



TÍTULO

PAUTAS PARA LA APLICACIÓN Y PRESCRIPCIÓN DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN ADOLESCENTES

AUTOR

Juan Miguel Guerrero Siles

Esta edición electrónica ha sido realizada en 2021

Tutor	Dr. D. Pedro José Moreno Pontes
Instituciones	Universidad Internacional de Andalucía ; Universidad Pablo de Olavide
Curso	<i>Máster Oficial Interuniversitario en Actividad Física y Salud (2019/20)</i>
©	Juan Miguel Guerrero Siles
©	De esta edición: Universidad Internacional de Andalucía
Fecha documento	2020



**Atribución-NoComercial-SinDerivadas
4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)**

Para más información:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>



Pautas para la aplicación y prescripción del entrenamiento de fuerza en adolescentes

Trabajo de Fin de Master presentado para optar al Título de Master Universitario en Actividad Física y Salud por Juan Miguel Guerrero Siles siendo el tutor del mismo el Dr. D. Pedro Jose Moreno Pontes

MÁSTER OFICIAL INTERUNIVERSITARIO EN ACTIVIDAD FÍSICA Y SALUD
TRABAJO DE FIN DE MÁSTER CURSO ACADÉMICO 2014-2015

TITULO:

Pautas para la aplicación y prescripción del entrenamiento de fuerza en adolescentes con diabetes tipo II

AUTOR:

Juan Miguel Guerrero Siles

TUTOR ACADEMICO:

Dr. D. Pedro José Moreno Pontes

RESUMEN:

Introducción: Existe una alta incidencia de sobrepeso en niños y adolescentes que podría disminuir la expectativa y calidad de vida. El objetivo de la presente revisión es analizar la literatura sobre el ejercicio físico, el entrenamiento de fuerza, sus niveles y la influencia para prevenir patologías y más concretamente en la “Diabetes Mellitus tipo 2”. **Metodología:** Tres bases de datos han sido utilizadas para recuperar estudios publicados en los últimos 6 años. **Resultados:** La mayoría de los estudios revelan que, este tipo de entrenamiento puede generar adaptaciones para prevenir y combatir patologías como la DM2. **Conclusiones:** El entrenamiento de fuerza es seguro y eficaz como medio de mejora de la condición física y prevención de patologías, pero siempre bajo supervisión de un especialista.

PALABRAS CLAVE:

Entrenamiento de fuerza, niños, adolescentes, Diabetes Mellitus tipo 2

ABSTRACT:

Background: There is a high incidence of overweight in children and adolescents that could decrease life expectancy and quality of life. The aim of the present review is to analyze the literature on physical exercise, strength training, its levels and the influence it has on the prevention of pathologies and more specifically on "Diabetes Mellitus type 2". **Methods:** Three databases have been used to retrieve studies published in the last 6 years. **Outcomes:** Most of the studies reveal that this type of training can generate adaptations to prevent and fight pathologies such as DM2. **Conclusions:** Strength training is safe and effective as a means of improving physical condition and preventing pathologies, but always under the supervision of a specialist.

KEYWORDS:

Resistance training, child, adolescent, Diabetes Mellitus type 2

Índice:

RESUMEN.

ABSTRACT.

INTRODUCCIÓN.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.

- 1.1 Actividad física, ejercicio físico y deporte.
- 1.2 Ejercicio físico: Entrenamiento de Resistencia y Entrenamiento Fuerza.
- 1.3 Condición Física VS Patologías.
- 1.4 ¿Qué es la diabetes y sus tipos?
- 1.5 Prevalencia de la diabetes en adolescentes.
- 1.6 Sintomatología y problemas de salud que genera la diabetes en adolescentes.
- 1.7 Tratamientos para combatir la diabetes.
- 1.8 Ejercicio físico en adolescentes con diabetes.
- 1.9 Adaptaciones fisiológicas del ejercicio físico en pacientes con diabetes.

OBJETIVO

CAPÍTULO 2. MÉTODO.

- 2.1 Criterios de selección.
- 2.2 Estrategias de búsqueda.
- 2.3 Selección del estudio.
- 2.4 Extracción de datos.
- 2.5 Evaluación de la calidad metodológica.
- 2.6 Referencias bibliográficas.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS.

- 3.1 Resultados de la búsqueda.
- 3.2 Análisis de los programas de intervención.
- 3.3 Efectos del ejercicio físico de fuerza sobre la diabetes.

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

- 4.1 Discusión.
- 4.2 Limitaciones.
- 4.3 Conclusiones.

CAPÍTULO 5. PAUTAS PARA LA PRESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO DE FUERZA EN ADOLESCENTES CON DIABETES TIPO 2

BIBLIOGRAFÍA.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una alta incidencia de sobrepeso además de otros factores de riesgo para la salud de niños y adolescentes que podrían contribuir a la disminución de la expectativa y calidad de vida. De hecho, la Organización Mundial de la Salud (OMS) identifica el sedentarismo como un grave problema de salud en los jóvenes de 5 a 17 años. Sin embargo, una de las medidas que se podría llevar a cabo para impulsar una mejora, como es el entrenamiento de la fuerza presenta un gran desconocimiento de las pautas adecuadas para su correcta realización. Efectuándose de forma inadecuada dando pie a posibles riesgos que también puede afectar a la salud. Además, se trata de un término confuso, puesto que, a nivel social, cuando las personas piensan en él, creen que se basa en llevar a cabo ejercicios complejos y con altas cargas en un gimnasio, sin que esté tuviese que ser mucho menos el caso.

En una primera instancia, desde el punto de vista de la salud, Ihalainen et al. (1) confirman como el entrenamiento de fuerza ofrece mejores perfiles cardiovasculares en los jóvenes, lo que posteriormente se traduce en menores riesgos de mortalidad en los adultos, siendo considerado la medicina para la prevención de posibles enfermedades crónicas en un futuro. A pesar de ello, multitud de padres se muestran reticentes a este tipo de entrenamiento para adolescentes; en la mayoría de los casos por antiguas creencias relacionadas con el crecimiento que se mantienen arraigadas a pesar de que ya ha demostrado que son falsas. Así, ha sido argumentado por Malina et al. (2) descartando cualquiera influencia sobre el crecimiento en peso y altura de pre-adolescentes y jóvenes adultos.

Por otro lado, existe una gran prevalencia de suicidio entre la población joven, colocándose como la cuarta causa de muerte en este grupo (3), con valores que fluctúan en función del país concreto donde se valoren las causas. De esta forma, el suicidio es una causa de muerte a tener muy en cuenta entre la población joven. Existen tratamientos farmacológicos para controlar estas tendencias, sin embargo, el entrenamiento de fuerza es una terapia completamente válida para la prevención y el tratamiento de conductas depresivas y patologías psiquiátricas (4,5). Prueba de ello, fue la relación establecida entre la fuerza muscular en jóvenes adolescentes varones y causas de muerte prematura (antes de los 55 años) con un seguimiento longitudinal durante 24 años. Con la que se obtuvo una reducción del riesgo de muerte prematura por todas las causas en torno a un 20% comparando grupos de mayor fuerza con los que expresaron menores valores en los test (6).

Se ha reconocido cada vez más que se debe prestar más atención a esta área, de tal forma que Alves et al. (7), han descrito este tipo de entrenamiento como una herramienta innovadora y segura con una metodología que proporciona un nuevo camino para reducir la monotonía de la formación o las clases y para preparar al individuo para un futuro saludable (8,9). A través de este conocimiento los profesionales podrían aplicar y/o prescribir programas de entrenamiento eficientes, considerándose incluso en el ámbito de la educación física con el fin de adaptar las tareas prácticas en función de los propósitos de entrenamiento.

En base a todo esto es importante relacionar los niveles de fuerza y ejercicio físico con la prevención en diferentes patologías, entre ellas se encuentra la “Diabetes Mellitus” (DM), esta, es una enfermedad que ha estado afectando la vida humana durante miles de años. Tanto es así, que incluso existen manuscritos egipcios del año 1550 a.C, en los que se comienza a describir. Sin embargo, a pesar de haber pasado tanto tiempo, la muerte provocada por esta enfermedad no hace más que aumentar, siendo ya una de las principales causas de mortalidad en el planeta. Su etiología es heterogénea, y los factores ambientales, sociales y de comportamiento, afectan a ella. No obstante, el llamativo incremento de su incidencia en algunos países ha enfatizado la importancia de la comorbilidad con la obesidad en su patogénesis (10–12).

Tres décadas atrás, la Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2) era bastante extraña tanto en niños como en adolescentes. Sin embargo, en los últimos años los estudios han comenzado a reflejar un incremento importante de casos de DM2 en este grupo de edad a nivel mundial. Estableciéndose incluso en el 8-45% de todos los casos nuevos de diabetes reportados junto a otro problema bien establecido a nivel mundial como es la obesidad. Y aunque en España no existen apenas datos publicados sobre la prevalencia, si existen estudios que confirman una alta incidencia de sobrepeso/obesidad, en la edad pediátrica llega a alcanzar hasta el 44% (13). La correlación no tiene por qué implicar causalidad, pero observando la evidencia la mayoría de los pacientes que desarrollan DM2 son obesos y sufren varias alteraciones metabólicas producidas por su estilo de vida (11,14,15).

En general se acepta que la resistencia fisiológica a la insulina presente en la pubertad, así como la asociada a obesidad, parece jugar un importante papel en la expresividad de la DM2. Sin embargo, este es un tema de discusión en curso sobre una respuesta clara sobre cuál es el problema primario de la DM2 en el adulto (resistencia a la insulina vs disminución de la secreción de la misma), lo mismo ocurre en adolescentes y niños. En este sentido, por una parte,

se evidencia que la función de la célula β declina un 15% por año sin cambios sustanciales en la sensibilidad a la insulina. Por otra, observaciones en la evolución de la DM2 en la infancia apuntan a que lo primario sería la alteración de la acción de la insulina, que progresa más tarde a un fallo en la secreción de la misma (10–12,14).

Lo más alarmante es el aspecto que concierne al pronóstico, donde la morbimortalidad está relacionada con el desarrollo de complicaciones agudas y crónicas. De esta forma, se predice que los adolescentes diagnosticados con DM2 pierden 15 años de su esperanza de vida restante en comparación a aquellos jóvenes que no la presentan. Las complicaciones de la diabetes también son comunes y están presentes incluso antes que en los adolescentes con diabetes mellitus tipo 1 (DM1). La adquisición de DM2 y sus comorbilidades a una edad más temprana no solo afecta la capacidad de un individuo para participar plenamente en el estudio y el trabajo, sino que también aumenta la morbilidad y la mortalidad durante los años de mayor ganancia y capacidad de trabajo. De igual forma, existen numerosos artículos que confirman como la obesidad y el envejecimiento son las caras de la misma moneda. Debido a que la obesidad acelera el riesgo de muerte prematura un 1,45 a 2,76 veces, además de reducir la esperanza de vida útil hasta en 20 años (16–21). Del mismo modo, a nivel molecular, obesidad y envejecimiento promueven la senescencia celular, la inflamación y la disfunción mitocondrial a través de desequilibrio e insuficiente autofagia, acelerando el reloj epigenético y el desgaste de los telómeros (22).

Aunque uno de los datos más reveladores sin duda alguna, es que la mayoría de protocolos de intervención derivan de la experiencia en los adultos, en los que menos del 10% obtienen un control continuado de la DM sin medicación. Así, en conjunto a estas estadísticas y datos actuales, se subraya la vital importancia de diseñar mejores estrategias para la intervención terapéutica en este trastorno. Para contrarrestar lo esperado a través de esfuerzos en investigación, comprendiendo los vínculos entre el estilo de vida, la nutrición y el ejercicio, tomándose soluciones eficientes y basadas en la evidencia científica actual para su salvación (23,24).

En los últimos años se han visto un aumento en el número de artículos en los que se presentaba al ejercicio como una de las principales estrategias para la prevención en la aparición de esta patología y el control, ayudando tanto a la regulación de la glucosa sanguínea como a disminuir la obesidad subyacente que magnifica el problema. Sin embargo, como era de esperar, los jóvenes con DM2 tienden a ser menos activos, menos forma física y más sedentarios en

comparación con los jóvenes no diabéticos de edad similar. Esto puede ser en gran medida debido a la multitud de entrenamiento sedentario como multimedia o videojuegos dificultan mantener un programa de ejercicio físico continuado, ya que puede que no se considere tan divertido como esos entretenimientos. Del mismo modo, los niños y adolescentes con DM2 tienen más probabilidades de ser obesos, si se compara por ejemplo con aquellos que presentan otro tipo de diabetes como DM1 y, por lo tanto, puede desanimarse de hacer ejercicio debido a molestias físicas (22,23,25).

Dado el estigma social asociado con el sobrepeso u obesidad, y la barrera de imagen corporal negativa percibida de los adolescentes, la influencia de los compañeros puede impedir que las personas obesas hagan ejercicio. Los adolescentes con DM2 pueden estar relativamente poco preocupados por las consecuencias a largo plazo de un control metabólico deficiente. Además, estos jóvenes a menudo tienen otros miembros de la familia con DM2 y, por lo tanto, modelar buenos hábitos de ejercicio puede ser problemático dentro de la unidad familiar del hogar. Por lo tanto, es importante que tanto los adolescentes como los padres sean conscientes y entiendan las consecuencias a largo plazo de la diabetes mal controlada. El apoyo de los padres y los miembros de la familia también es fundamental para fomentar el ejercicio (26,27).

Por otra parte, los trabajos sobre las pautas de ejercicio de la DM2 en la edad pediátrica son todavía muy limitados, aunque su intervención, como previamente se ha comentado constituye uno de los pilares básicos (11,18,21). Por ello realizar la propuesta del uso del ejercicio de fuerza como terapia tanto de tratamiento como prevención para la DM2 en niños o adolescentes. Éste es un método de acondicionamiento físico capaz de mejorar la capacidad del individuo de vencer una resistencia. Todo ello, a través de diferentes medios, como el propio peso corporal, con bandas elásticas, con balones medicinales, con mancuernas, con barras, con máquinas, con poleas, etc. Teniéndose muy en cuenta, que tanto la prescripción como la revisión debe de hacerse por un profesional cualificado con el fin de disminuir los riesgos de lesiones (24,26).

El entrenamiento de fuerza es recomendable realizarlo entre 2-3 días por semana en niños y jóvenes. Descartando todo tipo de inseguridades asociadas al entrenamiento de la fuerza en niños y adolescentes, existe evidencia científica de que la participación en un programa supervisado es un método de acondicionamiento seguro y efectivo. Ya que en relación a los mitos que se establecen, no hay certeza a nivel de ciencia de que la participación en un programa de supervisado detendrá el crecimiento de los niños o dañará las placas de crecimiento en

desarrollo. Además de que los riesgos asociados no son mayores en comparación con otras actividades recreacionales y deportivas (28–32).

En última instancia, añadir, que durante éstas edades serviría de gran ayuda para mantener la adherencia a la actividad física como estilo de vida, desarrollándose habilidades motoras en edades tempranas que eviten lesiones y frustraciones futuras. Sin olvidar, el trabajo directo sobre el tejido muscular, ya que constituye uno de los principales depósitos de glucosa. Por lo tanto, gracias a este tipo de entrenamiento impedimos que descienda nuestra respuesta a los aumentos de glucosa sanguíneos por la pérdida de masa muscular. Además, se ha podido demostrar que, a más fuerza, menos mortalidad ya que existe una relación inversa entre la fuerza muscular de un sujeto y cualquier causa de mortalidad (28,33).

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1 Actividad física, ejercicio físico y deporte.

En primer lugar, cabe destacar cómo existen ciertos términos que son muy utilizados por la población general y que debido a su uso terminan por convertirse prácticamente en sinónimos o adquieren un significado demasiado general. Un ejemplo de ellos serían términos como deporte o actividad física que podrían parecer equivalentes y otros como condición física y actividad física que suelen confundirse.

La actividad física (AF) hace referencia a “todo movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos y que ocasiona un gasto de energía superior al del estado de reposo” (34). Sin embargo, se habla sobre deporte cuando la AF se ejerce como juego o competición, cuya práctica está sujeta a unas normas reglamentarias. Por otra parte, la AF planificada, estructurada, repetitiva e intencionada con el objetivo de mejorar o mantener uno o más de los componentes de la condición física (CF) es lo que se entiende como ejercicio físico (34). Así también, la CF se define como la capacidad que tiene una persona para realizar AF y/o ejercicio, y constituye una medida integrada de todas las funciones y estructuras que intervienen en la realización de AF o ejercicio. Estas funciones son la musculoesquelética, cardiorrespiratoria, hematocirculatoria, endocrinometabólica y psiconeurológica (35,36).

En este sentido, la AF es diferente de la CF, aunque están íntimamente relacionadas; de hecho, la AF mejora la CF, principalmente mediante el ejercicio físico, por lo que éste se puede programar y sistematizar con el objetivo de prevenir o mejorar la sintomatología de alguna patología.

En otro orden, la AF también está muy relacionada con el sedentarismo; no en vano, el sedentarismo como tal no ha empezado a estudiarse de forma independiente hasta hace poco tiempo. El término sedentarismo proviene del vocablo en latín “sedere”, que significa sentado, e intuitivamente se suele asociar sedentarismo a falta de AF; de hecho, muchos estudios se refieren a participantes sedentarios cuando estos no alcanzan un determinado nivel AF. En 2010, en el grupo de expertos en sedentarismo (37,38) propuesto por el Gobierno británico se diferencia claramente entre inactividad y comportamiento sedentario y se sugiere que se utilice este último término cuando queremos denominar actividades cuyo gasto energético es muy bajo y la posición predominante es sentada o tumbada. Los comportamientos sedentarios pueden

darse tanto en el colegio como en casa, durante el transporte o en el tiempo libre, considerándose aquí el tiempo viendo la televisión o usando el ordenador.

1.2 Ejercicio físico: Entrenamiento de Resistencia y Entrenamiento Fuerza.

En respuesta al ejercicio físico, los seres humanos alteran el fenotipo de su músculo esquelético; alterando el almacenamiento de nutrientes, la cantidad y el tipo de enzimas metabólicas, la cantidad de proteína contráctil y la rigidez del tejido conectivo, sólo por nombrar algunas de las adaptaciones. El cambio en el fenotipo es el resultado de la frecuencia, intensidad y duración del ejercicio en combinación con la edad, la genética, el género, el abastecimiento de combustible y los antecedentes del entrenamiento del individuo (39,40). Por otra parte, a pesar de que frecuentemente el ejercicio se define como un estímulo único y se han observado respuestas generalizadas, habrá variaciones en la forma en que cualquier individuo pueda responder al entrenamiento físico en función de aspectos que se conocen y (probablemente) de otros tantos aspectos que no se conocen.

El ejercicio generalmente se separa en actividades aeróbicas/resistencia y actividades de potencia/fuerza. El ejercicio de resistencia se realiza clásicamente contra una carga relativamente baja durante una larga duración, mientras que el ejercicio de la fuerza se realiza contra una carga relativamente alta durante una corta duración. Sin embargo, los ejercicios de resistencia pura o de fuerza pura son raros. Muchas actividades combinan resistencia y fuerza y este tipo de entrenamiento se conoce como entrenamiento concurrente.

Por otra parte, trabajos recientes que demuestran que el ejercicio corto de alta intensidad puede producir adaptaciones de resistencia y que el ejercicio de baja carga que se acerca a la falla puede producir adaptaciones de la fuerza han desafiado la comprensión de qué tipo de ejercicio produce cada cambio fenotípico en el músculo. Se sabe que el entrenamiento clásico de resistencia produce un aumento del gasto cardíaco, el consumo máximo de oxígeno y la biogénesis mitocondrial (41,42).

La mejora general en los tejidos centrales y periféricos permite una mejor economía de ejercicio y una mayor capacidad para que el individuo pueda correr por distancias y tiempos más largos (39,42). Por el contrario, el entrenamiento de la fuerza produce aumentos en el tamaño del músculo (área transversal), adaptaciones nerviosas (rendimiento motor) y mejora en la fuerza (producción de fuerza máxima)(42–44).

Estas alteraciones positivas en la capacidad física hacen que el individuo sea más fuerte, más poderoso y pueda mantener una mejor calidad de vida a lo largo de la vida (44–46). De hecho, no sólo contribuyen tanto del entrenamiento de la resistencia como del entrenamiento de la fuerza no sólo contribuyen a la excelencia deportiva, sino que, en la mayoría de los casos, favorecen la aparición tardía de enfermedades relacionadas con la edad (47,48).

1.3 Condición Física VS Patologías

La falta de AF en la vida moderna es la razón principal del declive de la CF. Afecta el crecimiento y desarrollo de los niños y adolescentes, así como conduce a un aumento en la incidencia de enfermedades crónicas (como la DM2), lo que aumenta los costos médicos y la carga económica. Por ello, guiarlos para que participen en la realización de programas de ejercicio para mejorar la CF es más urgente y más importante que nunca. Además, se ha observado una escasa participación en AF durante el tiempo libre y un aumento en el comportamiento sedentario durante actividades ocupacionales y domésticas (49,50). No obstante, varios autores han conseguido evidenciar que la AF regular contribuye a la prevención primaria y secundaria de diferentes patologías crónicas asociándose con un riesgo reducido de muerte prematura (51,52).

Por lo tanto, la práctica físico-deportiva tiene un efecto positivo sobre la salud física y mental debido a que produce liberación de endorfinas, lo que conlleva a una reducción de la ansiedad, la depresión y el estrés. En tanto que cualquier tipo de AF, ya sea de bajo o alto impacto, liberan estas sustancias que actúan directamente sobre el cerebro produciendo sensación de bienestar y relajación inmediata. Además, inhiben las fibras nerviosas que transmiten el dolor, generando analgesia y sedación (52–55).

A su vez, el deporte y el ejercicio físico producen beneficios físicos, psicológicos y sociales siendo importantes tanto a nivel terapéutico como preventivo. Desde el enfoque físico, el ejercicio mejora el funcionamiento del sistema cardiovascular, respiratorio, digestivo y endocrino, fortaleciendo el sistema osteomuscular, aumentando la flexibilidad, la disminución de niveles séricos de colesterol y triglicéridos, intolerancia a la glucosa, obesidad y adiposidad. A nivel psicológico, permite la tolerancia al estrés, adopción de hábitos protectores de la salud, mejora del autoconcepto y la autoestima, disminuye el riesgo percibido de enfermar, generando efectos tranquilizantes y antidepresivos, mejorando los reflejos y la coordinación, aumento en la sensación de bienestar, prevención del insomnio, regulación de los ciclos de sueño y mejoras en los procesos de socialización (53,54,56).

Por todas estas razones, el ejercicio físico a través del entrenamiento de fuerza es fundamental para el desarrollo integral del adolescente. Al ser un campo tan amplio y con el fin de poder realizar una revisión y análisis en profundidad sobre los efectos del ejercicio físico en una problemática concreta se ha escogido para el presente trabajo el entrenamiento de fuerza con respecto a la DM2 (esta es una patología que aparece en esta edad por baja condición física y nivel de fuerza). Empoderando a estos niños, a través del desarrollo de programas que disminuyan los factores de riesgo que comienzan en la infancia y aumenta con la edad; trasladando consigo una disminución de la calidad de vida y muerte prematura. Considerándose el entrenamiento de fuerza como un elemento central y fundamental en los programas de políticas en promoción de la salud. A continuación, se describe en profundidad que es la diabetes.

1.4 ¿Qué es la diabetes y sus tipos?

De forma general el término DM hace referencia a las alteraciones metabólicas de múltiples etiologías, caracterizadas principalmente, por hiperglucemia crónica y trastornos en el metabolismo de los hidratos de carbono, las grasas y las proteínas. Lo que da lugar a defectos en la secreción de insulina, en la acción de la misma o en ambas (57).

Tipos de diabetes

- ✚ DM1 o juvenil: trastorno de la secreción de insulina debido a la destrucción autoinmune de las células beta pancreáticas. También puede recibir el nombre de LADA (diabetes autoinmune latente en adultos) en el caso de aparecer en la edad adulta junto a una pérdida de secreción de insulina de manera más relentizada.
- ✚ DM2: trastorno poligénico (factores de riesgo genéticos y ambientales) del efecto de la insulina tanto hepática como muscular, produciéndose una resistencia a ésta con un posible fallo posterior de las células beta. Se debe de tener en cuenta que las disfunciones existen mucho antes de la manifestación clínica de la enfermedad, ya sea sola o como parte de un síndrome metabólico con un mayor riesgo de consecuencias macrovasculares. Por último, señalar que la mayoría de los pacientes con este trastorno son obesos, y a menudo la enfermedad permanece sin diagnosticar durante muchos años, mientras que el paciente progresa sin síntomas a través de las primeras etapas de la hiperglucemia conocida como "pre-diabetes". Estas etapas incluyen glucosa alterada en ayunas y tolerancia alterada a la glucosa.

- ✚ Diabetes gestacional: trastorno de tolerancia a la glucosa que se produjo o diagnosticó por primera vez durante el embarazo, aunque la aparición de enfermedad antes de la semana 20 de gestación no está considerada de este tipo, sino de una diabetes mellitus manifiesta preconceptual.
- ✚ Otras formas específicas de diabetes:
 - Enfermedades del páncreas exocrino, como pancreatitis, traumatismos, cirugía, tumores, hemocromatosis o fibrosis quística
 - Enfermedades de órganos endocrinos como el Síndrome de Cushing, o la acromegalia.
 - Fármacos químicos como glucocorticoides o Interferón.
 - Defectos genéticos en la secreción de insulina como las formas de diabetes al inicio de la madurez de los jóvenes o MODY.
 - Defectos de acción de la insulina como el caso de lipoatrófica.
 - Síndromes genéticos como Down, Klinefelter o Síndromes de Turner, infecciones como la rubéola congénita) y formas raras de diabetes autoinmune como el síndrome de "Stiffman" (58,59).

1.5 Prevalencia de la diabetes en adolescentes.

Actualmente el incremento acelerado de DM2 es uno de los mayores problemas de salud pública en todo el mundo, tanto por su expansión como por su elevado coste económico. El número de personas diagnosticadas con DM ha aumentado cuatro veces desde 1980, contando 422 millones en 2014 y se espera que aumente a 590 millones para 2035. Incidiendo en que este incremento se acompaña de un crecimiento de la obesidad y los diferentes trastornos metabólicos. Incluso añadir más concretamente datos de España, donde numerosos estudios han evaluado su prevalencia, oscilando entre el 5,6% y el 15,9% de la población y aumentando con los años (59–63).

En gran medida, los cambios en el estilo de vida en las últimas tres o cuatro décadas han contribuido al agravamiento de esta patología en los países occidentales. Asimismo, se prevé que lo haga en las economías emergentes y los países en desarrollo en las próximas décadas. Mientras que hace 30 años, la DM2 se consideraba poco frecuente en niños y adolescentes, relacionando siempre la patología con el envejecimiento, los nuevos casos en los adultos jóvenes y los niños hacen que se amplíe la frecuencia. Y lo que es más preocupante aún, agravándose los casos de jóvenes de forma paralela al aumento epidémico de la obesidad infantil.

De igual forma, se está acumulando evidencia de que esta enfermedad con un inicio precoz tiene un fenotipo de enfermedad más agresivo, lo que lleva al desarrollo prematuro de complicaciones, con efectos adversos en la calidad de vida y efectos desfavorables en los resultados a largo plazo. Todo ello, aumenta la posibilidad de que se produzca una futura catástrofe en la salud pública (59–64).

1.6 Sintomatología y problemas de salud que genera la diabetes en adolescentes.

Como se ha mencionado anteriormente, la DM2 en niños y adolescentes parece ser una enfermedad más agresiva que si se produce en un inicio tardío. La progresión de la glucemia basal alterada o intolerancia en esta población es más rápida que en adultos, generalmente ocurre durante 12–21 meses. Además, estos tipos de metabolismo están integralmente relacionados con la obesidad, y se observa cada vez más en jóvenes que asisten a servicios especializados en obesidad. Al fin y al cabo, este debut anticipado de DM2 conduce a una aparición más precoz de complicaciones (neuropatía progresiva, retinopatía que conduce a la ceguera, nefropatía que conduce a insuficiencia renal crónica, enfermedad cardiovascular aterosclerótica). Por lo tanto, el diagnóstico temprano y el tratamiento de manera intensiva son muy importantes (58,65,66).

Complicaciones agudas

Previamente se establecían como complicaciones propias de los adultos a la cetoacidosis diabética y el estado hiperglucémico hiperosmolar, pero en los últimos años, ha cobrado interés en niños y adolescentes tras describirse varios casos. Hallándose hasta en el 4% de los pacientes que comienzan con la enfermedad y afectando hasta en el 40% al desarrollo de edema cerebral o muerte. Pudiendo ser tanto la forma de presentación, como desarrollarse debido a un inadecuado control metabólico (67–69).

Complicaciones debidas a la resistencia insulínica

Al igual que en los adultos, tienen una prevalencia más alta de comorbilidades tales como hipertensión arterial (HTA), dislipidemia, enfermedad hepática grasa no alcohólica y síndrome metabólico, que pueden estar presentes incluso antes del diagnóstico. La HTA primaria o esencial, considerada también rara hasta hace unos años en niños y adolescentes, está aumentando de forma paralela al aumento del sobrepeso u obesidad, llegando a ser la causa más común de HTA en adolescentes con sobrepeso. De hecho, es 8 veces más prevalente en el

momento del diagnóstico en adolescentes con DM2 (10-32%), comparados con otros jóvenes que presentan otro tipo de diabetes como la DM1 (68,70,71) .

Complicaciones crónicas

Debido a que las complicaciones micro y macrovasculares en adultos con DM2 se relacionan con la duración de la enfermedad y el control de la misma, el incremento en el número de niños y adolescentes diagnosticados de DM2 comienza a ser un importante problema en algunos países. Destacando aquellas más comunes como son el caso de la retinopatía, la nefropatía y la neuropatía (70,72).

Desde otra perspectiva, una vez aclaradas cada una de las principales complicaciones, es necesario distinguir entre la DM2 y DM1. Los signos clínicos útiles para distinguirlos son la obesidad y los signos de resistencia a la insulina. En general la edad de inicio del examen de detección de DM2 en niños es de 10 años o al inicio de la pubertad, si la pubertad ocurre a una edad más temprana. La reevaluación periódica debe realizarse cada 3 años, hasta que se establezca o refute el diagnóstico.

A modo de resumen, así quedarían las diferencias entre la patología desarrollada en niños y adolescentes, frente a su desarrollo en los adultos:

Parámetros	Adultos	Niños y adolescentes
Comienzo	Insidioso	Insidioso/Signos de hiperglucemia
Sexo	Ambos	Mayor prevalencia en niñas
Disminución de la función células beta pancreáticas	Insidioso	Más rápido (menos de 4 años)
Complicaciones	Tarde	Adelantadas (después de 2-2,5 años del inicio)

Tabla 1.1 Diferencias de las características de la patología según la edad.

Fuente: elaboración propia.

1.7 Tratamientos para combatir la diabetes.

Terapia no farmacológica. Modificación de los hábitos de vida

Constituye un tratamiento integral capaz de controlar simultáneamente la mayoría de los problemas metabólicos, comprendiendo el plan de educación terapéutica, alimentación, ejercicios físicos y hábitos saludables. Sin embargo, a pesar de haber aumentado el interés sobre la enfermedad dado el incremento en edades más tempranas, los estudios sobre las pautas de tratamiento en este rango de edad todavía son limitados. Por lo que la mayor parte los protocolos terapéuticos derivan de la experiencia en los adultos, en los que menos del 10% obtienen un control continuado de la diabetes sin medicación (71,72) .

Lo que sí está bastante contrastado es que es necesario la implicación de toda la familia ya que constituye un aspecto clave en el manejo de este grupo de pacientes. Para así, poder alcanzar los objetivos terapéuticos según la sociedad Americana de Diabetes, que incluyen:

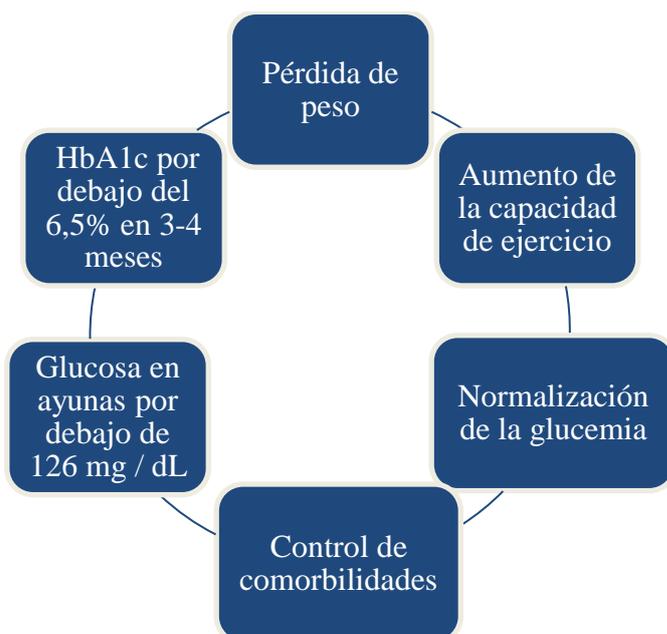


Figura 1.1 Objetivos terapéuticos para el control de la DM2.

Fuente: elaboración propia.

Dado que un posible desconocimiento de información puede tener graves consecuencias, es imprescindible que tanto pacientes como familiares reciban una adecuada educación terapéutica continuada para participar de manera activa en su control. Adquiriendo información, conocimientos y concienciación tanto sobre la DM en sí como de los diferentes hábitos o ajustes necesarios para crear un estilo adecuado que favorezca un control óptimo de

la enfermedad. De esta forma, actualmente, la educación es una de las piezas fundamentales del tratamiento y está presente en todos los servicios como elemento esencial en la atención. Sin olvidar a otro factor clave en el control, como es la monitorización de la glucemia capilar, independientemente de que se esté o no bajo terapia con insulina (72,73).

En lo que se refiere a la terapia nutricional, al igual que en la educación, se debe profundizar en la necesidad de una dieta sana para toda la familia, teniendo en cuenta su poder adquisitivo, el estilo de vida y las preferencias culturales. Así, estará dirigida a contribuir a la normalización de los valores de la glucemia durante las 24 horas, y a favorecer la normalización de los valores lipídicos. De este modo, la dieta debe contemplar una reducción calórica, manteniendo una proporción adecuada de todos los nutrientes y limitando los alimentos con alto índice glucémico. Teniéndose en cuenta que las tomas deben ser pequeñas y frecuentes para evitar oscilaciones amplias de la glucemia (75).

En los jóvenes se acepta como objetivo inicial el mantenimiento del peso, con el fin de evitar la alteración en el crecimiento lineal. Una vez conseguido dicho objetivo, se puede indicar una intervención dietética más estricta para lograr una disminución progresiva del peso, hasta llegar a un índice de masa corporal inferior al percentil 85, según datos normalizados para edad, sexo y población. Sin excederse en la pérdida de peso recomendada en niños, la cual no debe ser superior a 0,5-1 kg mensual. Una vez pasada la pubertad se puede recomendar una pérdida de peso de 0,5 a 1kg semanal, de forma similar a lo aconsejado en adultos (67,74,75).

Tratamiento farmacológico

Es utilizada en aquellos pacientes en los que tras un periodo razonable (3-6 meses) de dieta y el ejercicio físico no se consiga un control adecuado o, desde el inicio, en pacientes con bastantes síntomas, sobre todo cuando exista cetosis. Aunque puede existir una situación especial, en la que los niños y adolescentes que presentan una hiperglucemia moderada (glucemia en ayunas entre 126 y 199mg/dl y una HbA1c<8,5%) pueden tratarse inicialmente con metformina asociada a medidas no farmacológicas.

Entre las medicaciones que se utilizan en este rango de edad existen los antidiabéticos orales e insulina. Siendo la más frecuente la utilización de metformina, por estar avalada y asegurada tanto por la agencia del gobierno de los Estados Unidos responsable de la regulación de medicamentos como por la agencia europea de medicamentos. Además, esta medicación aparte del control glucémico, tiene el beneficio adicional de producir una modesta pérdida de

peso o, al menos, estabilizarlo. Aunque no pueden olvidarse, ni mucho menos, de los efectos secundarios en los que se incluyen: problemas digestivos como dolor abdominal (hasta en el 25%), náuseas y vómitos (17%), diarrea y cefalea. En diversos estudios no se ha observado acidosis láctica con el uso de metformina en los adolescentes, efecto que sin embargo ha sido referido en adultos. Del mismo modo, si tiene que tener muy en cuenta que los pacientes que reciban tratamiento con este fármaco deberán tomar un complejo vitamínico, ya que este fármaco puede disminuir la absorción de vitamina B12 y/o ácido fólico. Y que éste no debe administrarse cuando exista cetosis, insuficiencia renal, alteraciones hepáticas, insuficiencia cardiaca o cuando se recibe contraste yodado (67,68,75,76).

En lo que concierne a la terapia con insulina estaría indicada principalmente en los pacientes con hiperglucemia (≥ 200 mg/dl o HbA1c $>8,5\%$) o manifestaciones de marcada deficiencia insulínica (cetoacidosis o cetosis). Tras una rehidratación adecuada y una vez recuperados de la cetosis, se puede disminuir progresivamente las dosis de insulina e iniciar el tratamiento con metformina, siempre que se alcancen los objetivos glucémicos. Lamentablemente, no hay ensayos publicados sobre la seguridad y la eficacia a largo plazo del tratamiento con insulina en adolescentes con DM2. Por lo que todo está basado en adultos que han demostrado que la introducción precoz del tratamiento por medio de insulina puede revertir algunas de las disfunciones celulares, facilitando el control a largo plazo. En relación a los tipos de insulina disponibles, existen bastantes como la insulina de acción rápida, la de acción prolongada y otras opciones intermedias, que se van adaptando en función de las necesidades que presente el niño o adolescente. Una de las más utilizadas es la acción prolongada, glargina, conocida con el nombre comercial de Lantus (76,77).

1.8 Ejercicio físico en adolescentes con diabetes.

Vivir con diabetes supone para niños y adolescentes una gran carga psicológica que, junto a la falta de conocimiento y comprensión para su manejo, son barreras importantes para el autocontrol. De esta forma, se han de tener en cuenta estas barreras para diseñar un programa que permita una perseverancia adecuada por parte del niño o adolescente, ya que existen grandes tasas de pérdida durante el seguimiento de varios artículos, factores relacionados con el estado socioeconómico o incluso con la depresión. Así, los conceptos de adherencia y motivación a la hora de la prescripción del ejercicio deben de ser cruciales (78).

Además, debe contener una planificación individual que determine y concrete una adecuada toma de decisiones en cuanto a estructuras de periodización, programación y prescripción del tipo de ejercicio más eficiente (valor de la intervención con respecto a tiempo disponible, espacio, material, etc.). Así como su dosis más adecuada y adherente en relación al contexto personal y al siempre complejo escenario patológico para asegurar el éxito del tratamiento (79).

En referencia a la frecuencia, diversas investigaciones, han indicado que con frecuencias menores a 2 días a la semana no se obtienen mejoras en el consumo máximo de oxígeno. Por lo que la mínima es de 3 días no consecutivos por semana, aunque lo recomendable sería de 5 días a la semana. Y en cuanto a la duración, aunque se ha sugerido que sesiones de 30 minutos son suficientes para alcanzar el gasto calórico óptimo, estará en función de la intensidad y la frecuencia marcado por el programa (80).

Todo ello sin olvidar un aspecto fundamental como es el inicio de las sesiones con un calentamiento previo, a través de ejercicios aeróbicos suaves para evitar lesiones musculoesqueléticas. Además de concluir con una vuelta a la calma, para evitar la hipotensión post ejercicio. La elección del tipo de ejercicio, debe basarse en las preferencias del paciente, aunque debemos evitar ciertas actividades, en las que la hipoglucemia aumenta considerablemente, como pueden ser la escalada, el submarinismo o el paracaidismo. Las actividades más recomendables, son aquellas que impliquen grandes grupos musculares, que permitan mantener una carga constante, dada su utilidad para los pacientes con complicaciones cardiovasculares (80–82).

En relación a cuando realizar la actividad, existen varios artículos que sugieren que el momento ideal del día para realizarla es tras la comida. Debido a que los niños con tolerancia a la glucosa normal no superan los 140 mg / dl y vuelven a los niveles preprandiales después de 2 h, por lo que estas condiciones pueden verse favorecidas a través del ejercicio. De hecho, la reducción de esta glucosa postprandial (después de comer) mejora el control glucémico y es mejor predictor de enfermedad cardiovascular que la hemoglobina glicosilada (83–85). Incluso tener en cuenta, en el caso de no poder planificar la sesión en ese momento, de que ese existe evidencia epidemiológica que sugiere que pacientes con obesidad y diabetes tienen alteración de sus ritmos circadianos. Lo que da lugar a una mayor pérdida de peso graso cuando se realiza el ejercicio por la mañana en relación a por la tarde o noche, maximizando sus resultados beneficiosos en personas con enfermedades metabólicas (83,86–90).

En el aspecto sobre el tipo de ejercicio, dos de los más recomendados según la evidencia actual son el aeróbico y el de fuerza, ya que ambos tienen efectos complementarios en el control metabólico, composición corporal y capacidad física. A grandes rasgos con el ejercicio aeróbico se trabaja la capacidad cardiorrespiratoria, ya que mantienen un ritmo de actividad constante y continua, aumentando el ritmo cardíaco y forzando la respiración. Mientras que con los ejercicios de fuerza se trabajan diferentes grupos musculares utilizando el propio cuerpo. Otro aspecto a tener en cuenta es que el aumento de la grasa intramuscular y la disfunción mitocondrial de las células musculares tiene una estrecha relación con la sensibilidad a la insulina. Ya que el ejercicio aeróbico, y sobre todo el de alta intensidad, promueve el desarrollo de la biogénesis mitocondrial (generación de nuevas mitocondrias), pero ahora además también sabemos que el de fuerza promueve el desarrollo de nuevas mitocondrias. Además, existen otras vías mediante las cuales el ejercicio de fuerza puede mejorar el control de la glucemia, aumentando los niveles de GLUT4 (transportador de glucosa), de receptores de insulina, y/o las reservas de glucógeno muscular (32,33).

Profundizando más en este último tipo de ejercicio abordado en esta revisión, se trata de un método de acondicionamiento físico capaz de mejorar la capacidad del individuo de vencer una resistencia. Todo ello, a través de diferentes medios, como el propio peso corporal, con bandas elásticas, con balones medicinales, con mancuernas, con barras, con máquinas, con poleas, etc. Teniéndose muy en cuenta, que tanto la prescripción como la revisión debe de hacerse por un profesional cualificado con el fin de disminuir los riesgos de lesiones. Así éste deberá de priorizar la importancia de la técnica correcta, la progresión gradual de la carga, como así también la estricta adhesión a las normas de seguridad. No debe ser confundido con la halterofilia, el cual es un deporte de competición que implica la máxima capacidad de levantamiento (32).

Descartando todo tipo de inseguridades asociadas al entrenamiento de la fuerza en niños y adolescentes, existe evidencia científica de que la participación en un programa supervisado es un método de acondicionamiento seguro y efectivo. Ya que en relación a los mitos que se establecen, no hay certeza a nivel de ciencia de que la participación en un programa de supervisado detendrá el crecimiento de los niños o dañará las placas de crecimiento en desarrollo. Además de que los riesgos asociados no son mayores en comparación con otras actividades recreacionales y deportivas (31,32).

Tener una mayor comprensión de este tipo de entrenamiento durante éstas edades sería bastante útil para mantener la adherencia a la AF como estilo de vida, desarrollándose habilidades motoras en edades tempranas que eviten lesiones y frustraciones futuras. Aunque no hay un requisito que indique la edad mínima para iniciarse en este tipo de actividad, si es cierto que por lo menos los niños deben estar mental y físicamente preparados para seguir las instrucciones de un entrenador y poseer niveles competentes de equilibrio y control postural. En general, si un niño está listo para participar en actividades deportivas (de 7 a 8 años), puede iniciarse en un programa de entrenamiento de la fuerza (31).

En último lugar, para prescribir este tipo de entrenamiento normalmente se ha utilizado el método de porcentaje de una repetición máxima, pero tener en cuenta que podrían utilizarse medios alternativos, como es el caso del método de repeticiones en reserva o la escala de esfuerzo percibido que permiten monitorizar y regular las variables del entrenamiento (28,31).

1.9 Adaptaciones fisiológicas del ejercicio físico en pacientes con diabetes.

A día de hoy, las investigaciones avanzan y se ha podido corroborar con diferentes evaluaciones objetivas como el ejercicio físico tiene un efecto beneficioso sobre la sensibilidad de la insulina en poblaciones tanto normales como resistentes a ésta. Esto es debido a que, hasta dos horas después del ejercicio, la captación de glucosa está en parte elevada debido a los mecanismos independientes de la insulina. En consecuencia, estudios recientes han demostrado que mejora la translocación de la proteína GLUT4 estimulada por insulina. Además, se ha planteado la hipótesis de que el agotamiento de las reservas de glucógeno muscular con el ejercicio desempeña un papel fundamental(28–30).

A parte de estos beneficios también se ha planteado la mejoría de la presión sistólica más que la diastólica, un aumento de la captación de glucosa por el músculo junto al hígado, así como una mejoría en el consumo máximo de oxígeno y la función endotelial. A largo plazo, el ejercicio mantiene la acción de la insulina, el control de la glucosa, la oxidación de las grasas y disminuye el colesterol LDL. Incluso si se acompaña de pérdida de peso, es más efectiva para mejorar la dislipidemia. O por si el contrario, a pesar de que no se produzca una disminución del peso, estudios recientes revelan, que se reduce el tejido adiposo visceral, los triglicéridos plasmáticos, mejora los niveles de óxido nítrico, la disfunción endotelial y la depresión (91,92).

La investigación en esta área generalmente confirma como el ejercicio físico no sólo reduce el riesgo de diabetes sino también ser la piedra angular de su tratamiento, mejorando la

sensibilidad a la insulina o indirectamente cambiando el peso y la composición corporal. El ejercicio se correlaciona inversamente con la obesidad y la distribución de grasa central, particularmente la grasa visceral. En general, las personas activas comparadas con las inactivas tienen mejores perfiles de insulina y glucosa, mientras la inactividad completa, con desentrenamiento y reposo en cama, lleva a deterioro de esos parámetros metabólicos.

De modo que aparte de cualquier efecto específico del ejercicio sobre la diabetes, los niños con esta enfermedad merecen disfrutar, igual que los jóvenes no diabéticos, de los mismos beneficios sociales y de salud de la actividad física regular. Aun así, el temor por los cambios metabólicos durante el ejercicio que podrían precipitar una hipo o hiperglucemia hace que muchos niños con diabetes eviten las actividades físicas (31,32,80,81,91).

Entrenamiento cardiovascular

En general, se descubrió que las intervenciones con ejercicios aeróbicos reducen la hemoglobina glicosilada, así como promueven un cambio estadísticamente significativo sobre el volumen de oxígeno máximo. Por lo que se puede decir que los efectos del ejercicio aeróbico sobre esta prueba, conocida como uno de los principales marcadores del control glucémico, están bien establecidos. Sin embargo, la pregunta más interesante que debe abordarse no es el efecto del ejercicio aeróbico en sí, sino los efectos de la intensidad del ejercicio, específicamente, el ejercicio vigoroso versus la actividad física moderada, como una caminata (79,82).

Entrenamiento de fuerza

Diversos estudios, han demostrado la eficacia del trabajo de fuerza para la prevención y tratamiento de la DM2 en adultos, sin embargo, existen pocos realizados en edades más tempranas. Hay una correlación entre el aumento del porcentaje muscular y el descenso de los niveles basales de insulina (61,78,82,84). Otro factor a tener en cuenta es el tejido muscular, ya que constituye uno de los principales depósitos de glucosa, impidiendo que descienda la respuesta a los aumentos de glucosa sanguíneos por la pérdida de masa muscular. Demostrándose que a más fuerza, menos mortalidad ya que existe una relación inversa entre la fuerza muscular de un sujeto y cualquier causa de mortalidad (31, 93–97).

OBJETIVOS:

1. Realizar una revisión sistemática del uso del ejercicio físico y en especial el entrenamiento de fuerza en una patología concreta: prevenir y combatir la Diabetes tipo 2.
2. Reconocer los potenciales beneficios y los riesgos en la salud y el acondicionamiento del entrenamiento de fuerza en adolescentes.
3. Conocer las pautas adecuadas en el entrenamiento de la fuerza para que sea seguro y efectivo.

CAPÍTULO 2. MÉTODO.

2.1 Diseño y criterios de elegibilidad

La búsqueda bibliográfica se realizó en Febrero del 2020. Este trabajo fue diseñado de acuerdo con las directrices actuales de las guías para la presentación de informes sistemáticos y metaanálisis - PRISMA 2009. Los criterios de inclusión y exclusión que se tuvieron en cuenta para la selección de los artículos encontrados se detallan en la tabla 2.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	
CRITERIOS DE INCLUSIÓN	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> <i>Tipo de estudio:</i> Ensayo clínicos aleatorizados, estudios longitudinales y de cohortes.<input type="checkbox"/> <i>Tipo de participantes:</i> niños o adolescentes<input type="checkbox"/> <i>Tipo de intervención:</i> actividad física
CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Estudios no publicados<input type="checkbox"/> Estudios publicados en otra lengua diferente a inglés o español<input type="checkbox"/> Estudios en proceso de investigación o protocolos<input type="checkbox"/> Revisiones sistemáticas<input type="checkbox"/> Estudios con animales<input type="checkbox"/> Estudios publicados hace más de seis años

Tabla 2.1 Criterios de elegibilidad.

Fuente: elaboración propia.

2.2 Estrategias de búsqueda

Se realizó una búsqueda sistemática en la literatura científica por medio de tres bases de datos electrónicas: Medline (vía PubMed), Web of Science, y Scopus, para estudios sobre entrenamiento de fuerza en niños y adolescentes. Se utilizó la siguiente fórmula de búsqueda: (Diabetes Mellitus,type 2[MeSH Terms] OR Diabetes Mellitus,type 2[All Fields] OR Diabetes Mellitus, Noninsulin-Dependent [tiab] OR Diabetes Mellitus, Ketosis Resistant [tiab] OR Diabetes Mellitus, Non Insulin Dependent [tiab] OR Diabetes Mellitus, Non-Insulin-Dependent [tiab] OR Diabetes Mellitus, Stable [tiab] OR Diabetes Mellitus, Maturity-Onset [tiab] OR MODY [tiab] OR Diabetes Mellitus, Slow-Onset [tiab] OR Diabetes Mellitus, Slow Onset [tiab] OR Diabetes, Maturity-Onset [tiab] OR Diabetes Mellitus, Adult-Onset [tiab] OR Type 2 Diabetes [tiab]) AND (Resistance Training[MeSH Terms] OR resistance training[All Fields]

OR Strength Training[tiab] OR Weight-Lifting Strengthening Program*[tiab] OR Weight-Lifting Exercise Program[tiab] OR Weight Lifting Exercise Program[tiab] OR Weight-Bearing Strengthening Program[tiab] OR Weight-Bearing Exercise Program[tiab] OR Weight Bearing Exercise Program[tiab]) AND (child[MeSH Terms] OR child[All Fields] OR children[tiab]) para Medline adaptándola al resto de base de datos, según corresponda.

2.3 Selección del estudio

Después de finalizar la búsqueda en las tres bases de datos Medline (vía Pubmed), Web of Science y Scopus, los duplicados fueron eliminados y se procedió a la elegibilidad de los estudios. En primer lugar, la selección se llevó a cabo por los títulos junto a los resúmenes y una vez finalizado el proceso de selección de resúmenes, se procedió a leer los artículos seleccionados hasta el momento a texto completo y a analizarlos en función de los criterios de inclusión y exclusión para finalmente seleccionar los artículos que se incluirían en la revisión sistemática.

2.4 Extracción de datos

Específicamente, se extrajeron los siguientes datos para cada estudio: nombre del primer autor, año de publicación, tamaño de la muestra, población de estudio, grupo de control (en caso de tenerlo), junto con los resultados principales (pruebas de aptitud física utilizadas junto a la notificación de los resultados).

2.5 Evaluación de la calidad metodológica

Para evaluar la calidad metodológica/riesgo de sesgo de los estudios incluidos, se utilizó la herramienta; PEDro score (<http://www.pedro.org.au>). La escala consta de 11 criterios, de los cuales el primero no está incluido en la puntuación total. El nivel de evidencia de esta revisión fue interpretado incluyendo sólo los artículos que presentaban una puntuación en la escala PEDro de igual o mayor a 5/10, considerando estos de alta calidad, mientras que una puntuación de menor o más bajo de 4/10, se consideró de baja calidad metodológica. Por lo tanto, la inclusión de más de dos artículos con alta calidad metodológica, dota a la revisión de mayor validez interna.

2.6 Referencias bibliográficas

En relación al formato utilizado para insertar las referencias de los diferentes artículos ha sido mediante Vancouver, lo que ha permitido una inclusión de una bibliografía sistemática y estructurada. Además de la utilización del gestor de citas bibliográficas Mendeley para su recopilación y organización.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

3.1 Resultados de la búsqueda

En total, en la primera etapa de esta revisión, se identificaron 89 artículos asociados con los términos del tema por medio de PubMed (n=20), Web of Science (n=43), y Scopus (n=26). En el proceso de selección, se eliminaron los estudios duplicados (n=70) y se excluyeron los documentos considerados inadecuados en base a sus títulos y resúmenes (n=47). Entre los seleccionados, se realizó una revisión detallada del texto completo y se rechazaron 6 estudios por no cumplir con los criterios de inclusión establecidos.

Finalmente, se incluyeron 16 estudios en una síntesis cualitativa para una revisión sistemática. La versión ampliada del diagrama de flujo PRISMA de los resultados de selección se presentan en la Figura 2.

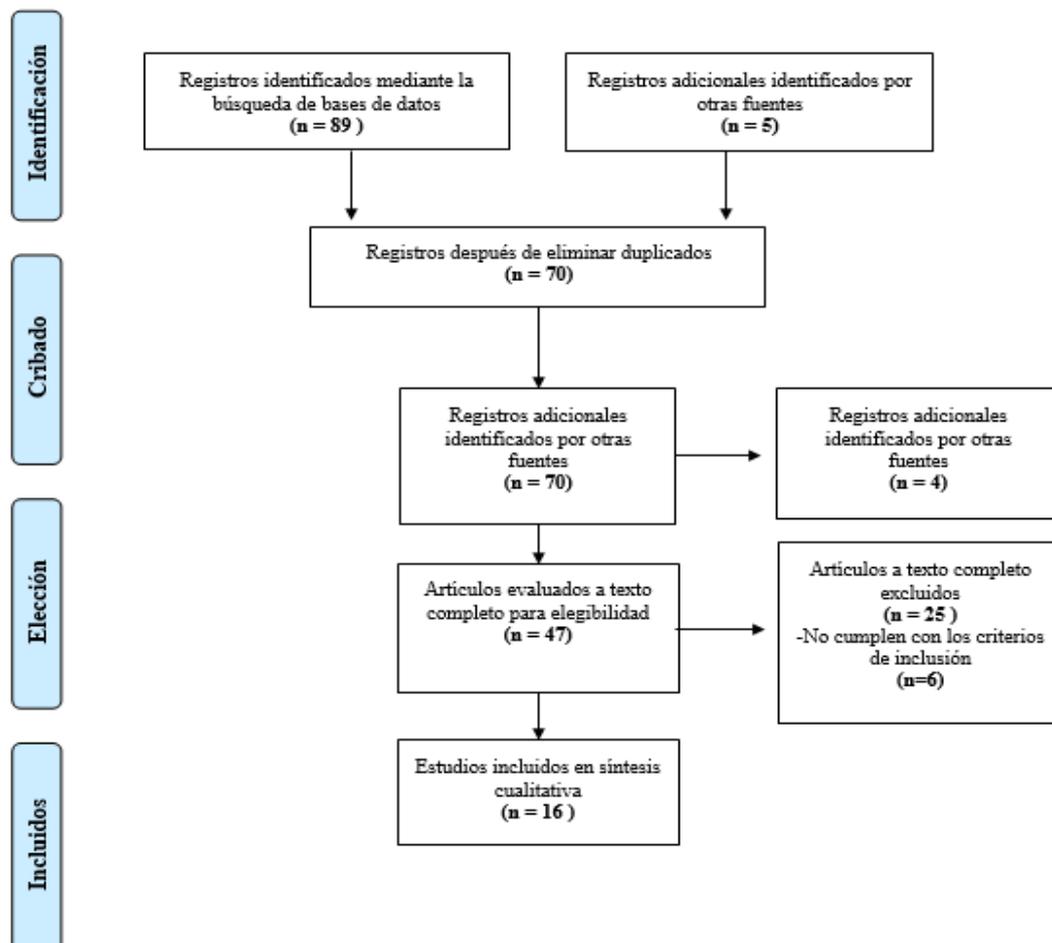


Figura 3.1 Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios para la revisión sistemática de acuerdo con las directrices de PRISMA.

3.2 Análisis de los programas de intervención

ESTUDIO	PUNTUACIÓN PEDro	EDAD (MEDIA ± SD)	Nº SUJETOS	INTERVENCIÓN POR GRUPO		HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN	RESULTADOS
				CONTROL	INTERVENCIÓN		
Martin Sénéchal et al. (2015)	7/10	10 ± 3,5 años	73 (32 ♂ / 41 ♀)	ER 1 d/s Intensidad 70-80%	ER 3 d/s Intensidad 70-80% 24 semanas	Resonancia magnética Medidor Polar Composición corporal	↑ Aptitud cardiorresporatoria = ↓ Triglicéridos hepáticos
Kallio, Petri et al. (2018)	5/10	10 ± 7 años -> 30 ± 10 años	3596 (1802 ♂ / 1794 ♀)		Educación hábitos actividad física 3d/s	Cuestionarios Presión arterial (esfigmomanómetro)	↓ Actividad física en juventud = ↑ Resistencia insulina en edad adulta
Louise H. Naylor et al. (2016)	7/10	11 ± 2 años	13 (7 ♂ / 6 ♀)	EA Intensidad 65-85% (bicicleta estática) EF (press banca+ sentadilla)	E Grupo control+ Supervisión personalizada (cálculo 1 RM, POLAR)	Función microvascular (ecógrafo) Composición corporal	↑ Fuerza= no cambios en aptitud cardiorrespiratoria ni sensibilidad insulina ↑ Fuerza = mantiene cambios más allá del programa
Louise A.Kelly et al. (2015)	6/10	16 ± 2 años	26 (49♂/ 45♀)		EF a partir del 1 RM ↑ intensidad en CASA 16 semanas	Masa grasa (DEXA) Estadiómetro(medidas antropométricas)	Ninguna mejora en sensibilidad de insulina ↑ Adherencia al programa

↑: Mejora; ↓: Disminuye; ♂: Varones; ♀: Mujeres; **GC**: Grupo Control; **GE**: Grupo Experimental; **EC**: Entrenamiento concurrente; **EF**: Entrenamiento de fuerza; **EA**: Entrenamiento aeróbico; **EN**: Entrenamiento con niveles normales de oxígeno; **EH**: Entrenamiento hipóxico; **Int**: Intensidad; **RM**: Repetición Máxima; **DEXA**: absorciometría de rayos X de energía dual; **EAR**: Ecografía Alta Resolución; **VO²**: Volumen Oxígeno

Tabla 3.1 Resultados de los programas de intervención

Fuente: elaboración propia.

ESTUDIO	PUNTUACIÓN PEDro	EDAD (MEDIA ± SD)	Nº SUJETOS	INTERVENCIÓN POR GRUPO		HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN	RESULTADOS
				CONTROL	INTERVENCIÓN		
De Groote et al. (2018)	8/10	13 ± 2 años	14 (9♂/5♀)	EN 3 d/s 50-60"	EH 3d/s 50-60" 6 semanas	Cicloergómetro Monitorización POLAR Escala Borg Saturación	↑ Sensibilidad insulina en ambos ↑ Utilización glucosa en hipoxia =↑ Eficiencia de respuesta insulina
J Hay et al. (2016)	8/10	14 ± 2,5 años	106 (43♂/63♀)	EA intensidad moderada	EA alta intensidad 24 semanas	Cicloergómetro Monitorización POLAR Monitor presión sanguínea (dinamap)	↑ Tiempo = ↓ Adherencia ↓ Sensibilidad insulina
Sara F. Michaliszyn et al. (2018)	6/10	15 ± 3 años	46 (26♂/20♀)		EA 60-75% intensidad 60" 5d/s 16 semanas	Acelerómetro Impedancia bioeléctrica Prueba de esfuerzo	↓ Adherencia en mujeres ↓ Adherencia a partir 1º mes
Idoia Labayen et al. (2019)	7/10	10 ± 2 años	116 (41♂/75♀)	EC 3d/s	EC 3d/s + Programa psicoeducativo 1/semana 45"+ Hábitos alimenticios 2d/s	Monitor POLAR Porcentaje Grasa (DEXA) Test de fuerza agarre Acelerómetro	↓ Adiposidad ↓ Resistencia insulina ↑ Bienestar psicológico ↑ Adherencia

↑: Mejora; ↓: Disminuye; ♂: Varones; ♀: Mujeres; **GC**: Grupo Control; **GE**: Grupo Experimental; **EC**: Entrenamiento concurrente; **EF**: Entrenamiento de fuerza; **EA**: Entrenamiento aeróbico; **EN**: Entrenamiento con niveles normales de oxígeno; **EH**: Entrenamiento hipóxico; **Int**: Intensidad; **RM**: Repetición Máxima; **DEXA**: absorciometría de rayos X de energía dual; **EAR**: Ecografía Alta Resolución; **VO²**: Volumen Oxígeno

Tabla 3.2 Resultados de los programas de intervención

Fuente: elaboración propia.

ESTUDIO	PUNTUACIÓN PEDro	EDAD (MEDIA ± SD)	Nº SUJETOS	INTERVENCIÓN POR GRUPO		HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN	RESULTADOS
				CONTROL	INTERVENCIÓN		
Faigembaum AD, et al. (2014)	6/10	7,6 ± 0,3 años	40 (16 ♂ / 24 ♀)	Educación física (2d/s)	INT 15" + EF 8 semanas	Abdominales Salto horizontal Single leg hop	↑ Abdominales (♀ ↑20,3 rep) ↑ Single leg hop (♀ ↑ 7,1 cm, ♂ ↑ 8,4 cm)
Faigembaum AD, et al. (2015)	6/10	9,6 ± 0,3 años	41 (20 ♂ / 21 ♀)	Educación física (2d/s)	FIT 15" + EF 8 semanas	PACER Flexiones Abdominales Single leg hop Sit & Reach	↑ PACER (17%) ↑ Flexiones (38%) ↑ Single leg hop (12%) ↑ Sit & Reach (10%)
Yu CC, et al. (2016)	7/10	12,2 ± 0,35 años	38 (25 ♂ / 13 ♀)	Educación física (2d/s)	INT. x ↑ Intensidad /semana 10 semanas	12 RM HDL y LDL TG Insulina Peso y Altura Tapiz Rodante DMF	GE ↑Altura (1,3%) ↑ MM (3%) ↓ LDL (11%) ↓ Insulina (7%) ↑ DMF (15%)* GC ↑ Altura (1%) ↓ Insulina (2%) ↑ DMF (1%)*
Duncan J.M, et al. (2017)	7/10	6,43 ± 0,5 años	94 (49♂/ 45♀)	Educación física (2d/s)	EF (1d/s) + INT(1d/s) 10 semanas	10 m sprint Altura salto vertical Salto longitud Balón medicinal sentado	↓10 m sprint (-0,3 s) ↑ altura salto vertical (3cm) ↑ salto longitud (15 cm) ↑ balón medicinal sentado (0,2 metros)

↑: Mejora; ↓: Disminuye; ♂: Varones; ♀: Mujeres; **GC**: Grupo Control; **GE**: Grupo Experimental; **INT**: Integrative Neuromuscular Training; **EF**: Educación Física; **FIT**: Fundamental Integrative Training; **EC**: Entrenamiento concurrente; **AD**: Actividad deportiva; **PACER**: Progressive Aerobic Cardiovascular Endurance Run; **Int**: Intensidad; **RM**: Repetición Máxima; **DMF**: Vasodilatación mediada por flujo; **VO²**: Volumen Oxígeno; **HDL**: High Density lipoprotein; **LDL**: Low Density Lipoprotein;

Tabla 3.3 Resultados de los programas de intervención

Fuente: elaboración propia.

ESTUDIO	PUNTUACIÓN PEDro	EDAD (MEDIA ± SD)	Nº SUJETOS	INTERVENCIÓN POR GRUPO		HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN	RESULTADOS
				CONTROL	INTERVENCIÓN		
Stacy Stolzman et al. (2019)	6/10	14 ± 2,5 años	62 (32♂ / 30♀)	Nada	Correr en cinta 30" 4 semanas	Prueba VO2 máximo Frecuencia cardíaca Composición corporal y peso (estadímetro calibrado)	↑ Forma física ↑ IMC ↑ Grasa corporal, Presión arterial y Resistencia insulina ↑ IMC = ↓ capacidad VO2max
Ana sofia Alves et al. (2019)	7/10	14 ± 2,5 años	40 (19♂ / 21♀)	EC: Carrera 20 metros Flexiones Sentarse y alcanzar espaldera (2 d/s)	EC: Carrera 20 metros Flexiones Sentarse y alcanzar espaldera (3 d/s) 10 semanas	Capacidad aeróbica , fuerza muscular y flexibilidad Composición corporal y peso (estadímetro calibrado)	↑ Capacidad aeróbica ↓ Fuerza muscular ↑ Flexibilidad a corto plazo en un periodo consecutivo de 3 d/s
Jeremy J. Walsh et al. (2015)	6/10	12 ± 3 años	202 (104♂ / 98♀)		EC + Dieta con déficit de 250kcl/día 24 semanas	Factor neutrófico (muestra de sangre) Composición corporal (resonancia magnética)	EC = ↓ Riesgo obesidad ↓ DT2 ↑ Función cognitiva
Antje Herbst et al. (2018)	6/10	15 ± 5 años	578 (290♂ / 288♀)		AD de + 30"	Control metabólico (hemoglobina glicosilada) Factores de riesgo (colesterol, triglicéridos)	% Niñas NO AD > % Niños NO AD ↓ Adherencia = ↑ Abandono

↑: Mejora; ↓: Disminuye; ♂: Varones; ♀: Mujeres; **GC**: Grupo Control; **GE**: Grupo Experimental; **INT**: Integrative Neuromuscular Training; **EF**: Educación Física; **FIT**: Fundamental Integrative Training; **EC**: Entrenamiento concurrente; **AD**: Actividad deportiva; **PACER**: Progressive Aerobic Cardiovascular Endurance Run; **Int**: Intensidad; **RM**: Repetición Máxima; **DMF**: Vasodilatación mediada por flujo; **VO²**: Volumen Oxígeno; **HDL**: High Density lipoprotein; **LDL**: Low Density Lipoprotein;

Tabla 3.4 Resultados de los programas de intervención

Fuente: elaboración propia.

3.3 Efectos del ejercicio físico de fuerza sobre la diabetes

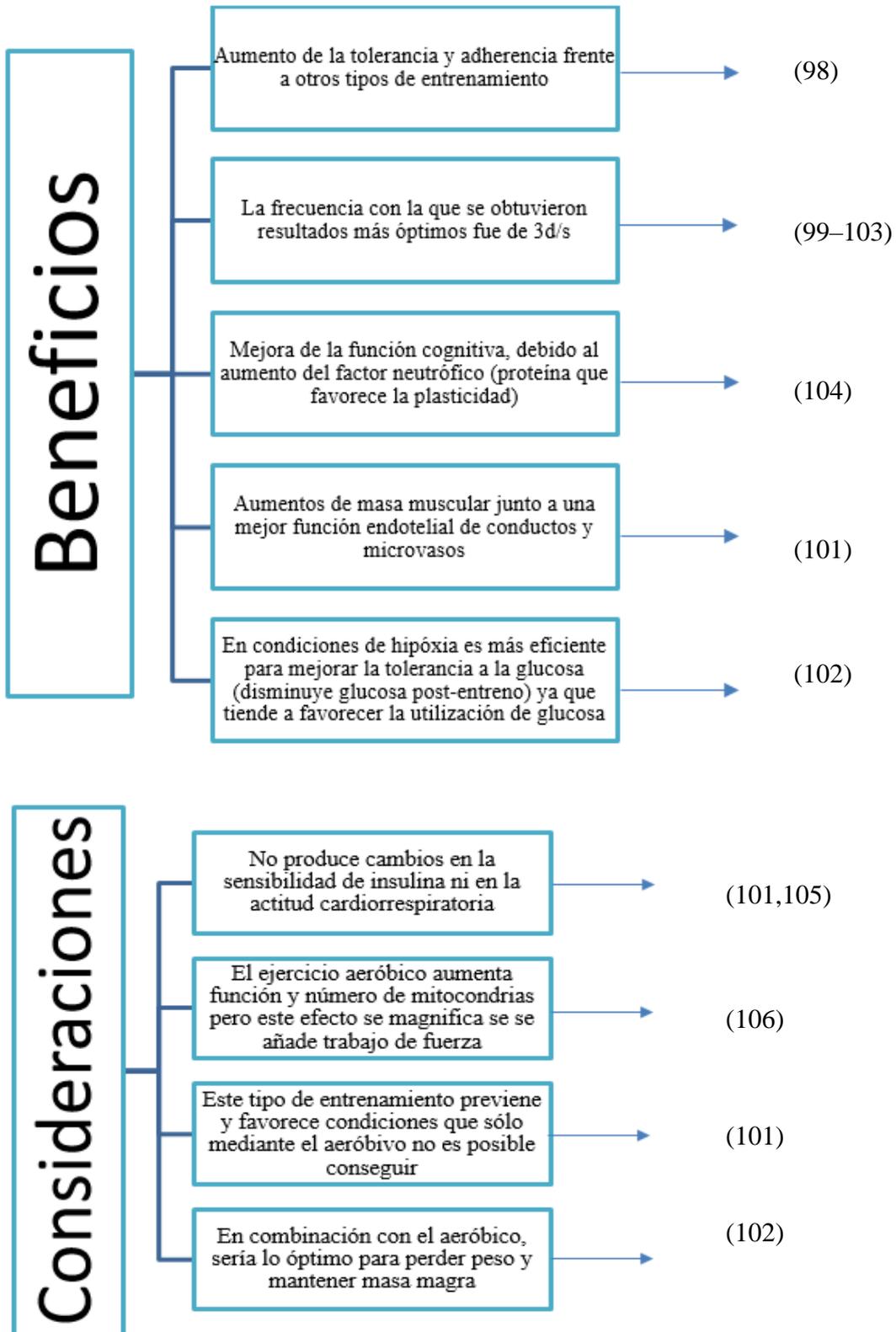


Figura 3.2 Beneficios y consideraciones del entrenamiento de fuerza

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

4.1 Discusión y conclusiones

El objetivo principal de este trabajo ha sido identificar las evidencias empíricas disponibles desde el año 2014 en la literatura especializada sobre el uso del ejercicio físico y en especial del entrenamiento de fuerza en una patología concreta: prevenir y combatir la DM2. Por esta razón considerando los resultados anteriormente especificados, revelan que, el entrenamiento de fuerza puede generar adaptaciones en los niños para prevenir y combatir la DM2, aunque si bien es recomendable que se lleven a cabo nuevas investigaciones con mayor rigor metodológico en este ámbito. Es decir, que incluyan un mayor tamaño y diversidad de edad de la muestra, con diseños metodológicos experimentales, o por lo menos en los que se controlen las principales variables que inciden en el desarrollo de la fuerza mediante un programa de entrenamiento. Éstas son la influencia del tratamiento farmacológico, control metabólico, actividad física previa, sexo o estado pubertal entre otras (31,101,104,107).

Igualmente, los resultados de esta revisión indican que es seguro, eficaz y pertinente incluir un entrenamiento de la fuerza en esta etapa de desarrollo tan controvertida. Y es que todas las publicaciones revisadas tienen efectos positivos en la salud de los niños y demuestran ganancias estadísticamente significativas de fuerza en alguna o todas las pruebas objetivas que utilizan para evaluarla.

En relación a los beneficios, se observa según Chung Wah et al. (108) que tras el periodo de entrenamiento, se reduce en todos ellos el porcentaje de grasa corporal, lo que contrasta con otros autores como Stacy Stolman et al. (105). Además, incluyendo que, si se realiza el programa de entrenamiento de la fuerza de forma, sistematizada y controlada en todo momento, se aumenta la masa magra (102). Por lo que sería un entrenamiento clave para perder peso, manteniendo masa magra, mientras que en otros las mejoras se producen en relación a la tolerancia de glucosa (98,102). De acuerdo con éste hallazgo, Phil Zeitler et al.(109) informó que en personas de 10 a 17 años con DM2, el uso exclusivo de una intervención de estilo de vida no tuvo éxito en el control del metabolismo de la glucosa (109). Estos estudios difieren de manera importante de los hallazgos de los estudios realizados en adultos, en los cuales mostraron casi el doble del beneficio de la Metformina como resultado de la modificación del estilo de vida que

involucra ejercicio, confirmándose una posible distinción entre los estudios de niños y adultos con diabetes (110).

En vista de la ausencia de cambios en la sensibilidad a la insulina por parte de varios artículos, es importante reiterar que las adaptaciones beneficiosas fueron evidentes en el artículo de Melanie Cree-Green et al. (106) donde se encuentra que se mejora la función endotelial de los niños. La disfunción endotelial, es un marcador precoz de aterosclerosis, asociada con factores de riesgo como la DM2, hipercolesterolemia y la hipertensión (111).

Una fortaleza clave de la investigación radica en el hecho de que en el aspecto de la resistencia cardiorrespiratoria no se encontraron diferencias significativas en el grupo control, aunque es importante tener en cuenta como algunos autores recalcan su importancia ya que una mayor capacidad de producir fuerza permitirá una mayor velocidad media (112,113). Esto es debido a que tanto resistencia como velocidad, son capacidades físicas derivadas de la fuerza (114). Además, el aumento del tamaño muscular y/o la mejora en la función neuronal repercutirá en una mayor eficiencia mecánica (115). Dicho de otra forma, el entrenamiento de fuerza permite mejorar el rendimiento de resistencia por mejorar la economía del movimiento, retrasar la fatiga, mejorar la capacidad anaeróbica, y esto finalmente hace que aumente la velocidad de desplazamiento (114,116). Lo que también es concluyente es que las mejoras son notables a partir de las primeras 8 semanas (117–121). Sin embargo, se necesita más investigación para explorar si un menor tiempo de intervención es adecuado para producir ganancias de la fuerza en niños o adolescentes.

Las investigaciones futuras que busquen utilizar esta metodología podrían intentar incluir su intervención como parte de la clase del área curricular de Educación Física, ya que parece ser que no es necesario disponer de gran cantidad de materiales para producir ganancias de la fuerza en los niños de forma segura (120,121). No obstante, debe quedar claro que la supervisión del niño es un factor imprescindible e innegociable, que hay que tener en cuenta a la hora de implementarlo, ya que se fortalecerá la intervención mediante la aplicación de ésta de forma estructurada y altamente cuantificada de manera personalizada (112,116,121). Fomentado la formación para poder realizar adecuadamente un entrenamiento seguro, aumentándose el número de repeticiones iniciales para su familiarización y creándose hábitos de actividad física (100,122).

En cuanto a la frecuencia de entrenamiento, se aprecian resultados beneficiosos con tres entrenamientos a la semana (99–102,123), salvo otros autores que exponen hasta tres (124) o incluso cinco días a la semana (63). Declarándose en todos ellos, que no se han producido lesiones durante la realización del programa de entrenamiento, por lo que los riesgos relacionados con este tipo de entrenamiento no son mayores en comparación con otras actividades deportivas, en las cuáles los niños y adolescentes participan con regularidad.

En definitiva, es posible incluir un entrenamiento de la fuerza en niños o adolescentes, sin riesgos para su salud, siempre y cuando se den las condiciones adecuadas, ya que como evidencia la revisión que se ha realizado, se producen mejoras en la salud y fuerza de éstos, y no se producen efectos adversos derivados del entrenamiento, tales como la reducción del crecimiento o producción de lesiones. Todo lo contrario, tal y como se demuestra en uno de los artículos revisados, se producen mejoras significativas en la densidad mineral ósea y se producen ganancias significativas de masa muscular en el grupo intervención con respecto al grupo control (108).

4.2 Conclusiones

- El entrenamiento de fuerza puede generar adaptaciones en los niños para prevenir y combatir la DM2, aunque sería necesario que se lleven a cabo nuevas investigaciones con mayor rigor metodológico.
- El entrenamiento de fuerza es clave para perder peso, manteniendo masa magra pudiéndose incluir área curricular de Educación Física y haciendo distinción entre los estudios de niños y adultos con diabetes.
- A pesar de la ausencia de cambios en la sensibilidad a la insulina por medio del entrenamiento de fuerza, se podrían producir mejoras en la función endotelial, capacidad anaeróbica y economía de movimiento, a partir de las 8 semanas con 3 o 5 entrenamientos semanales.
- La supervisión del niño en el entrenamiento de fuerza es un factor imprescindible e innegociable.
- Para la mayoría de autores siempre y cuando se den las condiciones adecuadas es eficaz y pertinente incluir un entrenamiento de la fuerza en esta etapa de desarrollo.

4.3 Limitaciones

Hay algunas limitaciones de esta revisión que deben abordarse. Primero, cabe destacar, las dificultades que han surgido a la hora de buscar información para el desarrollo de ésta, ya que no hay suficientes ensayos clínicos aleatorizados que contemplen la intervención aislada de ejercicio de fuerza.

En segundo lugar, no se sabe con certeza si los resultados observados duraron más tiempo, esto es particularmente importante en estos pacientes por su edad. Por la falta de seguimiento a largo plazo, los cambios pueden llegar a incentivar las futuras investigaciones en esta área con periodos de seguimientos más largos.

Finalmente, la muestra de los estudios puede considerarse pequeña, por lo que un tamaño mayor en futuros estudios sería fundamental para confirmar los resultados actuales.

CAPÍTULO 5. PAUTAS PARA LA PRESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO DE FUERZA EN ADOLESCENTES CON DIABETES TIPO 2

Principalmente debe de aclarar que las pautas que se van a exponer a continuación están basadas en la evidencia actual, es decir, como siempre, se debería de individualizar según las condiciones de cada sujeto, ya que no existen “recetas mágicas”. No obstante, pese a que no se conozca una combinación o dosis óptima de los componentes o variables de la carga, que puedan maximizar o favorecer las adaptaciones en respuesta al entrenamiento de la fuerza en edades tempranas (125,126), se pueden dar unas directrices generales al respecto de las mismas que ayuden a manipular progresivamente estas a lo largo del proceso de preparación físico-deportiva. Para todo ello, las variables de la dosis de ejercicio que se emplean para programar los entrenamientos de fuerza deben controlarse cuidadosamente con el propósito de salvaguardar la seguridad, la adherencia y garantizar la consecución de los objetivos propuestos en cada fase (127).

Una vez aclarado lo anterior, se añaden las diferentes pautas para la prescripción de ejercicio de fuerza:

- **Entrevista inicial a la prescripción** que contemple ciertos factores a tener en cuenta para la realización de enfoques individualizados:

Composición corporal

A parte de una buena forma física, se debe conocer la variable de la composición corporal (IMC) ya que interfiere en la grasa o adiposidad central, presión arterial, resistencia a la insulina y volumen de oxígeno máximo (105).

Sueño

Es un factor que debería considerarse, dándole una gran importancia, ya que recientes estudios han podido corroborar como el aumento de la duración del sueño, disminuye la resistencia de insulina junto al IMC (128).

Control metabólico

Junto a las medidas antropométricas constituyen unos aspectos básicos para realizar una intervención estructurada y altamente cuantificada (129).

Sexo

En ciertos estudios a pesar de tener una muestra con mayor número de niños, las niñas realizan menos ejercicios, además de abandonar precozmente el entrenamiento de fuerza (63,130).

Hábitos de actividad física

La inactividad física es un componente necesario para la resistencia a la insulina por lo que conocer los hábitos de actividad física previos puede ayudar en prevenir el riesgo de alteración de glucosa (122).

Hábitos de alimentación

Algunos autores proponen combinar el entrenamiento para optimizar los resultados junto a dietas de déficit calórico (104) o simplemente isocalórica, manteniendo cierto control sobre algunos alimentos (106).

➤ Aspectos considerados para la prescripción:

Medidas objetivas

Se debería utilizar todas las medidas objetivas posibles para la evaluación o monitorización de los niños o adolescentes, debido a que varios autores han demostrado las medidas subjetivas no constituyen el mejor método (131).

Volumen de entrenamiento

La recomendación general, es realizar inicialmente de 1-2 series por ejercicio, y a medida que se obtiene experiencia de entrenamiento progresar hasta completar de 3-4 series por ejercicio(31,121,132). Recalcando que la condición que siempre deberá cumplirse será poder mantener una correcta técnica, durante todas y cada una de las series y repeticiones realizadas, antes de incrementar este componente de la dosis del entrenamiento. Por ello, es clave que el técnico responsable de la supervisión proporcione feed-back frecuentes durante la ejecución de los ejercicios más complejos. Respecto del número de ejercicios por sesión de entrenamiento, y considerando que deberá haber un reparto equilibrado para todo el cuerpo, se recomienda hacer de 3-8 ejercicios por sesión según las características de los ejercicios, objetivo de entrenamiento y nivel de experiencia de entrenamiento acumulada (121). En cualquier caso, es necesario que los incrementos del volumen de

entrenamiento se realicen con cuidado, con respecto a la tolerancia individual al estrés de cada niño, para evitar síntomas de sobrecarga y/o lesiones agudas (133).

Intensidad de entrenamiento

Esta variable sería interesante establecerla en función de hábitos de actividad física previos y conductas de sueño referidas en la entrevista inicial (122,128). En relación a su desarrollo tradicionalmente se ha tenido en cuenta el porcentaje de una repetición máxima, utilizando resistencias inferiores o próximas al 60% de ésta para principiantes, mientras que a medida que acumulen experiencia y competencia técnica, podrán incrementar lentamente la intensidad llegando a utilizar resistencias del 70-85% de ésta (31,121). Sin embargo, otro tipo de marcadores para controlar la intensidad del entrenamiento de la fuerza, de gran utilidad y buenos índices de validez y fiabilidad, son las escalas de esfuerzo percibido o percepción del esfuerzo (RPE). Sugiriendo un trabajo en un rango comprendido entre 3-7, al finalizar cada serie, aplicando este concepto, el peso del ejercicio y el número total de repeticiones por serie serían seleccionadas por el niño en función de una zona de entrenamiento RPE objetivo predeterminada (132,133).

Frecuencia de entrenamiento

Los diversos artículos sugieren que los más adecuado son entre 2-3 sesiones por semana de entrenamiento en días no consecutivos. Esto se debe a que los niños o adolescentes se encuentran en pleno crecimiento y desarrollo por lo tanto es necesario proporcionar suficiente tiempo para descansar y recuperarse (121,134,135).

Intervalos de descanso durante las sesiones

La investigación disponible indica que los niños o adolescentes podría llegar a recuperarse más rápido de la fatiga promovida durante el entrenamiento, además de ser menos propensos a sufrir daño muscular, debido a su mayor flexibilidad (125,126). Por esta razón se recomienda periodos de descanso de aproximadamente 1 minuto en caso de principiantes y hasta 2-3 minutos conforme la intensidad aumente junto a la experiencia (134).

Medios de entrenamiento

Dependerá de variables recogidas en la entrevista inicial como habilidad técnica, medidas antropométricas, nivel inicial de condición física y objetivo del entrenamiento. En relación a los materiales para su desarrollo, diversidad de medios o equipamientos

utilizados para los ejercicios han mostrado ser efectivos, destacar entre ellos el propio peso corporal, bandas elásticas, máquinas de resistencia variable adaptadas, pesos libres, resistencia manual y balones medicinales entre otros (31,121,125).

➤ **Aspectos considerados para la adherencia:**

Unos de los hallazgos más convincentes es que se necesita más atención para personalizar los enfoques para mejorar la adherencia al ejercicio, reconociendo los puntos de referencia individuales del logro a lo largo del tiempo para que no haya una tendencia a desinteresarse. Puede ser de especial importancia anticipar la disminución del interés del entrenamiento al tiempo y particularmente después del primer mes. Por lo que sería un dato importante de la atención continua para minimizar las posibles complicaciones a medida que pasan a la edad adulta (63). Del mismo modo, los diferentes incentivos que han demostrado mejorar la adherencia son:

Entrevistas motivacionales

Este nuevo recurso se ha puesto de manifiesto por ciertos autores para la consecución óptima de los objetivos. Para ello, podría realizarse vía presencial o a través de una llamada telefónica. En ambas se realizaba una determinación de objetivos, identificación de propias estrategias para alcanzar metas o monitorización de cambios en la conducta (98).

Formación

Educación a los niños o adolescentes sobre hábitos saludables, efectos de la intensidad del ejercicio sobre el nivel de glucosa y promoción de higiene del sueño (63).

Familia

Inclusión de la participación por parte de la familia, para la mejora en la consecución de los objetivos propuestos (28,63).

Programa psicoeducativo

Se trata de un recurso para proporcionar habilidades a los padres para optimizar el entorno familiar para haciendo cambios positivos en el estilo de vida y para aprender habilidades de comunicación asertivas. También proporcionó habilidades a los niños para manejando sus emociones y sentimientos, y para mejorar su autoestima (124).

BIBLIOGRAFÍA

1. Ihalainen JK, Hackney AC, Taipale RS. Changes in inflammation markers after a 10-week high-intensity combined strength and endurance training block in women: The effect of hormonal contraceptive use. *J Sci Med Sport*. 2019 Sep 1;22(9):1044–8.
2. Malina RM. Weight training in youth-growth, maturation, and safety: An evidence-based review. *Clin J Sport Med*. 2006 Nov;16(6):478–87.
3. Gerstner RMF, Soriano I, Sanhueza A, Caffè S, Kestel D. Epidemiología del suicidio en adolescentes y jóvenes en Ecuador. *Rev Panam Salud Pública*. 2018;42.
4. Zhang YY, Lei YT, Song Y, Lu RR, Duan JL, Prochaska JJ. Gender differences in suicidal ideation and health-risk behaviors among high school students in Beijing, China. *J Glob Health*. 2019;9(1).
5. Wonde M, Mulat H, Birhanu A, Biru A, Kassew T, Shumet S. The magnitude of suicidal ideation, attempts and associated factors of HIV positive youth attending ART follow ups at St. Paul's hospital Millennium Medical College and St. Peter's specialized hospital, Addis Ababa, Ethiopia, 2018. *PLoS One*. 2019;14(11).
6. Blüher M. Metabolically Healthy Obesity. *Endocr Rev*. 2020 Jun 1;41(3).
7. Alves AR, Marta CC, Neiva HP, Izquierdo M, Marques MC. Concurrent training in prepubescent children: The effects of 8 weeks of strength and aerobic training on explosive strength and Vo₂ max. *J Strength Cond Res*. 2016 Jul 1;30(7):2019–32.
8. Alves AR, Marta CC, Neiva HP, Izquierdo M, Marques MC. Does Intrasession Concurrent Strength and Aerobic Training Order Influence Training-Induced Explosive Strength and v o 2 max in Prepubescent Children? *J Strength Cond Res*. 2016 Dec 1;30(12):3267–77.
9. Marta C, Marinho DA, Barbosa TM, Izquierdo M, Marques MC. Effects of concurrent training on explosive strength and VO₂max in prepubescent children. *Int J Sports Med*. 2013;34(10):888–96.
10. Zeitler P. Update on Nonautoimmune Diabetes in Children. *J Clin Endocrinol Metab* [Internet]. 2009 Jul 1 [cited 2020 Apr 7];94(7):2215–20. Available from: <https://academic.oup.com/jcem/article/94/7/2215/2596314>
11. Kahn R. Type 2 diabetes in children and adolescents. Vol. 23, *Diabetes Care*. American Diabetes Association Inc.; 2000. p. 381–9.
12. Ekblom-Bak E, Ekblom B, Vikström M, De Faire U, Hellénus ML. The importance of non-exercise physical activity for cardiovascular health and longevity. *Br J Sports Med*. 2014 Feb;48(3):233–8.
13. Aranceta-Bartrina J, Serra-Majem L, Foz-Sala M, Moreno-Esteban B, Colaborativo SEEDO G, Barbany M, et al. Prevalencia de obesidad en España * El Grupo Colaborativo Español para el Estudio de la Obesidad está formado por los siguientes miembros: J. Aranceta [Internet]. 460 *Med Clin (Barc)*. 2005 [cited 2020 Apr 7]. Available from: <http://www.doyma.es>

14. Alberti G, Zimmet P, Shaw J, Bloomgarden Z, Kaufman F, Silink M. Type 2 diabetes in the Young: The Evolving Epidemic. The International Diabetes Federation Consensus Workshop. In: *Diabetes Care* [Internet]. 2004 [cited 2020 Apr 7]. p. 1798–811. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15220270>
15. Likitmaskul S, Kiattisathavee P, Chaichanwatanakul K, Punnakanta L, Angsusingha K, Tuchinda C. Increasing prevalence of type 2 diabetes mellitus in Thai children and adolescents associated with increasing prevalence of obesity. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2003;16(1):71–7.
16. de Onis M, Blössner M, Borghi E. Global prevalence and trends of overweight and obesity among preschool children. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 2010 Nov 1 [cited 2020 Apr 7];92(5):1257–64. Available from: <https://academic.oup.com/ajcn/article/92/5/1257/4597558>
17. De Onis M, Onyango AW, Borghi E, Garza C, Yang H. Comparison of the World Health Organization (WHO) Child Growth Standards and the National Center for Health Statistics/WHO international growth reference: Implications for child health programmes. *Public Health Nutr*. 2006;9(7):942–7.
18. Pinhas-Hamiel O, Zeitler P. The global spread of type 2 diabetes mellitus in children and adolescents. *J Pediatr*. 2005 May 1;146(5):693–700.
19. Standards of medical care in diabetes - 2012. Vol. 35, *Diabetes Care*. American Diabetes Association; 2012. p. S11–63.
20. Gungor N, Arslanian S. Progressive beta cell failure in type 2 diabetes mellitus of youth. *J Pediatr*. 2004 May 1;144(5):656–9.
21. Magge SN, Silverstein J, Elder D, Nadeau K, Hannon TS. Evaluation and Treatment of Prediabetes in Youth. *J Pediatr* [Internet]. 2020 Apr 1 [cited 2020 Apr 7];219:11–22. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022347619317408>
22. Tam BT, Morais JA, Santosa S. Obesity and ageing: Two sides of the same coin [Internet]. Vol. 21, *Obesity Reviews*. Blackwell Publishing Ltd; 2020 [cited 2020 Apr 7]. p. e12991. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32020741>
23. Janssen I, LeBlanc AG. Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. Vol. 7, *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. BioMed Central; 2010. p. 1–16.
24. Kriska A, Delahanty L, Edelstein S, Amodei N, Chadwick J, Copeland K, et al. Sedentary behavior and physical activity in youth with recent onset of type 2 diabetes. *Pediatrics*. 2013 Mar;131(3).
25. Tremblay MS, LeBlanc AG, Carson V, Choquette L, Gorber SC, Dillman C, et al. Canadian physical activity guidelines for the early years (aged 0-4 years). *Appl Physiol Nutr Metab*. 2012 Apr;37(2):345–56.
26. Zeitler P, Hirst K, Pyle L, Washington University G, Linder B, Nathan DM, et al. A Clinical Trial to Maintain Glycemic Control in Youth with Type 2 Diabetes The

- members of the writing group. *n engl j med*. 2012;24:2247–56.
27. Wilfley DE. Design of a family-based lifestyle intervention for youth with type 2 diabetes: The today study. Vol. 34, *International Journal of Obesity*. Nature Publishing Group; 2010. p. 217–26.
 28. Faulkner MS, Michalyszyn SF, Hepworth JT, Wheeler MD. Personalized exercise for adolescents with diabetes or obesity. *Biol Res Nurs* [Internet]. 2014 Jan 20 [cited 2020 Apr 8];16(1):46–54. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23965300>
 29. SHAIBI GQ, CRUZ ML, BALL GDC, WEIGENSBERG MJ, SALEM GJ, CRESPO NC, et al. Effects of Resistance Training on Insulin Sensitivity in Overweight Latino Adolescent Males. *Med Sci Sport Exerc* [Internet]. 2006 Jul [cited 2020 Apr 8];38(7):1208–15. Available from: <http://journals.lww.com/00005768-200607000-00003>
 30. Lee SJ, Bacha F, Hannon T, Kuk JL, Boesch C, Arslanian S. Effects of aerobic versus resistance exercise without caloric restriction on abdominal fat, intrahepatic lipid, and insulin sensitivity in obese adolescent boys a randomized, controlled trial. *Diabetes*. 2012 Nov 1;61(11):2787–95.
 31. Lloyd RS, Faigenbaum AD, Stone MH, Oliver JL, Jeffreys I, Moody JA, et al. Position statement on youth resistance training: The 2014 International Consensus. *Br J Sports Med*. 2014;48(7):498–505.
 32. Strasser B, Pesta D. Resistance training for diabetes prevention and therapy: experimental findings and molecular mechanisms. *Biomed Res Int* [Internet]. 2013 [cited 2020 Apr 7];2013:805217. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24455726>
 33. Phielix E, Schrauwen-Hinderling VB, Mensink M, Lenaers E, Meex R, Hoeks J, et al. Lower intrinsic ADP-stimulated mitochondrial respiration underlies in vivo mitochondrial dysfunction in muscle of male type 2 diabetic patients. *Diabetes* [Internet]. 2008 Nov [cited 2020 Apr 7];57(11):2943–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18678616>
 34. Morgen CS, Sørensen TIA. Obesity: Global trends in the prevalence of overweight and obesity. Vol. 10, *Nature Reviews Endocrinology*. Nature Publishing Group; 2014. p. 513–4.
 35. Castillo-Garzón M, Ruiz J, Ortega F, Gutierrez-Sainz A. A Mediterranean diet is not enough for health: Physical fitness is an important additional contributor to health for the adults of tomorrow. Vol. 97, *World Review of Nutrition and Dietetics*. *World Rev Nutr Diet*; 2007. p. 114–38.
 36. Ruiz JR, Ortega FB, Tresaco B, Wärnberg J, Mesa JL, González-Gross M, et al. Serum lipids, body mass index and waist circumference during pubertal development in Spanish adolescents: The AVENA study. *Horm Metab Res*. 2006 Dec;38(12):832–7.
 37. Biddle SJH, Pearson N, Ross GM, Braithwaite R. Tracking of sedentary behaviours of young people: A systematic review. Vol. 51, *Preventive Medicine*.

- Prev Med; 2010. p. 345–51.
38. Lobstein T, Baur L, Uauy R. Obesity in children and young people: A crisis in public health. Vol. 5, Obesity Reviews, Supplement. *Obes Rev*; 2004. p. 4–104.
 39. Brooks J, Day S, Shavelle R, Strauss D. Low weight, morbidity, and mortality in children with cerebral palsy: New clinical growth charts. *Pediatrics*. 2011 Aug;128(2).
 40. Joyner MJ, Coyle EF. Endurance exercise performance: The physiology of champions. Vol. 586, *Journal of Physiology*. Wiley-Blackwell; 2008. p. 35–44.
 41. Holloszy JO, Coyle EF. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. Vol. 121, *Journal of Applied Physiology*. American Physiological Society; 2016. p. 831–8.
 42. Simoneau JA, Lortie G, Boulay MR, Marcotte M, Thibault MC, Bouchard C. Human skeletal muscle fiber type alteration with high-intensity intermittent training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1985 Sep;54(3):250–3.
 43. Coyle EF, Martin WH, Sinacore DR, Joyner MJ, Hagberg JM, Holloszy JO. Time course of loss of adaptations after stopping prolonged intense endurance training. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1984;57(6):1857–64.
 44. Simoneau JA, Bouchard C. Human variation in skeletal muscle fiber-type proportion and enzyme activities. *Am J Physiol Metab* [Internet]. 1989 Oct 1 [cited 2020 May 25];257(4):E567–72. Available from: <https://www.physiology.org/doi/10.1152/ajpendo.1989.257.4.E567>
 45. Visser M, Simonsick EM, Colbert LH, Brach J, Rubin SM, Kritchevsky SB, et al. Type and intensity of activity and risk of mobility limitation: The mediating role of muscle parameters. *J Am Geriatr Soc*. 2005 May;53(5):762–70.
 46. Newman AB, Haggerty CL, Goodpaster B, Harris T, Kritchevsky S, Nevitt M, et al. Strength and muscle quality in a well-functioning cohort of older adults: The Health, Aging and Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc*. 2003 Mar 1;51(3):323–30.
 47. McGregor RA, Cameron-Smith D, Poppitt SD. It is not just muscle mass: A review of muscle quality, composition and metabolism during ageing as determinants of muscle function and mobility in later life. Vol. 3, *Longevity and Healthspan*. BioMed Central Ltd.; 2014.
 48. Fabbri E, Chiles Shaffer N, Gonzalez-Freire M, Shardell MD, Zoli M, Studenski SA, et al. Early body composition, but not body mass, is associated with future accelerated decline in muscle quality. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2017 Jun 1;8(3):490–9.
 49. Cartee GD, Hepple RT, Bamman MM, Zierath JR. Exercise Promotes Healthy Aging of Skeletal Muscle. Vol. 23, *Cell Metabolism*. Cell Press; 2016. p. 1034–47.
 50. Bertrais S, Beyeme-Ondoua JP, Czernichow S, Galan P, Hercberg S, Oppert JM. Sedentary behaviors, physical activity, and metabolic syndrome in middle-aged

- French subjects. *Obes Res.* 2005;13(5):936–44.
51. Rey-López JP, Vicente-Rodríguez G, Biosca M, Moreno LA. Sedentary behaviour and obesity development in children and adolescents. Vol. 18, *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*; 2008. p. 242–51.
 52. Warburton DER, Nicol CW, Bredin SSD. Health benefits of physical activity: The evidence. Vol. 174, *CMAJ*. *CMAJ*; 2006. p. 801–9.
 53. Ingledew DK, Markland D. The role of motives in exercise participation. *Psychol Heal.* 2008 Oct;23(7):807–28.
 54. Fox KR. The influence of physical activity on mental well-being. In: *Public Health Nutrition*. CAB International; 1999. p. 411–8.
 55. Whitlock EP, Williams SB, Gold R, Smith PR, Shipman SA. Screening and interventions for childhood overweight: A summary of evidence for the US Preventive Services Task Force. *Pediatrics.* 2005;116(1).
 56. Penedo FJ, Dahn JR. Exercise and well-being: A review of mental and physical health benefits associated with physical activity. Vol. 18, *Current Opinion in Psychiatry*. Lippincott Williams and Wilkins; 2005. p. 189–93.
 57. Fernández-Bergés D, Félix-Redondo FJ, Lozano L, Pérez-Castán JF, Sanz H, Cabrera De León A, et al. Prevalencia de síndrome metabólico según las nuevas recomendaciones de la OMS. *Estudio HERMEX*. *Gac Sanit.* 2011 Nov 1;25(6):519–24.
 58. Roden M. Diabetes mellitus – Definition, Klassifikation und Diagnose. *Wien Klin Wochenschr.* 2016 Apr 1;128:37–40.
 59. Harreiter J, Roden M. Diabetes mellitus—Definition, classification, diagnosis, screening and prevention (Update 2019). *Wien Klin Wochenschr [Internet]*. 2019 May 1 [cited 2020 Mar 4];131(Suppl 1):6–15. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30980151>
 60. Organización Mundial de la Salud. Informe Mundial Sobre la diabetes [Internet]. 2016 [cited 2020 Apr 6]. Available from: www.who.int
 61. Activity P. Diabetes and Physical Activity. *Diabetes Educ.* 2012;38(1):129–32.
 62. Villares R, Kakabadse D, Juarranz Y, Gomariz RP, Martínez-A C, Mellado M. Growth hormone prevents the development of autoimmune diabetes. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2013 Nov 26;110(48).
 63. Michaliszyn SF, Higgins M, Faulkner MS. Patterns of Physical Activity Adherence by Adolescents With Diabetes or Obesity Enrolled in a Personalized Community-Based Intervention. *Diabetes Educ.* 2018 Dec 1;44(6):519–30.
 64. DiMeglio LA, Evans-Molina C, Oram RA. Type 1 diabetes [Internet]. Vol. 391, *The Lancet*. Lancet Publishing Group; 2018 [cited 2020 Feb 27]. p. 2449–62. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29916386>

65. Compeán-Ortiz LG, Trujillo-Olivera LE, Valles-Medina AM, Reséndiz-González E, García-Solano B, Pérez BDA. Obesity, physical activity and prediabetes in adult children of people with diabetes. *Rev Lat Am Enfermagem* [Internet]. 2018 Jan 8 [cited 2020 Mar 19];25:e2981. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29319746>
66. Cep MJA, Colby P, Kenny GP, Plotnikoff RC, Reichert SM, Riddell MC. Physical Activity and Diabetes. *Can J Diabetes* [Internet]. 2013;37:S40–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cjcd.2013.01.018>
67. Venezolana de Endocrinología Metabolismo Venezuela Rojas de SP, Definición C, Diagnóstico De La Diabetes Mellitus CY. *Revista Venezolana de Endocrinología y Metabolismo. Rev Venez Endocrinol y Metab* [Internet]. 2012 [cited 2020 Apr 6];10(1):7–12. Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=375540232003>
68. Pinhas-Hamiel O, Zeitler P. Acute and chronic complications of type 2 diabetes mellitus in children and adolescents. Vol. 369, *Lancet*. Elsevier; 2007. p. 1823–31.
69. Hillier TA, Pedula KL. Complications in Young Adults With Early-Onset Type 2 Diabetes: Losing the relative protection of youth. *Diabetes Care*. 2003 Nov;26(11):2999–3005.
70. Morales AE, Rosenbloom AL. Death caused by hyperglycemic hyperosmolar state at the onset of type 2 diabetes. *J Pediatr*. 2004 Feb 1;144(2):270–3.
71. Falkner B, Daniels SR. Summary of the fourth report on the diagnosis, evaluation, and treatment of high blood pressure in children and adolescents. Vol. 44, *Hypertension*. 2004. p. 387–8.
72. Turner R, Cull C, Holman R. United Kingdom prospective diabetes study 17: A 9-year update of a randomized, controlled trial on the effect of improved metabolic control on complications in non-insulin-dependent diabetes mellitus. In: *Annals of Internal Medicine*. 1996. p. 136–45.
73. Saaristo T, Moilanen L, Korpi-HYÖVÄLTI E, Vanhala M, Saltevo J, Niskanen L, et al. Lifestyle intervention for prevention of type 2 diabetes in primary health care: One-year follow-up of the finnish national diabetes prevention program (FIN-D2D). *Diabetes Care*. 2010 Oct;33(10):2146–51.
74. María E, Alpizar R, Trujillo GZ, Hernández Gutiérrez C, Sánchez BV. Manejo práctico del paciente con diabetes mellitus en la Atención Primaria de Salud Practical Management of Patients with Diabetes Mellitus in Primary Health Care. [cited 2020 Apr 6]; Available from: <http://www.revfinlay.sld.cu/index.php/finlay/article/view/69>
75. Colberg SR, Sigal RJ, Fernhall B, Regensteiner JG, Blissmer BJ, Rubin RR, et al. Exercise and type 2 diabetes: The American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: Joint position statement. Vol. 33, *Diabetes Care*. 2010.
76. Cases MM, Loyola EP, García FJ. FC 27. [cited 2020 Apr 6]; Available from: www.gradeworkinggroup.org/

77. Espino JD. H A B I L I D A D E S P R Á C T I C A S Determinantes no dietéticos del desarrollo de la diabetes mellitus tipo 2. Vol. 07, Diabetes Práctica. 2016.
78. MacDonald CS, Johansen MY, Nielsen SM, Christensen R, Hansen KB, Langberg H, et al. Dose-Response Effects of Exercise on Glucose-Lowering Medications for Type 2 Diabetes: A Secondary Analysis of a Randomized Clinical Trial. *Mayo Clin Proc.* 2020 Mar 1;95(3):488–503.
79. Luan X, Tian X, Zhang H, Huang R, Li N, Chen P, et al. Exercise as a prescription for patients with various diseases. Vol. 8, *Journal of Sport and Health Science.* Elsevier B.V.; 2019. p. 422–41.
80. Ejercicio FDEL, Técnicos R. José López Chicharro, Almudena Fernández Vaquero *FISIOLOGÍA DEL EJERCICIO.* 2006;
81. Atalay M, Laaksonen DE. Diabetes, oxidative stress and physical exercise. Vol. 1, *Journal of Sports Science and Medicine.* Dept. of Sports Medicine, Medical Faculty of Uludag University; 2002. p. 1–14.
82. 88 A M D Entrenamiento Combinado de la Fuerza y la Resistencia Aeróbica ACTUALIDAD EN EJERCICIO Y DIABETES TIPO 2 (II) CURRENT EXERCISE AND TYPE 2 DIABETES (II).
83. Erickson ML, Jenkins NT, McCully KK. Exercise after you eat: Hitting the postprandial glucose target. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2017 Sep 19;8(SEP).
84. Meigs JB, Nathan DM, D'Agostino RB, Wilson PWF. Fasting and postchallenge glycemia and cardiovascular disease risk: The framingham offspring study. *Diabetes Care.* 2002 Oct;25(10):1845–50.
85. Erickson ML, Jenkins NT, McCully KK. Exercise after you eat: Hitting the postprandial glucose target. *Front Endocrinol (Lausanne)* [Internet]. 2017 Sep 19 [cited 2020 Apr 7];8(SEP):228. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28974942>
86. Borrer A, Zieff G, Battaglini C, Stoner L. The Effects of Postprandial Exercise on Glucose Control in Individuals with Type 2 Diabetes: A Systematic Review [Internet]. Vol. 48, *Sports Medicine.* Springer International Publishing; 2018 [cited 2020 Apr 7]. p. 1479–91. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29396781>
87. J. H, S. T, E. M-K, H. D, B. S, M.K. H, et al. Synchronized human skeletal myotubes of lean, obese and type 2 diabetic patients maintain circadian oscillation of clock genes. *Sci Rep* [Internet]. 2016 [cited 2020 Apr 7];6:35047. Available from: <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L621749529>
88. Chomistek AK, Shiroma EJ, Lee IM. The relationship between time of day of physical activity and obesity in older women. *J Phys Act Heal* [Internet]. 2016 Apr 1 [cited 2020 Apr 7];13(4):416–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26445277>
89. Hansen J, Timmers S, Moonen-Kornips E, Duez H, Staels B, Hesselink MKC, et

- al. Synchronized human skeletal myotubes of lean, obese and type 2 diabetic patients maintain circadian oscillation of clock genes. *Sci Rep*. 2016 Oct 19;6.
90. Borrer A, Zieff G, Battaglini C, Stoner L. The Effects of Postprandial Exercise on Glucose Control in Individuals with Type 2 Diabetes: A Systematic Review. Vol. 48, *Sports Medicine*. Springer International Publishing; 2018. p. 1479–91.
 91. Ekblom-Bak E, Ekblom B, Vikström M, De Faire U, Hellénus ML. The importance of non-exercise physical activity for cardiovascular health and longevity. *Br J Sports Med* [Internet]. 2014 Feb [cited 2020 Apr 7];48(3):233–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24167194>
 92. Joshua AM, D'Souza V, Unnikrishnan B, Mithra P, Kamath A, Acharya V, et al. Effectiveness of Progressive Resistance Strength Training Versus Traditional Balance Exercise in Improving Balance Among the Elderly - A Randomised Controlled Trial. *J Clin DIAGNOSTIC Res*. 2014;8(3):98.
 93. Education DS. 4 . Foundations of Care : Education , Nutrition , Physical Activity , Smoking Cessation , Psychosocial. 2015;38(January):20–30.
 94. Arabia JJM, Suárez GR, Tróchez JM. Papel del ejercicio en la prevención de la diabetes tipo 2. *Rev Argent Endocrinol Metab*. 2013;50(3):192–8.
 95. Sampath Kumar A, Maiya AG, Shastry BA, Vaishali K, Ravishankar N, Hazari A, et al. Exercise and insulin resistance in type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis [Internet]. Vol. 62, *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. Elsevier Masson SAS; 2019 [cited 2020 Feb 26]. p. 98–103. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30553010>
 96. Temneanu OR, Trandafir LM, Purcarea MR. Type 2 diabetes mellitus in children and adolescents: a relatively new clinical problem within pediatric practice. Vol. 9, *Journal of medicine and life*. Carol Davila - University Press; 2016. p. 235–9.
 97. Peddie MC, Homer AR, Fenemor SP, Perry TL, Rehrer NJ, Skeaff CM. Sedentary behavior: Is it time to break up with your chair? Vol. 11, *Journal of Clinical Lipidology*. Elsevier Ltd; 2017. p. 855–7.
 98. Kelly LA, Loza A, Lin X, Schroeder ET, Hughes A, Kirk A, et al. The effect of a home-based strength training program on type 2 diabetes risk in obese Latino boys. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2015 Mar 1;28(3–4):315–22.
 99. Alves ASR, Venâncio TL, Honório SAA, Martins JMC. Multicomponent training with different frequencies on body composition and physical fitness in obese children. *An Acad Bras Cienc*. 2019;91(4).
 100. Sénéchal M, Rempel M, Duhamel TA, Macintosh AC, Hay J, Wicklow B, et al. Fitness is a determinant of the metabolic response to endurance training in adolescents at risk of type 2 diabetes mellitus. *Obesity* [Internet]. 2015 Apr 1 [cited 2020 Mar 19];23(4):823–32. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25755198>
 101. Naylor LH, Davis EA, Kalic RJ, Paramalingam N, Abraham MB, Jones TW, et al. Exercise training improves vascular function in adolescents with type 2 diabetes. *Physiol Rep* [Internet]. 2016 Feb [cited 2020 Mar 19];4(4). Available from:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26887327>

102. De Groote E, Britto FA, Bullock L, François M, De Buck C, Nielens H, et al. Hypoxic Training Improves Normoxic Glucose Tolerance in Adolescents with Obesity. *Med Sci Sports Exerc.* 2018 Nov 1;50(11):2200–8.
103. Hay J, Wittmeier K, MacIntosh A, Wicklow B, Duhamel T, Sellers E, et al. Physical activity intensity and type 2 diabetes risk in overweight youth: A randomized trial. *Int J Obes.* 2016 Apr 1;40(4):607–14.
104. Walsh JJ, D'Angiulli A, Cameron JD, Sigal RJ, Kenny GP, Holcik M, et al. Changes in the Brain-Derived Neurotrophic Factor Are Associated with Improvements in Diabetes Risk Factors after Exercise Training in Adolescents with Obesity: The HEARTY Randomized Controlled Trial. *Neural Plast [Internet].* 2018 [cited 2020 Mar 18];2018:7169583. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30363954>
105. Stolzman SC, Skelton J, Harkins A, Bement MH. Does Weight Status Impact Metabolic Health in Adolescents When Controlling for Physical Fitness? *Pediatr Phys Ther.* 2019 Apr 1;31(2):134–40.
106. Cree-Green M, Gupta A, Coe G V., Baumgartner AD, Pyle L, Reusch JEB, et al. Insulin resistance in type 2 diabetes youth relates to serum free fatty acids and muscle mitochondrial dysfunction. *J Diabetes Complications [Internet].* 2017 Jan 1 [cited 2020 Mar 18];31(1):141–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27839922>
107. Smith GI, Yoshino J, Stromsdorfer KL, Klein SJ, Magkos F, Reeds DN, et al. Protein ingestion induces muscle insulin resistance independent of leucine-mediated mTOR activation. *Diabetes.* 2015;64(5):1555–63.
108. Yu CCW, Sung RYT, So RCH, Lui K-C, Lau W, Lam PKW, et al. Efectos del Entrenamiento de la Fuerza sobre la Composición Corporal y el Contenido Mineral Óseo en Niños con Obesidad. *Clin Trials.* 2014;9(5):5–13.
109. McKay S, Anderson B, Bush C, Gunn S, Haymond M, Holden H, et al. A Clinical Trial to Maintain Glycemic Control in Youth with Type 2 Diabetes. *N Engl J Med [Internet].* 2012 Jun 14 [cited 2020 Jun 1];366(24):2247–56. Available from: <http://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMoa1109333>
110. Knowler WC, Barrett-Connor E, Fowler SE, Hamman RF, Lachin JM, Walker EA, et al. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med [Internet].* 2002 Feb 7 [cited 2020 Jun 1];346(6):393–403. Available from: <http://www.nejm.org/doi/abs/10.1056/NEJMoa012512>
111. Cruz Hernández J, Manuel Emiliano Licea Puig I, Dra Pilar Hernández García I, Dra Marelys Yanes Quesada I, Dra Alena Salvato I. Disfunción endotelial y diabetes mellitus Endothelial dysfunction and diabetes mellitus [Internet]. Vol. 23, *Revista Cubana de Endocrinología.* 2012 [cited 2020 Jun 1]. Available from: <http://scielo.sld.cuhttp://scielo.sld.cu>
112. Behringer M, Vom Heede A, Yue Z, Mester J. Effects of resistance training in children and adolescents: A meta-analysis. Vol. 126, *Pediatrics.* 2010.

113. Andrejić O. THE EFFECTS OF A PLYOMETRIC AND STRENGTH TRAINING PROGRAM ON THE FITNESS PERFORMANCE IN YOUNG BASKETBALL PLAYERS □. *Phys Educ Sport*. 2012;10(3):221–9.
114. Falk B, Eliakim A. Resistance training, skeletal muscle and growth. Vol. 1, *Pediatric Endocrinology Reviews*. 2003. p. 120–7.
115. Lloyd RS, Cronin JB, Faigenbaum AD, Haff GG, Howard R, Kraemer WJ, et al. National Strength and Conditioning Association Position Statement on Long-Term Athletic Development. *J Strength Cond Res*. 2016 Jun 1;30(6):1491–509.
116. Faigenbaum AD, Myer GD. Pediatric resistance training: Benefits, concerns, and program design considerations. Vol. 9, *Current Sports Medicine Reports*. 2010. p. 161–8.
117. Myer G, Faigenbaum A, Chu D, Falkel J, Ford K, Best T, et al. Integrative Training for Children and Adolescents: Techniques and Practices for Reducing Sports-Related Injuries and Enhancing Athletic Performance. *Phys Sportsmed*. 2011 Feb 15;39(1):74–84.
118. Small EW, McCambridge MT, Benjamin HJ, Bernhardt DT, Brenner JS, Cappetta CT, et al. Strength training by children and adolescents. *Pediatrics*. 2008 Apr;121(4):835–40.
119. Ten Hoor GA, Plasqui G, Ruiters RAC, Kremers SPJ, Rutten GM, Schols AMWJ, et al. A new direction in psychology and health: Resistance exercise training for obese children and adolescents. *Psychol Health [Internet]*. 2016 Jan 2 [cited 2020 Jun 2];31(1):1–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26155905>
120. Faigenbaum AD. Strength training for children and adolescents. *Clin Sports Med*. 2000;19(4):593–619.
121. Faigenbaum AD, Kraemer WJ, Blimkie CJR, Jeffreys I, Micheli LJ, Nitka M, et al. Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. Vol. 23, *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. *J Strength Cond Res*; 2009.
122. Kallio P, Pahkala K, Heinonen OJ, Tammelin T, Hirvensalo M, Telama R, et al. Physical Inactivity from Youth to Adulthood and Risk of Impaired Glucose Metabolism. *Med Sci Sports Exerc*. 2018 Jun 1;50(6):1192–8.
123. Hay J, Wittmeier K, MacIntosh A, Wicklow B, Duhamel T, Sellers E, et al. Physical activity intensity and type 2 diabetes risk in overweight youth: A randomized trial. *Int J Obes [Internet]*. 2016 Apr 1 [cited 2020 Mar 18];40(4):607–14. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26617254>
124. Labayen I, Medrano M, Arenaza L, Máz E, Osés M, Martínez-Vizcáno V, et al. Effects of exercise in addition to a family-based lifestyle intervention program on hepatic fat in children with overweight. *Diabetes Care*. 2019 Feb 1;43(2):306–13.
125. Faigenbaum AD, Myer GD. Pediatric resistance training: Benefits, concerns, and program design considerations. Vol. 9, *Current Sports Medicine Reports*. *Curr*

Sports Med Rep; 2010. p. 161–8.

126. Faigenbaum AD, Kraemer WJ, Blimkie CJR, Jeffreys I, Micheli LJ, Nitka M, et al. Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. Vol. 23, *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 2009.
127. Miller MG, Cheatham CC, Patel ND. Resistance training for adolescents. *Pediatr Clin North Am* [Internet]. 2010 Jun [cited 2020 Jun 2];57(3):671–82. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20538150>
128. Rudnicka AR, Nightingale CM, Donin AS, Sattar N, Cook DG, Whincup PH, et al. Sleep duration and risk of type 2 diabetes. *Pediatrics*. 2017 Sep 1;140(3).
129. Huus K, Åkerman L, Raustorp A, Ludvigsson J. Physical activity, blood glucose and C-peptide in healthy school-children, a longitudinal study. *PLoS One*. 2016 Jun 1;11(6).
130. Herbst A, Kapellen T, Schober E, Graf C, Meissner T, Holl R. Impact of regular physical activity on blood glucose control and cardiovascular risk factors in adolescents with type 2 diabetes mellitus - a multicenter study of 578 patients from 225 centres. *Pediatr Diabetes* [Internet]. 2015 May 1 [cited 2020 Mar 19];16(3):204–10. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24888254>
131. Rockette-Wagner B, Storti KL, Edelstein S, Delahanty LM, Galvin B, Jackson A, et al. Measuring Physical Activity and Sedentary Behavior in Youth with Type 2 Diabetes. *Child Obes* [Internet]. 2017 Feb 1 [cited 2020 Mar 18];13(1):72–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26859798>
132. Behm DG, Faigenbaum AD, Falk B, Klentrou P. Canadian Society for Exercise Physiology position paper: Resistance training in children and adolescents. Vol. 33, *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism. Appl Physiol Nutr Metab*; 2008. p. 547–61.
133. Behringer M, Heede A Vom, Matthews M, Mester J. Effects of strength training on motor performance skills in children and adolescents: A meta-analysis. *Pediatr Exerc Sci*. 2011;23(2):186–206.
134. Peña G, Heredia JR, Lloret C, Martín M, Da Silva-Grigoletto ME. Introduction to strength training at early age: A review. Vol. 9, *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. Elsevier Doyma; 2016. p. 41–9.
135. Faigenbaum AD, Milliken LA, Cloutier G, Westcott WL. Perceived exertion during resistance exercise by children. *Percept Mot Skills*. 2004;98(2):627–37.