

# **BENEFICIOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN ADULTOS CON DIABETES TIPO 2**

**GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD  
FÍSICA Y DEL DEPORTE**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD  
FÍSICA Y EL DEPORTE**



Realizado por: Carlos Aguilera Centeno y David Alonso Pinto

Grupo TFG: M-61

Año Académico: 2022-2023

Tutora: Marta Domínguez

Área: Revisión bibliográfica

## **RESUMEN**

La diabetes tipo 2 es una enfermedad con alta prevalencia en el mundo. Generalmente afecta a población adulta de edad avanzada, pero, en los últimos años también es común en jóvenes debido al sedentarismo e inactividad física. Un programa de entrenamiento de fuerza ayuda a que esta población especial mejore la esperanza y la calidad de vida. El objetivo principal es analizar los beneficios que tiene el entrenamiento de fuerza en los pacientes diabéticos tipo II de edad adulta. Los objetivos específicos son analizar y examinar los beneficios metabólicos, físicos y antropométricos y psicológicos que produce el entrenamiento de fuerza y establecer si mejora la calidad de vida. Se ha realizado una revisión sistemática en diferentes bases de datos científicas sobre los beneficios del entrenamiento de fuerza en adultos con diabetes tipo 2. Conclusión: un programa estructurado de entrenamiento de fuerza produce mejoras metabólicas, físicas, antropométricas y psicológicas mejorando la calidad de vida de los adultos con diabetes tipo 2. Palabras clave: beneficios, entrenamiento de fuerza, adultos, diabetes tipo 2.

## **ABSTRACT**

Type 2 diabetes is a disease with a high prevalence in the world. It generally affects the older adult population, but in recent years it is also common in young people due to sedentary lifestyles and physical inactivity. A strength training program helps this special population to improve life expectancy and quality of life. The main objective is to analyze the benefits of strength training in adult type II diabetic patients. The specific objectives are to analyze and examine the metabolic, physical, anthropometric and psychological benefits of strength training and to establish whether it improves quality of life. A systematic review has been carried out in different scientific databases on the benefits of strength training in adults with type 2 diabetes. Conclusion: a structured strength training program produces metabolic, physical, anthropometric and psychological improvements improving the quality of life of adults with type 2 diabetes. Keywords: benefits, strength training, adults, type 2 diabetes.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1. ¿Qué es la diabetes?	4
1.2. Diabetes tipo 2	6
1.3. Diabetes tipo 2 y actividad física	7
<b>2. OBJETIVOS</b>	9
<b>3. METODOLOGÍA</b>	
3.1. Diseño	10
3.2. Estrategia de búsqueda	10
3.3. Criterios de selección	10
3.4. Diagrama de flujo	11
<b>4. DISCUSIÓN</b>	
4.1. Beneficios metabólicos	12
4.2. Beneficios físicos y antropométricos	15
4.3. Beneficios psicológicos y mejoras en la calidad de vida	17
<b>5. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN</b>	19
<b>6. CONCLUSIONES</b>	20
<b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	21
<b>8. ANEXOS</b>	
Anexo 1. Cuadro resumen de artículos empleados	26

### ÍNDICE DE FIGURAS:

- **Figura 1.** Daños (órganos y sistemas vitales) por diabetes mal controlada
- **Figura 2.** Diagrama de flujo

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 ¿Qué es la diabetes?

Según Hovanec et al. (2012) la DM2 es una emergencia de carácter epidémico. Así mismo, la Federación Internacional de Diabetes (FID, 2019) también sostiene que la diabetes es una de las emergencias de salud que más ha crecido exponencialmente en los últimos años y continúa en crecimiento, se estiman 700 millones de casos en todo el mundo en el año 2045, además es importante la falta de diagnóstico de esta enfermedad pues se calculan unos 193 millones de personas sin diagnosticar en todo el mundo debido a la falta de atención sanitaria o el desarrollo silencioso de esta enfermedad. Según Rojo-Martínez et al. (2020) la DM2 en España tiene una prevalencia del 13.8 %, lo que significa que más de 4.5 millones de personas sufren DM2.

La diabetes es una enfermedad crónica que aparece cuando el páncreas no secreta insulina o existe resistencia a la insulina (RI) por parte de los tejidos de los órganos terminales. La insulina es una hormona cuya función es regular la concentración de glucosa en la sangre (la glucemia) (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2016). Podemos distinguir en rangos generales, dos tipos de diabetes; la diabetes tipo 1 o insulino dependiente y la DM2 o no insulino dependiente. Cabe destacar también, que existe la posibilidad de padecer diabetes gestacional durante el embarazo (FID, 2019).

Para Gupta et al. (2017) en el control de la diabetes, la hemoglobina glicosilada (HbA1c) es una de las variables más importantes a la hora de diagnosticar y tratar la diabetes. Según Villacreses y Valero (2022) la HbA1c es una forma de hemoglobina que se mide principalmente para identificar la concentración promedio de glucosa en plasma durante periodos prolongados. Niveles entre 5.7 y 6.4 % podrían padecer prediabetes, por lo que, si no se emplean medidas preventivas, existe un riesgo elevado de sufrir diabetes. Valores mayores al 7% se relacionan con alteraciones metabólicas, complicaciones crónicas y con un mayor riesgo de mortalidad.

Un estilo de vida no saludable puede conllevar a la aparición de la RI, característica en pacientes con DM2. La RI se define como la disminución de la acción de la insulina a nivel celular, lo que produce alteraciones en el metabolismo de los glúcidos, lípidos y proteínas. Para el cálculo del índice de resistencia a la insulina se realiza el HOMA-IR, que se basa en la medición de la glicemia e insulinemia en un estado basal (Pollak., 2016).

La diabetes mal controlada implica unos efectos adversos en la salud de las personas pudiendo dañar numerosos sistemas u órganos vitales (Figura 1) del cuerpo (Lotfy et al., 2017).

### Figura 1.

*Daños (órganos y sistemas vitales) por diabetes mal controlada.*

<b>1. Central and peripheral nervous systems</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Brain stroke</li><li>• Autonomic neuropathy</li><li>• Peripheral neuropathy (Motor &amp; sensory dysfunctions)</li></ul>
<b>2. Eye</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Retinopathy</li><li>• Cataracts</li><li>• Blindness</li></ul>
<b>3. Cardiovascular system</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Cardiomyopathy</li><li>• Myocardial infarction</li><li>• Atherosclerosis</li><li>• Hypertension</li><li>• Endothelial cell dysfunction</li></ul>
<b>4. Oral cavity</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Oral disease (Caries, gingivitis, periodontal abnormalities, infections)</li></ul>
<b>5. Renal system</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Nephropathy</li><li>• Proteinuria</li><li>• Glucosuria</li><li>• Kidney failure</li></ul>
<b>6. Gastrointestinal system</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Delayed gastric emptying</li><li>• Diarrhea</li><li>• Constipation</li><li>• Dyspepsia</li><li>• Exocrine gland insufficiency</li></ul>
<b>7. Genital system</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Impotence</li><li>• Sexual dysfunction</li><li>• Urogenital dysfunction</li></ul>
<b>8. Skin and soft tissues</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Wound healing impairment</li><li>• Skin infection</li></ul>
<b>9. Bone</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Osteopenia, fractures</li></ul>
<b>10. Foot</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Foot ulceration</li><li>• Foot amputation</li></ul>

Fuente: Lotfy et al., 2017.

## 1.2 Diabetes tipo 2

La DM2 es el tipo de diabetes con mayor prevalencia (90%). En este caso, las personas que la padecen presentan resistencia a la insulina, es decir, su cuerpo no responde ante esta. Es un tipo de diabetes que se diagnostica sobre todo en personas de la tercera edad, aunque cada vez es más común en niños, adolescentes y jóvenes debido a los altos niveles de obesidad, falta de actividad física y dieta poco saludable. (FID, 2019). Según Valdés y Camps (2013) la DM2 es más frecuente en personas de 45 años. Además, la DM2 a esta edad es considerada una de las primeras causas de hospitalización y muerte (Osuna et al., 2014).

Existen numerosos factores de riesgo que se asocian a la DM2, entre ellos: antecedentes familiares, dieta poco equilibrada, falta de actividad física, edad avanzada, alta presión sanguínea, etnicidad, deterioro de la tolerancia a la glucosa, diabetes gestacional histórica, sobrepeso... (FID, 2019). Relacionado con el sobrepeso, otro de los factores de riesgo para el desarrollo de la diabetes es un elevado índice de cintura – cadera (WHR). Se considera un factor de riesgo cuando el WHR es  $> 102\text{cm}$  en hombres y  $> 88\text{cm}$  en mujeres (Huamán et al., 2017). La DM2 incrementa el riesgo cardiovascular (4 veces mayor que en pacientes sanos), dicho riesgo aumenta aún más cuando se relaciona con la hipertensión arterial. Por ello, es importante el control de las cifras de tensión arterial en esta población (Vega et al., 2018). Como cuentan Conthe et al. (2009), la incidencia de complicaciones cardiovasculares en los diabéticos sigue siendo muy elevada. Las alteraciones más comunes en esta población son la presencia de niveles bajos de HDL (se presupone como HDL bajo unos niveles inferiores a  $40\text{mg/dl}$  para hombres y  $46\text{mg/dl}$  en mujeres) y un aumento de triglicéridos ( $\geq 150\text{mg/dl}$  situación que se considera que incrementa el riesgo cardiovascular). Al igual que es importante el aumento del HDL como factor protector, se debe tratar de disminuir los niveles de LDL ( $< 100\text{mg/dl}$ ) con el mismo objetivo (Millán et al., 2013).

Barrot-de la Puente et al. (2015) determina en su estudio que los pacientes con DM2 de edad avanzada tienen un mejor control glucémico y global de los factores de riesgo cardiovasculares que los adultos jóvenes. A pesar de ello, la prevalencia de sus complicaciones aumenta con respecto a los grupos más jóvenes debido a

la edad y el deterioro físico y cognitivo, por lo que se debe prestar especial atención en estos grupos e intentar reducir esas complicaciones.

Por último, cabe destacar que los diabéticos que sufren depresión asociada tienen un peor control glucémico (60.2 %) que aquellos que no padecen depresión, las complicaciones aumentan en número y gravedad, la calidad de vida empeora y se eleva la mortalidad. Por lo tanto, es importante profundizar en la investigación en depresión y diabetes ya que supone un problema de salud pública (Rodríguez et al., 2015).

### **1.3 Diabetes tipo 2 y Actividad Física**

La actividad física es fundamental para el tratamiento y prevención de riesgos de la DM2 (Fealy et al., 2018). Esta afirmación resulta evidente si nos acogemos a los datos que nos muestra en su estudio Hamilton et al. (2018) donde apunta que un comportamiento sedentario aumenta el riesgo de la DM2 en un 112%. Por otro lado, la DM2 está relacionada entre otras cosas con la pérdida de masa muscular y de fuerza (Ghodrat et al., 2022).

La actividad física en pacientes diabéticos tipo 2 es un elemento eficaz para prevenir, tratar y combatir las complicaciones de la enfermedad y que no debería ser de carácter opcional ni quedarse en meras recomendaciones para estos pacientes, sino que se debería de hacer hincapié y crear programas estructurados y supervisados. Ya existen numerosos estudios donde se demuestra que intervenciones de actividad física estructuradas producen mejoras en este tipo de pacientes (Arias-Vázquez., 2015). Cascaes et al. (2017) aseguró que el ejercicio aeróbico tiene un efecto positivo y mejora la calidad de vida de las personas con DM2 mientras que Lora-Pozo et al. (2019) afirma que el HIIT es efectivo en diabéticos tipo 2 y produce mejoras antropométricas, cardiovasculares y metabólicas.

Tras profundizar y observar los beneficios que obtienen las personas con DM2 al realizar ejercicio físico, se ha comprobado que diferentes disciplinas como el ejercicio aeróbico y el HIIT aportan mejoras significativas por sí solas. En cambio, en el caso del entrenamiento de fuerza, en numerosas ocasiones se combina con

otro tipo de ejercicio (aeróbico o HIIT) y sus efectos no son analizados de manera aislada. Además, en muchas ocasiones se excluye de este tipo de entrenamientos o estudios a las personas adultas y de edad avanzada (Barrot-de la Puente et al., 2015).

El entrenamiento de fuerza en población adulta sana produce beneficios y genera adaptaciones fisiológicas que generan mejoras a nivel neuromuscular, cardiovascular y de composición corporal (Bustos y Mejías., 2018). Estudios previos de ejercicio en sujetos sanos e individuos con riesgo de enfermedad cardiovascular u otras condiciones médicas, han encontrado beneficios significativos en la calidad de vida (Myers et al., 2013). Por todo ello, se considera necesario realizar una revisión sistemática para analizar los beneficios que tiene el entrenamiento de fuerza en adultos con DM2 y una edad de 45 a 80 años.

## **2. OBJETIVOS**

El objetivo general es:

- Analizar los beneficios que tiene el entrenamiento de fuerza en los pacientes diabéticos tipo II de edad adulta.

Los objetivos específicos son:

- Analizar los beneficios metabólicos que tiene el entrenamiento de fuerza en los pacientes diabéticos tipo II.
- Examinar los beneficios físicos y antropométricos que tiene el entrenamiento de fuerza en los pacientes diabéticos tipo II.
- Analizar los beneficios psicológicos que tiene el entrenamiento de fuerza en los pacientes diabéticos tipo II y establecer si mejora la calidad de vida.

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Diseño**

En esta revisión bibliográfica sistemática se ha realizado una búsqueda en bases de datos electrónicas que nos ayudarán a la descripción de los beneficios del entrenamiento de fuerza en pacientes diabéticos tipo II con una edad de 45 a 80 años.

#### **3.2. Estrategia de búsqueda**

Para la búsqueda de estudios originales se consultó las bases de datos MEDLINE complete, Rehabilitation & Sport Medicine Source, SPORTDiscus with Full Text, Academic Search Ultimate y CINAHL with full text mediante las siguientes ecuaciones de búsqueda: «(Benefits OR advantages OR positive effects) AND (Strength training OR resistance training OR weight training) AND (Diabetes type 2 OR diabetes mellitus type 2 OR diabetes 2) AND (Adults OR adult OR aged OR elderly)». Se limitó por año de publicación 2012-2022, así como que fuesen en texto completo.

#### **3.3. Criterios de selección**

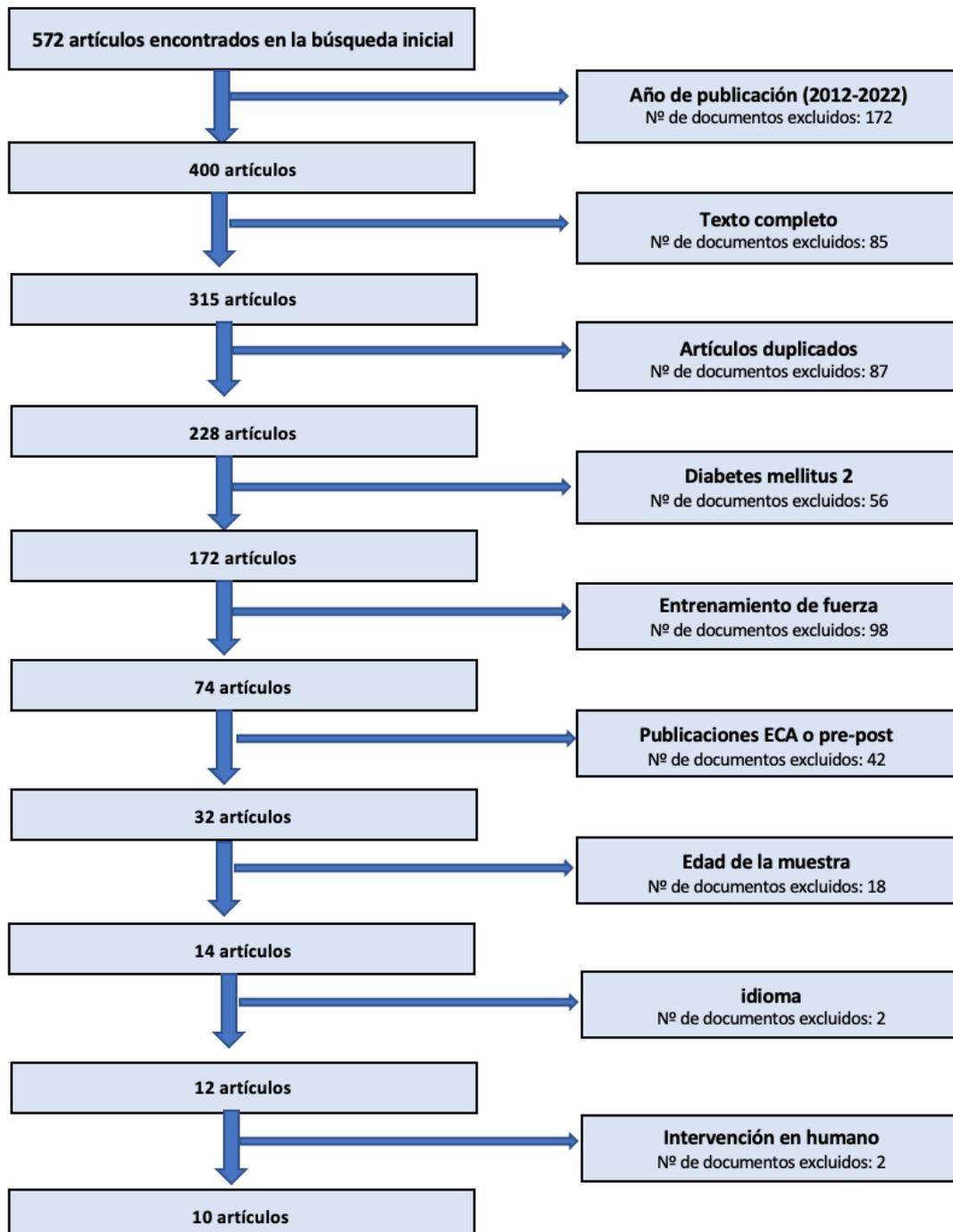
En cuanto a los criterios de selección, se han establecido los siguientes:

- Año de publicación (2012-2022).
- Publicaciones a texto completo.
- Eliminar artículos duplicados.
- Muestra con diabetes mellitus tipo II.
- Intervención con entrenamiento de fuerza.
- Publicaciones permitidas Ensayo Controlado Aleatorizado o pre-post.
- Edad de la muestra (grupo de fuerza) de 46 años a 80 años.
- Idioma de las publicaciones: inglés y/o castellano.
- Intervención en humanos.

### 3.4. Diagrama de flujo

Figura 2.

Diagrama de flujo.



## 4. DISCUSIÓN

El entrenamiento de fuerza produce una serie de beneficios en las personas con DM2, estos se han dividido en metabólicos, físicos o antropométricos y psicológicos o de calidad de vida.

### 4.1 Beneficios metabólicos.

Se conocen de buena mano los beneficios y adaptaciones fisiológicas que genera el entrenamiento de fuerza en población sana (Bustos y Mejías. 2018).

Mantener o reducir los valores de HbA1c es importante en pacientes con DM2. Diferentes estudios afirman que realizar un entrenamiento de fuerza estructurado (Anexo 1) reduce los valores de HbA1c (Hu et al., 2018, Kadoglou et al., 2012, Kudiarasu et al., 2021, Myers et al., 2012, Siavoshy y Heidarianpour., 2017, Sparks et al., 2013, Sabouri et al., 2021 y Yavari et al., 2012).

La resistencia a la insulina (HOMA-IR) es otra de las variables metabólicas de gran importancia en esta población especial. Hu et al. (2018), tras 6 semanas de intervención (3 días/semana) afirma que un trabajo de fuerza estructurado produce mejoras en los valores de HOMA-IR. Kadoglou et al. (2012) y Sabouri et al. (2021) coinciden con el anterior estudio, afirmando que tras 12 semanas (3 días/semana) de trabajo de fuerza estructurado se produce una disminución de la resistencia a la insulina. Por otro lado, Kudiarasu et al. (2021) difiere de los anteriores, ya que tras 12 semanas de entrenamiento de fuerza los valores de HOMA-IR lejos de reducir, incrementaron ligeramente. En dicho artículo atribuyen estos resultados a una posible influencia de la medicación con metformina de estos pacientes, ya que según exponen, este medicamento puede alterar los beneficios del ejercicio.

Analizando las intervenciones realizadas de los anteriores estudios se ha observado que en los de más número de entrenamientos (3 días/semana) obtienen mejoras en comparación con el estudio de Kudiarasu et al. (2021) en el que solo entrenan 2 días por semana. Sí en su estudio, se hubiese aumentado el número de entrenamientos a la semana, quizás, habría una reducción de la resistencia a la insulina.

Siguiendo esta línea, otra de las variables a tener en cuenta es la glucosa en sangre en ayunas (FBS). Tras el análisis de los estudios de Hu et al. (2018), Kadoglou et al. (2012), Siavoshy y Heidarianpour (2017) y Yavari et al. (2012), todos coinciden en que el trabajo de fuerza independientemente de la duración de la planificación produce una reducción significativa en la glucosa en sangre en ayunas. Sabouri et al. (2021) también encontraron una reducción en los valores de FBS tras realizar su protocolo de fuerza, sin embargo, esta reducción no mostró efectos estadísticamente significativos.

Tras comparar los estudios de Kadoglou et al. (2012) y Sabouri et al. (2021) se observa que ambas intervenciones son similares en cuanto a duración, número de ejercicios y tipo de trabajo. En cambio, difieren en la edad de la muestra, 61-65 años y 45-60 años respectivamente. Esta diferencia podría ser una de las causas por las que Sabouri et al. (2021) no obtiene diferencias significativas en los valores de FBS. Al ser sujetos más jóvenes podrían requerir un volumen, intensidad o tipo de trabajo diferente.

Es interesante tratar de aumentar los niveles de HDL en esta población debido a su acción protectora frente a riesgos cardiovasculares. En esta línea, los estudios de Sabouri et al. (2021) y Yavari et al. (2012) muestran un aumento significativo en los niveles de dicha proteína tras un protocolo de fuerza. En cambio, Kadoglou et al. (2012), Kudiarasu et al. (2021) y Hu et al. (2018) a diferencia de los anteriores, no encuentran cambios en los niveles de HDL manteniéndose estable durante sus intervenciones. Según Yavari et al. (2012) los resultados de HDL pueden estar influenciados por la intensidad, duración y frecuencia del entrenamiento y la nutrición.

Es importante el control de los niveles de la presión arterial. Kadoglou et al. (2012) y Yavari et al. (2012) obtuvieron disminuciones significativas tanto en la presión arterial sistólica (PAS) como en la presión arterial diastólica (PAD). El primero de ellos, redujo la PAS de  $121 \pm 9$  a  $111 \pm 9$  mmHg tras su intervención y la PAD de  $71 \pm 9$  a  $66 \pm 5$  mmHg. El segundo, obtuvo una reducción de  $129.7 \pm 15.5$  a  $118.4 \pm 12.2$  mmHg en la PAS y un descenso de  $82.6 \pm 9.5$  a  $75.8 \pm 8.5$  mmHg en cuanto

a la PAD. En cambio, a diferencia de estos dos autores, Hu et al. (2018) y Sabouri et al. (2021) no encontraron diferencias significativas en ninguna de las presiones arteriales, aunque, en este último se obtuvo una diferencia significativa en cuanto a los valores de la PAD entre el grupo de fuerza y el grupo control.

Analizando el estudio de Sabouri et al. (2021) se puede observar que la reducción de la PAD es mínima ( $84 \pm 2.47$  a  $83.93 \pm 2.78$  mmHg) y la diferencia significativa comentada anteriormente se debe a que el grupo control sufre un aumento en los valores de la PAD.

Como se ha mencionado en la introducción, en estos pacientes se busca una disminución de los niveles de LDL. Tras examinar los estudios donde se analiza el LDL, en el único que se observa una disminución estadísticamente significativa (pre  $3.44 \pm 0.59$ ; post  $2.87 \pm 0.43$ ) de estos niveles es en el estudio de Sabouri et al. (2021). Por otro lado, no hay mejoras en esta variable en los estudios de Hu et al. (2018), Kadoglou et al. (2012), Kudiarasu et al. (2021) y Yavari et al. (2012). Analizando el estudio de Kudiarasu et al. (2021) se ha podido observar que los niveles de LDL de los participantes se encuentran en un rango normal, lo que podría ser una de las causas por las que dichos autores han obtenido estos resultados.

Quedaría por mencionar, la importancia de la disminución de los valores de triglicéridos. Tras el protocolo de fuerza de Kadoglou et al. (2012), se produjo una disminución significativa de los niveles de triglicéridos (pre  $159 \pm 60$  mg/dl; post  $135 \pm 68$  mg/dl), coincidiendo con Dempsey et al. (2016) y Hu et al. (2018) en la mejora de los resultados de esta variable. Sin embargo, Kudiarasu et al. (2021), Sabouri et al. (2021) y Yavari et al. (2012) no obtienen beneficios en la reducción de los niveles de triglicéridos tras sus protocolos de fuerza.

Por último, Dempsey et al. (2016) afirma que, tras interrumpir la sedestación prolongada después de las comidas (3 minutos cada 30 minutos durante 8 horas) con ejercicios simples de fuerza como contracciones de glúteos, elevaciones de gemelos, sentadillas y elevaciones de rodillas se atenúan los valores de la glucemia postprandial, el péptido C y triglicéridos. A semejanza del estudio anterior, Taylor

et al. (2020) manifiesta que la interrupción de la sedestación prolongada con trabajos simples de fuerza de 3 series de 7 repeticiones (3-6 minutos cada 30 minutos durante 7 horas) de sentadillas, contracciones de glúteo y elevaciones de rodillas y gemelos, mejoran la tasa de cizallamiento vascular, el flujo sanguíneo y existe un aumento del flujo de la arteria femoral (FMD).

De esta manera, ambos estudios coinciden en que una pequeña intervención de trabajo de fuerza es capaz de producir mejoras en adultos diabéticos tipo 2.

#### **4.2 Beneficios físicos y antropométricos.**

En las últimas décadas se ha producido en el mundo un incremento paralelo en la prevalencia de obesidad y DM2 (Gorgojo-Martínez., 2016). De esta manera, se vuelve necesario conocer los beneficios que tiene el trabajo de fuerza en las variables físicas y antropométricas.

Según Salvador y Escalada (2010), la población con un IMC superior a  $35\text{kg/m}^2$  tiene un riesgo 20 veces mayor de desarrollar DM2 en comparación con aquellos que tienen un IMC normal ( $18.5 - 25\text{kg/m}^2$ ), como consecuencia de estos hallazgos se estima que en 2030 se doblará la prevalencia mundial de DM2. En el estudio de Kadoglou et al. (2012) no se encontraron cambios significativos en el IMC (pre  $32.74 \pm 4.05$ ; post  $32.71 \pm 3.2$ ), coincidiendo con Hu et al. (2018), Kudiarasu et al. (2021), Sabouri et al. (2021), Sparks et al. (2013) y Yavari et al. (2012). Este último afirma que se necesita un volumen mayor de ejercicio para la disminución del IMC. Además, menciona que la terapia nutricional combinada con ejercicio regular es más efectiva.

Conviene destacar que el IMC es tan solo una relación entre el peso y la talla al cuadrado por lo que habría que analizar otras variables como son el porcentaje de grasa y de masa muscular.

Según Kadoglou et al. (2012) entre las modalidades de ejercicio, el entrenamiento de fuerza ha mostrado una influencia beneficiosa en la composición corporal expresada por la masa muscular y grasa. Sin embargo, en su estudio obtiene resultados contradictorios ya que dicho entrenamiento (2-3 series de 6-8

repeticiones) no produce mejoras significativas en cuanto al porcentaje de masa grasa en pacientes con DT2. Por otro lado, Hu et al. (2018), Kudiarasu et al. (2021), Sparks et al. (2013) y Yavari et al. (2012) consiguen cambios significativos en el porcentaje de grasa. Estos últimos emplean programas de mayor intensidad y volumen (6-15, 10, 10-12 y 8-10 repeticiones respectivamente) que el anterior, pudiendo ser esto una de las razones por las que obtienen mejores resultados.

Respecto al porcentaje de masa muscular, Yavari et al. (2012) obtuvo mejoras significativas pudiéndose observar un aumento de  $1.13 \pm 0.86$  kg (pre  $30.8 \pm 4.9$  kg; post  $31.9 \pm 5.4$  kg).

Kudiarasu et al. (2021) analiza la masa libre de grasa en la que encuentra mejoras significativas en ambos grupos de entrenamiento (ECC y CON). El grupo de ejercicio excéntrico obtuvo una mejora de  $1.8 \pm 0.8$  kg y el grupo de ejercicio concéntrico obtuvo una mejora de  $2.0 \pm 0.3$  kg. Hu et al. (2018) también analiza esta variable obteniendo resultados positivos en los que se observa un aumento de  $0.9 \pm 0.3$  kg. Coincidiendo con estos últimos, Sparks et al. (2013) observa un aumento significativo en cuanto a la masa libre de grasa ( $1.4 \pm 0.4$  kg) y, además, encuentra mejoras en el contenido mitocondrial que a su vez está relacionado con un aumento de la masa muscular tras la realización de un programa de 9 meses en el que se llevaron a cabo 3 entrenamientos por semana. Cada sesión tuvo una duración de 45-50 minutos en la que se realizaron 4 ejercicios (2x10-12 rep) para miembro superior y 3 ejercicios (3x10-12 rep) para miembro inferior. Además de 2 series de abdominales y lumbares de 10-12 repeticiones.

Algunos autores hablan de la importancia que tiene el índice cintura – cadera (WHR), siendo este el resultado de dividir el perímetro de la cintura entre el perímetro de la cadera. Tras su intervención, Kudiarasu et al. (2021) obtiene una disminución significativa ( $- 0.038 \pm 0.02$ ) en el WHR únicamente para el grupo de trabajo ECC. Por el contrario, Kadoglou et al. (2012) no obtuvo alteraciones significativas (pre  $0.992 \pm 0.099$ ; post  $0.981 \pm 0.088$ ) en esta variable. Comenta que una de sus limitaciones pudo ser el pequeño número de pacientes en cada grupo.

Además, cabe destacar que un programa de mayor intensidad habría supuesto una mejora significativa.

Por último, Sabouri et al. (2021) menciona que un aumento del VO<sub>2</sub> máx. (aproximadamente 3,5 mL/kg/min) se asocia con un aumento del 12% en la supervivencia. Tras analizar sus artículos; Kadoglou et al. (2012), Sabouri et al. (2021) y Sparks et al. (2013) no encuentran mejoras en los valores VO<sub>2</sub>máx. Todos ellos argumentan que se necesita otro tipo de trabajo (HIIT o una combinación de ambos trabajos, HIIT + fuerza) para producir mejoras en dicha variable. En cambio, Yavari et al. (2012) obtuvieron cambios significativos que podrían deberse a la duración de su protocolo (52 semanas).

#### **4.3 Beneficios psicológicos y mejoras en la calidad de vida.**

Las complicaciones propias de la diabetes son un factor de riesgo para la aparición de los cuadros depresivos. El 33% de los enfermos con DM2 padece depresión, dicho trastorno está más asociado al sexo femenino, viudedad, obesidad y a la aparición de complicaciones de la DM2. (Rodríguez et al., 2015).

Tras la búsqueda realizada, tan solo uno de los artículos aporta información acerca de los beneficios psicológicos y mejoras en la calidad de vida del entrenamiento de fuerza. En esta línea, Myers et al. (2013) analizan en su estudio los cambios en la salud física y mental que produce el entrenamiento de fuerza. Por un lado, en cuanto a la salud física, demostraron que el entrenamiento de fuerza tiene mejores puntuaciones en la sub-escala de salud general en comparación con el grupo control ( $p= 0.003$ ). Además, cabe destacar que el grupo de entrenamiento de fuerza reportó un aumento menor en la sub-escala de dolor corporal ( $p= 0.026$ ) en comparación con el grupo control y otras intervenciones (aeróbico y combinado). Este dolor pudo ser consecuencia del daño muscular que provoca el entrenamiento físico. Recalcar también, la puntuación del componente físico en la que el grupo de entrenamiento de fuerza obtuvo mejoras significativas en comparación con el grupo control. Por último, en la sub-escala de funcionamiento físico (escala que mide el funcionamiento en las actividades físicas requeridas en la vida diaria), se ha podido comprobar que con el entrenamiento de fuerza existe una mejora, aunque otro tipo

de intervenciones como el ejercicio aeróbico o el combinado obtienen mejores resultados.

Por otro lado, respecto a los cambios en la salud mental se produce una mejora entre el grupo de fuerza y el grupo control en las sub-escalas de salud mental y vitalidad, aunque estos resultados no son significativos. En las sub-escalas de limitación emocional y función social no existen mejoras. En general, el ejercicio combinado genera mejores resultados que el ejercicio de fuerza por lo que en este caso puede valorarse realizar este tipo de actividad. Myers et al. (2013) sostienen que el nivel inicial de calidad de vida mental de los sujetos al inicio del programa puede haber alterado los resultados ya que dicho nivel es más alto que el promedio general. Es posible que personas con calidad de vida más baja se beneficien más del ejercicio. Además, Myers et al. (2013) comentan que 9 meses de entrenamiento podrían ser insuficientes para obtener mejoras en estas variables por lo que sería conveniente realizar programas de mayor duración.

## 5. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Tras la revisión bibliográfica realizada, se considera importante continuar realizando estudios sobre los beneficios del trabajo de fuerza en adultos con DM2 para tratar de disminuir los factores de riesgo y mejorar su calidad de vida.

Al analizar los estudios de esta revisión y observar cada una de sus limitaciones, se han determinado las siguientes futuras líneas de investigación:

Se considera de relevancia el aumento del tamaño de la muestra en futuros estudios con el objetivo de realizar comparaciones homogéneas en las que se puedan llevar a cabo análisis entre hombres y mujeres de la misma edad, etnia y características físicas similares y no solo con DM2.

Por otro lado, cabe destacar que en un futuro se deberían realizar estudios donde se llevara a cabo un seguimiento de la dieta, la medicación y el entorno real de la muestra (estrés, trabajo...) ya que la mayoría de los estudios son conscientes de que estas variables alteran o pueden alterar los resultados y aún así no realizan un seguimiento de ellas.

En cuanto a las intervenciones, numerosos estudios proponen un programa de 2-3 días a la semana con sesiones de trabajo de fuerza de alrededor de 60'. Sería interesante comparar diferentes programas dentro del trabajo de fuerza donde hubiese distintas intervenciones variando la intensidad y el volumen de trabajo para estipular qué parámetros son los más adecuados. Además, existen alteraciones dentro de los grupos control, ya que estos reciben un asesoramiento físico pudiendo afectar a los resultados.

Por último, se ve necesario hacer un mayor hincapié en los efectos psicológicos y de calidad de vida que produce el ejercicio en esta población ya que la mayoría de los estudios obvian dichas variables.

## 6. CONCLUSIONES

Según la revisión de los diferentes estudios analizados, se ha podido concluir que 2-3 series de 10-12 repeticiones de trabajo de fuerza a partir del 50 % RM y tras un mínimo de 6 semanas de entrenamiento (2-3 días / semana) mediante ejercicios para miembro superior (destacando press banca, press militar, jalón) y para miembro inferior (destacando prensa de pierna, extensión de rodilla, flexión de rodilla) producen los siguientes beneficios en los adultos con DM2:

- Beneficios metabólicos en los niveles de HbA1c, resistencia a la insulina, FBS, HDL, LDL, triglicéridos, PAS y PAD.
- Beneficios físicos y antropométricos en el % graso y muscular, la masa libre de grasa y el WHR, sin embargo, no es útil para mejorar el VO2 máx.
- Mejoras en la calidad de vida tanto de salud física como mental.

La mejora de todas estas variables contribuye a la reducción de los factores de riesgo aportando un aumento en la esperanza de vida y un mayor autocuidado de su enfermedad.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias-Vázquez, P. I. (2015). Actividad física en Diabetes Mellitus tipo II, un elemento terapéutico eficaz: revisión del impacto clínico. *Duazary*, 12(2), 147-156.
- Barrot-de la Puente, J., Mata-Cases, M., Franch-Nadal, J., Mundet-Tudurí, X., Casellas, A., Fernandez-Real, J. M., & Mauricio, D. (2015). Older type 2 diabetic patients are more likely to achieve glycaemic and cardiovascular risk factors targets than younger patients: analysis of a primary care database. *International Journal of Clinical Practice. Supplement*, 69(12), 1486–1495. 10.1111/ijcp.12741.
- Bustos-Rodríguez, D. C., & Mejías-Peña, Y. N. (2018). Adaptaciones al entrenamiento de la fuerza en adultos mayores. Una revisión sistemática. *Revista Digital: Actividad Física Y Deporte*, 3(2). 10.31910/rdafd.v3.n2.2017.372.
- Cascaes, F., da Rosa, R., Valdivia, B. A., Gutierrez, P. J. B., da Silva, R., Oliveira, M., & Pereira, A. R. (2017). Ejercicio Físico, Calidad De Vida Y Salud De Diabéticos Tipo 2. *Revista de Psicología Del Deporte*, 26(1), 13–25.
- Conthe, P., Gómez-Fernández, P., de Alvaro, F., Fernández-Pérez, C., González-Esteban, J., & Cea-Calvo, L. (2009). HDL cholesterol and cardiovascular disease in a population with hypertension and type 2 diabetes mellitus. RICARHD Study. *Revista Clinica Espanola*, 209(5), 227–233. 10.1016/s0014-2565(09)71239-1.
- Dempsey, P. C., Larsen, R. N., Sethi, P., Sacre, J. W., Straznicky, N. E., Cohen, N. D., Cerin, E., Lambert, G. W., Owen, N., Kingwell, B. A., & Dunstan, D. W. (2016). Benefits for Type 2 Diabetes of Interrupting Prolonged Sitting With Brief Bouts of Light Walking or Simple Resistance Activities. *Diabetes Care*, 39(6), 964–972. 10.2337/dc15-2336.

- Fealy, C. E., Nieuwoudt, S., Foucher, J. A., Scelsi, A. R., Malin, S. K., Pagadala, M., Cruz, L. A., Li, M., Rocco, M., Burguera, B., & Kirwan, J. P. (2018). Functional high-intensity exercise training ameliorates insulin resistance and cardiometabolic risk factors in type 2 diabetes. *Experimental Physiology*, *103*(7), 985–994. 10.2337/dc15-2336.
- Federación Internacional Diabetes. (2019). *Atlas de la diabetes de la FID. Novena edición 2019*.
- Ghodrat, L., Razeghian, I., Koushkie, M., & Nemati, J. (2022). Effect of performing high-intensity interval training and resistance training on the same day vs. different days in women with type 2 diabetes. *European Journal of Applied Physiology*, *122*(9), 2037–2047. 10.1007/s00421-022-04980-w.
- Gorgojo-Martínez, J. J. (2016). Importancia del peso en el control del paciente con diabetes mellitus tipo 2: hacia una visión adipocéntrica del abordaje de la diabetes. *Medicina Clínica*, *147*(1), 8–16. 10.1016/S0025-7753(17)30619-X.
- Gupta, S., Jain, U., & Chauhan, N. (2017). Laboratory Diagnosis of HbA1c: A Review. *J Nanomed Res* *5*(4): 00120. 10.15406/jnmr.2017.05.00120.
- Hamilton, M. T., Hamilton, D. G., & Zderic, T. W. (2014). Sedentary behavior as a mediator of type 2 diabetes. *Diabetes and Physical Activity*, *60*, 11-26. 10.1159/000357332.
- Hovanec, N., Sawant, A., Overend, T. J., Petrella, R. J., & Vandervoort, A. A. (2012). Resistance Training and Older Adults with Type 2 Diabetes Mellitus: Strength of the Evidence. *Journal of Aging Research*, *1–12*. 10.1155/2012/284635.
- Huamán, J., Alvarez, M., Gamboa, L., & Marino, F. (2017). Índice cintura-estatura como prueba diagnóstica del Síndrome metabólico en adultos de Trujillo. *Revista Medica Herediana*, *28*(1), 13-20. 10.20453/rmh.v28i1.3068.
- Hu, D., Russell, R. D., Remash, D., Greenaway, T., Rattigan, S., Squibb, K. A., Jones, G., Ross, R. M., Roberts, C. K., Premilovac, D., Richards, S. M., &

- Keske, M. A. (2018). Are the metabolic benefits of resistance training in type 2 diabetes linked to improvements in adipose tissue microvascular blood flow? *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 315(6), E1242–E1250. 10.1155/2012/284635.
- Kadoglou, N. P. E., Fotiadis, G., Athanasiadou, Z., Vitta, I., Lampropoulos, S., & Vrabas, I. S. (2012). The effects of resistance training on ApoB/ApoA-I ratio, Lp(a) and inflammatory markers in patients with type 2 diabetes. *Endocrine*, 42(3), 561–569. 10.1007/s12020-012-9650-y.
- Kudiarasu, C., Rohadhia, W., Katsura, Y., Koeda, T., Singh, F., & Nosaka, K. (2021). Eccentric-only versus concentric-only resistance training effects on biochemical and physiological parameters in patients with type 2 diabetes. *BMC Sports Science, Medicine & Rehabilitation*, 13(1), 1–14. 10.1186/s13102-021-00384-z.
- Lora-Pozo, I., Lucena-Anton, D., Salazar, A., Galán-Mercant, A., & Moral-Munoz, J. A. (2019). Anthropometric, Cardiopulmonary and Metabolic Benefits of the High-Intensity Interval Training Versus Moderate, Low-Intensity or Control for Type 2 Diabetes: Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(22). 10.3390/ijerph16224524.
- Lotfy, M., Adeghate, J., Kalasz, H., Singh, J., & Adeghate, E. (2017). Chronic Complications of Diabetes Mellitus: A Mini Review. *Current Diabetes Reviews*, 13(1), 3–10. 10.2174/1573399812666151016101622.
- Millán, J., Alegría, E., Guijarro, C., Lozano, J. V., Vitale, G. C., González-Timón, B., & González-Juanatey, J. R. (2013). Dyslipemia in diabetics treated with statins. Results of the DYSIS study in Spain. *Medicina Clinica*, 141(10), 430–436. 10.1016/j.medcli.2012.09.030.
- Myers, V. H., McVay, M. A., Brashear, M. M., Johannsen, N. M., Swift, D. L., Kramer, K., Harris, M. N., Johnson, W. D., Earnest, C. P., & Church, T. S. (2013). Exercise training and quality of life in individuals with type 2 diabetes: a

randomized controlled trial. *Diabetes Care*, 36(7), 1884–1890. 10.2337/dc12-1153.

Organización Mundial de la Salud. (2016). *Informe mundial sobre la diabetes*.

Pollak, F. (2016). Resistencia a la insulina: verdades y controversias. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 27(2), 171-178. 10.1016/j.rmclc.2016.04.006.

Ramos, E. V., & Arjona, M. C. C. (2013). Características clínicas y frecuencia de complicaciones crónicas en personas con diabetes mellitus tipo 2 de diagnóstico reciente. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 29(2).

Rodríguez, J.L., Zapatero, A., & Martín, M.D. (2015). Prevalencia de la depresión en la diabetes mellitus tipo 2. *Revista Clínica Española*, 215(3), 156–164. 10.1016/j.rce.2014.10.010.

Rojo-Martínez, G., Valdés, S., Soriguer, F., Vendrell, J., Urrutia, I., Pérez, V., Ortega, E., Ocón, P., Montanya, E., Menéndez, E., Lago-Sampedro, A., González-Frutos, T., Gomis, R., Goday, A., García-Serrano, S., García-Escobar, E., Galán-García, J. L., Castell, C., Badía-Guillén, R., Aguilera-Venegas, G., ... Calle-Pascual, A. (2020). Incidence of diabetes mellitus in Spain as results of the nation-wide cohort di@bet.es study. *Scientific reports*, 10(1), 2765. 10.1038/s41598-020-59643-7.

Sabouri, M., Hatami, E., Pournemati, P., & Shabkhiz, F. (2021). Inflammatory, antioxidant and glycemic status to different mode of high-intensity training in type 2 diabetes mellitus. *Molecular Biology Reports*, 48(6), 5291–5304. 10.1007/s11033-021-06539-y.

Salvador, J. & Escalada, J. (2010). Importancia del control del peso en el deterioro metabólico de la diabetes tipo 2. *Avances en Diabetología*, 26(3), 151–155. 10.1016/S1134-3230(10)63004-9.

Siavoshy, H., & Heidarianpour, A. (2017). Effects of Three Type Exercise Training Programs on FBS and HbA1C of Elderly Men with Type 2 Diabetes. *Iranian Journal of Diabetes & Obesity (IJDO)*, 9(1/2), 14–19.

- Sparks, L. M., Johannsen, N. M., Church, T. S., Earnest, C. P., Moonen-Kornips, E., Moro, C., Hesselink, M. K. C., Smith, S. R., & Schrauwen, P. (2013). Nine months of combined training improves ex vivo skeletal muscle metabolism in individuals with type 2 diabetes. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, *98*(4), 1694–1702. 10.1210/jc.2012-3874.
- Taylor, F. C., Dunstan, D. W., Homer, A. R., Dempsey, P. C., Kingwell, B. A., Climie, R. E., Owen, N., Cohen, N. D., Larsen, R. N., Grace, M., Eikelis, N., Wheeler, M. J., Townsend, M. K., Maniar, N., & Green, D. J. (2021). Acute effects of interrupting prolonged sitting on vascular function in type 2 diabetes. *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology*, *320*(1), H393–H403. 10.1152/ajpheart.00422.2020.
- Vega, J., Verano, N. C., Rodríguez, J. F., Labrada, E., Sánchez, A., & Espinosa, L. N. (2018). Factores cardioaterogénicos y riesgo cardiovascular en diabéticos tipo 2 hospitalizados. *Revista Cubana de Medicina Militar*, *47*(2), 1–14.
- Villacreses, V. D., & Valero, N. J. (2022). Hemoglobina glicosilada y su importancia en el diagnóstico de alteraciones metabólicas en pacientes diabéticos. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS.*, *4*(4), 276–290. ISSN 2806-5794.
- Yavari, A., Najafipoor, F., Aliasgarzadeh, A., Niafar, M., & Mobasseri, M. (2012). Effect of Aerobic Exercise, Resistance Training or Combined Training on Glycaemic Control and Cardio-Vascular Risk Factors in Patients with Type 2 Diabetes. *Biology of Sport*, *29*(2), 135–143. 10.5604/20831862.990466.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1.

Cuadro resumen de artículos empleados.

Autor/es y año	Objetivo/s	Muestra	Variables	Intervención	Resultados /Conclusiones
Dempsey et al. (2016)	Determinar si interrumpir la sedestación prolongada con breves episodios de caminata de intensidad ligera (LW) o actividades de resistencia simple (SRA) mejora los marcadores de riesgo cardiometabólico postprandial en adultos con DM2.	24 pacientes de 62 a 66 años con DM2.  3 grupos aleatorios - SIT o control (n=9). Sentado. - LW (n=7). Sentado más series de 3' andando cada 30'. - SRA (n=8). Sentado más series de 3' de SRA cada 30'.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Glucosa</li> <li>Insulina</li> <li>Péptido C</li> <li>triglicéridos</li> </ul>	Programa de 8h en 3 días separados. SRA: - Sentadillas - Elevar gemelos y rodillas - Contracción glúteos	<ul style="list-style-type: none"> <li>En comparación con SIT, ambas condiciones de interrupción de la actividad atenuaron significativamente las IAUC.</li> <li>Glucosa: SIT (24.2) LW (14.8) SRA (14.7).</li> <li>Insulina: SIT (3,293 pmol. h. L-1), LW (2,104) y SRA (2,066).</li> <li>Péptido C: SIT (15,641), LW (11,504) y SRA (2,066).</li> <li>IAUC triglicéridos se atenuó significativamente para SRA en comparación con SIT, pero no para LW.</li> <li>Las diferencias entre SRA y LW solo fueron significativas para los niveles de triglicéridos.</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>Interrumpir la sedestación prolongada con episodios breves de LW o SRA atenúa eficazmente la glucosa postprandial (cambio medio disminuye 39%) la insulina disminuye (36% LW y 37% SRA).</li> <li>Respuestas de péptido C (LW descendió 27% y SRA descendió 30%).</li> <li>Los niveles de triglicéridos tendieron a ser más bajos para ambos tipos de actividad, sin embargo, solo la reducción del IAUC para SRA (disminuyó 40%) fue estadísticamente significativa.</li> </ul>

### Beneficios del entrenamiento de fuerza en adultos con diabetes tipo 2

Autor/es y año	Objetivo/s	Muestra	Variables	Intervención	Resultados /Conclusiones
Hu et al. (2018)	Analizar si los beneficios metabólicos del entrenamiento de resistencia en pacientes con DM2 están relacionados con mejoras en el flujo sanguíneo microvascular del tejido adiposo.	18 pacientes de 45 a 59 años con DM2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grasa corporal total</li> <li>Grasa del tronco</li> <li>Masa magra</li> <li>Peso corporal total</li> <li>IMC</li> <li>Glucosa en ayunas</li> <li>HbA1c</li> <li>HOMA-IR: resistencia insulina</li> <li>Triglicéridos en ayunas</li> <li>Insulina plasmática en ayunas</li> <li>HDL, LDL, colesterol total y NEFA</li> <li>PAS y PAD</li> </ul> <p>Prueba de glucosa oral (50gr glucosa x 2h)</p>	<p>Programa de resistencia de 6 semanas.</p> <p>3 entrenamientos/semana. 60'/sesión.</p> <p>Lunes y viernes: 15 ejercicios. 1x 6-15 rep. (press banca, inclinado y hombros, prensa piernas, peso muerto, flexiones, extensión tríceps, piernas, fondos, remo sentado, curl de bíceps, deltoides, jalón, zancadas, elevación lateral.</p> <p>Miércoles: abdominales, paseo del granjero y balón medicinal.</p> <p>Intensidad del 65-85% 1RM a medida que aumenta la fuerza.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>RT redujo significativamente la glucosa en sangre en ayunas (10.2 a 9.0), HbA1c (7.78 a 7.44), curva OGC y resistencia a la insulina (7.76 a 5.72).</li> <li>RT produjo una pequeña reducción en la grasa corporal total (32.1 a 31.1) y la grasa del tronco (34.1 a 33.1) y los niveles de triglicéridos (1.82 a 1.47) en ayunas.</li> <li>La masa magra, el TNF circulante y la VCAM-1 aumentaron después de la RT.</li> <li>No hubo cambios significativos en el volumen o flujo sanguíneo microvascular del tejido adiposo después de RT.</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>Los beneficios antropométricos, glucémicos y de sensibilización a la insulina de 6 semanas de RT en personas con DT2 no están asociados con una mejora en las respuestas microvasculares del tejido adiposo.</li> <li>El papel de la función microvascular en el tejido adiposo aún es incierto.</li> </ul>

Autor/es y año	Objetivo/s	Muestra	Variables	Intervención	Resultados /Conclusiones
Kadoglou et al. (2012)	Investigar los efectos del entrenamiento de resistencia sobre los nuevos factores de riesgo cardiovascular en pacientes con DM2.	52 pacientes de 61.5 ± 5.4 años con DM2. Acaban 47 pacientes.  Grupos aleatorios: - RT (n=23) - Control (n=24)	Mediciones antes y después de 3 meses.  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad cardiorrespiratoria, perfil glucémico y lipídico</li> <li>• APOA-I y ApoB</li> <li>• Lipoproteína</li> <li>• Resistencia a la insulina (HOMA-IR) e insulina</li> <li>• Sensibilidad PCR</li> <li>• Fibrinógeno</li> <li>• LDL y HDL</li> <li>• HbA1c</li> </ul>	Grupo RT (programa de 3 meses).  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entrenamiento 3/semana. Empiezan 45' progresan a 60'/sesión. 2-3 x 6-8 x 1' descanso/ejercicio y 3'/serie. 8 ejercicios en máquinas. 60-80% 1RM.</li> <li>- Prensa de piernas, extensión de rodillas, flexión de rodilla, press banca, militar, jalón, curl bíceps y extensión tríceps.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución significativa de FPG (glucosa plasmática en ayunas) y HbA1c en el grupo RT en comparación con el control.</li> <li>• Mejora significativa en la sensibilidad a la insulina expresada por los niveles más bajos de insulina y HOMA-IR en el grupo RT.</li> <li>• Ningún cambio cardiorrespiratorio en comparación con grupo control.</li> <li>• RT redujo significativamente la PAS y tendió a disminuir PAD y triglicéridos en comparación con grupo control.</li> <li>• No hubo cambios significativos en colesterol total, HDL y LDL dentro y entre los grupos.</li> <li>• RT provocó una reducción significativa en la [ApoB] 135,92 a 85,9 mg/dL en comparación con grupo control 126 a 116 mg/dL.</li> <li>• La relación ApoB/ApoA-I disminuyó considerablemente (de 0,69 a 0,37) en grupo RT en comparación con grupo control (de 0,61 a 0,63).</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El programa de RT de intensidad moderada pareció mejorar el control glucémico, aliviar la resistencia a la insulina y reducir la relación ApoB/ApoA-I en personas con DM2, pero sin ECV manifiesta.</li> <li>• A pesar de la falta de beneficios significativos en Lp(a), marcadores inflamatorios, composición corporal y capacidad cardiorrespiratoria, nuestros resultados indican una influencia parcialmente beneficiosa de la RT en el perfil metabólico de los pacientes diabéticos, que necesita más investigación.</li> </ul>

Autor/es y año	Objetivo/s	Muestra	Variables	Intervención	Resultados /Conclusiones
Kudiarasu et al. (2021)	comparar el entrenamiento de resistencia excéntrico (ECC) vs con el entrenamiento concéntrico (CON) para probar la hipótesis de que el ECC sería superior a CON para mejorar la sensibilidad a la insulina, el perfil de lípidos, la composición corporal, la fuerza muscular y la función física de pacientes con DM2.	<p>21 pacientes de 50 a 80 años con DM2. Terminaron 18 pacientes el estudio.</p> <p>Grupos aleatorios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ECC (n=11) analizados 9</li> <li>CON (n=10) analizados 9</li> </ul>	<p>Comparación entre grupos: medición antes y después.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cambios en los biomarcadores sanguíneos</li> <li>Composición corporal y antropometría</li> <li>Fuerza muscular</li> <li>Función física</li> </ul>	<p>Ejercicios de fuerza (programa de 12 semanas).</p> <p>Entrenamiento 2 días/semana.</p> <p>Ejercicio de resistencia (press pecho, jalón lateral, curl de bíceps, extensión de tríceps, curl de piernas, levantamientos de gemelos y abdominales).</p> <p>2-3 series de 10 contracciones solo excéntricas (5s) o solo concéntricas (1-2 s).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tras 6 semanas aumentó la insulina sérica en ayunas y HOMA-IR y disminuyendo el HbA1c en el grupo ECC.</li> <li>La HbA1c disminuyó significativamente tras 12 semanas de entrenamiento CON, pero no en el grupo ECC.</li> <li>Hubo reducciones significativas en FM y % grasa corporal pre y post en ambos grupos.</li> <li>Disminución significativa en la circunferencia de la cadera solo para el grupo CON y fue evidente una disminución significativa en la relación cintura-cadera solo para el grupo ECC de pre a post intervención.</li> <li>Fuerza de MMSS aumentó entre 12-33% en el grupo ECC y entre 27-43% en el grupo CON. Fuerza de MMII aumentó entre 32 y 37% en el grupo ECC y entre 34 y 68% en el grupo CON.</li> <li>Grupo CON mostró más aumentos que el grupo ECC respecto a los ejercicios de curl de bíceps, levantamiento de gemelo y abdominales.</li> <li>Tras 12 semanas de entrenamiento, ambos grupos mostraron mejoras para la distancia 6MWT y tiempo de RC sin diferencias significativas entre grupo.</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>No se encontraron cambios significativos en los biomarcadores sanguíneos después de la intervención de 12 semanas y no se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos.</li> <li>Los hallazgos demostraron que comenzar el entrenamiento de fuerza excéntrico a una intensidad más baja con una progresión gradual puede provocar adaptaciones significativas al entrenamiento físico y resultados positivos en la mejora de la composición corporal, la fuerza muscular y la función física en adultos con DT2.</li> </ul>

Autor/es y año	Objetivo/s	Muestra	Variables	Intervención	Resultados /Conclusiones
Myers et al. (2012)	Establecer si el ejercicio mejora la calidad de vida (CDV) en personas con DM2 y que modalidades de ejercicio están involucradas.	173 pacientes de 57 años con DM2. Edad grupo Fuerza: 58.3 +/- 8.9 años.  Grupos aleatorios  - RT (n=52) - Control (n=28)	Calidad de vida (cuestionario SE-36) a través de evaluación del funcionamiento físico, limitaciones de roles, dolor corporal, salud general, vitalidad, funcionamiento social, salud emocional y salud mental.  HbA1c	Entrenamiento de fuerza (Programa de 9 meses).  3 entrenamientos/semana. 2x10-12 repes de 4 ejercicios para MMSS (press banca, remo sentado, press de hombros y jalón al pecho) 3 x 10-12 repes de 3 ejercicios para MMII (press de piernas, extensión y flexión). 2x 10-12 repes de abdominales y extensiones de espalda.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los tres grupos de condición de ejercicio tuvieron mayores mejoras para la puntuación y las subescalas del componente CDV de salud física del SF-36. Grupo RT (p=0.003).</li> <li>La subescala de salud general también mejoró más para las tres condiciones de ejercicio en comparación con la condición de control. Grupo RT (p= 0.003).</li> <li>El grupo RT informó un aumento menor del dolor corporal en comparación con el grupo de condición de control.</li> <li>Los cambios en la puntuación resumida del componente mental no difirieron entre el grupo de control y cualquiera de los grupos de ejercicio (todo P&gt;0,05).</li> <li>la subescala de vitalidad. Específicamente, el grupo de entrenamiento combinado tuvo mayores ganancias en vitalidad que el grupo de control.</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>Las intervenciones de entrenamiento físico (aeróbico, resistencia o combinado) mejoraron la calidad de vida de la salud física en personas con diabetes mellitus tipo 2.</li> <li>El dolor corporal informado fue mayor después de la intervención en comparación con la preintervención en todos los grupos de condiciones, incluido el grupo de condiciones de control.</li> <li>Cabe destacar que el entrenamiento de resistencia pareció mitigar el aumento del dolor que experimentaron los participantes durante el transcurso del estudio.</li> </ul>

Autor/es y año	Objetivo/s	Muestra	Variables	Intervención	Resultados /Conclusiones
Sabouri et al. (2021)	Comparar el estado inflamatorio, antioxidante y glucémico con diferentes tipos de entrenamiento interválico de alta intensidad (fuerza, HIIT y combinación) en pacientes con DM2.	59 pacientes de 45-60 años con DM2. Grupos aleatorios: - ST (n=15). Entrenamiento de fuerza. - Control (n=13)	Mediciones al inicio y después de las 12 semanas de intervención.  - Factores inflamatorios, antioxidantes, glucémicos y antropométricos	Entrenamiento de fuerza (ST).  - 3 sesiones/semana durante 12 semanas. - 3 series con peso máximo para mover 8 veces. - Press banca, piernas y hombros, curl de piernas, extensión de piernas y tracción dorsal. - Contracción abdominal 3 x15 x 1' descanso	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se mostraron efectos estadísticamente significativos para HOMA-IR (ST 3.94 → 3.02), HbA1c (ST :7.73 → 6.71) insulina (ST: 8.77 → 7.95) y TG (ST: 1.97 → 1.53).</li> <li>Interacción estadísticamente significativa entre los grupos y el tiempo en HDL y LDL.</li> <li>Aumento HDL en todos los grupos.</li> <li>LDL (ST: 3.44 a 2.87) disminuyó estadísticamente significativo en todos los grupos.</li> <li>TC (4.99 a 4.65) no disminuyó estadísticamente significativo en el grupo ST.</li> <li>Diferencias estadísticamente significativas en IL-6 en todos grupos de entrenamiento.</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>El estudio actual mostró que DBP, LDL, HDL, IL-6, SOD, GPX y TAC mejoraron significativamente en los grupos de entrenamiento en comparación con el grupo CON.</li> </ul>

Autor/es y año	Objetivo/s	Muestra	Variables	Intervención	Resultados /Conclusiones
Siavoshy y Heidarianpour (2017)	Investigar los efectos de 10 semanas de un programa de ejercicio aeróbico, resistencia y combinados sobre el azúcar en sangre en ayunas (FBS) y la hemoglobina glicosidada (HbA1c) de pacientes masculinos con DM2.	46 pacientes de 53 años con DM2. Edad grupo Fuerza: 52.2 +/- 4.87 años.  Grupos aleatorios: - RTG (n=10) - Control o CG (n=13)	Medición al inicio y al final (10 semanas). <ul style="list-style-type: none"><li>• HbA1c</li><li>• FBS (azúcar en sangre en ayunas)</li></ul>	Entrenamiento de fuerza (programa de 10 semanas). <ul style="list-style-type: none"><li>• 50-75% 1RM 3/semana. 6 ejercicios. 3x12 (12RM) 3' entre series y ejercicios.</li><li>• Ejercicios MMSS (press de pecho, remo sentado, jalón al pecho) Ejercicios MMII (press de piernas, extensión de rodillas y curl de piernas).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los grupos experimentales experimentaron reducciones significativas en FBS (RTG: 172.20 a 153.30) y el grupo de control no muestra disminuciones significativas en este valor.</li> <li>• Los participantes en los grupos RTG (6.35 a 5.68) y SAG también experimentaron una disminución significativa en la HbA1c después de la intervención. No hubo una disminución significativa de HbA1c en los grupos ATG y GC.</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En conclusión, el entrenamiento aeróbico y de resistencia realizado en un gimnasio especial es una opción de ejercicio factible y segura para personas con DM2 que puede conducir a mejoras en los niveles de FBS y HbA1c.</li> </ul>

Autor/es y año	Objetivo/s	Muestra	Variables	Intervención	Resultados /Conclusiones
Sparks et al. (2013)	Investigar los efectos de diferentes tipos de ejercicio sobre el contenido mitocondrial y la oxidación de sustratos en personas con diabetes tipo 2.	52 pacientes de 57 años con DM2. Edad grupo Fuerza: 60.4 +/- 7.3.  Grupos aleatorios: - RT (n=18). - Control (n=10)	Realización antes y después de extracciones de sangre, pruebas de VO2 max, biopsias musculares del vasto lateral.  • Oxidaciones de sustrato ex vivo (CO2), contenido mitocondrial y las actividades enzimáticas.  • HbA1c y ácidos grasos libres.  • FFM y %grasa corporal.	Entrenamiento de fuerza (programa de 9 meses).  3/sem. Cada sesión (45-50') 2x 10-12 repeticiones de 4 ejercicios para MMSS (press banca, remo sentado, press hombros y jalón).  3x 10-12 reps de 3 ejercicios para MMII (prensa pierna, extensión y flexión de piernas).  2X 10-12 abdominales y lumbares.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La actividad de CS, una enzima fundamental para la función del ciclo del ácido tricarboxílico (TCA), se reguló significativamente con 9 meses de RT o ATRT comparado con el grupo control.</li> <li>• La oxidación de ácidos grasos de cadena larga y media mejoró con el entrenamiento físico: después de 9 meses de RT.</li> <li>• 9 meses de RT y ATRT aumentaron el contenido mitocondrial del músculo esquelético.</li> <li>• Todos los grupos disminuyeron los niveles de HbA1c.</li> <li>• El grupo RT aumentó significativamente la FFM y disminuyó significativamente el porcentaje de grasa corporal.</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En conclusión, encontramos que 9 meses de RT y ATRT mejoraron significativamente el contenido mitocondrial en personas con DT2 y que estos cambios inducidos por el ejercicio se relacionaron significativamente con mejoras en la clínica (es decir, VO2pico y HbA1c).</li> </ul>

Autor/es y año	Objetivo/s	Muestra	Variables	Intervención	Resultados /Conclusiones
Taylor et al. (2020)	Examinar los efectos agudos sobre la función vascular en DM2 de interrumpir la sedestación prolongada con actividades de resistencia simple a diferentes frecuencias.	25 pacientes de 35-70 años con DM2.  3 grupos aleatorios:  - SIT o Control (n=9). Sentado 7h. Terminan 8  - SRA3' (n=8). SRA 3' cada 30'  - SRA6' (n=8). 6' SRA cada 60'	Mediciones a las 0h, 1h, 3,5h, 4,5h, y 6,5-7h.  <ul style="list-style-type: none"> <li>• FMD (flujo arteria femoral)</li> <li>• Tasa de cizallamiento femoral en reposo</li> <li>• Flujo sanguíneo</li> <li>• Endotelina-1</li> </ul>	Programa de 7h.  SRA: - Sentadilla 3x7 rep - Elevar gemelos 3x8 rep - SLR y contracción glúteo 3x5 rep	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La media de FMD de la arteria femoral durante 7h fue significativamente mayor en SRA3' (4,1 +- 0,3%) en comparación con SIT (3,7 +- 0,3%), pero no en SRA6'.</li> <li>• La tasa de cizallamiento femoral en reposo durante 7h aumentó significativamente para SRA3' (45,3 +- 4,1/s) y SRA6' (46,2 +- 4,1/s) en relación con SIT.</li> <li>• Las [endotelina-1] no fueron estadísticamente significativas.</li> <li>• La interrupción de la sedestación con pausas para la actividad cada 30', pero no cada 60', aumentó significativamente la media de la FMD de la arteria femoral durante 7h, en relación con la SIT.</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La interrupción de la sedestación prolongada con SRA cada 30' aumentó significativamente el porcentaje medio de FMD de la arteria femoral superficial durante 7h en relación con la sedestación prolongada, y los tamaños del efecto clínicamente significativos (&gt;1%) fueron evidentes.</li> <li>• La tasa de cizallamiento vascular y el flujo sanguíneo durante el período de intervención también mejoraron al interrumpir la sedestación prolongada.</li> <li>• Nuestros hallazgos sugieren que los descansos más frecuentes y cortos pueden ser más beneficiosos que los descansos más largos y menos frecuentes para la salud vascular en personas con DT2.</li> </ul>

Autor/es y año	Objetivo/s	Muestra	Variables	Intervención	Resultados /Conclusiones
Yavari et al. (2012)	Comparar los efectos del ejercicio aeróbico y de fuerza solos, así como la combinación de entrenamiento aeróbico y de fuerza sobre el control glucémico, los factores de riesgo cardiovascular y la composición corporal en pacientes con DM2.	80 pacientes de 33-69 años con DM2. Edad grupo Fuerza: 51.5 +/- 6.3 años.  Grupos aleatorios: - Fuerza (RT). N=20 - Control. N=20	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HbA1c</li> <li>• FBS (glucosa en sangre en ayunas)</li> <li>• HDL, TC LDL</li> <li>• 2h PP (glucosa postprandial)</li> <li>• Triglicéridos</li> <li>• PAS y PAD</li> <li>• FC</li> <li>• %BF</li> <li>• % muscular</li> <li>• VO2máx</li> </ul>	Programa de 52 semanas. Entrenamiento 3/semana. RT: 1 mes – 2/sem. Resto 3/sem 10 ejercicios. 8-10 rep (90-120" descanso/serie). Press de banca, remo sentado, press de hombros, pecho y piernas, jalón pecho, abdominales, extensión de piernas y tríceps, y curl de bíceps sentado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HbA1c disminuyó un 0,55% en el grupo RT en comparación con grupo control que aumentó 0,2%.</li> <li>• FBS tuvo una disminución significativa (144.9 +/-27.0 → 122.7 +/- 23.4).</li> <li>• Disminución de 2h pp en los tres grupos de entrenamiento.</li> <li>• TC y LDL-C no mostró cambios estadísticamente significativos.</li> <li>• HDL-C tuvo un aumento estadísticamente significativo en el grupo RT.</li> <li>• FC y triglicéridos no mostraron alteraciones.</li> <li>• PAD y PAS disminuyeron en los tres grupos de entrenamiento.</li> <li>• % muscular mostró incrementos más significativos en el grupo RT y combinado.</li> <li>• Incremento de VO2máx en todos los grupos.</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejercicio AE y RT por sí solos inducen efectos positivos en la prevención o manejo del control glucémico y los factores de riesgo cardiovascular.</li> <li>• Destacar la disminución del HbA1c con entrenamientos solos de AE y RT.</li> <li>• Importancia en elevación VO2máx.</li> <li>• Aumento de HDL en el grupo RT indica el papel de la actividad física en la composición de lípidos en estos pacientes.</li> <li>• Resultados no esperados en IMC, BMT y perfil lipídico.</li> <li>• FC y PA depende de medicamentos más que de actividad física.</li> <li>• Pérdida de peso e IMC necesitan mayor volumen de ejercicio.</li> </ul>