres y mujeres^{19-22,24-27}, salvo en el de Park et al.²³ en el que únicamente participaron mujeres. Sin embargo, analizando la distribución por sexos, en 6 investigaciones predominó el sexo femenino^{19-21,23,25,26} y, por el contrario, los hombres prevalecieron en los estudios de Mondal et al.²⁷, Russell et al.²⁴ y Hangping et al.²².

En relación a las intervenciones llevadas a cabo, el periodo de entrenamiento osciló entre 1 mes y 2 semanas y 6 meses, siendo 3 meses el más utilizado, concretamente en 4 estudios¹⁹⁻²¹. Sin embargo, Russell et al.²⁴ y Yuing et al.²⁵ realizaron la intervención con la mitad de tiempo (1 mes y 2 semanas) y Hangping et al.²² y Kadoglou et al.²⁶ con el doble (6 meses). Con respecto al número de sesiones, varió de 1 a 5 por semana, pero la pauta más frecuente fue de 3 sesiones/semana que se realizó en 5 investigaciones^{19,20,24,25,27}. La duración de dichas sesiones fluctuó entre 5 y 70 minutos/sesión¹⁹⁻²⁷, predominando en 5 estudios el periodo entre 40 y 60 minutos^{21,23,24,26,27}.

Respecto al número de ejercicios realizados durante la intervención, éste osciló entre 4 y 17, destacando 10 ejercicios en Chen et al.¹⁹ y Park et al.²³, 8 en Hsieh et al.²⁰ y Kadoglou et al.²⁶ y 6 en Ranasinghe et al.²¹ y Mondal et al.²⁷.

Los tipos de ejercicios que se usaron con mayor frecuencia fueron *press* de pecho^{20,22,24,26-27}, *press* de hombros^{20,21,24,27}, *press* de pierna^{20,22-24,26-27}, *chest flys*^{23,24}, extensión pierna, extensión triceps^{23,24,26}, *curl* bíceps^{20,23,24,26-27}, jalón lateral^{21,24,26}, abducción cadera^{19,20}, dorsiflexión tobillo^{19,23}, abdominales^{24,27} y *crunches*^{20,21,23}. Yuing et al.²⁵ no especificaron los ejercicios utilizados. En cuanto a las fuentes utilizadas para generar la resistencia, en cinco estudios se usaron las pesas libres y máquinas^{20,21,24,26,27}, en tres el propio peso corporal^{19,21,24} y en uno las bandas elásticas²³.

Tabla 2. Efecto del ejercicio de resistencia en la hemoglobina glicada

| Estudios | Intervención | HbA1c (%) | | p pre-post | p entre grupos |
|---|--|--|--------------------------|----------------|----------------|
| | | Pre | Post | | |
| Chen et al. 2020 ¹⁹ n=60 60-70 años | 3 meses, 3 sesiones/sem, sesión sin tiempo fijo. G1: ER dinámicos con peso corporal, 5 series, 10 repeticiones, 10%-1RM con aumento gradual. G2: ER isométricos con peso propio y misma pauta anterior. | G1: 7,2 G2: 7,4 | 7,0 7,2 | 0,2 0,1 | 0,4 |
| Hsieh et al. 2018 ²⁰ n=30 71,2 años | 3 meses, 3 sesiones/semana, sesión sin tiempo fijo. ER con máquinas y pesas libres: 3 series, 8-12 repeticiones, del 50% 1-RM al 75% 1-RM. | GI: 7,2 GC: 7,3 | 7,1 7,5 | 0,5 | 0,2 |
| Ranasinghe et al. 2021 ²¹ n=86 50,1 años | 3 meses 2 sesiones/seman, 60-70 min/sesión. ER con máquinas, pesas libres y peso corporal: 3 series, 8 repeticiones, 50% 1-RM con incrementos del 5% cada 2 semanas. | GI: 7,4 GC: 8,7 GI>7,5: 8,8 GC>7,5: 9,2 | 7,0 8,2 7,5 8,5 | | 0,8 0,04 |
| Hangping Z et al. 2019 ²² n=265 66,7 y 65,7 años | 6 meses, 1 sesión/semana y 5-10 min/sesión. ER isométricos con Biodensity®: 5/ejercicio, carga progresiva en base al peso corporal. | GI: 6,8 GC: 6,9 GI>7,5: 8,6 GC>7,5: 8,6 | 6,7 6,8 7,6 8,4 | | 0,4 0,01 |
| Park et al. 2016 ²³ n=26 54,6 y 59,6 años | 3 meses, 5 sesiones/semana (3 sesiones/día), 40-60 min/sesión. Circuito con bandas elásticas: 2-3 min/ejercicio, 15-20 repeticiones, al 1-RM con aumento gradual. | G1: 7,0 G2: 7,5 | 6,0 6,2 | 0,01 0,001 | 0,3 |
| Russell et al. 2017 ²⁴ n=17 52-62 años | 1 mes y 2 semanas, 3 sesiones/semana, 60 min/sesión. ER de cuerpo completo con pesas: 1 serie/ejercicio, 6-15 repeticiones, del 65% al 85% 1-RM. ER de core y estabilidad con pesas y peso corporal: misma pauta anterior. | GI: 7,7 | 7,3 | 0,003 | |
| Yuing et al. 2015 ²⁵ n=30 48,1 años | 1 mes y 2 semanas, 3 sesiones/semana, 50 min/sesión. ER de flexores y extensores de las extremidades superiores e inferiores, 3 serie/ejercicio, máximo nº de repeticiones posibles en 1min, del 65%1-RM. | ER: 7,2 EA: 6,7 | 6,7 6,3 | ≤0,05 >0,05 | |
| Kadoglou et al. 2013 ²⁶ n=90 56-70 años | 6 meses, 4 sesiones/semana, 60 min/sesión. ER de parte superior e inferior con pesas y maquinas, 2-3 serie/ejercicio, 8-10 repeticiones, mantenida al 60-80%1-RM. | GI: 8,0 GC: 7,8 | 7,8 7,7 | | 0,04 |
| Mondal et al. 2021 ²⁷ n=24 40-64 años | 4 meses, 3 sesiones/semana, 40 min/sesión. ER con pesas, al 1-RM. | GI: 8,7 GC: 8,8 | 8,1 9,2 | 0,03 | 0,01 |

HbA1c: hemoglobina glicada; GI: grupo intervención; ER: ejercicio de resistencia; 1-RM: una repetición máxima; GC: grupo control.

El número de series de los ejercicios fluctuó entre 1 y 5, siendo el más frecuente 3 series en 4 intervenciones^{20,21,25,26}. Con respecto al número de repeticiones, éste varió entre 6 y 15, destacando 8-10 repeticiones^{19-21,26}. Park et al.²³ no especificaron el número de series, y Mondal et al.²⁷ y Hangping et al.²² no detallaron esta información y ni el número de repeticiones.

En relación a la intensidad de las cargas aplicadas a los individuos, en 8 trabajos se determinó en relación al 1-RM (fuerza calculada en 1 repetición máxima)^{19-21,24-27} y en Hangping et al.²² en base al peso corporal. El cálculo del 1-RM se evaluó con la escala Borg³⁵ en 4 estudios^{19-21,27} y en el trabajo de Russell et al.²⁴ se determinó con la fórmula de Epley³⁶. Las intensidades de carga iniciales que se utilizaron con mayor prevalencia fueron 1-RM en Park et al.²³ y Mondal et al.²⁷, el 50%-1RM en Hsieh et al.²⁰ y Ranasinghe et al.²¹ y el 65%-RM en Russell et al.²⁴ y Yuing et al.²⁵. Así mismo, dicha intensidad se aumentó progresivamente en 6 intervenciones¹⁹⁻²⁴.

En cuanto a la HbA1c, de los 9 estudios analizados, en 6 de ellos se realizó una comparación pre-post y se evidenció que el ER disminuyó de forma significativa el valor de dicho parámetro en 4 estudios (66,7%)^{23-25,27}. Asimismo, en 4 trabajos también se observó que la reducción de la HbA1c fue superior en el grupo de ER respecto al GC (estilo de vida habitual)^{21,22,26,27}.

Russell et al.²⁴ y Mondal et al.²⁷ observaron reducciones significativas en la HbA1c tras la realización de ER ($p=0,003$ y $p=0,03$, respectivamente), y Ranasinghe et al.²¹, Hangping et al.²², Kadoglou et al.²⁶ y Mondal et al.²⁷ también evidenciaron una disminución significativa en comparación con el GC ($p=0,04$; $p=0,018$; $p=0,048$; $p=0,015$, respectivamente) en sujetos tenían una HbA1c inicial de superior al 7,5%. Ranasinghe et al.²¹ fueron los que constataron una mayor reducción de la HbA1c tras la realización de ER (-1,3%). Esto puede atribuirse a que en este estudio se alcanzó la mayor intensidad en menos tiempo (75% 1-RM en 3 meses).

Ranasinghe et al.²¹ y Hangping et al.²² realizaron un ECA e indicaron que las personas con un mal control glucémico podrían beneficiarse del ER. Este tipo de ejercicio activa las proteínas quinasas, las cuales aumentan la expresión de genes y factores de transcripción²², dando lugar a un aumento de los receptores de insulina²¹ GLUT-4 en las fibras de tipo I del músculo esquelético²². Así mismo, en ambas intervenciones se ejecutaron el menor número de sesiones (1-2 sesiones/semana), y Hangping et al.²² concluyeron que, con un programa de ER más modesto en relación al número de sesiones semanales se pueden lograr los beneficios glucémicos deseados.

Kadoglou et al.²⁶ y Mondal et al.²⁷ también llevaron a cabo un ECA, y llegaron a la conclusión de que la mejora de la sensibilidad a la insulina fue debida a que el ER aumenta la masa magra y disminuye la adiposidad en el músculo esquelético. Aun así, Mondal et al.²⁷ no especificaron el número de repeticiones y el de series de ER²⁷, pudiendo ser una limitación del estudio.

A diferencia de los anteriores, Russell et al.²⁴ ejecutaron un estudio pre-experimental y justificaron los resultados por el hecho de que el ER produce mejoras microvasculares en dicho órgano diana. Así mismo, fue el estudio en el que se realizaron el mayor número de ejercicios (17) en un menor periodo de tiempo de intervención (1 mes y 2 semanas). Aunque sus resultados hay

que tomarlos con precaución, ya que la ausencia de GC no permite saber si la disminución de la HbA1c ha sido debida al ER o a otro factor adicional.

Sin embargo, Park et al.²³ y Yuing et al.²⁵ también observaron una disminución significativa de la HbA1c al finalizar la intervención con el ER ($p=0,01$ y $p\leq 0,05$, respectivamente), pero en participantes con una HbA1c inicial inferior a 7,5%.

Los resultados obtenidos en el ECC llevado a cabo por Park et al.²³ podrían tener su explicación en que, respecto a los anteriores estudios, fue la intervención en la que se realizaron el mayor número de sesiones al día y a la semana (3 sesiones/día y 5 sesiones/semana). Aun así, se cuestionaron los hallazgos encontrados tras la intervención de ER, ya que durante el estudio se ofreció consejo dietético a los participantes y lo cual pudo influir en la reducción de los valores de HbA1c. Además, el diseño del estudio puede ser cuestionable por la ausencia de un GC. Téngase en cuenta que su objetivo fue comparar un mismo ER entre dos grupos de mujeres diagnosticadas de DM2 con diferente tiempo de evolución (<7 o >7 años), y no observaron diferencias significativas entre ambos grupos respecto a la HbA1c, con lo que concluyeron que la duración de la DM2 no es determinante para la captación de la glucosa en el músculo esquelético.

En cambio, Yuing et al.²⁵, que también realizaron un ECA, atribuyeron los resultados a la fatiga muscular generada por el ER que, a su vez, produce efectos intracelulares; se ponen en marcha mensajeros citosólicos estimuladores de las proteínas quinasa y del coactivador 1-alfa, dando lugar a la activación de las enzimas oxidativas que actúan como coadyuvantes para la utilización de los sustratos energéticos. Aun así, hay que poner en duda estos hallazgos, ya que los grupos de ER y EA no eran homogéneos respecto a los valores iniciales de HbA1c ($p<0,05$) y no se describieron los ER de forma detallada (tipo y número de ejercicios).

Por otra parte, Chen et al.¹⁹ y Hsieh et al.²⁰ no encontraron una reducción significativa de la HbA1c tras la realización de ER ($p=0,21$, $p=0,19$ y $p=0,579$, respectivamente) y Chen et al.¹⁹, Hsieh et al.²⁰, Ranasinghe et al.²¹ y Hangping et al.²² respecto al GC ($p=0,462$; $p=0,015$; $p=0,8$; $p=0,454$ respectivamente). En las cuatro investigaciones, los participantes tenían un nivel de HbA1c inicial inferior al 7,5%; el hecho de que estos niveles estuvieran cerca del objetivo de tratamiento de ADA (HbA1c < 7,0%), podría explicar la ausencia de efecto del ER, ya que los participantes tenían un buen control glucémico¹⁹. En comparación con los otros estudios revisados, en Chen et al.¹⁹ la intensidad de las cargas utilizada fue la menor (10%-1RM), y el objetivo del ER no sólo era el control glucémico sino también la mejora de la funcionalidad de la osteoartritis de los participantes, por lo que el tipo de ER utilizados fue diferente (dinámicos e isométricos sentados). En Hsieh et al.²⁰, aunque la intervención fue similar a la de las otras investigaciones, se atribuyó la falta de reducción de la HbA1c a la duración y al volumen de los ER y a la ausencia de cambios en la masa músculo esquelética.

Los resultados observados sugieren que las personas con una HbA1c superior a 7,5% podrían beneficiarse de los ER. Aun así, estos resultados hay que tomarlos con precaución ya que los estudios presentan ciertas limitaciones, las cuales se comentarán más adelante.

5.2. Efecto del ejercicio de resistencia combinado con ejercicio aeróbico en la hemoglobina glicada

El EA, al igual que el ER, promueve la homeostasis de la glucosa en el músculo esquelético, mejorando la biogénesis mitocondrial, la capacidad oxidativa intrínseca del músculo y la entrega y utilización de sustratos al músculo en funcionamiento²⁸. Por tanto, la combinación de estos dos tipos de ejercicios podría ser más eficiente en el control metabólico de la diabetes que su realización de forma independiente³⁴, dado que la suma de sus efectos individuales aumenta la función vasodilatadora endotelial, mejorando el flujo sanguíneo y la captación de la glucosa por parte de las fibras musculares activas²⁷. Seguidamente, se expone el análisis de los resultados obtenidos sobre el efecto del ER+EA en la HbA1c (tabla 3).

La muestra de estudio total de las 9 investigaciones revisadas fue de 662 participantes (376 hombres y 286 mujeres), con edades comprendidas entre 40 y 70 años. En todos los estudios se incluyeron a personas de ambos sexos, excepto en el estudio de Babaei et al.³⁰ en el que solo participaron mujeres. En cuanto a la estratificación por sexos, en 5 trabajos predominaron los hombres^{27-29,31,34} y en 4 las mujeres^{26,30,32,33}.

Respecto a las intervenciones ejecutadas, el periodo de entrenamiento fluctuó de 2 a 12 meses, pero el más utilizado fue el de 3 meses, en 4 estudios²⁸⁻³¹, y el de 6 meses, en 2 estudios^{26,32}. En relación al número de sesiones, prevaleció la cadencia de 3 sesiones/semana en 7 estudios^{26-31,34}, y en 5 investigaciones se combinó EA y ER^{27-30,34}, en la misma sesión y en 4 estudios los EA y ER se realizaron en sesiones separadas y en días de la semana diferentes^{26,31-33}. En las 5 intervenciones donde se realizaron ambos tipos de ejercicios en la misma sesión, la duración de ésta osciló entre 30 minutos y 1 hora y 10 minutos, siendo 60 minutos el tiempo más usado^{24,26,29}. En cuanto a los estudios que realizaron las sesiones de EA y ER separadas, el EA se efectuó en 60 minutos y el ER no tenía una duración fija^{26,31,34}.

El número de los EA varió entre 1 y 4, pero destacó la ejecución de 1 ejercicio^{28,31,34} y de 2^{27,30,32}. Los tipos de ejercicios más utilizados fueron caminar^{26,30,32,34}, correr^{26,34} y variedades de ciclismo (cicloergómetro o bicicleta estática y estándar)^{26,27,31-34}. La intensidad de esfuerzo más prevalente fue del 60% al 80% FC^{28-30,32}; en 6 investigaciones se aplicó una intensidad mantenida^{26,27,30,32-34} y en 3 estudios se incrementó de forma gradual^{28,29,31}.

En cuanto a los ER, el número de ejercicios osciló de 6 a 9, predominando la realización de 8^{26,28,30} y 6 ejercicios^{27,33,34}. Los ejercicios más utilizados fueron: extensión de tríceps^{26,32}, extensión de piernas, *press* de pierna²⁶⁻²⁸, *press* de pecho^{26-28,33}, *press* de hombros^{26,27}, *curl*

bíceps^{26-28,32,33}, jalón lateral^{26,33}, remo^{28,32,33} y abdominales^{27,32}. Las resistencias que se utilizaron derivaron de pesas libres^{26,28,32,34}, de máquinas de pesas^{26,28,33} y del propio peso corporal^{30,32}, excepto en Liu et al.³¹ que se utilizaron bandas elásticas.

El número de series por ejercicio de los ER osciló de 2 a 7, destacando la ejecución de 2^{26,31-33} y 3 series^{26,28,30}. El número de repeticiones fluctuó entre 6 y 30, siendo las más frecuentes 8-10^{26,31}, 10-12^{28,33} y 10-15 repeticiones^{32,34}. Mondal et al.²⁷ y Terauchi et al.²⁹ no indicaron el número de series ni el de repeticiones de los ejercicios.

Respecto a la intensidad de las cargas utilizadas en los entrenamientos, en 7 estudios se estableció según la prueba preliminar del 1-RM, y Byrkjeland et al.³⁴ utilizaron la escala Borg³⁵. Sin embargo, Babaei et al.³⁰ no determinaron dicha intensidad, ya se utilizó la resistencia de agua al tratarse de un entrenamiento acuático. La intensidad inicial que se aplicó con mayor frecuencia fue 60%-1RM^{26,28,29} seguida de 50%-1RM^{31,32}, y en 3 trabajos se alcanzó la resistencia máxima de 80%-1RM^{26,28,29}. En 3 intervenciones se implementó un aumento progresivo de la intensidad^{28,29,31}.

En relación a los resultados sobre la HbA1c, de las 9 investigaciones revisadas en 5 de ellas se realizó una comparación pre-post, y Mondal et al.²⁷, Babaei et al.³⁰ y Yang et al.³² evidenciaron una reducción significativa de la HbA1c tras la realización de ER+EA ($p=0,000$; $p=0,01$; y $p<0,001$ respectivamente). En 8 estudios se comparó este tipo de ejercicio con un GC, y Kadoglou et al.²⁶, Mondal et al.²⁷, Bassi et al.²⁸, Terauchi et al.²⁹, Babaei et al.³⁰ y Liu et al.³¹ observaron una mayor disminución de la HbA1c en el grupo de ejercicio combinado ($p<0,01$; $p=0,000$; $p=0,03$; $p<0,001$; $p<0,05$; $p<0,05$, respectivamente).

Kadoglou et al.²⁶ y Mondal et al.²⁷ fueron los únicos que ejecutaron un ECA en el que se comparó el efecto del ER sobre la HbA1c respecto al ER+EA. Solo Kadoglou et al.²⁶ identificaron una mayor reducción de dicho parámetro en el grupo ER+EA frente al ER ($p=0,043$), y concluyeron que el ejercicio combinado produce un efecto hipoglucemiante pronunciado y cambios en las adipocinas, que contribuye a mejorar la sensibilidad a la insulina y reducir la inflamación de los tejidos. Sin embargo, el grupo de ER tomaba mayor cantidad de sulfonilureas que el grupo ER+EA²⁶, por lo que se puede suponer que el efecto del ejercicio combinado pudo ser mayor.

Bassi et al.²⁹ y Terauchi et al.³⁰ también realizaron un ECA y atribuyeron la disminución de la HbA1c al hecho de que el ER+EA provocó un aumento del VO₂máx, el cual mejora la actividad y el contenido mitocondrial y conlleva el aumento de la captación de la glucosa por las fibras musculares. Liu et al.³² indicaron que el ejercicio combinado disminuye los niveles de citoquinas circulantes inflamatorias y aumenta las antiinflamatorias, contribuyendo a mejorar la permeabilidad vascular del músculo esquelético y la sensibilidad a la insulina. También concluyeron que, realizar un ejercicio con menor intensidad (EA del 40% al 60% FC y ER de 8-10 rep del 50% al 60% 1-RM) contribuye a la reducción de la HbA1c. Aun así, Terauchi et al.³⁰ y Liu et al.³² no especificaron ni el tipo ni el número de ejercicios realizados, por lo que los resultados de ambos estudios hay que tomarlos con prudencia.

Tabla 3. Efecto del ejercicio de resistencia con ejercicio aeróbico en la hemoglobina glicada

| Estudios | Intervención | HbA1c (%) | | p pre-post | p entre grupos |
|---|---|----------------------------------|-------------------|----------------------------|----------------|
| | | Pre | Post | | |
| Kadoglou et al. 2013 ²⁶ n=90 56-70 años | 6 meses, 4 sesiones/sem, 60 min/sesión. -EA: caminar, correr, calistenia y ciclismo 60-75% FC (60 min/sesión). -ER: con pesas y maquinas, 2-3 series/ejercicio, 8-10 rep, 60-80%1-RM. | GI: 8,2 GC: 7,8 | 7,3 7,7 | | <0,01 |
| Mondal et al. 2021 ²⁷ n=24 40-64 años | 4 meses. -EA: baile y ciclismo; 4 sesiones/sem, 37 min/sesión. -ER con pesas, 3 sesiones/semana y 40 min/sesión, intensidad al 1-RM. | GI: 7,8 GC: 8,8 | 7,0 9,2 | 0,000 | 0,002 |
| Bassi et al. 2016 ²⁸ n=41 50,8 años | 3 meses, 3 sesiones/sem, 1h10 min/sesión: 30 min EA y 30 min ER. - EA: ergómetro, del 60% al 80% FC. - ER: con pesas y maquinas, 3 series/ejercicio, 10-12 rep, del 60% al 80% 1-RM. | GI: 8,9 GC: 9,8 | 7,6 9,9 | | 0,03 |
| Terauchi et al. 2021 ²⁹ n=205 54,4 y 55,9 años | 3 meses, 3 sesiones/sem, 60 min/sesión (30min/tipo de ejercicio). -EA: del 60% al 80% FC. -ER: del 60% al 70-80% 1-RM. | GI: 7,6 GC: 7,7 | 7,3 7,7 | | <0,001 |
| Babaei et al. 2021 ³⁰ n=40 50-60 años | 3 meses duración. 3 sesiones/semana y 30 min/sesión. Entrenamiento acuático. -EA: caminar, 2 series/ejercicio, 60-80% FC. -ER: dinámicos, 3 series/ejercicio, 6-10 rep. | GI: 7,8 GC: 7,8 | 6,1 7,7 | 0,01 | <0,05 |
| Liu et al. 2015 ³¹ n=42 52, 5 y 51,2 años | 3 meses, EA: 3 sesiones/sem de 60 min/sesión y ER: 2-3 sesiones/sem sin duración fija. -EA: cicloergómetro, del 40% al 60% FC. -ER: bandas elásticas, 2 series/ejercicio, 8-10 rep, del 50% al 60% 1-RM. | GI: 6,8 GC: 6,8 | 5,8 6,4 | | <0,05 |
| Yang et al. 2017 ³² n=51 52,3 años | 6 meses, EA: 5 sesiones/sem y ER: 2 sesiones/sem, sin tiempo fijo. -EA: caminar o ciclismo al 60-80% FC (3h). -ER: con pesas y peso corporal (ER1: 2 series/ejercicio, 10-15 rep, 15% 1-RM, 3 meses; ER2: 7 series/ejercicio, 7 rep, 75% 1-RM; ER3: 2 series/ejercicio, 15 rep, 50% 1-RM). | GI1: 7,6 GI2: 7,7 GI3: 7,4 | 6,5 6,7 7,0 | <0,001 <0,001 <0,001 | 0,1 |
| Egger et al. 2013 ³³ n=32 54,8 años | 2 meses, 2 sesiones/sem, EA: 60 min/sesión y ER: 50 min/sesión. -EA: ciclismo con 60-70 rotaciones/min. -ER: parte superior con máquinas de pesas (HRT: 2 series/ejercicio, 10-12 rep, 70%-1RM; ERT: 2 series/ejercicio, 20-30 rep, 40%-1RM). | HRT: 7,0 ERT: 7,4 | 6,8 7,4 | 0,5 0,5 | 0,2 |
| Byrkjeland et al. 2015 ³⁴ n=137 63,1 años | 12 meses, 3 sesiones/sem, 60 min/sesión. 4 programas alternos: 1) circuito con pesas libres, 10-15 rep, 40 s/ejercicio; 2) caminar y correr en cuesta, 20 s/ejercicio, 5-6 series; 3) EA interválico pasos+ ER, 3 min/ejercicio, 4-5 series; 4) spinning + ER (misma pauta que programas 1 y 3). | GI1: 7,4 GI2: 7,4 GC: 7,3 | 7,2 6,8 7,4 | 0,1 | 0,2 0,05 |

HbA1c: hemoglobina glicada; EA: ejercicio aeróbico; ER: ejercicio de resistencia; 1-RM: una repetición máxima; GI: grupo intervención GC: grupo control; HRT: *hypertrophy resistance training*; ERT: *endurance resistance training*; GI1: grupo intervención con enfermedad coronaria; GI2: grupo intervención sin enfermedad coronaria.

El ECA llevado a cabo por Babaei et al.³¹ fue el único en el que la muestra estuvo integrada solo por mujeres, y la intervención se basó en un entrenamiento acuático y tuvo la menor duración. Sin embargo, en comparación con el resto de los estudios, es en el que se observa una mayor reducción de HbA1c tras el periodo de intervención (-1,3%). La reducción de la HbA1c la asociaron a que, la contracción de la masa músculo esquelética contra la resistencia del agua produce un mayor gasto de energía y un aumento de la producción de ATP. Esta situación da lugar a una reducción de relación AMP/ATP, que aumenta la activación de la proteína AMPK, la cual contribuye a la captación de la glucosa a nivel muscular sin necesidad de la acción de la insulina, y favorece la acción de los transportadores GLUT-4.

Yang et al.³² realizaron otro ECA y, tal y como se ha comentado anteriormente, constataron una reducción significativa de la HbA1c tras la ejecución de ER+EA, pero cuando se comparó el efecto de tres tipos de ER+EA, los cuales tenían diferentes volúmenes e intensidades de ER, no se observaron diferencias al respecto ($p=0,110$). Se concluyó que, los beneficios que se obtienen sobre dicho parámetro son similares, con independencia del trabajo realizado. Sugieren que, realizar en primer lugar el EA puede contribuir a facilitar los efectos hipoglucemiantes del ER.

En cambio, Egger et al.³³ no evidenciaron una reducción significativa de la HbA1c tras la realización de ER+EA ($p=0,58$) y, al igual que Yang et al.³², tampoco mostraron diferencias significativas al comparar dos tipos de ER+EA con volúmenes e intensidades de ER diferentes ($p=0,29$). No obstante, se constató una tendencia hacia la reducción de la HbA1c con el tiempo en los dos tipos de ER+EA ($p=0,08$). Si se tiene en cuenta que esta intervención es la única que ha tenido una duración de 2 meses, se podría sugerir que se requieren más de 2 meses para lograr la reducción de estos valores. Aun así, fue el estudio que menor tamaño muestral tuvo, por lo que puede conllevar una falta de precisión en los resultados.

Byrkjeland et al.³⁴ tampoco evidenciaron diferencias después de la intervención con ER+EA ($p=0,113$) y en comparación con el GC ($p=0,24$). Como la muestra de estudio estuvo constituida por personas diagnosticadas de DM2, con o sin enfermedad arterial coronaria (CAD), cuando se realizó en el análisis del subgrupo sin CAD, se observó una tendencia hacia una reducción significativa de la HbA1c respecto al GC ($p=0,052$). Refirieron que esta enfermedad podría haber enmascarado el efecto del ejercicio en la HbA1c y en la VO₂máx, dado que provoca una alteración de la perfusión del músculo esquelético.

En resumen, la mayoría de los estudios revisados sugieren que los ER+EA producen una reducción significativa de la HbA1c. Aun así, éstos tienen ciertas limitaciones que hay que tener en consideración.

6. CONCLUSIÓN

En base a los resultados obtenidos, las principales conclusiones de este estudio de revisión crítica son las siguientes:

1. Las personas con DM2 que presentan una HbA1c inicial > 7,5% mejoran su control glucémico con la ejecución de ER.
2. Cuanto menor es la duración de la intervención de ER más intensidad de carga es necesaria para obtener una disminución de la HbA1c.
3. Cuanto mayor es la duración de las sesiones de ER menos intensidad de carga se precisa para lograr una reducción de la HbA1c.
4. Las personas con DM2, con independencia de su nivel inicial de HbA1c, mejoran su control glucémico con la ejecución de ER+EA.
5. Es necesario realizar un mínimo de 3 meses de ER+EA para lograr una disminución de la HbA1c, con independencia del volumen e intensidad aplicadas.
6. La reducción de la HbA1c es mayor con un ER+EA acuático que terrestre.

A nivel de la práctica profesional de enfermería, para recomendar un tipo de ejercicio físico personalizado es importante tener en cuenta las características del paciente, sin olvidar el nivel inicial de HbA1c y los antecedentes de enfermedad cardiovascular. Un entrenamiento acuático combinando ER con EA puede ser una buena opción para personas con DM2.

Las limitaciones de esta revisión son: a) al seleccionar publicaciones de los últimos 10 años, en inglés y español y con acceso libre a texto completo se han podido excluir investigaciones de interés; b) estudios con tamaño muestral reducido, por lo que los resultados no son extrapolables a la población de personas con DM2; c) las poblaciones solo comprendían edades entre 40 y 70 años d) ausencia de la descripción del volumen, intensidades y tipo de ejercicios en algunas intervenciones; e) no haber tenido en cuenta los antecedentes clínicos (enfermedades previas y tratamiento farmacológico) como factores de confusión; y f) la falta de control de los hábitos de actividad física y de alimentación de los participantes, ya que pueden sesgar los resultados.

Las futuras líneas de investigación que se podrían implementar son: a) estudios de intervención con mayor tamaño muestral; b) estudios de intervención con ejercicios acuáticos; c) estudios con población joven con DM2; d) revisiones sistemáticas con metaanálisis; e) estudios de intervención en los que se controlen los factores de confusión (registro de los antecedentes clínicos, y control de los hábitos de EF y alimentación con el uso podómetros y de registros dietéticos).

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- Organización Mundial de la Salud. La carga mundial de la diabetes. En: Informe mundial sobre la diabetes. Ediciones de la OMS: 2016. p. 23-30 Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254649/9789243565255-spa.pdf>
- 2- Brutsaert EF. Trastornos endocrinológicos y metabólicos: Diabetes mellitus (DM). Manual MSD versión para profesionales [Internet]. 2020 [Consultado 20 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.msmanuals.com/es-es/professional/trastornos-endocrinol%C3%B3gicos-y-metab%C3%B3licos/diabetes-mellitus-y-trastornos-del-metabolismo-de-los-hidratos-de-carbono/diabetes-mellitus-dm>
- 3- American Diabetes Association. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes-2021. Diabetes Care [Internet]. 2021;44(Suppl.1): S15–S33. Disponible en: <https://doi.org/10.2337/dc21-S002>
- 4- Magliano D, Boyko E, Balkau B, Barengo N, Barr E, Basit A, et al. Methods: Estimating the incidence and prevalence of youth-onset type 2 diabetes. En: Magliano D, Boyko E, Karuranga S, et al. (eds). IDF Diabetes Atlas, 10th edition [Internet]: 2022. p. 26. Disponible en: https://diabetesatlas.org/idfawp/resource-files/2021/07/IDF_Atlas_10th_Edition_2021.pdf
- 5- Rojo-Martínez G, Valdés S, Soriguer F, Vendrell J, Urrutia I, Pérez V, et al. Incidence of diabetes mellitus in Spain as results of the nation-wide cohort di@bet.es study. Sci Rep [Internet]. 2020; 10:2765. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59643-7>
- 6- Jaili M. Diabetes mellitus tipo 2. En: Tintinalli, medicina de urgencias, 7e [Internet]. Aceso medicina: McGraw-Hill; 2013. p. 1-32. Disponible en: <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1532§ionid=101553412>
- 7- Blanco Naranjo EG, Chavarría Campos GF, Garita Fallas YM. Estilo de vida saludable en diabetes mellitus tipo 2: beneficios en el manejo crónico. Rev Médica Sinerg [Internet]. 2021;6(2):1-639. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.31434/rms.v6i2.639>
- 8- Alemán J, Artola S, Avila L, Barrot J, Barutell L, Benito Belen, et al. Aspectos psicológicos y socioeconómicos en la atención a la diabetes tipo 2. En: García S (ed.). Guía de diabetes tipo 2 para clínicos. [Internet]. Fundación redGDPS; 2018. p. 3226-230. Disponible en: https://www.redgdps.org/gestor/upload/colecciones/Guia%20DM2_web.pdf
- 9- Ofman S, Taverna M, Stefani D. Importancia de considerar los factores psicosociales en la diabetes mellitus tipo 2. Rev Cubana Endocrinol [Internet]. 2019; 30 (2):144. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-29532019000200010&lng=es

- 10- Jiménez E. Informe sobre el impacto económico de la diabetes tipo 2 en España. FEDE [Internet]. 2021; 1-6. Disponible en: <https://fedesp.es/documentacion/informe-impacto-economico-diabetes-espana/>
- 11- Barutell L, Muñoz M, Galindo M, Martín E, Vázquez C, Ramos M, et al. Ejercicio físico y actividades deportivas. Guía de la redGDS: La enfermera de primaria y la diabetes [Internet]. RedGDPS. Euromedicine; 2016. p. 35-37. Disponible en: <http://redgdps.org/gestor/upload/file/Guia%20enfermera%20de%20primaria%20y%20diabetes.pdf>
- 12- Ampudia FJ, Caballero A, Campillo JE, Gutiérrez A, Murillo S, Pérez A, et al. Prescripción del ejercicio físico en la diabetes: aplicación de programas de ejercicio. En: Novials. A (coord.). Diabetes y ejercicio físico [Internet]. Madrid: Mayo ediciones; 2015. p. 67-88. Disponible en: <http://www.diabetesmadrid.org/wp-content/uploads/2015/07/Diabetes-y-Ejercicio-%C2%B7-SED.pdf>
- 13- Hernández J, Arnold Y, Mendoza J. Efectos benéficos del ejercicio físico en las personas con diabetes mellitus tipo 2. Rev Cubana Endocrinol [Internet]. 2018;29(2):1-18. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-29532018000200008&lng=es
- 14- Chulvi I, Rial T, Cortell J, Alakhdar Y, La Scala C, Masiá L, et al. Manual resistance versus conventional resistance training: impact on strength and muscular endurance in recreationally trained men. J Sports Sci Med [Internet]. 2017;16(3):343-349. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5592285/pdf/jssm-16-343.pdf>
- 15- Vinuesa M, Vinuesa I. Clasificación de la fuerza. Conceptos y métodos para el entrenamiento físico. En: Catálogo oficial de publicaciones oficiales [Internet]. Ministerio de defensa; 2016. p. 303-307. Disponible en: https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/c/o/conceptos-y-m_todos-para-el-entrenamiento-f_sico.pdf
- 16- Arabia J; Suarez G.M, Trochez J.M. El ejercicio en el tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2. Rev. argent. Endocrinol Metab [Internet]. 2012;49(4):1-10. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-30342012000400006&lng=es&tlng=es
- 17- Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. Rev Esp Cardio [Internet]. 2021;74(9):790–9. Disponible en: <https://www.revespcardiol.org/es-declaracion-prisma-2020-una-guia-articulo-S0300893221002748>
- 18- De Lorenzo E. Trabajo de fin de grado: cuaderno del estudiante. Escuela Universitaria de Enfermería de Vitoria-Gasteiz: 2022. p. 28.

- 19- Chen S, Shen F, Chen J, Chang W, Chang N. Effects of resistance exercise on glycated hemoglobin and functional performance in older patients with comorbid diabetes mellitus and knee osteoarthritis: A randomized trial. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2019;17(1):224. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17010224>
- 20- Hsieh P, Tseng C, Tseng Y, Yang W. Resistance training improves muscle function and cardiometabolic risks but not quality of life in older people with type 2 diabetes mellitus: A randomized controlled trial. *J Geriatr Phys Ther* [Internet]. 2018;41(2):65–76. Disponible en: <https://doi.org/10.1519/jpt.000000000000107>
- 21- Ranasinghe C, Devage S, Constantine GR, Katulanda P, Hills AP, King NA. Glycemic and cardiometabolic effects of exercise in South Asian Sri Lankans with type 2 diabetes mellitus: A randomized controlled trial Sri Lanka diabetes aerobic and resistance training study (SL-DARTS). *Diabetes Metab Syndr* [Internet]. 2021;15(1):77–85. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsx.2020.12.011>
- 22- Hangping Z, Xiaona Q, Qi Z, Qingchun L, Na Y, Lijin J, et al. The impact on glycemic control through progressive resistance training with bioDensity™ in Chinese elderly patients with type 2 diabetes: The PReTTY2 (Progressive Resistance Training in Type 2 Diabetes) Trial. *Diabetes Res Clin Pract* [Internet]. 2019; 150:64–71. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.diabres.2019.02.011>
- 23- Park B, Khamoui A, Brown L, Kim D, Han K, Min K, et al. Effects of elastic band resistance training on glucose control, body composition, and physical function in women with short- vs. long-duration type-2 diabetes. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2016;30(6):1688–99. Disponible en: <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001256>
- 24- Russell RD, Hu D, Greenaway T, Blackwood SJ, Dwyer RM, Sharman JE, et al. Skeletal muscle microvascular-linked improvements in glycemic control from resistance training in individuals with type 2 diabetes. *Diabetes Care* [Internet]. 2017;40(9):1256–63. Disponible en: <https://doi.org/10.2337/dc16-2750>
- 25- Yuing Farias T, Santos-Lozano A, Solís Urra P, Cristi-Montero C. Effects of training and detraining on glycosylated haemoglobin, glycaemia and lipid profile in type-ii diabetics. *Nutr Hosp* [Internet]. 2015;32(4):1729–34. Disponible en: <https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.4.9341>
- 26- Kadoglou NPE, Fotiadis G, Kapelouzou A, Kostakis A, Liapis CD, Vrabas IS. The differential anti-inflammatory effects of exercise modalities and their association with early carotid atherosclerosis progression in patients with type 2 diabetes. *Diabet Med* [Internet]. 2013;30(2):e41-50. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/dme.12055>
- 27- Mondal S, Gebeyehu M, Legesse K, Gebretensa M. Effects of aerobic and resistance exercises on selected physiological biochemical and anthropometric variables among type 2

- diabetic patients in Dilla, Ethiopia. *Indian J Public Health Res Dev* [Internet]. 2021; 12(3): 229–237. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.37506/ijphrd.v12i3.16071>
- 28- Bassi D, Mendes RG, Arakelian VM, Caruso FCR, Cabiddu R, Júnior JCB, et al. Potential effects on cardiorespiratory and metabolic status after a concurrent strength and endurance training program in diabetes patients. *Sports Med Open* [Internet]. 2015;2(1):31. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s40798-016-0052-1>
- 29- Terauchi Y, Takada T, Yoshida S. A randomized controlled trial of a structured program combining aerobic and resistance exercise for adults with type 2 diabetes in Japan. *Diabetes Int* [Internet]. 2022;13(1):75–84. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s13340-021-00506-5>
- 30- Babaei S, Dastah S. Performing training in water improves glucose homeostasis and lipocalins in women with type 2 diabetes mellitus. *Science & Sports*. [Internet]. 2022; Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2021.08.009>
- 31- Liu Y, Liu S, Cai Y, Xie K, Zhang W, Zheng F. Effects of combined aerobic and resistance training on the glycolipid metabolism and inflammation levels in type 2 diabetes mellitus. *J Phys Ther Sci* [Internet]. 2015;27(7):2365–71. Disponible en: <https://doi.org/10.1589/jpts.27.2365>
- 32- Yang P, Swardfager W, Fernandes D, Laredo S, Tomlinson G, Oh PI, et al. Finding the optimal volume and intensity of resistance training exercise for type 2 Diabetes: The FORTE Study, a randomized trial. *Diabetes Res Clin Pract* [Internet]. 2017; 130:98–107. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2017.05.019>
- 33- Egger A, Niederseer D, Diem G, Finkenzeller T, Ledl-Kurkowski E, Forstner R, et al. Different types of resistance training in type 2 diabetes mellitus: effects on glycaemic control, muscle mass and strength. *Eur J Prev Cardiol* [Internet]. 2013;20(6):1051–60. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1177/2047487312450132>
- 34- Byrkjeland R, Njerve IU, Anderssen S, Arnesen H, Seljeflot I, Solheim S. Effects of exercise training on HbA1c and VO₂peak in patients with type 2 diabetes and coronary artery disease: A randomised clinical trial. *Diab Vasc Dis Res* [Internet]. 2015;12(5):325–33. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1177/1479164115590552>
- 35- Borg G. Perceived exertion. *Exerc Sport Sci Rev*. 1974; 2:131-53.
- 36- Epley B. Poundage chart. In *Boyd Epley Workout*. Lincoln, NE, Body Enterprises, 1985.

8. ANEXOS

Anexo 1. Tabla de conceptos de búsqueda

Objetivo de búsqueda: identificar el efecto del ER, solo o combinado con ejercicios aeróbicos, en el nivel de HbA1c en personas con DM2.

| Concepto de búsqueda | Lenguaje natural | | Lenguaje controlado (descriptores) |
|------------------------------|---------------------------|--|--|
| | Sinónimo | Inglés | |
| Diabetes tipo 2 | Diabetes tipo 2 | <i>Type 2 diabetes</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Medline (MeSH): <i>diabetes mellitus type 2</i>. - CINAHL: <i>diabetes type 2, diabetes mellitus type 2, diabetes 2</i>. - Cochrane Database (MeSH): <i>diabetes mellitus, type 2</i>. - CUIDEN: <i>diabetes mellitus tipo II</i>. - SportDiscus: <i>diabetes mellitus, type 2</i>. - PEDro: <i>diabetes type 2</i>. - WOS: <i>diabetes type 2</i>. |
| Entrenamiento de resistencia | Ejercicios de resistencia | <i>Resistance training</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Medline (MeSH): <i>resistance training, weight lifting</i>. - CINAHL: <i>resistance training, strength training, weight training, resistance exercise</i>. - Cochrane Database (MeSH): <i>resistance training</i>. - CUIDEN: <i>entrenamiento de fuerza</i>. - SportDiscus: <i>resistance training, strength training, weight training, resistance exercise</i>. - PEDro: <i>resistance training</i>. - WOS: <i>resistance training</i>. |
| | Ejercicios de fuerza | <i>Strenght training</i> | |
| | Levantamiento de pesas | <i>Weightlifting</i> | |
| HbA1c | HbA1c | <i>Glycated hemoglobin A</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Medline (MeSH): <i>glycated Hemoglobin A</i>. - CINAHL: <i>glycated Hemoglobin A, hemoglobin a1c, HbA1, glycosylated hemoglobin</i>. - Cochrane Database (MeSH): <i>glycated hemoglobin A</i>. - CUIDEN: <i>glucohemoglobina</i>. - SportDiscus: <i>HbA1c</i>. - PEDro: <i>HbA1c</i>. - WOS: <i>HbA1c</i> |
| Glucosa en sangre | Glucosa en sangre | <i>Blood glucose</i> <i>Hyperglycemia</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Medline (MeSH): <i>blood glucosa, hyperglycemia</i> - CINAHL: <i>blood glucose, blood glucosa monitoring. hyperglycemia, high blood sugar, high blood glucosa</i>. - Cochrane Database (MeSH): <i>blood Glucose. hyperglycemia</i>. - CUIDEN: <i>hiperglucemia</i>. - SportDiscus: <i>glycemic control, blood sugar, blood glucosa</i>. - PEDro: <i>blood glucose</i>. - WOS: <i>blood glucose</i>. |

Anexo 2. Tabla de búsqueda

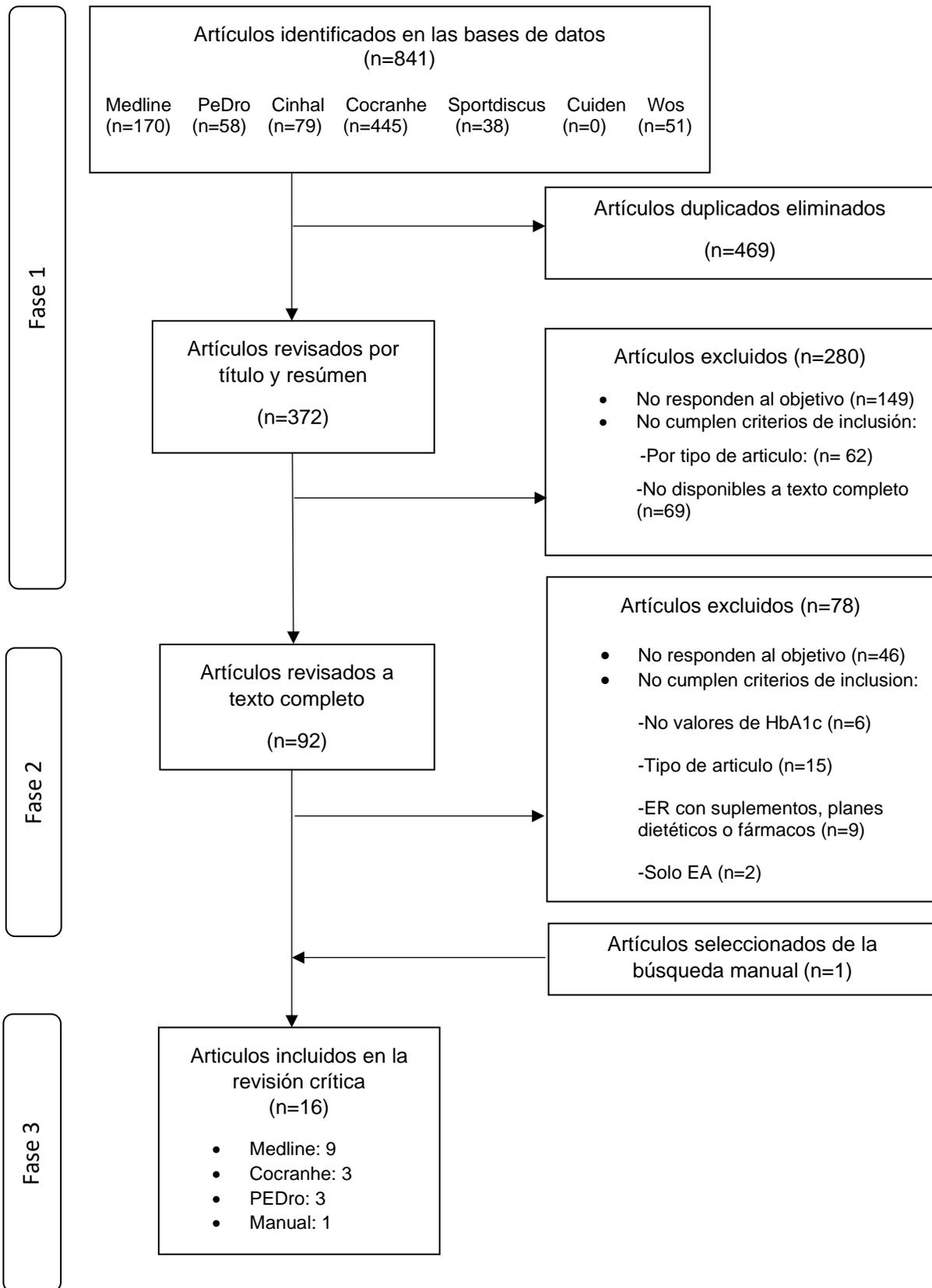
Objetivo de búsqueda: identificar el efecto del ER, solo o combinado con ejercicios aeróbicos, en el nivel de HbA1c en personas con DM2.

| Base datos | Ecuación de búsqueda | Resultados | | Observaciones |
|------------|--|---------------|---------------------------|---|
| | | Identificados | Útiles Título/abstract | |
| Medline | <p><u>1º búsqueda:</u> <i>diabetes mellitus, type 2 AND resistance training AND (glycated hemoglobin A OR blood glucose).</i></p> <p>Limitadores: <i>(abstracts and english language and yr="2013 – 2023")</i></p> | 84 | 42 | <p>Búsqueda efectiva: 42 artículos. 42 artículos no corresponden con los criterios de inclusión y exclusión: 22 no responden al objetivo, 16 no corresponden al tipo de artículo y 4 no acceso al texto completo.</p> <ul style="list-style-type: none"> Se realizó una nueva búsqueda con los términos: "weight lifting" e "hyperglucemia". |
| | <p><u>2º búsqueda:</u> <i>diabetes mellitus, type 2 AND (resistance training OR weight lifting) AND (glycated hemoglobin A OR blood glucose OR hyperglycemia).</i></p> <p>Limitadores: <i>(abstracts and english language and yr="2013 - 2023")</i></p> | 85 | 1 | <p>Búsqueda efectiva: 1 artículo. 84 repetidos en otras bases de datos.</p> <ul style="list-style-type: none"> Se realizo una nueva búsqueda en: castellano. |
| | <p><u>3º búsqueda:</u> <i>diabetes mellitus, type 2 AND (resistance training OR weight lifting) AND (glycated hemoglobin A OR blood glucose OR hyperglycemia).</i></p> <p>Limitadores: <i>(abstracts and spanish language and yr="2013 - 2023")</i></p> | 1 | 0 | <p>Búsqueda no efectiva.</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 no responde al tipo de artículo. |
| Cinhal | <p><u>1º búsqueda:</u> <i>diabetes mellitus type 2 AND (resistance training or strength training or weight training or resistance exercise) AND (blood glucose or blood glucose monitoring OR hemoglobin a1c or HbA1c OR glycosylated hemoglobin).</i></p> <p>Limitadores: resumen disponible; fecha de publicación: 2013-2023; Idioma: English</p> | 64 | 15 | <p>Búsqueda efectiva: 15 artículos. 49 artículos no corresponden con los criterios de inclusión y exclusión: 22 artículos repetidos, 9 no responden al objetivo, 15 no corresponden al tipo de artículo, 2 están en otro idioma y 1 no tengo acceso completo.</p> <p>Se limitó a: full text.</p> |

| Base datos | Ecuación de búsqueda | Resultados | | Observaciones |
|------------------|---|---------------|---------------------------|--|
| | | Identificados | Útiles Título/abstract | |
| Cinhal | <p><u>2º búsqueda:</u> <i>diabetes mellitus type 2 AND (resistance training or strength training or weight training or resistance exercise) AND (blood glucose or blood glucose monitoring) OR hemoglobin a1c or HbA1c or glycosylated hemoglobin).</i></p> <p>Limitadores: -Full text-Resumen disponible-Fecha 2013-2023; Idioma: English</p> | 15 | 0 | <p>Búsqueda no efectiva. 15 artículos no corresponden con los criterios de inclusión y exclusión: Repetidos en las demás bases de datos</p> <ul style="list-style-type: none"> Se realizo nueva búsqueda en: castellano. |
| | <p><u>3º búsqueda:</u> <i>diabetes mellitus type 2 AND (resistance training or strength training or weight training or resistance exercise) AND (blood glucose or blood glucose monitoring OR hemoglobin a1c or HbA1c OR glycosylated hemoglobin).</i></p> <p>Limitadores: resumen disponible-fecha 2013-2023; Idioma: Español</p> | 0 | 0 | |
| Cuiden | ("Diabetes mellitus tipo II") AND ("entrenamiento de fuerza") | 0 | No efectiva | No se encuentran resultados con las palabras clave. |
| Cocranhe library | <p><u>1º búsqueda</u> <i>diabetes dellitus, type 2 AND resistance training AND glycated Hemoglobin A AND blood glucose</i></p> <p>Limitadores: 2013-current trials</p> | 60 | 9 | <p>Búsqueda efectiva: 9 artículos.51 artículos no cumplen con los criterios de inclusión y exclusión: 26 artículos repetidos,15 artículos no cumplen con el objetivo, 2 no cumplen con el tipo de articulo y 8 no disponibles a acceso completo.</p> <ul style="list-style-type: none"> Se realizo nueva búsqueda: solo con el término "Glycated Hemoglobin A". |
| | <p><u>2º búsqueda:</u> <i>diabetes mellitus, type 2 AND resistance training AND glycated hemoglobin A.</i></p> <p>Limitadores: 2013- current trials.</p> | 84 | 2 | |

| Base datos | Ecuación de búsqueda | Resultados | | Observaciones |
|------------------------|--|---------------|---------------------------|---|
| | | Identificados | Útiles Título/abstract | |
| Cocranhe library | <u>3º búsqueda:</u> <i>diabetes mellitus, type 2 AND resistance training AND blood glucose.</i> Limitadores: 2013-Current trials. | 301 | | Búsqueda efectiva: 3 artículos efectivos. 298 artículos no cumplen con los criterios de inclusión y exclusión:40 no acceso completo, 55 no responden al objetivo y 203 repetido en las demás bases de datos. |
| SportDiscus | <i>Diabetes mellitus, type 2 AND AND (resistance training or strength training or weight training or resistance exercise).</i> Limitadores: abstract, 2013-2023; Idioma: English | 38 | 4 | Búsqueda efectiva: 4 artículos.34 artículos no cumplen con los criterios de inclusión y exclusión:9 artículos repetidos y 6 artículos no cumplen con el objetivo. • 19 no cumplen con el tipo de artículo. |
| PEDro | <u>1º búsqueda:</u> <i>diabetes type 2 AND resistance training AND Blood glucose.</i> Limitadores: 2013-2023; <i>Clinical trial.</i> | 25 | 9 | Búsqueda efectiva: 9 artículos. 16 artículos no cumplen con los criterios de inclusión y exclusión: 10 artículos están repetidos y 6 artículos no cumplen con el objetivo. • Se realiza segunda búsqueda con el termino: "HbA1c" |
| | <u>2º búsqueda:</u> <i>diabetes type 2 AND resistance training AND HbA1c.</i> Limitadores: 2013-2023; <i>Clinical trial</i> | 33 | 4 | Búsqueda efectiva: 4 artículos. 29 artículos no cumplen con los criterios de inclusión y exclusión: 25 artículos están repetidos y 4 artículos no cumplen con el objetivo. |
| WOS | <i>Diabetes type 2 AND resistance training AND blood glucose AND HbA1c.</i> Limitadores: 2013-actually; <i>English/Spanish language</i> | 51 | 3 | Búsqueda efectiva: 9 artículos.48 artículos no cumplen con los criterios de inclusión y exclusión:1 no permite acceso, 8 artículos están repetidos y 9 artículos no cumplen con tipo de artículo. • 30 artículos no cumplen con el objetivo. |
| BÚSQUEDA MANUAL | | | | |
| Google Scholar | <i>Diabetes mellitus type 2 and resistance training and (blood glucose or hbA1c).</i> | | 3 | Búsqueda efectiva: 3 artículos. |
| Science Direct | Ejercicio físico y glucosa en sangre. | | 1 | Búsqueda efectiva: 1 artículo. |

Anexo 3. Diagrama de flujo



Anexo 4. Tablas de lectura crítica

| Ranasinghe C, Devage S, Constantine GR, Katulanda P, Hills AP, King NA. Glycemic and cardiometabolic effects of exercise in South Asian Sri Lankans with type 2 diabetes mellitus: A randomized controlled trial Sri Lanka diabetes aerobic and resistance training study (SL-DARTS). Diabetes Metab Syndr. 2021;15(1):77–85 ²¹ . | | |
|--|--|--|
| Objetivo e hipótesis | ¿Están los objetivos y/o hipótesis claramente definidas? | <p>Sí El objetivo fue identificar los efectos del ejercicio aeróbico (EA) y resistencia (ER) en comparación con la atención estándar sobre el control glucémico en adultos del sur de Sri Lanka con diabetes mellitus tipo 2.</p> <p>R</p> <p>No</p> <p>P: Adultos de 35-65 años y diagnosticados con DM2 en los últimos 10 años.</p> <p>I: Programa de ejercicios de ER o EA.</p> <p>C: Atención estándar (sin ejercicio).</p> <p>O: Cambio de la HbA1c y parámetros cardio metabólicos.</p> |
| Diseño | ¿El tipo de diseño utilizado es el adecuado en relación con el objeto de la investigación (objetivos y/o hipótesis)? | <p>Sí Ensayo clínico aleatorizado. Se aleatorizaron a adultos sedentarios con DM2 entre 35 -65 años en tres grupos: ejercicios de ER, EA y a un grupo control (CN) (atención estándar). Se realizó una intervención de ejercicio progresivo supervisado 2 sesiones/semana durante 3 meses en los que se compararon los niveles de HbA1c antes y después de la intervención entre los grupos.</p> <p>R</p> <p>No</p> |
| | Si se trata de un estudio de intervención/experimental, ¿Puedes asegurar que la intervención es adecuada? ¿Se ponen medidas para que la intervención se implante sistemáticamente? | <p>Sí -Se describieron de forma detallada las intervenciones de EA y ER: ejercicios, duración, repeticiones e intensidad.</p> <p>R</p> <p>No</p> <p>-La intervención de ejercicios estuvo supervisada por un médico capacitado en fisiología clínica del ejercicio y fisioterapeutas/entrenadores personales.</p> <p>-La asistencia a las sesiones se verificó mediante la observación directa, registros de ejercicio y llamadas telefónicas de seguimiento para mantener el cumplimiento.</p> <p>-El ejercicio adicional fuera del programa prescrito, se controló mediante un podómetro, que realizaba el conteo de pasos. El cual se utilizó para excluir los pasos que no estaban dentro del programa.</p> |
| Población y muestra | ¿Se identifica y describe la población? | <p>Sí Criterios de inclusión:</p> <p>R</p> <p>No</p> <p>-Adultos de Sri Lanka de 35 -65 años y diagnosticados de DM2 en los últimos 10 años.</p> <p>-No haber participado en ningún programa de ejercicios en los 6 meses anteriores.</p> <p>Criterios de exclusión: HbA1c<6,5% o >115%, con insulina o medicamentos distintos a los hipoglucemiantes orales estándar, daño en órganos en etapa terminal y antecedentes de enfermedades cardiovasculares, respiratorias o musculoesqueléticas significativas.</p> |
| | ¿Es adecuada la estrategia de muestreo? | <p>Si</p> <p>R</p> <p>No</p> <p>Regular, no aparece que la muestra sea extrapolable a las características de la población general (no hay validez externa) aunque, indica que se llevó una aleatorización covariable adaptativa durante la asignación a los grupos por parte del investigador principal por tanto sí que hay una validez interna.</p> |
| | ¿Hay indicios de que han calculado de forma adecuada el tamaño muestral o el número de personas o casos que tiene que participar en el estudio? | <p>Sí Si, se calculó el tamaño de la muestra teniendo un poder del 80% para detectar una diferencia moderada de 0,65 de desviación en HbA1c, con un valor alfa de 0,05. Se programó reclutar 90 participantes y aleatorizarlos en los 3 grupos. Se recluto participantes adicionales para tener en cuenta la tasa de abandono estimada de 15-25%.</p> <p>R</p> <p>No</p> |

Ranasinghe C, Devage S, Constantine GR, Katulanda P, Hills AP, King NA. Glycemic and cardiometabolic effects of exercise in South Asian Sri Lankans with type 2 diabetes mellitus: A randomized controlled trial Sri Lanka diabetes aerobic and resistance training study (SL-DARTS). *Diabetes Metab Syndr.* 2021;15(1):77–85²¹.

| | | | |
|----------------------------------|--|----------------------|---|
| Medición de las variables | ¿Puedes asegurar que los datos están medidos adecuadamente? | Sí R No | Si, la HbA1c se extrajo de la vena antecubital por un médico experimentado y lo mismo con los demás parámetros cardiometabólicos. Estos se analizaron en un laboratorio de atención terciaria (de hematología, hemostasia...) y usaron botellas separadas de suero para las pruebas. Así mismo, todos estos resultados se midieron una semana antes y después del ensayo. |
| Control de sesgos | Si el estudio es de efectividad/relación: ¿Puedes asegurar que los grupos intervención y control son homogéneos en relación a las variables de confusión? | Sí R No | Si, ya que se especificó que la tasa de adherencia en ambos grupos fue similar y no se informaron de eventos adversos. Así mismo, los participantes eran personas sedentarias, en tratamiento oral para la DM2, de los cuales 53% eran mujeres con 50 años de edad media y la mayoría de los hombres y mujeres tenían sobrepeso con IMC 30,2/24,8 kg/m ² . No había diferencias estadísticamente significativas en los grupos en relación a estas variables. |
| | Si el estudio es de efectividad/relación: ¿Existen estrategias de enmascaramiento o cegamiento del investigador o de la persona investigada? | Si R No | -No mencionó ningún cegamiento de los participantes, aun así, no es posible cegarlos ya que se sabe a qué grupo pertenecen al realizar el ejercicio físico por las características de este. -El investigador y administradores de ejercicio no estaban cegados, ya que es imposible porque la intervención a administrar es ejercicio físico. A pesar de eso, los que analizaron los datos estaban cegados. |
| Resultados | ¿Los resultados, discusión y conclusiones dan respuesta a la pregunta de investigación y/o hipótesis? | Sí R No | Si, se observó el cambio absoluto de HbA1c en el grupo ER frente al CN (P=0,87) y EA frente al CN (P=0,55), reflejando que no se alcanzó significación estadística. Al realizar el análisis de los subgrupos de los que tenían una HbA1c > 7,5% en el grupo ER vs CN fue (P=0,04) y AT vs CN fue (P=0,03), siendo estadísticamente significativos en comparación al CN. |
| Valoración final | ¿Utilizarías el estudio para tu revisión final? | Sí R No | Si, ya que me responde a mi objetivo. Puedo concluir que el ejercicio de resistencia en este caso no tuvo efectos significativos sobre la HbA1c frente al CN a los 3 meses. Aunque sí tuvo reducciones significativas en comparación al grupo CN para los que tenían una HbA1c >7,5%. |

Anexo 4. Tablas de lectura crítica

| Criterios | | Chen et al. 2019 ¹⁹ | Hsieh et al. 2018 ²⁰ | Ranasinghe et al. 2021 ²¹ | Hangping et al. 2019 ²² | Park et al. 2016 ²³ | Russell et al. 2017 ²⁴ | Yuing et al. 2015 ²⁵ | Kadoglou et al. 2013 ²⁶ | Mondal et al 2021 ²⁷ | Bassi et al. 2015 ²⁸ | Terauchi et al. 2022 ²⁹ | Babaei et al. 2022 ³⁰ | Liu et al. 2015 ³¹ | Yang et al. 2017 ³² | Egger et al. 2013 ³³ | Byrkjeland et al. 2015 ³⁴ |
|----------------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Objetivos e hipótesis | ¿Están los objetivos y/o hipótesis claramente definidas? | R | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | R | Sí |
| Diseño | ¿El tipo de diseño utilizado es el adecuado en relación con el objeto de la investigación (objetivos y/o hipótesis)? | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí |
| | Si se trata de un estudio de intervención/experimental, ¿Puedes asegurar que la intervención es adecuada? ¿Se ponen medidas para que la intervención se implante sistemáticamente? | Sí | Sí | Sí | Sí | R | R | R | Sí | Sí | Sí | R | Sí | R | Sí | Sí | Sí |
| Población y muestra | ¿Se identifica y describe la población? | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí |
| | ¿Es adecuada la estrategia de muestreo? | R | R | R | R | R | R | R | R | R | R | R | R | R | R | R | R |
| | ¿Hay indicios de que han calculado de forma adecuada el tamaño muestral o el número de personas o casos que tiene que participar en el estudio? | Sí | Sí | Sí | R | Sí | Sí | No | Sí | No | Sí | Sí | R | No | Sí | No | Sí |
| Medición de las variables | ¿Puedes asegurar que los datos están medidos adecuadamente? | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí |
| Controles sesgos | Si el estudio es de efectividad/relación: | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | R | R | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | R |
| | ¿Puedes asegurar que los grupos intervención y control son homogéneos en relación a las variables de confusión? | No | R | R | No | No | No | No | No | No | No | No | No | No | R | R | No |
| | ¿Existen estrategias de enmascaramiento o cegamiento del investigador o de la persona investigada? | No | R | R | No | No | No | No | No | No | No | No | No | No | R | R | No |
| Resultados | ¿Los resultados, discusión y conclusiones dan respuesta a la pregunta de investigación y/o hipótesis? | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí |
| Valoración final | ¿Utilizarías el estudio para tu revisión final? | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí |

Anexo 5. Resumen de los estudios incluidos en la revisión sistemática

| Autor, año, país | Objetivo | Diseño | Muestra | Intervención | Resultados |
|--|--|--|---|--|---|
| Chen et al. 2020 ¹⁹ China | Investigar los efectos de dos tipos de ejercicios de fuerza sobre el nivel de HbA1c y el rendimiento funcional. | ECA Intervención: - ER dinámicos - ER isométricos | 60 personas con DM2 y osteoartritis de rodilla (29 hombres y 31 mujeres), edad de 60-70 años. | 3 meses con dos tipos de ER en el hogar, 3 sesiones/semana y sin tiempo fijo. -Dinámicos: ejercicios sentados con banda elástica (aducción/abducción cadera, flexión/extensión cadera, rotación externa/interna cadera, flexión/extensión rodilla y flexión/dorsiflexión tobillo), 5 series de 10 repeticiones, intensidad al 10% 1-RM y aumento progresivo. - Isométricos: la misma pauta que en los ejercicios dinámicos, pero utilizando el propio peso corporal. | <u>Valores de HbA1c:</u> ER dinámicos: pre=7,24% (1,14) y post=7,06% (0,89), p=0,21 (IC: -0,47; -0,11) ER isométricos: pre=7,43% (1,17) y post=7,24% (1,04), p=0,29 (IC: -0,55; 0,17) <u>Valores p (entre grupos):</u> p=0,462 |
| Hsieh et al. 2018 ²⁰ China | Investigar los efectos de 12 semanas de ER sobre la función muscular, el rendimiento físico, los riesgos cardio-metabólicos y la calidad de vida en personas mayores con DM2 | ECA Intervención: ER Control: estilo de vida habitual. | 30 personas con DM2 (11 hombres y 19 mujeres), edad media 71,2 años. | 3 meses de ER supervisado, 3 sesiones/semana y sin tiempo fijo. Ejercicios de la parte superior e inferior (<i>press</i> de pecho/hombros/pierna, curl de bíceps, abducción de cadera, flexión de cadera de pie, <i>crunches</i> y elevación de pantorrilla de pie) con pesas y máquinas, 3 series de 8 a 12 repeticiones e intensidad progresiva del 50% 1-RM al 75% 1-RM. | <u>Valores de HbA1c:</u> ER: pre=7,2% (0,6) post=7,1% (0,8); p=0,579. GC: pre=7,3% (0,9) post=7,5% (1,3) <u>Valores p (entre grupos):</u> p=0,227 |

HbA1c: hemoglobina glicada; ECA: ensayo clínico aleatorizado; ER: ejercicio de resistencia; DM2: diabetes mellitus tipo 2; 1-RM: una repetición máxima; GC: grupo control.

| Autor, año, país | Objetivo | Diseño | Muestra | Intervención | Resultados |
|---|---|--|--|--|---|
| Ranasinghe et al. 2021 ²¹ Sri Lanka | Examinar los efectos del EA y ER en comparación con la atención estándar sobre el control glucémico en adultos de Asia de Sri Lanka con DM2. | ECA Intervención: ER Control: estilo de vida habitual. | 86 personas con DM2 (40 hombres y 46 mujeres), edad media 50,1 años. | 3 meses de ER progresivo supervisado, 2 sesiones/semana y 60-70 min/sesión. Ejercicios para los principales grupos musculares (<i>press</i> de hombros, jalón lateral, <i>press</i> y extensión de rodilla, elevación talón y <i>crunch</i> abdominal) utilizando la resistencia corporal, pesos libres y maquinas en circuito, 3 series de 8 repeticiones, intensidad al 50% 1-RM con incrementos del 5% del peso cada 2 semanas. | <u>Valores de HbA1c:</u> ER: pre=7,4% (0,28) post=7,0% (0,24) ER (>7,5%): pre=8,8% (0,3) post=7,5% (0,3) GC: pre=8,7% (0,28) post=8,2% (0,24) GC (>7,5%): pre=9,2% (0,2) post=8,5% (0,2) <u>Valores p (entre grupos):</u> ER vs GC: p=0,8 (IC: 0,8; -0,7) ER vs GC (>7,5%): p=0,04 (IC: 1,7; -0,6) |
| Hangping et al. 2019 ²² China | Evaluar los efectos de una técnica novedosa de ER progresivo de bajo volumen y alta intensidad sobre el control glucémico en pacientes ancianos chinos con DM2. | ECA Intervención: ER progresivo. Control: estilo de vida habitual. | 265 personas con DM2 (240 hombres y 25 mujeres), edad media 66,7 años (GI) y 65,7 años (GC). | 6 meses de ER progresivo, inducido y supervisado, 1 sesión/semana y 5-10 min/sesión. Ejercicios isométricos (<i>press</i> de pecho, <i>press</i> de piernas, ejercicios de core y levantamiento vertical) con dispositivo Biodensity © (dispositivo de ayuda a la realización del ejercicio), 5 segundos/ejercicio, intensidad progresiva en base al peso corporal (el propio peso al inicio y el triple del peso a los 6 meses). | <u>Valores de HbA1c:</u> A los 3 meses: ER: pre=6,8% (1,31) post=6,63% (0,98) GC: pre=6,92% (1,26) post=6,73% (0,94) A los 6 meses: ER: pre=6,83% (1,31) post=6,75%(0,93) ER>7,5%: pre=8,62% (1,17) post=7,6% (0,9) GC: pre=6,92% (1,26) post=6,85% (1,31) GC>7,5%: pre=8,6% (1,1) post=8,4%(1) <u>Valores p (entre grupos):</u> A los 3 meses: ER vs GC: p=0,427 A los 6 meses: ER vs GC: p=0,454 ER vs GC (>7,5%): p=0,018 |

HbA1c: hemoglobina glicada; ECA: ensayo clínico aleatorizado; ER: ejercicio de resistencia; DM2: diabetes mellitus tipo 2; 1-RM: una repetición máxima; GC: grupo control.

| Autor, año, país | Objetivo | Diseño | Muestra | Intervención | Resultados |
|---|---|--|--|---|---|
| Park et al. 2016 ²³ Corea del sur | Evaluar los efectos del ER con bandas elásticas sobre el control de la glucosa, la composición corporal y la función física en mujeres con DM2. | ECC Intervención: - ER en personas con DM2 evolución < 7 años. - ER en personas con DM2 evolución > 7 años. | 26 mujeres con DM2, edad media 54,6 años (DM2<7) y 59,6 años (DM2>7) | 3 meses programa de ER supervisado en circuito, 5 sesiones /semana (3 sesiones/día) y 40-60 min/sesión. Ejercicios en circuito (<i>press</i> pierna, remo, <i>curl</i> bíceps y tronco, <i>crunches</i> , <i>sit-ups</i> , extensión tríceps, <i>chest flys</i> , rotación pie y dosiflexión tobillo) con bandas elásticas, 2-3 min/ejercicio, 15-20 repeticiones, intensidad inicial al 1-RM y reevaluación a las 4 semanas pudiendo progresar a la siguiente banda con mayor resistencia. | <u>Valores de HbA1c:</u> Grupo DM2 <7 años: pre=7,0% post=6,0%; p=0,01. Grupo DM2 >7 años: pre=7,5% post=6,2%; p=0,001. <u>Valores p (entre grupos):</u> p=0,353 |
| Russell et al. 2017 ²⁴ Australia | Investigar los efectos de la ER sobre los índices de control glucémico y las respuestas microvasculares musculares en pacientes con DM2. | Estudio preexperimental. Intervención: ER de cuerpo completo. | 17 personas con DM2 (11 hombres y 6 mujeres), edad de 52-62 años. | 1 mes y 2 semanas de ER supervisado, 3 sesiones/semana y 60 min/sesión. - ER de cuerpo completo (<i>press</i> pierna/pecho/hombro, jalón lateral, estocadas, remo, peso muerto, <i>curl</i> bíceps/ pierna, extensión tríceps /pierna, <i>chest flys</i> , fondos) con pesas y máquinas, 2 sesiones/semana, 1 serie/ejercicio, 6-15 repeticiones, intensidad progresiva del 65% 1-RM al 85% 1-RM. - ER de core y estabilidad (<i>burpees</i> , abdominales, plancha y elevación piernas) con pesos libres y peso corporal, 1 sesión/semana siguiendo la pauta anterior. | <u>Valores de HbA1c:</u> ER: pre=7,7% post =7,3%; p=0,003. |

HbA1c: hemoglobina glicada; ER: ejercicio de resistencia; DM2: diabetes mellitus tipo 2; 1-RM: una repetición máxima; GC: grupo control.

| Autor, año, país | Objetivo | Diseño | Muestra | Intervención | Resultados |
|--|--|---|---|--|---|
| Yuing et al. 2015 ²⁵ Chile | Determinar el efecto del entrenamiento y las consecuencias del desentrenamiento, comparando un protocolo de EA con uno de ER en personas con DM2. | ECA Intervención: ER. Control: EA. | 30 personas con DM2 (9 hombres y 21 mujeres), edad media 48,1 años. | 1 mes y 2 semanas de ER supervisado, 3 sesiones/semana y 50 min/sesión. ER: flexores y extensores de las extremidades superiores e inferiores, 3 series/ejercicio, máximo números de repeticiones posibles/1min, intensidad al 65% 1-RM. | <u>Valores de HbA1c:</u> ER: pre=7,2% (0,6) post =6,7% (0,7); p ≤0,05. EA: pre=6,7% (3,1) post=6,3% (0,8); p>0,05. <u>Periodo de desentrenamiento:</u> ER: pre=6,7% (0,7) post=7,4% (0,4); p ≤0,05. EA: pre=6,3% (0,8) post=7,3% (0,4); p ≤0,05. |
| Kadoglou et al. 2013 ²⁶ Grecia | Evaluar diferentes modalidades de ejercicio sobre los niveles circulantes de adipocinas y los cambios en el espesor de la íntima media carotídea en pacientes con DM2. | ECA Intervención: EA, ER y EA+ER. Control: EF intensidad baja y moderada, supervisado, realizo 150 min/semana | 90 personas con DM2 (25 hombres y 65 mujeres), edad de 56-70 años | 6 meses de EA, ER y EA+ER, 4 sesiones/semana y 60 min/sesión. - EA: caminar, correr en cinta, ciclismo y calistenia, 60 min/sesión, intensidad al 60-75% FC. - ER: parte superior e inferior (<i>press</i> de pierna/pecho/hombros, extensión pierna/triceps, flexión rodilla, <i>curl</i> bíceps y jalón lateral) con pesas y máquinas, 2-3 series /ejercicio, 8-10 repeticiones, intensidad mantenida al 60-80% 1-RM. - EA+ER: 1ª sesión EA, 2ª sesión ER, 3ª y 4ª sesiones EA+ER. | <u>Valores de HbA1c:</u> ER: pre=8,0% (0,7) post=7,8% (0,05) EA+ER: pre=8,2% (1) post=7,3% (0,4) GC: pre=7,8% (0,8) post=7,78% (0,01) <u>Valores p (entre grupo):</u> ER vs GC: p=0,048 EA+ER vs GC: p<0,01 ER vs EA+ER: p=0,043 |

HbA1c: hemoglobina glicada; ECA: ensayo clínico aleatorizado; ER: ejercicio de resistencia; DM2: diabetes mellitus tipo 2; 1-RM: una repetición máxima; GC: grupo control; EA: ejercicio aeróbico; GI: grupo intervención.

| Autor, año, país | Objetivo | Diseño | Muestra | Intervención | Resultados |
|---|--|---|--|---|---|
| Mondal et al. 2021 ²⁷ Etiopía | Evaluar el impacto de los EA, EA combinados con ER y ER en algunas variables fisiológicas, bioquímicas y antropométricas específicas entre pacientes DM2 | ECA Intervención: EA, ER y EA+ER Control: estilo de vida habitual. | 24 personas con DM2 (16 hombres y 8 mujeres), edad de 40-64 años. | 4 meses con diferentes protocolos de EA, ER y EA+ER: - EA: baile aeróbico y bicicleta estática sin carga, 4-5 sesiones/semana, 55 min/sesión. - ER: ejercicios con pesas (<i>press</i> piernas/hombros/pecho, extensión pierna, <i>curl</i> bíceps, abdominales), 3 sesiones/semana, 40 min/sesión, intensidad al 1-RM. - EA+ER: 3-4 sesiones/semana, 37 min/sesión. | <u>Valores de HbA1c:</u> ER: pre=8,7% (1,5) post=8,1% (1,2); p=0,03 (IC: -0,58;0,27) EA+ER: pre=7,8% (1,4) post=7,0% (1,3); p=0,000 (IC: -0,88;0,33) GC: pre=8,8% (2,1) post=9,2% (2,1) p=0,296 (IC:0,42;0,88) <u>Valores p (entre grupo):</u> ER vs GC: p=0,015 EA+ER vs GC: p=0,002 ER vs EA+ER: p=0,748 |
| Bassi et al. 2016 ²⁸ Brasil | Investigar el efecto de los programas CART en el perfil metabólico, control glucémico y capacidad de ejercicio en pacientes con DM2. | ECA Intervención: CART + consejo dietético. Control: consejo dietético. | 41 personas con DM2 (29 hombres y 12 mujeres), edad media 50,8 años. | 3 meses de EA+ER alternos, 3 sesiones/semana y 1h 10 min/sesión (30 min EA y 30 min ER). - EA: ergómetro con aumento gradual de la intensidad (60% FC 4 semanas, 70% FC 5-8 semanas y 80% FC 8-12 semanas). - ER: todos los grupos musculares (<i>curl</i> bíceps/ tríceps/ piernas, remo, <i>press</i> pecho/pierna, extensión de piernas/pantorrillas) con pesas y máquinas, 3 series/ejercicio, 10-12 repeticiones, intensidad progresiva del 60% 1-RM al 80% 1-RM. | <u>Valores de HbA1c:</u> EA+ER: pre=8,9% (2,4) post = 7,6% (1,7); p=0,04 GC: pre=9,8% (2,5) post=9,9% (2,8) <u>Valores p (entre grupo):</u> p=0,03 |

HbA1c: hemoglobina glicada; ECA: ensayo clínico aleatorizado; ER: ejercicio de resistencia; DM2: diabetes mellitus tipo 2; 1-RM: una repetición máxima; GC: grupo control; EA: ejercicio aeróbico; CART: concurrent aerobic and resistance *training*; GI: grupo intervención.

| Autor, año, país | Objetivo | Diseño | Muestra | Intervención | Resultados |
|---|---|---|---|---|---|
| Terauchi et al. 2021 ²⁹ Japón | Evaluar el efecto del EA y de fuerza combinados y supervisados sobre los parámetros metabólicos en pacientes japoneses con DM2. | ECA Intervención: EA con ER supervisado. Control: estilo de vida habitual | 205 personas con DM2 (123 hombres y 82 mujeres) edad media 54,4 años (GI) y 55,9 años (GC). | 3 meses de EA+ER, 3 sesiones/semana y 60 min/sesión (30 min EA y 30 min ER). - EA con aumento gradual de la intensidad (1ª y 2ª semana ligera (60%FC); 3ª y 4ª semana moderada (70%FC); 5ª semana vigorosa (80% FC). - ER con intensidad progresiva del 5 60% 1-RM (moderada) al 70-80% 1-RM (vigorosa). | <u>Valores de HbA1c:</u> EA+ER: 7,68% (0,60) post=7,37% (0,71) GC: pre=7,71% (0,60) post=7,76% (0,75) <u>Valores p (entre grupo):</u> p<0,001 (IC: -0,61; -0,28) |
| Babaei et al. 2021 ³⁰ Irán | Evaluar el efecto del entrenamiento en el agua en la mejora de la homeostasis de la glucosa y de las lipocalinas en mujeres obesas con DM2. | ECA Intervención: EA con ER acuático en personas con y sin DM2. Control: estilo de vida habitual. | 40 mujeres con DM2 edad de 50 a 60 años. | 3 meses de EA+ER acuático, 3 sesiones/semana y 30 min/sesión. - EA: caminar con rodillas dobladas en espiral y en circuito 2 series/ejercicio, intensidad al 60-80% FC. - ER: ejercicios dinámicos (sentadilla estática con flexión y extensión de hombros, tijeras con piernas con cambio, flexión lateral, rotación axial y cambio de peso hacia adelante hacia atrás con cada pie y flexión arriba y abajo con tobillos) con propio peso corporal, 3 series/ejercicio con 6-10 repeticiones. | <u>Valores de HbA1c:</u> EA+ER: pre=7,88% (0,12) post =6,12% (0,14); p=0,01 GC: pre=7,86% (0,13) post=7,70% (0,28) <u>Valores p (entre grupo):</u> p<0,05 |

HbA1c: hemoglobina glicada; ECA: ensayo clínico aleatorizado; ER: ejercicio de resistencia; DM2: diabetes mellitus tipo 2; 1-RM: una repetición máxima; GC: grupo control; EA: ejercicio aeróbico.

| Autor, año, país | Objetivo | Diseño | Muestra | Intervención | Resultados |
|--|--|--|---|---|--|
| Liu et al. 2015 ³¹ China | Investigar el efecto del EA y ER combinados sobre el metabolismo de los glucolípidos y niveles de inflamación en la DM2 | ECA Intervención: EA+ER supervisados (12 semanas) y ejercicios en el hogar (2 semanas). Control: estilo de vida. | 42 personas con DM2 (30 hombres y 12 mujeres), edad media 52, 5 años (GI) y 51,2 años (GC). | 3 meses de EA+ER, 3 sesiones/semana de 40-60 min/sesión de EA y 2-3 sesiones/semana de ER (no consta duración). EA: cicloergómetro intensidad progresiva del 40% FC al 60% FC. ER: ejercicios con bandas elásticas, 2 series/ejercicio con 8-10 repeticiones, intensidad progresiva del 50% 1-RM al 60% 1-RM. | <u>Valores de HbA1c:</u> EA+ER: pre=6,85% (1,14) post=5,89% (0,61); p<0,01 GC: pre=6,88% (0,76) post=6,44% (0,65) <u>Valores p (entre grupo):</u> p<0,05 |
| Yang et al. 2017 ³² Canadá | Comparar diferentes volúmenes e intensidades de ER combinado con EA para mejorar el control glucémico y la salud cardiovascular en personas con DM2. | ECA Intervención: EA combinado con: - ER1: baja intensidad y volumen. - ER2: alta intensidad y volumen. - ER3: baja intensidad y alto volumen. | 51 personas con DM2 (25 hombres y 26 mujeres), edad media 52,3 años. | 6 meses de EA+ER, 5 sesiones EA/semana y 2 sesiones ER/semana (sin tiempo fijo). - EA: caminar o bici una media de 3 horas, intensidad al 60-80% FC. - ER: en cuerpo entero (remo, sentadilla, <i>curl</i> pierna, extensión tríceps, elevación talón/lateral/supina, <i>bird-dog</i> , abdominales) con pesas y peso corporal. Protocolos de las intervenciones: <ul style="list-style-type: none"> ER1: 2 series/ejercicio de 10-15 repeticiones al 15% 1-RM (3 meses). ER2: 7 series/ejercicio de 7 repeticiones al 75% 1-RM. ER3: 2 series/ejercicio de 15 repeticiones al 50% 1-RM. | <u>Valores de HbA1c:</u> ER1: pre=7,6 % (0,3) post=6,5% (0,2); p<0,001 ER2: pre=7,7% (0,2) post=6,7% (0,2); p<0,001 ER3: pre=7,4% (0,3) post=7,0% (0,2); p<0,001 <u>Valores p (entre grupo):</u> p=0,110 |

HbA1c: hemoglobina glicada; ECA: ensayo clínico aleatorizado; ER: ejercicio de resistencia; DM2: diabetes mellitus tipo 2; 1-RM: una repetición máxima; GC: grupo control; EA: ejercicio aeróbico.

| Autor, año, país | Objetivo | Diseño | Muestra | Intervención | Resultados |
|---|--|--|--|--|--|
| Egger et al. 2013 ³³ Alemania | Evaluar si la combinación de EA y HRT o ERT de la parte superior del cuerpo induce efectos comparables sobre la composición corporal, el control glucémico, la masa y fuerza muscular. | ECA Intervención: EA combinado con: - HRT: ER de alta intensidad y bajo volumen. - ERT: ER de intensidad moderada y alto volumen. | 32 personas con DM2 (13 hombres y 19 mujeres) edad media 54,8 años. | 2 meses de EA+ER, 2 sesiones/semana; 60 min/sesión de EA y 50 min/sesión de ER. - EA: ciclismo de 60 a 70 rotaciones por minuto. - ER: parte superior del cuerpo (<i>press</i> de pecho, jalón lateral/espalda, remo sentado y vertical y <i>curl</i> bíceps) en máquinas de pesas. Protocolos de las intervenciones: 1) HRT: 2 series/ejercicio de 10-12 repeticiones al 70%-1RM. 2) ERT: 2 series/ejercicio de 20-30 repeticiones al 40%-1RM. | <u>Valores de HbA1c:</u> HRT pre=7,0% (1,2); post=6,8% (0,8); p=0.58 ERT pre=7,4% (1,2), post=7,4% (1,1); p=0.58 <u>Valores p (entre grupo):</u> p=0,29 En ambos grupos se observó una tendencia hacia una reducción significativa con el tiempo (p=0,08). |
| Byrkjeland et al. 2015 ³⁴ Noruega | Investigar los efectos del EA y ER combinados durante 12 meses en la HbA1c y VO2 máximo en pacientes con DM2 y CAD. | ECA Intervención: EA combinado con ER Control: estilo de vida habitual. | 137 personas con DM2 y CAD (115 hombres y 22 mujeres), edad media 63,1 años. | 12 meses con 4 programas alternos de EA+ER grupales, 3 sesiones/semana de 60 min/sesión. 1. Circuito de 10 EA+ER (pecho, bíceps, hombro, tríceps, espalda y frente) con pesas libres, 10-15 repeticiones, 40 s/ejercicio. 2. Caminar y correr a intervalos cuesta arriba, 20 s/ejercicio de 5-6 series. 3. EA interválico de pasos (básicos, laterales y cruzados) en 3 minutos/ejercicio, 4-5 series + ER (mismos ejercicios y pauta que el programa 1). 4. Spinning + ER (mismos ejercicios y pauta que en los programas 1 y 3). | <u>Valores de HbA1c:</u> EA+ER: pre=7,4% post=7,2%; p=0,113 EA+ER (sin CAD): pre=7,4% post=6,8% GC: pre=7,3% post=7,4%; <u>Valores p (entre grupo):</u> EA+ER vs GC: p=0,24 EA+ER (sin CAD) vs GC: p=0,052 |

HbA1c: hemoglobina glicada; ECA: ensayo clínico aleatorizado; ER: ejercicio de resistencia; 1-RM: una repetición máxima; GC: grupo control; EA: ejercicio aeróbico; HRT: *hypertrophy resistance training*; ERT: *endurance resistance training*; CAD: *coronary artery disease*

Anexo 6. Árbol categorial

