



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**DIRECCIÓN GENERAL DEL DEPORTE UNIVERSITARIO
DIRECCIÓN DE MEDICINA DEL DEPORTE**

**EFFECTOS DE LA PRESCRIPCIÓN DE UN PROGRAMA
PROTOCOLIZADO DE EJERCICIO DE FUERZA SOBRE LOS
PARÁMETROS BIOQUÍMICOS DE PACIENTES DE 10-15
AÑOS CON OBESIDAD E HÍGADO GRASO QUE ACUDEN A
UNA CLÍNICA METABÓLICA INFANTIL EN EL SUR DE LA
CIUDAD DE MÉXICO**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN:
MEDICINA DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTIVA**

PRESENTA:

DR. HÉCTOR SERRANO MENDOZA

ASESORAS DE TESIS:

**DRA. REBECA IVONNE GONZÁLEZ RODRÍGUEZ
M. EN N. C. ANDREA XIMENA ZARCO DELGADILLO**



CIUDAD UNIVERSITARIA, CD.MX

MAYO 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**EFFECTOS DE LA PRESCRIPCIÓN DE UN PROGRAMA PROTOCOLIZADO
DE EJERCICIO DE FUERZA SOBRE LOS PARÁMETROS BIOQUÍMICOS
DE PACIENTES DE 10-15 AÑOS CON OBESIDAD E HÍGADO GRASO QUE
ACUDEN A UNA CLÍNICA METABÓLICA INFANTIL EN EL SUR DE LA
CIUDAD DE MÉXICO.**

**DR. HÉCTOR SERRANO MENDOZA.
MÉDICO RESIDENTE DE LA ESPECIALIDAD EN MEDICINA DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y
DEPORTIVA, DE LA DIRECCIÓN DE MEDICINA DEL DEPORTE.**

ASESORAS DE TESIS:

**DRA. REBECA IVONNE GONZÁLEZ RODRÍGUEZ
MÉDICA PEDIATRA ADSCRITA A LA DIVISIÓN DE PEDIATRÍA CLÍNICA.**

**M. EN N. C. ANDREA XIMENA ZARCO DELGADILLO
NUTRIÓLOGA PEDIATRA ADSCRITA A LA DIVISIÓN DE PEDIATRÍA CLÍNICA.
HOSPITAL GENERAL DR. MANUEL GEA GONZÁLEZ.**

DATOS DEL ALUMNO	
Apellido paterno	Serrano.
Apellido materno	Mendoza.
Nombre	Héctor.
Universidad	Universidad Nacional Autónoma de México.
Facultad o escuela	Facultad de medicina.
Carrera	Medicina de la actividad física y deportiva.
Número de Cuenta	520237001
DATOS DE LAS ASESORAS	
Apellido paterno	González.
Apellido materno	Rodríguez.
Nombres	Rebeca Ivonne.

Apellido paterno	Zarco.
Apellido materno	Delgadillo.
Nombre	Andrea Ximena.
DATOS DE LA TESIS	
Título de la tesis	Efectos de la prescripción de un programa protocolizado de ejercicio de fuerza sobre los parámetros bioquímicos de pacientes de 10-15 años con obesidad e hígado graso que acuden a una Clínica Metabólica Infantil en el Sur de la Ciudad de México.
Año	2024.
Número de páginas	81.

ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS Y SIGLAS

‰: porcentaje.

±: símbolo de la desviación estándar.

≤: menor que.

≥: mayor que.

AAP: Asociación Americana de Pediatría.

ACSM: Colegio Americano de Medicina Deportiva.

ALT: aspartato aminotransferasa.

AST: alanina aminotransferasa.

CDC: Centro de Control de Enfermedades de los Estados Unidos.

Cm: Centímetro.

DGDU: Dirección General del Deporte Universitario.

DL: Decilitro.

DM2: Diabetes Mellitus Tipo 2.

EE. UU.: Estados Unidos.

EHGNA: Enfermedad de Hígado Graso no Alcohólica.

ESPGHAN: Sociedad Europea de Gastroenterología, Hepatología y Nutrición
Pediátrica.

FC: Frecuencia Cardiaca.

FITT: Frecuencia, intensidad, tiempo, tipo, progresión.

HbA1c: Hemoglobina Glucosilada.

HDL: Lipoproteínas de Alta Densidad.

IC: Intervalo de Confianza.

IMC: Índice de Masa Corporal.

UI: Unidades Internacionales.

LDL: lipoproteínas de baja densidad.

Mg: Miligramos.

NASPGHAN: Sociedad Norteamericana de Gastroenterología, Hepatología y Nutrición
Pediátrica.

NSCA: Asociación Nacional de Acondicionamiento de Fuerza.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

RIC: Rango Intercuartil.

RM: Rsonancia Magnética.

SDI: Secretaría de Desarrollo Institucional.

SS: Secretaría de Salud.

TC: Tomografía Computarizada.

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México.

USG: Ultrasonografía.

VO₂: Consumo de oxígeno.

ÍNDICE

1. RESUMEN	13
1.1. ABSTRACT	14
2. INTRODUCCIÓN	15
3. ANTECEDENTES	16
4. MARCO TEÓRICO	21
4.1. Definición de población pediátrica.	21
4.2. Definición y Espectro Clínico De La Enfermedad Por Hígado Graso No Alcohólico (EHGNA).	21
4.3. Prevalencia de la Enfermedad por Hígado Graso No Alcohólico en niños y adolescentes.....	22
4.4. Fisiopatología de la EHGNA.	23
4.5. Diagnóstico de la Enfermedad por Hígado Graso No Alcohólico en niños y adolescentes.....	23
4.6. Diferencias bioquímicas y antropométricas en los pacientes con y sin EHGNA.	24
4.7. Tratamiento para EHGNA en niños y adolescentes.	25
4.8. Papel del ejercicio en la EHGNA.	25
4.9. Principios de la prescripción del ejercicio de fuerza niños y adolescentes...	27
4.10. De la estimación de la intensidad del ejercicio de fuerza en la población pediátrica.	29
4.11. Impacto de las intervenciones nutricionales en la EHGNA.	29
5. JUSTIFICACIÓN	33
6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	35
7. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	35
8. HIPÓTESIS	36
9. OBJETIVOS	37

9.1. OBJETIVO GENERAL	37
9.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	37
10. METODOLOGÍA.....	38
10.1. Tipo de estudio	38
10.2. Características del estudio.....	38
10.3. Universo de trabajo.....	38
10.4. Población	38
10.5. Definición de los grupos de estudio.....	38
10.6. Ubicación temporal y espacial	38
10.7. Criterios de selección.....	39
10.7.1. Criterios de inclusión	39
10.7.2. Criterios de exclusión	39
10.7.3. Criterios de eliminación	40
10.8. Procedimiento	40
10.8.1. Selección de la muestra	40
10.8.2. Tamaño de la muestra.....	40
10.9. Variables	41
10.10. Definición de las variables.....	42
10.11. Programa protocolizado de ejercicios de fuerza	47
10.11.1. Prescripción de ejercicio protocolizado de fuerza empleada en la Clínica Metabólica Infantil:.....	47
10.11.2. Descripción de la metodología del entrenamiento de fuerza en la Clínica Metabólica Infantil.....	48
10.11.3. Estructura del mesociclo de entrenamiento de los pacientes de la Clínica Metabólica Infantil:.....	49

10.11.4.	Descripción de la sesión del ejercicio de fuerza y distribución a lo largo de un mes.	50
10.11.5.	Orientación nutricional empleada en la Clínica Metabólica Infantil:	55
11.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	57
12.	CONSIDERACIONES ÉTICAS	58
13.	RESULTADOS	59
14.	DISCUSIÓN.....	71
14.1.	LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	73
15.	CONCLUSIÓN.....	73
15.1.	RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS.....	73
16.	BIBLIOGRAFÍA.....	75
17.	ANEXOS.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Captura de la información de salida del programa Openepi para el cálculo del tamaño de muestra.	41
Figura 2. Ejemplo de Curl de Bíceps con liga.	51
Figura 3. Ejemplo de extensión de tríceps con liga.....	52
Figura 4. Ejemplo de remo con liga.....	52
Figura 5. Ejemplo de flexión de pecho con apoyo en rodillas (C).	53
Figura 6. Ejemplo de extensión lateral de hombro.....	54
Figura 7. Ejemplo de extensión lateral de la pierna en el piso.....	54
Figura 8. Ejemplo de extensión de rodilla empleando liga.....	55
Figura 9. Ejemplo de Curl femoral con liga.	55
Figura 10. Distribución porcentual de la muestra en función del sexo.....	59
Figura 11. Distribución porcentual de la muestra en función del sexo y del grupo participante del programa de ejercicios.....	59
Figura 12. Edad de los participantes en función del grupo y resultado de su comparación.....	60
Figura 13. Peso inicial y final de los pacientes dependiendo de la prescripción de ejercicios de fuerza y los resultados de sus comparaciones.	64
Figura 14. Percentil de peso inicial y final de los pacientes dependiendo de la prescripción de los ejercicios de fuerza y resultados de sus comparaciones	64
Figura 15. Masa grasa inicial y final de los participantes en función de la prescripción protocolizada de ejercicios y resultados de sus comparaciones.....	65
Figura 16. Insulina basal de los participantes en función de la prescripción de los ejercicios y resultados de su comparación.....	67
Figura 17. Insulina final de los participantes en función del grupo de estudio y resultados de su comparación.	67
Figura 18. Índice HOMA inicial y final de los participantes en función del grupo asignado y resultados de sus comparaciones	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las ligas de resistencia para el protocolo de ejercicio de fuerza.	47
Tabla 2. Características antropométricas basales de los participantes dependiendo del grupo de la prescripción de los ejercicios de fuerza.	61
Tabla 3. Resultados de laboratorio basales de los participantes en función del grupo de la prescripción de los ejercicios de fuerza.....	62
Tabla 4. Características antropométricas finales de los participantes en función del grupo.	66
Tabla 5. Resultados de laboratorio final de los participantes en función del grupo de la prescripción de los ejercicios de fuerza.	68
Tabla 6. Comparación en función del sexo, de algunas variables con cambios significativos en el seguimiento.....	69

1. RESUMEN

Introducción: La obesidad en la infancia y adolescencia lleva a múltiples consecuencias, una de ellas es la enfermedad por hígado graso no alcohólica. Aunque los programas de ejercicio han mostrado beneficios en adultos; no obstante, en México, no se cuenta con evaluaciones sistematizadas en población menor de edad.

Objetivo: evaluar los efectos de un programa protocolizado de ejercicio de fuerza, en pacientes de 10 a 15 años diagnosticados con obesidad e hígado graso, dentro de la Clínica Metabólica Infantil en la Ciudad de México, comparado con un grupo control.

Material y métodos: se llevó a cabo un estudio de cohorte retrospectiva; longitudinal, observacional, retrospectivo y unicéntrico. Se recabaron datos de pacientes de 10 a 15 años que ingresaron a un programa protocolizado de ejercicio o controles sin ejercicio, atendidos entre abril de 2022 y enero 2023, diagnosticados con obesidad y EHGNA; se recabaron y compararon variables antropométricas y bioquímicas: El peso, talla, IMC y sus respectivos percentiles; masa magra, masa grasa, glucosa, insulina, HOMA, HbA1c, triglicéridos, colesterol total, HDL y LDL, AST y ALT, Tanner, además de edad y sexo.

Resultados: un total de 28 participantes, 14 por grupo; 15 hombres y 13 mujeres, con una mediana de edad de 13.0 años (RIC 12.0 – 14.7). Ambos grupos con obesidad y EHGNA, con diferencias en la masa magra y el AST ($p=0.011$, $p=0.004$). En el seguimiento se observaron diferencias estadísticas en el peso, el percentil del peso, la masa grasa, la insulina y el índice HOMA ($p=0.035$, $p=0.019$, $p=0.024$, $p=0.019$ y $p=0.024$ respectivamente).

Conclusión: el programa protocolizado de ejercicio se asoció con disminución de peso y valores bioquímicos en comparación con quienes no hicieron ejercicio, casi todos independientes del sexo.

Palabras clave: Índice HOMA, IMC, niños y adolescentes, ejercicio de fuerza.

1.1. ABSTRACT

Introduction: Childhood and adolescence obesity leads to multiple consequences, one of them is non-alcoholic fatty liver disease; exercise programs have been beneficial in adults, however, in Mexico there are no systematized evaluations in the minor population.

Objective: To evaluate the effects of a protocolized strength exercise program in patients aged 10 to 15 years diagnosed with obesity and fatty liver, within the Children's Metabolic Clinic in Mexico City, compared with a control group.

Material and methods: Retrospective cohort study. Longitudinal, observational, retrospective, single-center study. Data were collected from patients aged 10 to 15 years who entered a protocolized exercise program or non-exercise controls, between April 2022 and January 2023, diagnosed with obesity and NAFLD; Weight, height, BMI and their respective percentiles and z scores; lean mass, fat mass, glucose, insulin, HOMA, HbA1c, Triglycerides, total cholesterol, HDL and LDL, AST and ALT, Tanner were collected and compared, as well as age and sex.

Results: There were 28 participants, 14 per group; 15 men and 13 women, with a median age of 13.0 years (IQR 12.0 – 14.7). Initially all were obese. Differences were only found in the lean mass and AST ($p=0.011$, $p=0.004$). At follow-up, statistical differences were observed in weight, weight percentile, fat mass, insulin, and HOMA index ($p=0.035$, $p=0.019$, $p=0.024$, $p=0.019$ and $p=0.024$ respectively)

Conclusion: The protocolized exercise program is associated to reduce weight and biochemical values compared to those who did not exercise, almost all regardless of sex.

Keywords: HOMA Index, BMI, children and adolescents, resistance exercise.

2. INTRODUCCIÓN

La prevalencia de la enfermedad del hígado graso no alcohólico (EHGNA) está aumentando junto con la epidemia mundial de obesidad y se diagnostica a edades cada vez más tempranas. Las características histológicas únicas y la presentación temprana de la enfermedad en la población pediátrica sugieren que entre estos y los adultos pueden diferir en cuanto a la etiopatogenia, siendo los primeros los que muestran una mayor vulnerabilidad a los factores genéticos y epigenéticos¹.

Los programas de ejercicio han mostrado una buena respuesta ante la disminución de los componentes del perfil lipídico, masa grasa o el porcentaje de grasa corporal, no obstante, en niños estos ejercicios no han sido estudiados de manera sistemática en nuestro país.

En el presente trabajo, se realizó una comparación de los resultados que tiene un programa protocolizado de ejercicios de fuerza en una muestra de pacientes de entre 10 y 15 años, contra un grupo control que no realizó ejercicios.

Se eligieron variables antropométricas relacionadas con la obesidad, como el índice de masa corporal (IMC), peso y talla; así como variables bioquímicas frecuentemente alteradas en la EHGNA como el perfil lipídico y perfil hepático; además de variables relacionadas con otras enfermedades, como el índice HOMA y la insulina; esto dada la edad cada vez más temprana del diagnóstico de la diabetes mellitus tipo 2 (DM2) y que se han relacionado con la EHGNA.

A continuación, se presentan los antecedentes de la EHGNA y los reportes sobre los beneficios del ejercicio en población menor de 18 años; la metodología elegida fue un estudio retrospectivo dada la afluencia de población a la Clínica Metabólica Infantil en la Ciudad de México que puede cumplir con los criterios de selección.

3. ANTECEDENTES

Van Der Heijden *et al.*,² realizaron un estudio de 12 semanas en el que participaron 15 adolescentes con obesidad y 14 con peso normal, que realizaron ejercicio aeróbico con una frecuencia de 30 minutos 4 días a la semana, en modalidades como banda sin fin, elíptica y bicicleta, a una intensidad del 70 % de la FC del VO₂ pico, lo cual mejoró significativamente la resistencia a la insulina, mediada por HOMA-IR disminuyendo de (4.9 ± 0.7 a 4.1 ± 0.6 , $p < 0.001$) en los adolescentes con obesidad. Además, se observó una disminución en los niveles de insulina descendiendo de (21.8 ± 2.7 a 18.2 ± 2.4 UI/DL, $p < 0.001$), en los adolescentes del mismo grupo, así como, la disminución del porcentaje de grasa corporal de (38.3 ± 1.5 a 37.0 ± 1.6 %, $p < 0.05$), aunque la glucemia se mantuvo sin cambios significativos (5.0 ± 0.1 a 5.0 ± 0.1 mmol/L). Estos resultados son similares a los encontrados en otro estudio de Van Der Heijden *et al.*,³ con una intervención similar a la anterior que consistió en ejercicio aeróbico, modalidad elíptica, bicicleta, banda sin fin y una intensidad del 70 % de la FC del VO₂ PICO por 30 min de sesión efectiva cuatro veces por semana en 15 pacientes con obesidad. En dicho estudio, encontraron también una reducción significativa en los niveles de insulina (20.1 ± 2.5 a 17.2 ± 2.1 , $p < 0.01$) y en la composición corporal con disminución de la masa grasa, con una diferencia de 1.0 ± 0.5 kg basal y post ejercicio ($p < 0.01$), aunque no hubo cambios significativos en los demás parámetros, salvo por el colesterol HDL².

Por otra parte, Lee *et al.*,⁴ reclutaron a 45 adolescentes con obesidad en una intervención de ejercicio aeróbico, fuerza y un control (16 controles, 13 fuerza y 16 aeróbicos) durante 3 meses. Los participantes del grupo de ejercicio aeróbico realizaron 3 días a la semana iniciando en 40 minutos y progresando hasta llegar a los 60 minutos con moderada intensidad por VO₂ pico (50-65 %), en distintas modalidades (banda sin fin, cicloergómetro, elíptica), en este grupo se reportaron cambios en el peso (-0.04 ± 0.8 , $p=0.039$), disminución del perímetro abdominal (2.0 ± 0.9 cm, $p=0.02$), adiposidad total (-2.6 ± 0.6 %, $p=0.002$), la masa muscular no presentó cambios significativos (1.0 ± 0.3 , $p=0.15$), sin embargo, el tejido adiposo visceral si (-1 ± 0.04 , $p < 0.001$) así como la grasa hepática (-1.9 ± 1.0 , $p=0.049$). No se reportaron cambios

significativos a nivel bioquímico. Por otro lado, el grupo de ejercicio de fuerza incluyó una serie de 10 ejercicios involucrando los grupos musculares principales con una frecuencia de tres veces por semana duración promedio de 60 minutos, en la cual se emplearon la prensa de piernas, extensión de piernas, *curl* femoral, prensa de pecho, jalón hacia el pecho, remo sentado, *curl* de bíceps y extensión de tríceps; con una única serie de flexiones y abdominales. Las series se iniciaron en 1 o 2 de 8 a 12 repeticiones sin fatiga, hasta llegar a las 2 series completas con 8 a 12 repeticiones hasta fatigarse, en este grupo se tuvieron modificaciones en el peso (-0.6 ± 0.8 p=0.009), el IMC (-0.6 ± 0.3 , p=0.047), el perímetro abdominal (-3.2 ± 0.9 , p=0.001), aumento en la masa muscular (1.4 ± 0.3 , p=0.01), el porcentaje de adiposidad total (-2.5 ± 0.6 , p=0.004), el tejido adiposo visceral (-2.0 ± 0.04 , p<0.001) y el porcentaje de grasa hepática (-2.0 ± 1.0 , p=0.047), además la sensibilidad a la insulina se incrementó (0.8 ± 0.2 , p=0.009) ⁴.

De Piano *et al.*, ⁵ compararon los efectos del ejercicio aeróbico solo y del ejercicio de fuerza con ejercicio aeróbico, en pacientes adolescentes con obesidad con y sin EHGNA, con una media de edad de (16.4 ± 1.42 años y con desarrollo puberal). Se colocó de manera aleatoria a 28 adolescentes con obesidad y comorbilidad de EHGNA (14 en el grupo de ejercicio aeróbico y 14 en el grupo de ejercicio aeróbico acompañado de ejercicios de fuerza) con un seguimiento a un año. En el grupo de ejercicio aeróbico, se observaron cambios significativos en el porcentaje de grasa corporal de (41.72 ± 5.38) a (35.40 ± 9.78), mientras que no se encontraron cambios en la masa magra y parámetros bioquímicos después de un año de seguimiento. Para el grupo que recibió ambas intervenciones se reportaron cambios significativos en las variables antropométricas en el porcentaje de grasa corporal de (48.92 ± 5.93) a (40 ± 8.91), sin cambios significativos en la masa magra al año de seguimiento. En cuanto a las variables bioquímicas, se observaron cambios significativos en la glucemia basal mg/dl (90.42 ± 7.73) a (85.28 ± 5.36) y en el perfil lipídico para colesterol total mg/dl (167.2 ± 23.71) a (150.21 ± 21.56) y fracción LDL mg/dl (105.57 ± 22.3) a (91.28 ± 19.3) ⁵.

Estas modificaciones demuestran que el ejercicio aeróbico podría ser una opción para mejorar la sensibilidad a la insulina, perfil lipídico y disminución de la grasa corporal en individuos con obesidad y EHGNA, sin asociarse a intervenciones dietéticas de restricción calórica ⁵.

En relación al ejercicio de fuerza, Van Der Heijden *et al.*, ⁶ llevaron a cabo una intervención, en la que se comparó un grupo de 12 pacientes pediátricos con obesidad de (15 ± 0.5 años) que realizaron un programa de ejercicio de fuerza de 12 semanas vs grupo control. El programa consistió en ejercicios de fuerza que involucraron 10 grupos musculares, con un ejercicio para cada uno, realizando de 8-20 repeticiones a una intensidad de 50-85 % de 1RM. Los resultados mostraron una disminución en la insulina basal de (23.0 ± 1.8 a 20.0 ± 1.9 UI/dL), sin cambios en la glucemia que permaneció en 95 mg/dL. Asimismo, se observó un aumento en los kilogramos de masa muscular de (55.7 ± 2.8 a 57.9 ± 3.0 kg; p ≤ 0.01), en comparación con el grupo control, sin cambios en la grasa corporal total ⁶.

Lee *et al.* ⁴, realizaron una intervención en pacientes pediátricos con obesidad de 12-18 años, comparando los efectos del ejercicio de fuerza vs control y aeróbico, tras 12 semanas de intervención ejercitando 10 grupos musculares (cuádriceps, isquiosurales, glúteo mayor, pectoral mayor, bíceps, tríceps, romboides mayor y menor y deltoides), de 1-2 series de 8-12 repeticiones a un 60 % de 1RM con intervalos de descanso de (1-2 min). Se demostró una disminución en el grupo intervención del perímetro abdominal de 3.2 cm, una disminución de la grasa corporal del 2.5 %, con un aumento de masa muscular de 1.4 kg, aunque este último pudo estar ligado a los cambios propios ocasionados por la testosterona en los hombres adolescentes; no obstante, la disminución del perímetro abdominal, constituyó un resultado importante para la prevención de enfermedades cardiovasculares y otras enfermedades como la DM2; por último, también se observó una disminución del IMC en comparación con el grupo control. En el aspecto bioquímico, la glucemia basal permaneció sin cambios manteniéndose en promedio a 95 mg/dL, con disminución de la insulinemia basal sin ser estadísticamente significativa (p = 0.481) ⁶.

Lee *et al.*,⁷ en otro estudio, reclutaron a 44 pacientes mujeres con obesidad con un rango de edad de los 12-18 años, en donde compararon los efectos del ejercicio de fuerza, ejercicio aeróbico y grupo control mediante asignación aleatoria; 16 en el grupo de ejercicio de fuerza; 16 en ejercicio aeróbico, y 12 controles, con seguimiento a tres meses. El programa de fuerza se caracterizó por ejercitar 10 grupos musculares, con un número de 1-2 series, con 8-12 repeticiones a un 60 % de 1RM de intensidad, con intervalos de descanso de 1-2 minutos. Se observaron cambios en los parámetros de porcentaje de grasa corporal con una disminución del 1.63 ± 0.78 % ($p = 0.035$) en el grupo de fuerza y 1.7 ± 0.85 % ($p = 0.046$), en el grupo de ejercicio aeróbico, sin observar cambios significativos en otros parámetros antropométricos contra el grupo control o intragrupo; así mismo, en la sensibilidad a la insulina el grupo de fuerza no tuvo cambios significativos (0.03 ± 0.27 , $p=0.902$), sin embargo, en el grupo de ejercicio aeróbico se presentó mejoría en la sensibilidad (0.92 ± 0.27 , $p=0.0007$)⁷.

No se han reportado datos sobre los valores del perfil lipídico en pacientes pediátricos con EHGA en la literatura revisada. Sin embargo, en pacientes adultos con esta patología, se ha descrito por Zelber *et al.*,⁸ los efectos del ejercicio de fuerza en un ensayo clínico aleatorizado donde se comparó un grupo control ($n= 31$) contra un grupo con un programa de ejercicio de fuerza ($n= 33$), con las siguientes características en el ejercicio: de 8-12 repeticiones, 3 series de los siguientes ejercicios (*press* de pierna, extensión de cuádriceps, *curl* femoral, *press* de pecho, remo en máquina, *curl* de bíceps y *press* de hombro). La intensidad se ajustó para la percepción de fatiga en cada uno de los ejercicios, con un seguimiento de tres meses. En este estudio se mostraron cambios de triglicéridos con una diferencia media de 13.48 mg/dL ± 6.2 mg/dL, colesterol total 8.61 mg/dL ± 29 mg/dL, LDL 6.09 ± 26.3 mg/dL⁸.

Continuando con la relación del perfil lipídico y el ejercicio, Jakovljevic *et al.*, mencionan que la actividad física cardiorrespiratoria reduce la mortalidad cardiovascular, el riesgo de insuficiencia cardíaca e infarto de miocardio y la rigidez arterial y cardíaca relacionada con la edad. En su revisión sobre el tema, refieren que los primeros estudios relacionados con el tema demostraron que aquellos hombres

que eran físicamente activos en el trabajo experimentaban tasas de mortalidad por enfermedades coronarias de aproximadamente la mitad de las de los hombres que eran sedentarios en el trabajo ⁹.

Por otro lado, en la EHGNA, Shamsoddini *et al.*, realizaron un estudio para evaluar el efecto del entrenamiento con ejercicio de fuerza sobre las enzimas hepáticas y la EHGNA en hombres iraníes, los investigadores emplearon 3 grupos de estudio, ejercicio aeróbico, de fuerza y un control; el primero consistió en 45 minutos de ejercicio aeróbico al 60 o 70 % de la frecuencia cardiaca máxima; en el segundo realizaron 7 ejercicios de fuerza con una intensidad del 50 al 70 % de 1RM y el tercero no realizó ejercicio; entre las observaciones el grado de grasa hepática se redujo en los dos primeros grupos (1.8 a 0.9 en el grupo de ejercicio aeróbico, 1.7 a 1.1 en el grupo de fuerza, ambos con $p < 0.05$ en las comparaciones; y 1.4 a 1.6 en el grupo control); así mismo en los dos grupos con ejercicio la ALT y AST disminuyeron considerablemente comparadas con el grupo control, cambios que fueron independientes de las modificaciones en el peso o la pérdida de este ¹⁰.

El ejercicio de fuerza puede ser una opción efectiva para modificar la historia natural de la EHGNA, siempre y cuando se prescriba de manera adecuada. Dicha intervención ha demostrado cambios favorables en la composición corporal mejorando la masa magra y la masa grasa, pero también son controversiales sus hallazgos frente a los cambios en la resistencia a la insulina. Aunque no se han medido parámetros de lípidos séricos en pacientes pediátricos con EHGNA, es probable que dichos valores se modifiquen a la baja como se ha observado en adultos que presentan EHGNA ¹⁰.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Definición de población pediátrica.

La definición de población pediátrica puede variar dependiendo del contexto: la población pediátrica abarca a los niños o adolescentes hasta los 18 años; en nuestro país, esta edad coincide con la edad que divide a los ciudadanos menores y mayores de edad, y les otorga derechos y responsabilidades diferentes ante la ley; por esta razón, en la población en general, se considera que la adolescencia termina a los 18 años ¹¹.

De manera médica, a los niños se les divide en preescolares cuando tienen entre 1 y 4 años, escolares entre los 5 y 11 años, adolescentes de 12 a 19 años y adultos de los 20 en adelante, los menores de un año y mayores de 20 también se pueden dividir, no obstante, dichas clasificaciones no competen al presente estudio.¹²

Como se sabe, la Organización Mundial de la Salud (OMS), considera a la adolescencia toda la etapa que transcurre en la segunda década de la vida, es decir, desde los 10 a los 19 años de edad, por esta razón en muchos países a los menores de 20 aún no se les considera como mayores de edad ¹³.

4.2. Definición y espectro clínico de la enfermedad por Hígado Graso No Alcohólico (EHGNA).

La EHGNA se caracteriza por una acumulación excesiva de grasa en el hígado en ausencia del consumo de alcohol, enfermedades virales, enfermedades genéticas o fármacos que causen esteatosis. La esteatosis hepática se describe como la acumulación anormal de grasa en más del 5 % de los hepatocitos. La EHGNA es la hepatopatía crónica más común en niños y adolescentes y se presenta en un espectro clínico que varía desde la esteatosis simple hasta la esteatohepatitis no alcohólica con o sin fibrosis y que puede evolucionar hacia cirrosis y carcinoma hepatocelular ^{14,15}.

En diversos estudios multicéntricos de población pediátrica, se ha observado que un 25-50 % de los casos puede presentar datos de esteatohepatitis o hasta un 20 % podría presentar formas de fibrosis ¹⁶, es importante resaltar que las complicaciones también son extrahepáticas como la alteración en el perfil lipídico mostrando asociación con elevación de los triglicéridos, colesterol total, su fracción de lipoproteínas de baja densidad (LDL), descenso de las lipoproteínas de alta densidad (HDL), así como un aumento de la prevalencia de diabetes y prediabetes en estos pacientes con prevalencias de 6 % y 23 %, respectivamente ^{16,17}.

4.3. Prevalencia de la Enfermedad por Hígado Graso No Alcohólico en niños y adolescentes.

Anderson *et al.*, realizaron una revisión sistemática y metaanálisis de la prevalencia de EHGNA en población pediátrica, reportando una prevalencia media de EHGNA en la población general del 7.6 % (intervalo de confianza [IC] 95 %: 5.5-10.3 %), y del 34.2 % (IC 95 %: 27.8-41.2 %) en clínicas para la atención de obesidad infantil. La prevalencia fue mayor en el sexo masculino y ésta aumenta conforme el Índice de Masa Corporal (IMC) es mayor ¹⁴.

Schwimmer *et al.*, reportaron una prevalencia de EHGNA del 38 % en clínicas para la atención de obesidad infantil, presentando un predominio en adolescentes hispanos (11.8 %) comparado a los caucásicos (8.6 %) y afroamericanos (1.5 %) ¹⁸. En un estudio transversal realizado por Xanthakos *et al.*, en 41 adolescentes (13-19 años) con obesidad mórbida, 83 % de ellos presentaron EHGNA y un 20 % esteatohepatitis no alcohólica ¹⁹. En Venezuela un estudio evaluó la prevalencia de EHGNA en pacientes pediátricos, con un rango de edad de 3-17 años con obesidad reportando que el 38 % presentaban esta entidad ²⁰.

En México, los estudios sobre EHGNA en población menor de 18 años son escasos. En estos se ha reportado una prevalencia entre el 12-46 % para pacientes pediátricos con un IMC mayor al percentil 85, encontrando datos similares al panorama internacional ^{12,21}.

4.4. Fisiopatología de la EHGNA.

La fisiopatología de la EHGNA se explica hoy en día por la teoría del «*multiple hit*» que implica a múltiples factores epigenéticos para su gestación como un consumo de exceso de energía, dietas altas en carbohidratos, inactividad física y sedentarismo, en individuos con susceptibilidad genética. Provocando una disfunción metabólica caracterizada por la acumulación intrahepática de ácidos grasos, resultando en una mayor susceptibilidad de los hepatocitos al estrés oxidativo, lipotoxicidad, disbiosis intestinal, disfunción mitocondrial, la sobreproducción y la liberación de citocinas proinflamatorias, provocando una respuesta inflamatoria, lo que finalmente lleva al desarrollo de esteatosis e inflamación hepática ²²⁻²⁴.

4.5. Diagnóstico de la Enfermedad por Hígado Graso No Alcohólico en niños y adolescentes.

La biopsia hepática es el estándar de referencia para el diagnóstico de EHGNA ²⁵; sin embargo, al ser un estudio invasivo, la Sociedad Europea de Gastroenterología, Hepatología y Nutrición Pediátrica (ESPGHAN) y la Sociedad Norte Americana de Gastroenterología, Hepatología y Nutrición Pediátrica (NASPGHAN) recomiendan realizarla bajo criterios específicos debido a las complicaciones asociadas como hemorragia, perforación de algún órgano adyacente, o muerte ^{25,26}. Existen otras herramientas diagnósticas como la tomografía computada (TC); sin embargo, debido al riesgo de radiación no es recomendable como estudio de rutina. En tanto, la resonancia magnética (RM), por su alto costo y la necesidad de sedación en niños, no se considera como una herramienta útil de tamizaje. El ultrasonido hepático (USG), es un procedimiento no invasivo con amplia difusión y costo reducido, que se considera una alternativa para el diagnóstico y el escrutinio de la EHGNA. La hiperecogenicidad y heterogeneidad imagenológica del hígado comparado con el riñón o el bazo, así como, la desaparición del diafragma establece la esteatosis, sólo si esta afecta a más del 30-33 % del parénquima hepático, con una sensibilidad del 70-90 % y una especificidad del 84-100 % ^{25,26}.

A pesar de ser un estudio no invasivo e ideal para niños, tiene limitantes al ser operador dependiente y no detectar estadios tempranos de EHGNA. No obstante, se considera una herramienta de primera línea en pacientes con sospecha diagnóstica de hígado graso ^{25,26}.

4.6. Diferencias bioquímicas y antropométricas en los pacientes con y sin EHGNA.

En una revisión sistemática que incluyó 64 estudios se compararon características antropométricas y bioquímicas de 1480 pacientes pediátricos con EHGNA vs. 1367 pacientes con normopeso y sin EHGNA, reportando un incremento promedio de 23 kg en el peso (IC 95 % 14-31 Kg), una diferencia en el perímetro abdominal de 25.8 cm (IC 95 % 20-30.9 cm) y un IMC en un promedio mayor de 10 kg/m² (IC 95 % 8.31-11.76 kg/m²) en comparación con controles normopeso sin EHGNA ²⁷. Además, se observaron valores más elevados en los pacientes con EHGNA en parámetros bioquímicos como la ALT con valor medio de 32 UI/dL (IC 95 % 25-39 UI/ dL), AST 17 UI/dL (IC 95 % 10-24.6 UI/dl), resistencia a la insulina valorada por el Índice HOMA-IR en media de 2.65 (IC 95 % 1.8-3.5). En cuanto al perfil lipídico, también se reportaron alteraciones con un aumento en los niveles de triglicéridos de 38 mg/dL (IC 95 % 30-46 mg/dL), una elevación del colesterol total de 15.6 mg/dL (IC 95 % 9.92- 21.7 mg/dL) y para la fracción LDL 12.2 mg/dl (IC 95 % 7.88-16.4 mg/dl) en comparación con los valores de pacientes pediátricos con normopeso sin EHGNA ²⁷.

En un estudio de revisión realizado por Goyal *et al.*, se ha asociado la EHGNA con alteraciones metabólicas, siendo hasta 3 veces más probable la aparición del síndrome metabólico en pacientes con obesidad y EHGNA, así como, un aumento en los niveles de insulina y glucosa. En cuanto al perfil lipídico, la dislipidemia se presentó en un estudio de 120 pacientes con EHGNA, con un 63 % para hipertrigliceridemia y un 45 % con niveles bajos del HDL. Además, en un estudio de casos y controles de 300 pacientes, se reportó una mayor tendencia a la elevación de triglicéridos, colesterol LDL que en pacientes con obesidad y libres de esteatosis ¹⁶.

De la misma manera, en una revisión sistemática realizada por Lucia Pacífico *et al.*, se encontró que los pacientes pediátricos con EHGNA han reportado una prevalencia de hasta un 14 % para diabetes tipo 2 y un 23 % para prediabetes. sin embargo, en casos de esteatohepatitis la prevalencia de diabetes tipo 2 puede alcanzar un 43 % y 35 % en prediabetes ²⁸. Esto sugiere que la enfermedad está frecuentemente asociada con alteraciones en el perfil antropométrico y bioquímico de los pacientes, lo que se relaciona con un mayor riesgo de desarrollar otras comorbilidades en un futuro ¹⁶.

4.7. Tratamiento para EHGNA en niños y adolescentes.

Con base en las guías internacionales para el tratamiento de la EHGNA ^{25,26}, actualmente se recomienda un enfoque que incluya modificaciones en el estilo de vida. Estas modificaciones tienen como objetivo fomentar la pérdida de peso a través del incremento de la actividad física (moderada-alta intensidad), cambios en la dieta y evitar el consumo de alimentos con alto contenido de azúcares, siendo recomendaciones grado IA-IB. Sin embargo, no se menciona de manera explícita el impacto específico que el ejercicio puede tener en el tratamiento de la EHGNA y en la modificación de los parámetros bioquímicos y antropométricos que suelen estar alterados en estos pacientes ^{25,26}.

4.8. Papel del ejercicio en la EHGNA.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), define la actividad física como: «*cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos, con un consiguiente consumo de energía*» esta definición abarca cualquier movimiento, de acuerdo con la misma OMS ²⁹.

La actividad física sugerida por la OMS en el párrafo anterior es de «*al menos 150 minutos de actividad física aeróbica de intensidad moderada y 2 días por semana de actividad de fortalecimiento muscular para adultos y al menos 60 minutos de actividad física aeróbica de intensidad moderada y 3 días por semana de actividad de fortalecimiento muscular para jóvenes*» ²⁹, compartida por el Colegio Americano de

Medicina Deportiva (ACSM por su nombre en inglés, *American College of Sports Medicine* ³⁰.

La definición de ejercicio como tal es: un tipo de actividad física que es planificada, estructurada, repetitiva que tiene el propósito de mejorar o mantener algún componente de la aptitud física de la salud o de las habilidades en la persona que lo realiza ³⁰.

El ejercicio de fuerza un método especializado de acondicionamiento físico muscular que utiliza diversas cargas de resistencia de diversos tipos (pesas, bandas de resistencia, propio cuerpo) ^{31,32} En el caso de la EHGNA, el ejercicio puede ayudar a modificar la historia natural de la enfermedad a través de varios mecanismos fisiológicos ^{31,32}:

- Disminución de la expresión del *SREBP-1*, lo cual se traduce en una disminución de un factor lipogénico a nivel hepático y con ello la reducción de lípidos intrahepáticos.
- Disminución de la actividad de la enzima sintetasa de ácidos grasos (FAS) reduciendo la síntesis *de novo* de los mismos ³³.

El ejercicio también puede aumentar la tasa metabólica oxidativa de las mitocondrias lo que ayuda a utilizar el exceso de ácidos grasos por los músculos como un combustible y podría disminuir los lípidos séricos frecuentemente elevados en la EHGNA. Los estudios en animales también han demostrado que el ejercicio aumenta las lanzaderas de carnitina mitocondriales a nivel hepático, las cuales son necesarias para el transporte de los ácidos grasos para su empleo como combustible por la mitocondria, lo que podría disminuir la esteatosis hepática y los niveles séricos de los lípidos ³³.

Es importante señalar que el ejercicio es un inductor del $PPAR\alpha$, lo que aumenta la expresión de enzimas necesarias para la β -oxidación y genera una mayor capacidad de las mitocondrias para realizar un metabolismo oxidativo, promoviendo la utilización

de los ácidos grasos como energía y disminuyendo el exceso de los mismos en los hepatocitos, reduciendo así el estrés oxidativo hepático y disminuyendo el riesgo de progresión de la enfermedad ³³.

El ejercicio también puede disminuir la resistencia a la insulina, una condición que está asociada con la EHGNA, mediante los siguientes mecanismos ³³:

- Aumento de la masa muscular, lo que promueve una mayor superficie de utilización de la glucosa, mayor expresión de receptores GLUT4, la translocación de este receptor sin la necesidad de la insulina, mejora en la síntesis de glucógeno muscular. Esto se traduce en una mejor captación de glucosa por los tejidos periféricos y almacenamiento de la misma, reduciendo la hiperinsulinemia en los pacientes y con ello generar mayor sensibilidad a esta hormona ^{34,35}.

4.9. Principios de la prescripción del ejercicio de fuerza niños y adolescentes.

La Asociación Americana de Pediatría (AAP, por su nombre en inglés *American Academy of Pediatrics*), el Colegio Americano de Medicina Deportiva y la Asociación Nacional de Acondicionamiento de Fuerza (NSCA por su nombre en inglés, *National Strength Conditioning Association*, NSCA), estipulan en sus recomendaciones el uso apropiado del ejercicio de fuerza en niños y adolescentes (8-18 años) debido a los múltiples beneficios que aporta a la salud y al bajo riesgo de lesiones, sin evidencia de que afecte en el crecimiento por lesiones en el cartílago de crecimiento. Para ello, es importante utilizar técnicas adecuadas para esta población, como se estipula por estos organismos ^{31,32,36}.

Se recomienda que, para los principiantes, describiéndose como personas con menos de dos meses de experiencia en el ejercicio de fuerza, inicien con un rango de 50-70 % de una repetición máxima (1RM) para los grandes grupos musculares, realizando ejercicios monos y poliarticulares, con un rango de 10-15 repeticiones por 1 a 3 series, con 2 minutos de descanso entre cada serie. Es posible progresar la

intensidad en un 10 % del peso o aumentar a 3-4 series al paso de 1-2 meses dependiendo de la adaptación del individuo ^{31,32,36}.

Es importante emplear un calentamiento previo a la sesión principal de ejercicio, como un calentamiento dinámico por 5-10 minutos y un enfriamiento dinámico de 5-10 minutos con estiramientos de los grupos musculares involucrados en las sesiones. Los organismos especializados previamente citados, recomiendan descansar los grupos musculares trabajados para prevenir lesiones y entrenar 2-3 veces por semana en días no consecutivos. Esto permite la recuperación del tejido muscular y la generación de adaptaciones para obtener los beneficios del ejercicio ^{31,32,36}.

Estas recomendaciones se basan en el principio de prescripción del ejercicio de fuerza con el modelo FITT que se desglosa de la siguiente manera ^{31,32,36}:

- Frecuencia: número de días que se realiza la rutina de fuerza en la semana, como se menciona anteriormente es de 2-3 días a la semana de manera no consecutiva.
- Intensidad: se basa en la magnitud del ejercicio, se evalúa como el porcentaje de 1 repetición máxima (1RM). Los rangos recomendados en población pediátrica van del 50-80 % 1RM.
- Tiempo: no se estipula la duración de la sesión de entrenamiento por tiempo, sino por el número de ejercicios, número de repeticiones, número de series, descansos entre series, esto es conocido como volumen de entrenamiento.
- Tipo: se pueden utilizar diversas modalidades o tipos de instrumentos, como son las ligas de resistencia, pesas, máquinas de peso integral o el mismo cuerpo como resistencia.
- Progresión: esta debe ser individualizada, dicha progresión puede esperarse alrededor de la 4-6 semana de entrenamiento constante, se puede aumentar la resistencia (10 %) o el número de series (1-2 series) de cada ejercicio o aumentar el número de ejercicios por cada grupo muscular ^{31,32}.

4.10. De la estimación de la intensidad del ejercicio de fuerza en la población pediátrica.

La estimación del porcentaje de la repetición máxima (1RM) en la población pediátrica puede realizarse mediante un protocolo específico, aunque este implica varias sesiones y tiempo adicional. No obstante, se han desarrollado fórmulas y métodos indirectos, como la percepción del esfuerzo que se ha validado para la población pediátrica con la escala OMNI. Se ha validado en población pediátrica de 8-14 años para la estimación del 1RM en ejercicios isotónicos de tren superior e inferior ^{37,38}.

Según se estipula, para obtener un 50-60 % de 1RM, es necesario realizar con una intensidad en (kg de peso) 10 repeticiones y presentar un esfuerzo percibido de 6-7 o 14-15 repeticiones con una percepción del esfuerzo de 8, esto generando fatiga. El presente método se puede aplicar a pacientes pediátricos que no hayan sido expuestos previamente al ejercicio de fuerza y sin diferencias de género. Su correlación es de un 0.80 a 0.91. Por lo tanto, es una estrategia ideal para prescribir de forma segura y eficiente el ejercicio de fuerza en esta población, sin exponerlos a cargas elevadas ^{37,38}.

4.11. Impacto de las intervenciones nutricionales en la EHGNA.

En una revisión sistemática llevada a cabo por Katsagoni *et al.*, se evaluaron 10 ensayos clínicos aleatorizados que incluyeron un total de 155 niños con EHGNA con el objetivo de comparar la efectividad de diferentes estrategias nutricionales (baja/moderada en carbohidratos, baja/moderada en grasas, o sin restricción calórica) con intervenciones de más de 8 semanas de duración y hasta los 6 meses de seguimiento ³⁹.

Los resultados mostraron una disminución significativa de la grasa intrahepática en un 36 y 37 %, medición realizada por resonancia magnética, a los seis meses de seguimiento de los modelos nutricionales comentados previamente. Además, se observó una disminución de las transaminasas hepáticas, con valores promedio de

28.1 UI/dL para AST y 18.9 UI/dL para ALT en cada tipo de intervención, sin cambios significativos en parámetros antropométricos en ninguno de los grupos evaluados ³⁹.

De la misma manera, en otro estudio se encontró que después de ocho semanas de intervención con planes nutricionales que incluían restricción de carbohidratos y lípidos, sin restricción calórica, una reducción media del contenido intrahepático de 6 ± 4.7 %. Sin observarse diferencia significativa entre ambos tipos de estrategias nutricionales. Así como también, modificaciones en los valores de AST (65.7 ± 54.3 UI/dL a 42.7 ± 27.7 UI/dL) y (ALT 48.4 ± 54.3 UI/dL a 27.4 ± 27.7 UI/dL) ³⁹.

En un ensayo clínico aleatorizado con 8 semanas de seguimiento, elaborado por Goss *et al.*, ⁴⁰. se asignaron a 32 pacientes pediátricos a dos grupos de dietas; una baja en lípidos y otra baja en carbohidratos. La primera dieta consistió en dar recomendaciones basadas en el Plato del Buen Comer, con un porcentaje de 55 % carbohidratos; evitando el consumo de azúcares simples y productos ricos en jarabe de maíz de alta fructosa, 25 % de proteínas y menos del 20 % de grasas; la segunda dieta evitaba el consumo de azúcares, alimentos con alto contenido en fructosa y con una distribución de los macronutrientes de menos del 25 % de carbohidratos, 25 % de proteínas y 50 % de grasas, especificando un bajo aporte de grasas saturadas ⁴⁰.

En ambos grupos, se observó una reducción en el contenido intrahepático de grasa. El grupo que siguió la dieta baja en grasa mostró una reducción media del 3 %, mientras que el grupo que siguió la dieta baja en carbohidratos mostró una reducción media del 6 %; indicando, una mayor reducción de grasa intrahepática en este último grupo. Estos resultados son congruentes con los hallazgos mencionados previamente en el párrafo anterior, lo que sugiere que ambas estrategias pueden conducir a reducciones en la grasa intrahepática ⁴⁰.

Se han observado cambios significativos en los parámetros del metabolismo de los carbohidratos, después de 8 a 6 meses de intervención nutricional, incluyendo valores de HOMA-IR e insulina. Sin embargo, no se observaron cambios en la

glucemia en ayuno en ambas intervenciones nutricionales (baja/moderado aporte de carbohidratos, bajo/moderado aporte de lípidos). Esto sugiere que las estrategias nutricionales descritas previamente pueden ser efectivas para modificar estos valores ⁴⁰.

Es importante destacar que en la revisión sistemática por Katsagoni *et al.*, se observó que la restricción de productos altos en fructosa (por ejemplo: bebidas carbonatadas, jugos, jarabe alto en fructosa entre otros) ha sido el único modelo que mejoró considerablemente el perfil lipídico, mostrando reducciones de 15.16 mg/dL del colesterol ³⁹, mientras que, en Goss *et al.*, no encontraron diferencias significativas, pudiendo atribuirse el efecto del perfil lipídico por la reducción de productos con alto contenido de fructosa ⁴⁰.

En un ensayo clínico aleatorizado que incluyó a 40 participantes masculinos adolescentes con diagnóstico de EHGNA, se evaluó el efecto de una dieta baja en azúcares (< 3 % de azúcares del total de kilocalorías del día) durante un periodo de 8 semanas, en comparación con la dieta habitual del grupo control, sin restricción calórica. Los hallazgos obtenidos en esta investigación reportan que ambos grupos presentaron reducción de la grasa intrahepática, pero esta fue mayor en el grupo que recibió la intervención dietética con una diferencia media del 6.23 %, $p < 0.001$). Además, se observaron cambios significativos en el perfil bioquímico, incluyendo una disminución del colesterol total de 15.16 mg/dL, $p = 0.006$, y del colesterol LDL en 9.58 mg/dL, $p = 0.04$ ⁴¹.

Por lo tanto, se puede visualizar que el efecto de las estrategias nutricionales empleadas modifica los parámetros bioquímicos e imagenológicos en los pacientes con EHGNA ⁴⁰. Actualmente, el «Plato del Buen Comer» maneja un perfil bajo en grasas, que es el patrón de referencia para el abordaje nutricional de la EHGNA y se utiliza en la Clínica Metabólica Infantil del Hospital General Dr. Manuel Gea González para la atención de los pacientes. Manejo indicado por el área de nutrición pediátrica, que se caracteriza por una distribución de macronutrientes de 50-55 % de

carbohidratos, 20-25 % de proteínas y 20-25 % de lípidos. Con bajo consumo de azúcares simples sin restricción calórica ⁴⁰.

5. JUSTIFICACIÓN

Como se ha documentado, la EHGNA es un padecimiento frecuente en la población pediátrica con obesidad y hoy en día se considera la hepatopatía crónica más frecuente, la cual se ha asociado a un mayor riesgo de desarrollar comorbilidades tanto intra y extrahepáticas, por lo que existe una necesidad creciente para su tratamiento.

En la actualidad, no existe manejo farmacológico para la EHGNA, por lo que se recomienda un enfoque integral con cambios al estilo de vida, aunque dentro de este enfoque, los grupos pediátricos han tenido menor cantidad de investigación sobre las pautas de prescripción de ejercicio para el abordaje de la EHGNA.

Se ha comprobado que el ejercicio de fuerza está vinculado a mejorías significativas en pacientes adultos con obesidad, incluyendo la reducción de la masa grasa y del porcentaje de grasa corporal. Además, en algunos estudios, el ejercicio se ha asociado con disminución de la insulinemia y mejoría en el perfil lipídico.

El ejercicio de fuerza se ha asociado con una experiencia positiva y con una mayor adherencia en pacientes con sobrepeso y obesidad en comparación con el ejercicio aeróbico; esto se debe a que suelen tener una menor tolerancia para el último. Si este se prescribe de manera correcta y se ejecuta con una adecuada técnica puede proporcionar beneficios significativos con un riesgo bajo de lesiones. Estas ventajas son cruciales para pacientes con estas características ³².

La propuesta de un programa protocolizado de ejercicio de fuerza se basa en los resultados de estudios en adultos y estudios internacionales que han obtenido buenos resultados y que, debido a las características propias de la población mexicana necesitan ser evaluados. Por esta razón, se requieren más estudios para establecer resultados sólidos y sentar las bases para futuras recomendaciones. El presente estudio pretende llenar un vacío en los estudios sobre ejercicio en una población

específica; por lo que es importante mencionar que en la población pediátrica mexicana no se han llevado a cabo estudios de este tipo.

6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La obesidad infantil es un problema con una tendencia al aumento en nuestro país, frecuentemente asociada con el desarrollo de EHGNA; Los niños y adolescentes que padecen ambos problemas de salud se encuentran en un alto riesgo de padecer problemas hepáticos a temprana edad, además de otras consecuencias cardiovasculares, metabólicas y musculoesqueléticas derivadas de la obesidad.

En la población mexicana, hasta un 33.2 % de niños y 41.1 % en adolescentes padecen sobrepeso y obesidad, cifras que son alarmantes para la salud pública que probablemente desenvocará en un gran número de padecimientos crónicos en el futuro ^{42,43}.

Las intervenciones para el control tanto del sobrepeso y obesidad, como de la EHGNA van encaminadas a la modificación de la alimentación y el ejercicio; en este último, el ejercicio de fuerza puede ser una mejor opción para los adolescentes en especial durante dicha etapa, ya que es durante esta que se adquieren hábitos.

Algunos artículos internacionales y las guías de la ACSM han estudiado y propuesto las directrices y límites sobre el ejercicio de fuerza en esta población, sin embargo, es importante recordar que la población mexicana tiene una genética y predisposición diferente a la de otros países, por lo que es necesario estudiarla para crear estrategias específicas.

7. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los efectos de un programa protocolizado de ejercicio de fuerza, en pacientes de 10 a 15 años diagnosticados con obesidad e hígado graso, dentro de la Clínica Metabólica Infantil en la Ciudad de México, comparado con un grupo control?

8. HIPÓTESIS

8.1. Hipótesis alternativa

Se asociará mejoría en parámetros bioquímicos y antropométricos en el grupo que realizó el programa protocolizado de ejercicio de fuerza , en pacientes de 10 a 15 años diagnosticados con obesidad e hígado graso, dentro de la Clínica Metabólica Infantil en la Ciudad de México, comparado con un grupo control

8.2. Hipótesis nula

No se asociará mejoría en parámetros bioquímicos y antropométricos en el grupo que realizó el programa protocolizado de ejercicio de fuerza , en pacientes de 10 a 15 años diagnosticados con obesidad e hígado graso, dentro de la Clínica Metabólica Infantil en la Ciudad de México, comparado con un grupo control

9. OBJETIVOS

9.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar los efectos de un programa protocolizado de ejercicio de fuerza, en pacientes de 10 a 15 años diagnosticados con obesidad e hígado graso, dentro de la Clínica Metabólica Infantil en la Ciudad de México, comparado con un grupo control.

9.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir las características clínicas y sociodemográficas más importantes de los pacientes (sexo, edad y Tanner).
- Determinar las medidas antropométricas (Peso, talla, IMC, masa grasa y masa magra) y bioquímicas (Glucosa, insulina, índice HOMA, HBA1c, triglicéridos, colesterol total, LDL y HDL, AST y ALT), de los pacientes a su ingreso a la clínica, tanto para los asignados al programa protocolizado de ejercicios de fuerza como para los controles.
- Analizar las medidas antropométricas y bioquímicas a los 3 meses, tanto de los pacientes asignados al programa protocolizado de ejercicios como de los controles.
- Comparar las medidas antropométricas y bioquímicas basales y a los 3 meses, de los pacientes asignados al programa protocolizado de ejercicio con los controles.

10. METODOLOGÍA

10.1. Tipo de estudio

Estudio de cohorte retrospectivo, donde se compararon: 1 grupo de pacientes que realizaron ejercicio de fuerza y un grupo de pacientes que por cualquier razón no realizaron el ejercicio.

10.2. Características del estudio

Por la medición del fenómeno en el tiempo: longitudinal.

Por el objetivo general: comparativo.

Por el control de la maniobra hecha por los investigadores: observacional.

De acuerdo con la direccionalidad: retrospectivo.

Por el número de unidades médicas participantes: unicéntrico.

10.3. Universo de trabajo

Pacientes de 10 a 15 años con obesidad y enfermedad por hígado grado no alcohólico.

10.4. Población

Pacientes de 10 a 15 años con diagnóstico de obesidad y Enfermedad por Hígado Graso No Alcohólico (EGHNA) atendidos en la Clínica Metabólica Infantil de la Ciudad de México entre abril de 2022 y enero de 2023.

10.5. Definición de los grupos de estudio

Grupo A: grupo que tuvo la prescripción de un programa de ejercicios de fuerza.

Grupo B: grupo que no realizó ejercicio por cualquier razón (prescripción de modificaciones dietéticas únicamente, lista de espera para ejercicios, etc.).

10.6. Ubicación temporal y espacial

Se realizó la recolección de datos de expedientes de los meses abril y mayo de 2023, en la clínica Metabólica Infantil de la Ciudad de México.

10.7. Criterios de selección

10.7.1. Criterios de inclusión

- Expedientes de pacientes:
 - Hombres y mujeres.
 - De 10 a 15 años.
 - Con Tanner de II a IV.
 - Atendidos en la Clínica Metabólica Infantil de la ciudad de México entre abril de 2022 y enero de 2023.
 - Con diagnóstico de obesidad y enfermedad de hígado graso no alcohólico.
 - Que hayan tenido orientación nutricional.
 - Con seguimiento completo a los 3 meses.
 - Que hayan participado o no en el programa protocolizado de ejercicio de fuerza.
 - Que cumplieron con al menos el 80 % o más de las sesiones estipuladas a los tres meses (que acudieron a un mínimo 29 de 36 sesiones prescritas, anotadas en su expediente).

10.7.2. Criterios de exclusión

- Expedientes de pacientes:
 - Bajo tratamiento con metformina o cualquier fármaco modificador de los niveles de glucosa o insulina sérica.
 - Bajo tratamiento de fibratos o cualquier fármaco modificador de los niveles del perfil lipídico.
 - Con diagnóstico de DM tipo 1 o 2.
 - Con diagnóstico de cualquier hepatopatía diferentes a la EHGNA.
 - Quienes hayan abandonado el programa de ejercicios o con interrupciones durante los primeros 3 meses.

- Quienes hayan iniciado tratamiento con metformina u otro fármaco modificador de los niveles de glucosa o insulina durante los 3 meses de seguimiento.
- Quienes hayan iniciado tratamiento con fibratos o cualquier otro fármaco modificador de los niveles del perfil lipídico durante los 3 meses de seguimiento.

10.7.3. Criterios de eliminación

- Expedientes:
 - En los que se encuentren faltantes en 3 o más de las variables del estudio.
 - En los que la información sea poco legible o inentendible.

10.8. Procedimiento

10.8.1. Selección de la muestra

Se seleccionaron todos los expedientes que cumplieron con los criterios de inclusión y no presentaron ninguno de exclusión durante el periodo de estudio establecido, mediante un muestreo no probabilístico de carácter intencional.

10.8.2. Tamaño de la muestra

Para el cálculo de la muestra, se consideró el estudio: «*Strength Exercise Improves Muscle Mass and Hepatic Insulin Sensitivity in Obese Youth*» de Van der Heijden et al.⁶ como referencia, tomando en cuenta una diferencia de media en el valor de la insulina con una delta (Δ) de cambio de 2 UI/L. Con un intervalo de confianza de 95 % y una potencia del 80 % (0.8); El cálculo se realizó mediante el programa *Openepi*, versión 3 para Windows®, el cual arrojó una n= 14 pacientes en cada grupo; se anexa captura de la información de salida del programa.

Resultados de OpenEpi, versión 3, la calculadora de código abiertoSSMean
 Imprimir desde el navegador con ctrl-P
 o seleccione el texto a copiar y pegar en otro programa

Tamaño de la muestra para comparar dos medias

Información de entrada			
Intervalo de confianza (2 lados)		95%	
Potencia		80%	
Razón del tamaño de la muestra (Grupo2/ Grupo 1)		1	
	Grupo 1	Grupo 2	Diferencia *
Media	23	21	2
Desviación estándar	1.8	1.9	
Varianza	3.24	3.61	
Tamaño de muestra del grupo 1		14	
Tamaño de muestra del grupo 2		14	
Tamaño total de la muestra		28	
Diferencia entre medias			

Figura 1. Captura de la información de salida del programa *Openepi* para el cálculo del tamaño de muestra.

10.9. Variables

Variable dependiente: modificaciones en las medidas antropométricas (Peso, talla, IMC, masa grasa y masa magra) y bioquímicas (Glucosa, insulina, índice HOMA, HBA1c, triglicéridos, colesterol total, LDL y HDL, AST y ALT),

Variable independiente: indicaciones médicas (prescripción de un programa de ejercicios de fuerza o no).

10.10. Definición de las variables

Variable	Definición		Tipo y escala de medición	Unidad de Medición
	Conceptual	Operacional		
Grupo	Conjunto de personas que comparten una característica.	Grupo al que pertenece el paciente dentro del estudio.	Cualitativa Nominal dicotómica	1 Ejercicio de Fuerza 2 Control
Edad	Tiempo transcurrido a partir del nacimiento del paciente, expresado en años ⁴⁴ .	Valor en el expediente a su ingreso a la Clínica Metabólica Infantil	Cuantitativa discreta	Años
Sexo	La totalidad de las características de las estructuras reproductivas y sus funciones, fenotipo y genotipo, que diferencian al organismo masculino del femenino ⁴⁵ .	Valor en el expediente a su ingreso a la Clínica Metabólica Infantil	Cualitativa Nominal dicotómica	1 Hombre 2 Mujer
Peso	Indicador de masa corporal necesario para detectar alteraciones en el estado nutricional. Se expresará en kilogramos ⁴⁴ .	Valor en el expediente a su ingreso a la Clínica Metabólica Infantil y a los 3 meses	Cuantitativa continua	Kg
Percentil del peso	Centésima parte de una distribución estadística ordenada de menor a mayor ⁴⁶ . En peso para la talla, una de las mejores formas de interpretación se usa ⁴⁷ : <2: peso bajo ≥2 < 98: Peso saludable ≥ 98: sobrepeso	Valor en el expediente a su ingreso a la Clínica Metabólica Infantil y a los 3 meses	Cuantitativa continua	Número
Talla	Es un indicador de crecimiento lineal expresado en centímetros ⁴⁴ .	Valor en el expediente a su ingreso a la Clínica Metabólica Infantil y a los 3 meses	Cuantitativa continua	cm
Percentil de la talla	Centésima parte de una distribución estadística	Valor en el expediente a su ingreso a la	Cuantitativa continua	Número

	ordenada de menor a mayor ⁴⁶ .	Clínica Metabólica Infantil y a los 3 meses		
IMC	Es un indicador antropométrico que se calcula al dividir el peso (en kilogramos) entre la estatura (en metros) al cuadrado, y se expresa como kg/m ² ⁴⁸ .	Valor en el expediente a su ingreso a la Clínica Metabólica Infantil y a los 3 meses	Cuantitativa continua	Kg/m ²
Percentil del IMC	Centésima parte de una distribución estadística ordenada de menor a mayor ⁴⁶ . En el IMC se clasifica como ⁴⁹ : <5: peso bajo ≥5 < 85: peso saludable ≥85 < 95: sobrepeso ≥95: Obesidad	Valor en el expediente a su ingreso a la Clínica Metabólica Infantil y a los 3 meses	Cuantitativa continua	Número
Clasificación IMC en el seguimiento	Indicador antropométrico que se calcula al dividir el peso (en kilogramos) entre la estatura (en metros) al cuadrado, y se expresa como kg/m ² ⁴⁸	Valor en el expediente a su ingreso a la Clínica Metabólica Infantil y a los 3 meses	Cualitativa ordinal	1 Normal 2 Sobrepeso 3 Obesidad
Masa magra	Subcomponente de la masa corporal constituido por músculos, órganos y huesos ⁵⁰ .	Valor en el expediente a su ingreso a la Clínica Metabólica Infantil y a los 3 meses	Cuantitativa continua	Kg
Masa grasa	Subcomponente de la masa corporal que constituye las reservas de energía ⁵⁰ .	Valor en el expediente a su ingreso a la Clínica Metabólica Infantil y a los 3 meses	Cuantitativa continua	Kg
Glucosa	Es un monosacárido cuya función principal es producir energía para el ser vivo y poder llevar a cabo los procesos que ocurre en el cuerpo como: la digestión,	Valor en el expediente a su ingreso a la Clínica Metabólica	Cuantitativa continua	mg/dL

	multiplicación de células, reparación de tejidos, entre otros ⁴⁴ .	Infantil y a los 3 meses		
Insulina	Hormona proteica segregada por las células beta del páncreas. La insulina desempeña un papel fundamental en la regulación del metabolismo de la glucosa, generalmente promoviendo la utilización celular de la glucosa. También es un regulador importante del metabolismo proteico y lipídico ⁵¹ .	Valor en el expediente a su ingreso a la Clínica Metabólica Infantil y a los 3 meses	Cuantitativa continua	uUI/mL
Índice HOMA	El índice HOMA-IR es un procedimiento simple que permite, mediante una fórmula validada y bien establecida, precisar un valor numérico expresivo de resistencia insulínica ⁵¹ .	Valor en el expediente a su ingreso a la Clínica Metabólica Infantil y a los 3 meses	Cuantitativa continua	
Hemoglobina glucosilada	Fracción de la hemoglobina que forma por su glicosilación de la, representa el estado glucémico de una persona durante los últimos dos o tres meses ⁵² .	Valor en el expediente a su ingreso a la Clínica Metabólica Infantil y a los 3 meses	Cuantitativa continua	%
Triglicéridos	Lípidos plasmáticos insolubles en medio acuoso ⁵³ .	Valor en el expediente a su ingreso a la Clínica Metabólica Infantil y a los 3 meses	Cuantitativa continua	mg/dL
Colesterol total	Lípido que forma parte de las membranas celulares, sirve como precursor de todas las hormonas esteroideas, ácidos biliares, y de la vitamina D ⁵³ .	Valor en el expediente a su ingreso a la Clínica Metabólica Infantil y a los 3 meses	Cuantitativa continua	mg/dL
Colesterol HDL	Lipoproteína de alta densidad (c-HDL). El c-HDL se produce en el hígado y en el intestino. La	Valor en el expediente a su ingreso a la Clínica	Cuantitativa continua	mg/dL

	principal proteína de las HDL es la apo A-I (peso molecular 28 000 Da), encargada del destino de las HDL ⁵³ .	Metabólica Infantil y a los 3 meses		
Colesterol LDL	Lipoproteína de baja densidad (c-LDL). Las c-LDL son sintetizadas en el hígado: tienen una concentración alta de colesterol y moderada de fosfolípidos, y no contienen triglicéridos. Su apolipoproteína asociada de mayor importancia es apo B-100. Debido a su alta aterogenicidad, es de gran interés clínico, típicamente representa entre 60-70% del colesterol sérico total y su función es transportar el colesterol desde el hígado hacia los tejidos periféricos ⁵³ .	Valor en el expediente a su ingreso a la Clínica Metabólica Infantil y a los 3 meses	Cuantitativa continua	mg/dL
ALT	Enzima del metabolismo intermedio, que cataliza la transferencia de alanina al ácido acetoglutárico, formando ácido oxalacético y ácido pirúvico ⁵⁴ .	Valor en el expediente a su ingreso a la Clínica Metabólica Infantil y a los 3 meses	Cuantitativa continua	UI/L
AST	Enzima del metabolismo intermedio que realiza la función de transferir moléculas del grupo amino, que se encuentra en diversos tejidos ⁵⁴ .	Valor en el expediente a su ingreso a la Clínica Metabólica Infantil y a los 3 meses	Cuantitativa continua	UI/L
Tanner	Escala que permite la valoración del desarrollo puberal de pacientes femeninos y masculinos, por la presencia de cambios fisiológicos y bioquímicos en el organismo con manifestaciones fenotípicas diferenciables ⁵⁵ .	Valor en el expediente a su ingreso a la Clínica Metabólica Infantil y a los 3 meses	Cualitativa ordinal	MASCULINO II: Presencia de vello escaso, ligeramente pigmentado en la base del pene, piel escrotal rugosa III: Vello más oscuro, grueso

			<p>que se extiende más allá del pubis, aumento de la longitud del pene</p> <p>IV: Vello de distribución similar al adulto sin tocar la cara medial de los muslos, agrandamiento del pene y pigmentación escrotal</p> <p>FEMENINO:</p> <p>II: Vello largo escaso, ligeramente pigmentado, esbozo mamario, aumento del diámetro de la areola.</p> <p>III: Vello más oscuro, grueso que se extiende más allá del pubis, aumento de mama y areola sin supera el tamaño areolar</p> <p>IV: Vello tipo adulto, sin invadir la cara interna de los muslos; la areola y el pezón se proyectan por encima del contorno de la mama^{11,55}.</p>
--	--	--	---

10.11. Programa protocolizado de ejercicios de fuerza

10.11.1. Prescripción de ejercicio protocolizado de fuerza empleada en la Clínica Metabólica Infantil:

Para la unificación del ejercicio se consideró a todo aquel expediente de pacientes que fueron asignados al programa protocolizado de ejercicio de fuerza, que cumplieran con los criterios de inclusión. Este programa es indicado y valorado por residentes de la actividad física y del deporte de la UNAM que participan conjuntamente en la Clínica Metabólica Infantil, así como, los médicos y profesionales de la nutrición tratantes de la sede del estudio.

Se trata de un plan estandarizado para los pacientes ya que cuentan con bandas de entrenamiento de diferente grado de intensidad en libras de tensión, las cuales son marca EASYTAO® Ligas de Resistencia (de acuerdo con el fabricante), y se gradúan de la siguiente manera:

Tabla 1. Clasificación de las ligas de resistencia para el protocolo de ejercicio de fuerza.

Color	Fuerza	Libras de tensión
Verde	Extra ligero	5-10
Azul	Ligero	10-15
Amarillo	Mediano	15-20
Rojo	Fuerte	20-30
Negro	Extrafuerte	30-40

La elección de cada banda se asignó de manera individualizada para cada ejercicio y para cada uno de los pacientes, con la generación de fatiga muscular en cada serie, con base a la escala OMNI realizada por la Clínica.

10.11.2. Descripción de la metodología del entrenamiento de fuerza en la Clínica Metabólica Infantil

- *Esquema general de la prescripción de la fuerza*

Dentro del programa de ejercicios, la prescripción del ejercicio de fuerza consiste en tres días a la semana no consecutivos para su realización en su domicilio, donde se abarca una sesión de entrenamiento de los siguientes 8 grupos musculares (bíceps, tríceps, deltoides, pectoral mayor, dorsal mayor, glúteo mayor y medio, cuádriceps e isquiosurales) con las ligas mencionadas previamente. Cada paciente recibe una sesión de introducción presencial en la clínica (abarcando el calentamiento-ejercicio de fuerza y enfriamiento), posteriormente se realizan seguimientos semanales por llamada telefónica o por mensaje de texto, para la supervisión de la realización del ejercicio, así como, videollamadas quincenales para la supervisión de la realización de la sesión de ejercicio abarcando el calentamiento, ejercicio de fuerza y enfriamiento así como la supervisión de la técnica y resolución de dudas, los pacientes se citan, cada 4-6 semanas para la progresión de la intensidad y para su seguimiento. Cabe mencionar que se utilizaron expedientes de pacientes que cumplieron con al menos el 80 % o más de las sesiones estipuladas a los tres meses (29 de 36), referidos por ellos y con ayuda de los padres o tutores.

- *De la prescripción del ejercicio de fuerza:*

Se estima para cada uno de los ejercicios, su realización en un 50-60 % de 1RM, a través de la escala OMNI, generando así fatiga para cada uno de los ejercicios que se instauran en la rutina de cada uno de los pacientes de los expedientes seleccionados.

Se realizó por sesión de entrenamiento:

Calentamiento – prescripción de ejercicio de fuerza – enfriamiento, como se describe a continuación:

- Calentamiento: con una duración promedio de 5-10 minutos con una caminata rápida para obtener una (intensidad ligera-moderada) que permita la transición del cuerpo del reposo a las demandas energéticas de la prescripción del ejercicio de fuerza.
- Prescripción del ejercicio de fuerza: se desglosará la sesión de entrenamiento posteriormente en este documento (sección 9.11.4).
- Enfriamiento: al finalizar la sesión del ejercicio de fuerza se realizó una caminata ligera por 5-10 min para permitir una recuperación gradual del organismo secundario a la sesión de entrenamiento esto con base a la ACSM en la 10 edición ³⁰.

10.11.3. Estructura del mesociclo de entrenamiento de los pacientes de la Clínica Metabólica Infantil:

Mesociclo (Mes)	Primer mes		Segundo Mes		Tercer Mes	
Microciclo (Semana)	1 ^a Semana	3 sesiones	5 ^a Semana	3 sesiones	9 ^a Semana	3 sesiones
Microciclo (Semana)	2 ^a Semana	3 sesiones	6 ^a Semana	3 sesiones	10 ^a Semana	3 sesiones
Microciclo (Semana)	3 ^a Semana	3 sesiones	7 ^a Semana	3 sesiones	11 ^a Semana	3 sesiones
Microciclo (Semana)	4 ^a Semana	3 sesiones	8 ^a Semana	3 sesiones	12 ^a Semana	3 sesiones

10.11.4. Descripción de la sesión del ejercicio de fuerza y distribución a lo largo de un mes.

Frecuencia a la Semana	Intensidad	Repeticiones	Descanso entre repeticiones	Series por ejercicio y número de ejercicios
1ª Semana. Tres días a la semana (lunes- miércoles- viernes)	Se debe alcanzar la sensación de fatiga en todos los ejercicios.	1ª Semana 13-15 repeticiones	2 minutos	1-2 Series 1-2 3-4 5-6 7-8
2ª Semana. Tres días a la semana (lunes- miércoles- viernes)	Fatiga es sensación de disminución de movimiento durante los ejercicios y/o temblor.	2ª Semana 13-15 repeticiones	2 minutos	2 series 1-2 3-4 5-6 7-8
3ª Semana. Tres días a la semana (lunes- miércoles- viernes)	Sensación de temblor, llegar a un 8-9 para 15 repeticiones	3ª Semana 13-15 repeticiones	2 minutos	3 series 1-2 3-4 5-6 7-8
4ª Semana. Tres días a la semana (lunes- miércoles- viernes)	(Escala OMNI) Evitar el fallo muscular.	4ª Semana 13-15 repeticiones	2 minutos	3 series 1-2 3-4 5-6 7-8

	No poder completar 1 repetición, con adecuada técnica.			
--	--	--	--	--

Los pacientes realizaron los ejercicios como se muestra a continuación, con base al porcentaje del RM deseado (50-60 %) y posterior a la realización del calentamiento.

En cada sesión de ejercicio de fuerza, se abarcaron los siguientes grupos musculares: tríceps, bíceps, deltoides, dorsal mayor, pectoral, glúteo mayor y medio, cuádriceps e isquiosurales.

Al término de la sesión del ejercicio de fuerza se realizó el enfriamiento, finalizando de esta manera su sesión.

- 1) Curl de Bíceps con liga. Sentado en una silla, con la espalda ligeramente inclinada, colocar la liga en el pie contrario al brazo que realizará las repeticiones y generar una flexión del antebrazo.



Figura 2. Ejemplo de Curl de Bíceps con liga.

- 2) Extensión de tríceps con liga. Colocar la liga en la mano contraria a realizar el ejercicio. Llevar tu mano al hombro que realizará las repeticiones. Extender tu brazo que realizará el ejercicio.



Figura 3. Ejemplo de extensión de tríceps con liga

- 3) Remo con liga (dorsal mayor). Colocar la liga por debajo del pie contrario al brazo que realizará el ejercicio, realizar una semi flexión de la espalda de manera erecta y posteriormente jalar la liga con tu brazo a la altura del abdomen.



Figura 4. Ejemplo de remo con liga.

- 4) Flexiones de pecho (grado de dificultad con base a la percepción del paciente) (pectoral mayor). Colocar tus brazos a la altura de tus hombros, realizar un descenso de los hombros a casi 45^a y realizar una flexión de tu cuerpo, favor de ajustar la intensidad a tu nivel correspondiente.

Se pueden realizar las flexiones:

- A) Flexión con pared.
- B) Flexión en plano inclinado.
- C) Media Flexión con apoyo en rodillas.
- D) Flexión completa con balón en cadera.
- E) Flexión completa.



Figura 5. Ejemplo de flexión de pecho con apoyo en rodillas (C).

- 5) Extensión lateral de hombro (deltoides). Colocar la liga en la mano contraria del ejercicio, llevando dicha mano a la altura de tu abdomen, con la mano a realizar el ejercicio jalar la liga con el brazo extendido hacia tu costado.



Figura 6. Ejemplo de extensión lateral de hombro.

- 6) Extensión lateral de pierna en el piso (glúteo medio y mayor): Colocar la liga a la altura de tu tobillo, recostarte sobre tu costado y realizar un movimiento de separación de tu pierna, respecto a la otra.



Figura 7. Ejemplo de extensión lateral de la pierna en el piso.

- 7) Extensión de rodilla con liga (cuádriceps): Colocar la liga a la altura del tobillo contrario y con la otra pierna, realizar extensión a 90°.



Figura 8. Ejemplo de extensión de rodilla empleando liga.

- 8) Curl femoral con liga (isquiotibiales). Colocar la liga entre ambos tobillos, recostarte boca abajo y realizar flexión de la pierna a ejercitar.



Figura 9. Ejemplo de Curl femoral con liga.

10.11.5. Orientación nutricional empleada en la Clínica Metabólica Infantil:

Cada paciente recibió orientación nutricional por parte de la nutrióloga pediatra de la clínica, la cual se caracteriza por emplear como base al plato del buen comer, esta orientación nutricional no es restrictiva en el aporte calórico (normocalórica) y cuenta con una distribución de los macronutrientes de la siguiente manera:

- 50-55% Carbohidratos.
- 20-25% Proteínas.
- 20-25% Lípidos.

11. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Todos los datos fueron analizados los *softwares* Prism ® (GraphPad ®, Estados Unidos), versión 8, para Windows ® y SPSS ® (IBM ®, Estados Unidos), versión 26, para Windows ®.

Se utilizó estadística descriptiva para las características clínicas y sociodemográficas recabadas. Las variables cuantitativas con una distribución normal fueron descritas en media y desviación estándar (\pm), mientras que aquellas con una distribución diferente a la normal fueron reportadas en mediana y rango intercuartílico (RIC). Para determinar la normalidad en la distribución de las variables se empleó la prueba de Shapiro-Wilk.

Las variables categóricas se describieron en porcentajes.

Las comparaciones de variables cuantitativas entre e intragrupo se realizaron mediante la prueba t para muestras independientes o dependientes respectivamente si estas tuvieron una distribución normal, para las variables cuantitativas con una distribución diferente se usó la prueba U de Mann-Whitney en caso de comparaciones entre grupo; las variables cualitativas se compararon mediante la prueba Chi^2 .

Las variables más relevantes se representaron mediante tablas y graficas. Todas las pruebas fueron de 2 colas y un valor < 0.05 fue tomado como significativo.

12. CONSIDERACIONES ÉTICAS

El presente estudio, se apegó a las normas de investigación establecidas en el Código de Núremberg, los principios enunciados en la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, adoptada por la 18ª Asamblea General, Finlandia, Junio 1964 y enmendada por la 29ª Asamblea, Tokio, Japón, Octubre 1975 y se apegó a las normas éticas propuestas en el reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud con última actualización del día 16-05-22 que la clasifica como: «**Investigación sin riesgo:** Son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquéllos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada en las variables fisiológicas, psicológicas y sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: cuestionarios, entrevistas, revisión de expedientes clínicos y otros, en los que no se le identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta».

La base de datos que concentra la información personal de los pacientes, así como su información de contacto, existe en una única copia resguardada por los investigadores y fue manejada con estricta confidencialidad. Ningún producto de la investigación expone o expondrá la identidad de los individuos partícipes y estos solo fueron utilizados para fines académicos y de investigación, en concordancia con lo establecido por la Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados.

Los investigadores declaran no tener conflictos de interés con el instituto o terceros en la realización o impresión del presente trabajo.

13.RESULTADOS

En total se tuvieron 28 participantes, 14 en el grupo que participaron en el programa protocolizado de ejercicios (Grupo A) y 14 en el grupo control (Grupo B); se tuvieron 15 hombres (53.6 %) y 13 mujeres (46.4 %), (Figura 10). Dentro del grupo A 6 fueron hombres (42.9 %) y 8 mujeres (57.1 %), en el B 9 fueron hombres (64.3 %) y 5 mujeres (35.7 %), sin encontrar una diferencia estadísticamente significativa entre ambos (Chi^2 , $p=0.256$) (Figura 11).

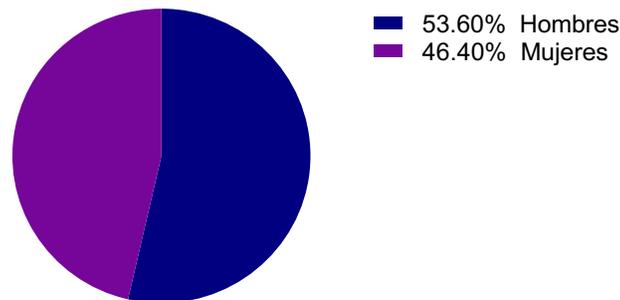


Figura 10. Distribución porcentual de la muestra en función del sexo.

Fuente: análisis de los datos obtenidos.

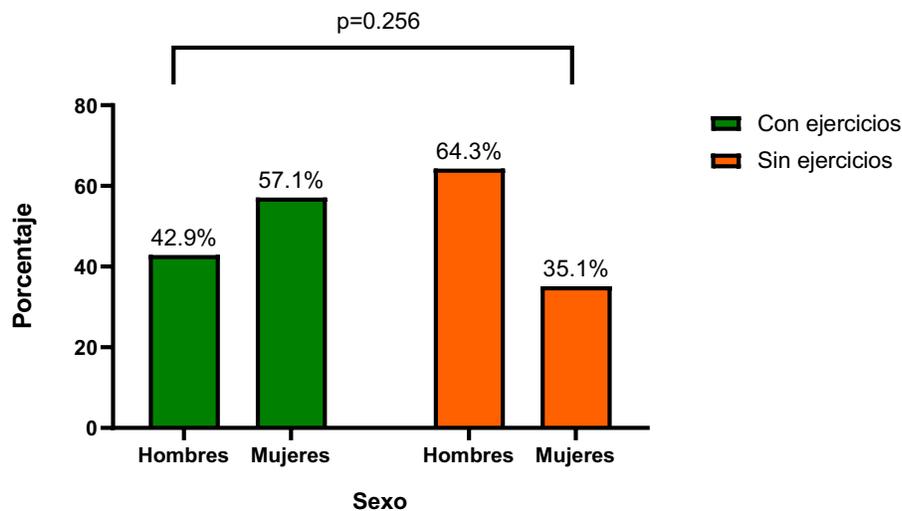


Figura 11. Distribución porcentual de la muestra en función del sexo y del grupo participante del programa de ejercicios.

Fuente: análisis de los datos obtenidos.

La mediana de edad de la muestra fue de 13.0 años (rango intercuartílico (RIC) 12.0 – 14.7), en el grupo A fue de 13.5 años (RIC 10.5 – 13.0), mientras que en el B fue de 13.0 años (RIC 12.0 – 13.5); aunque no se tuvo una diferencia estadísticamente significativa (U de Mann-Whitney, $p = 0.210$) (Figura 12).

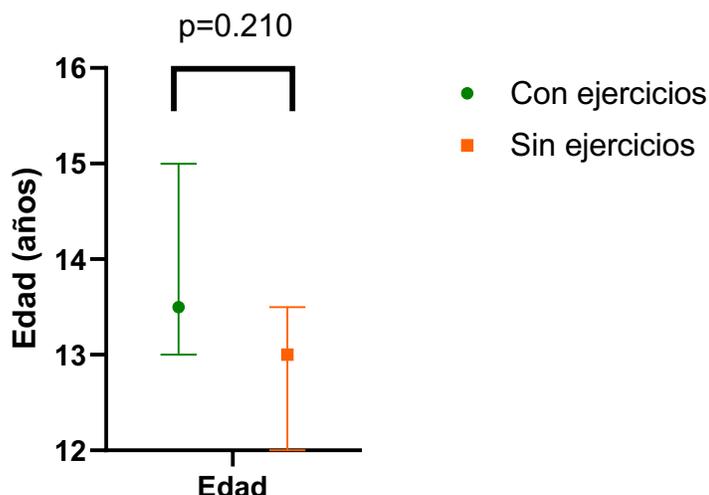


Figura 12. Edad de los participantes en función del grupo y resultado de su comparación.

Fuente: análisis de los datos obtenidos.

En las medidas antropométricas basales, el peso inicial en el grupo A fue de 73.8 kg (RIC 67.8 – 75.8), para el grupo B fue de 77.7 kg (RIC 72.0 – 90.9), el percentil del peso fue para el grupo A 95.7 (RIC 88.7 – 98.7) y para el grupo B 98.5 (96.7 – 99.0); sin embargo, las comparaciones de estas características no arrojaron un resultado estadísticamente significativo (Tabla 2).

La talla inicial fue de 160.2 ± 0.62 cm para el grupo A y de 151.5 ± 7.1 cm para el grupo B, los percentiles de la talla fueron 51.1 ± 24.0 y 66.8 ± 26.2 para el grupo A y B respectivamente (Tabla 2).

El IMC inicial fue de 28.2 (RIC 16.9 – 19.2) en el grupo A y de 20.5 (RIC 27.0 – 25.7) para el B y el percentil del IMC fue de 96.8 (RIC 95.0 – 98.9) y 99.0 (RIC 96.7 – 99.0), respectivamente (Tabla 2).

En cuanto a la masa grasa y la masa magra inicial, en el grupo A la primera fue de 33.2 ± 7.2 kg y en el B de 40.7 ± 7.4 kg, en la masa magra el grupo A tuvo 49.3 ± 10.6 kg y el B 48.4 ± 7.2 kg. Las comparaciones arrojaron un valor estadísticamente significativo solo en la masa grasa (prueba t para muestras independientes, $p = 0.011$) (Tabla 2). La determinación del IMC arrojó que todos los pacientes padecían obesidad (Tabla 2).

En cuanto al desarrollo puberal, en el grupo A predominaron el III y IV con 5 y 7 pacientes; respectivamente (35.7 % y 50.0 % correspondientemente), seguidos de 2 con Tanner II (14.3 %); por otro lado, en el grupo B se observó un predominio de Tanner II en 6 pacientes (42.9 %), seguido del Tanner III y IV con 4 pacientes cada uno (28.6 % cada uno) (Tabla 2).

Tabla 2. Características antropométricas basales de los participantes dependiendo del grupo de la prescripción de los ejercicios de fuerza.

Característica	Grupo				Valor de p
	Con ejercicios (Grupo A)		Sin ejercicios (Grupo B)		
	Mediana	RIC	Mediana	RIC	U de Mann-Whitney
Edad	13.5	13.0 – 15.0	13.0	12.0 – 13.5	0.210
Peso	73.8	67.8 – 75.8	77.7	72.0 – 90.9	0.056
Percentil P	95.7	88.7 – 98.7	98.5	96.7 – 99.0	0.085
IMC	28.2	16.9 – 19.2	30.5	27.0 – 35.7	0.178
Percentil IMC	96.8	95.0 – 98.9	99.0	96.7 – 99.0	0.094
	Media	±	Media	±	Prueba t
Talla	160.2	9.8	161.5	7.1	0.712
Percentil T	51.1	24.0	66.8	26.2	0.111
Masa grasa	33.2	7.2	40.7	7.4	0.011 *
Masa magra	49.3	10.6	48.4	7.2	0.805

	n	%	n	%	Chi ²
Obesidad	14	100	14	100	-
Tanner					0.231
II	2	14.3	6	42.9	
III	5	35.7	4	28.6	
IV	7	50.0	4	28.6	

Fuente: análisis de los datos obtenidos.

En cuanto a los resultados de laboratorio basales, la glucosa del grupo A fue de 93.0 ± 6.5 mg/dL y en el B de 90.0 ± 8.5 mg/dL, la insulina fue de 16.6 ± 7.3 uUI/mL y 19.9 ± 8.6 uUI/mL respectivamente, el índice HOMA fue de 3.1 (RIC 2.4 – 5.8) y de 4.1 (RIC 3.0 – 5.5) respectivamente, y la HbA1c fue de 5.4 ± 0.2 para ambos grupos, ninguna de estas comparaciones resultó estadísticamente significativa (Tabla 3).

En los lípidos, el colesterol total fue de 149.5 mg/dL (RIC 136.5 – 156.5) y 149.5 mg/dL (RIC 133.7 – 158.2) en los grupos A y B; el colesterol HDL en el grupo A fue de 38.1 ± 6.2 mg/dL y en el B de 36.5 ± 10.6 mg/dL, el colesterol LDL del grupo A fue de 86.6 ± 20.4 mg/dL y en el B de 86.2 ± 19.7 mg/dL, estas comparaciones tampoco fueron estadísticamente significativas (Tabla 3).

Entre las pruebas de función hepática, el ALT del grupo A fue de 20.0 UI/L (RIC 11.0 – 25.0) y en el B de 24.0 UI/L (RIC 20.0 – 32.7) y el AST del grupo A fue de 18.5 IU/L (RIC 15.0 – 21.5) y en el B de 24.0 IU/L (RIC 20.0 – 32.7), en estas comparaciones el AST fue estadísticamente diferente entre los grupos (U de Mann-Whitney, $p=0.004$) (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados de laboratorio basales de los participantes en función del grupo de la prescripción de los ejercicios de fuerza.

Característica	Grupo		Valor de p
	Con ejercicios	Sin ejercicios	

	(Grupo A)		(Grupo B)		
	Mediana	RIC	Mediana	RIC	U de Mann-Whitney
HOMA	3.1	2.4 – 5.8	4.1	3.0 – 5.5	0.376
Colesterol total	149.5	136.5 – 156.5	149.5	133.7 – 158.2	0.910
ALT	20.0	11.0 – 25.0	24.5	17.7 – 37.7	0.104
AST	18.5	15.0 – 21.5	24.0	20.0 – 32.7	0.004 *
	Media	±	Media	±	Prueba t
Glucosa	93.0	6.5	90.0	8.6	0.310
Insulina	16.6	7.3	19.9	8.3	0.277
HbA1c	5.4	0.2	5.4	0.2	0.791
Triglicéridos	127.9	55.9	135.2	56.8	0.740
Colesterol HDL	38.1	6.2	36.5	10.6	0.637
Colesterol LDL	86.6	20.4	86.2	19.7	0.956

Fuente: análisis de los datos obtenidos.

En las mediciones de seguimiento sobre el programa protocolizado de ejercicios, en las medidas antropométricas, el peso del grupo A fue de 73.2 kg (RIC 66.9 – 76.2) y en el B de 78.2 kg (RIC 73.2 – 94.3) y el percentil del peso del grupo A fue de 95.5 (RIC 88.2 – 98.0) y en el B de 98.5 (RIC 96.7 – 99.0), las comparaciones de estas dos variables resultaron estadísticamente significativas (U de Mann-Whitney, $p=0.035$ y 0.019 para peso y percentil del peso respectivamente) (Tabla 4) (Figuras 13 y 14).

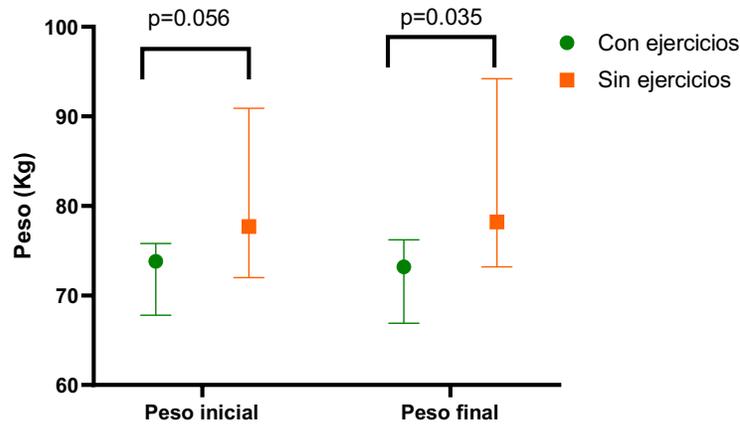


Figura 13. Peso inicial y final de los pacientes dependiendo de la prescripción de ejercicios de fuerza y los resultados de sus comparaciones.

Fuente: análisis de los datos obtenidos.

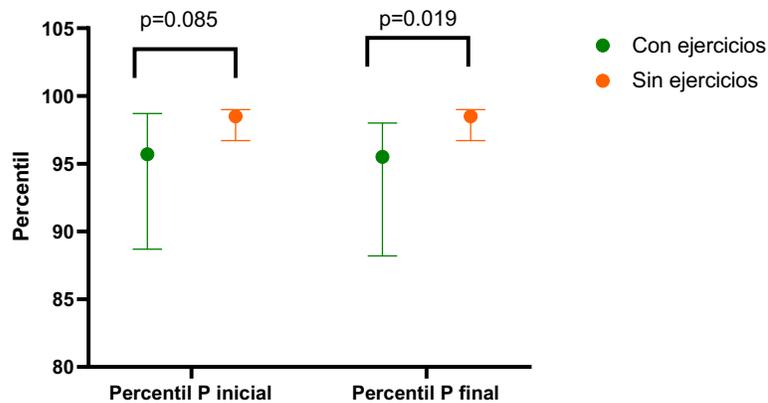


Figura 14. Percentil de peso inicial y final de los pacientes dependiendo de la prescripción de los ejercicios de fuerza y resultados de sus comparaciones

Fuente: análisis de los datos obtenidos.

La talla fue de 161.0 ± 9.3 cm para el grupo A y de $162.0 - 7.1$ cm para el grupo B, y el percentil de la talla fue de 45.9 ± 24.5 y 65.4 ± 27.4 para los grupos A y B (Tabla 4).

En el cuanto al IMC para el grupo A fue de 28.2 (RIC 26.4 – 29.2) y de 30.5 (RIC 27.0 – 25.7) para el grupo B, el percentil del IMC fue de 95.9 ± 2.3 y 97.5 ± 1.8 respectivamente (Tabla 4).

En cuanto a la masa magra, para el grupo A fue de 46.5 kg (RIC 41.4 – 60.2) y de 46.7 kg (RIC 43.0 – 53.4), en tanto que la masa grasa fue de 32.7 ± 7.3 kg y de 39.7 ± 8.0 kg respectivamente, estas comparaciones indicaron que la masa grasa fue estadísticamente significativa (Prueba t para muestras independientes, $p=0.024$) (Tabla 4) (Figura 15).

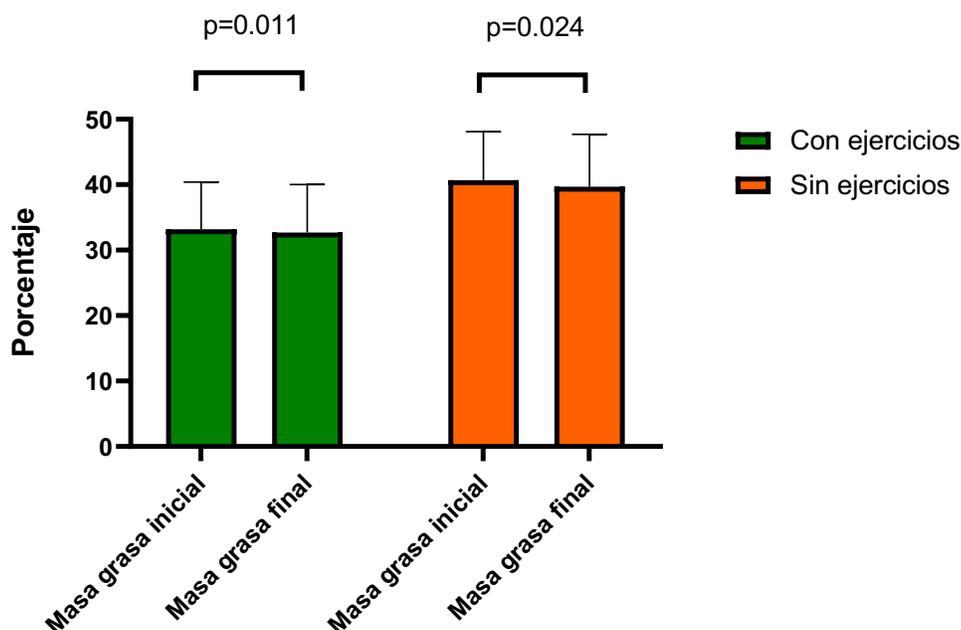


Figura 15. Masa grasa inicial y final de los participantes en función de la prescripción protocolizada de ejercicios y resultados de sus comparaciones.

Fuente: análisis de los datos obtenidos.

En la clasificación del IMC de manera categórica, la obesidad predominó en ambos grupos, en 12 pacientes del grupo A y en 13 del grupo B (85.7 % y 92.9 % respectivamente), el sobrepeso se observó en 2 pacientes del grupo A y 1 del B (14.3 % y 7.1 % respectivamente), sin diferencias estadísticamente significativas (Tabla 4).

En el desarrollo puberal, en el grupo A predominó el Tanner IV en 8 pacientes (57.1 %), seguido del III en 4 (28.6 %) y en tercer lugar el II (14.3 %); en el grupo B predominó

el Tanner II en 6 pacientes (42.9 %), seguido del III y IV en 4 cada uno (28.6 % cada uno) (Tabla 4).

Tabla 4. Características antropométricas finales de los participantes en función del grupo.

Característica	Grupo				Valor de p
	Con ejercicios (Grupo A)		Sin ejercicios (Grupo B)		
	Mediana	RIC	Mediana	RIC	U de Mann- Whitney
Peso	73.2	66.9 – 76.2	78.2	73.2 – 94.3	0.035 *
Percentil P	95.5	88.2 – 98.0	98.5	96.7 – 99.0	0.019 *
IMC	28.2	26.4 – 29.2	30.5	27.0 – 25.7	0.104
Masa magra	46.5	41.4 – 60.2	46.7	43.0 – 53.4	0.874
	Media	±	Media	±	Prueba t
Talla	161.0	9.3	162.0	7.1	0.754
Percentil T	45.9	24.5	65.4	27.4	0.058
Percentil IMC	95.9	2.3	97.5	1.8	0.060
Masa grasa	32.7	7.3	39.7	8.0	0.024 *
	n	%	n	%	Chi ²
IMC					
Sobrepeso	2	14.3	1	7.1	0.541
Obesidad	12	85.7	13	92.9	
Tanner					0.189
II	2	14.3	6	42.9	
III	4	28.6	4	28.6	
IV	8	57.1	4	28.6	

Fuente: análisis de los datos obtenidos.

Para los exámenes de laboratorio de seguimiento, la glucosa del grupo A fue de 88.7 ± 7.7 mg/dL y del grupo B 91.5 ± 10.8 mg/dL, la insulina fue de 13.8 uUI/mL (RIC 8.7 – 20.0) y 21.9 uUI/mL (RIC 14.9 – 26.6) respectivamente, el índice HOMA fue de 2.8 (1.8 – 4.6) y de 4.7 (RIC 2.9 – 6.3) respectivamente, la HbA1c fue de 5.5 % (RIC 5.3 – 5.5) y de 5.3 % (RIC 5.2 – 5.6) respectivamente, a diferencia de las comparaciones basales, las comparaciones a los 3 meses arrojaron diferencias estadísticamente significativas en la insulina y el HOMA (U de Mann-Whitney, $p=0.019$ y $p=0.024$ respectivamente) (Tabla 5) (Figuras 16 – 18).

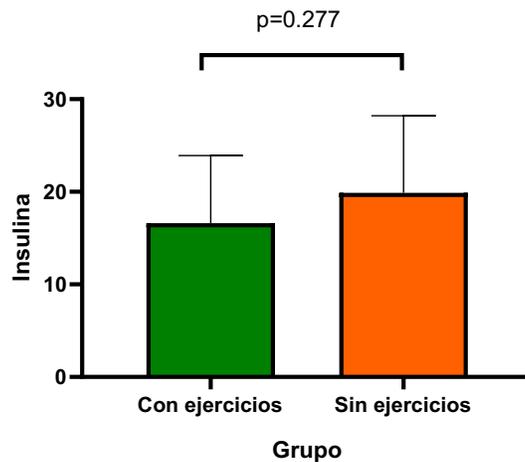


Figura 16. Insulina basal de los participantes en función de la prescripción de los ejercicios y resultados de su comparación.

Fuente: análisis de los datos obtenidos.

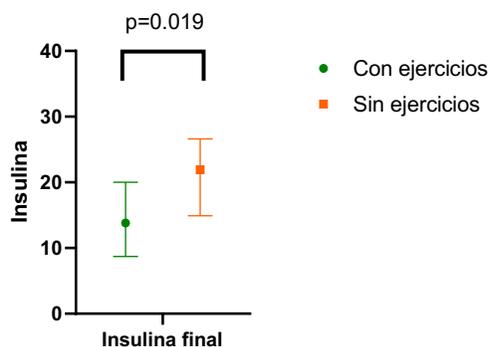


Figura 17. Insulina final de los participantes en función del grupo de estudio y resultados de su comparación.

Fuente: análisis de los datos obtenidos.

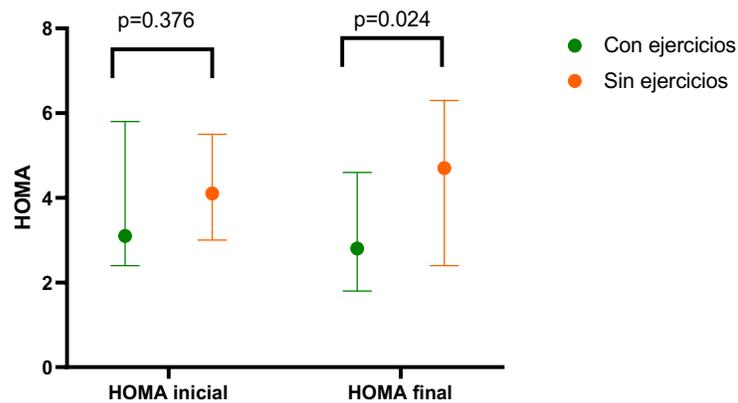


Figura 18. Índice HOMA inicial y final de los participantes en función del grupo asignado y resultados de sus comparaciones

Fuente: análisis de los datos obtenidos.

En los lípidos, los triglicéridos fueron de 134.4 ± 64.3 mg/dL y de 139.2 ± 45.5 mg/dL para los grupos A y B, el colesterol total fue de 154.0 ± 28.1 mg/dL y de 138.5 ± 20.5 mg/dL respectivamente, el colesterol HDL fue de 39.2 ± 7.6 mg/dL y de 37.1 ± 10.3 mg/dL y el LDL fue de 85.8 ± 24.8 mg/dL y de 74.3 ± 18.1 mg/dL respectivamente, las comparaciones de estas variables no tuvieron ningún resultado estadísticamente significativo (Tabla 5).

En las pruebas de función hepática, el AST fue de 19.5 IU/L (RIC 17.5 – 25.5) para el grupo A y de 23.0 IU/L (RIC 17.7 – 39.0), en tanto que el ALT fue de 18.5 (RIC 13.7 – 32.0) y de 22.0 IU/L (RIC 15.7 - 38.0) para cada grupo respectivamente; la comparación de estas variables tampoco fue significativa (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados de laboratorio final de los participantes en función del grupo de la prescripción de los ejercicios de fuerza.

Característica	Grupo		Valor de p
	Con ejercicios (Grupo A)	Sin ejercicios (Grupo B)	

	Mediana	RIC	Mediana	RIC	U de Mann-Whitney
Insulina	13.8	8.7 – 20.0	21.9	14.9 – 26.6	0.019 *
HOMA	2.8	1.8 – 4.6	4.7	2.9 – 6.3	0.024 *
HbA1c	5.5	5.3 – 5.5	5.3	5.2 – 5.6	0.804
AST	19.5	17.5 – 25.2	23.0	17.7 – 39.0	0.306
ALT	18.5	13.7 – 32.0	22.0	15.7 – 38.0	0.571
	Media	±	Media	±	Prueba t
Glucosa	88.7	7.7	91.5	10.8	0.430
Triglicéridos	134.4	64.3	139.2	45.5	0.819
Colesterol total	154.0	28.1	138.5	20.5	0.107
Colesterol HDL	39.2	7.6	37.1	10.3	0.551
Colesterol LDL	85.8	24.8	74.3	18.1	0.174

Fuente: análisis de los datos obtenidos.

Para algunas de las variables que resultaron con significancias estadísticas en el seguimiento, se realizaron comparaciones por sexo dentro de cada grupo: el peso inicial, final, la insulina inicial, final, el HOMA inicial, final y la masa grasa inicial y final, fueron las variables comparadas, de todas estas, únicamente la masa grasa difirió entre los sexos dentro del grupo con prescripción de ejercicios (27.1 ± 6.8 en hombres, 37.7 ± 2.9 en mujeres, $p=0.002$ en la evaluación inicial) y (26.2 ± 6.8 para los hombres, 37.5 ± 2.1 para las mujeres, $p=0.001$, en la evaluación final) (Tabla 6).

Tabla 6. Comparación en función del sexo, de algunas variables con cambios significativos en el seguimiento.

Característica	Grupo			p
	Con ejercicios (Grupo A)	p	Sin ejercicios (Grupo B)	

	Mediana	RIC	U de Mann-Whitney	Mediana	RIC	U de Mann-Whitney
Peso inicial						
Hombres	70.5	73.9 – 78.9	0.059	78.5	73.7 – 93.1	0.797
Mujeres	68.2	61.6 – 74.1		74.6	71.6 – 100.1	
Peso final						
Hombres	75.6	72.5 – 79.0	0.181	78.5	74.6 – 96.0	1.00
Mujeres	68.6	62.4 – 75.7		78.0	71.7 – 97.2	
Insulina inicial						
Hombres	13.8	12.1 – 18.5	0.755	18.0	14.8 – 26.0	1.00
Mujeres	16.5	8.1 – 27.3		20.4	11.4 – 27.1	
Insulina final						
Hombres	11.4	8.0 – 19.0	0.662	24.3	14.6 – 29.3	0.438
Mujeres	18.0	8.5 – 20.2		21.3	11.9 – 24.4	
HOMA inicial						
Hombres	3.2	2.6 – 4.5	0.852	4.2	3.1 – 5.8	0.898
Mujeres	3.6	2.1 – 6.4		4.1	2.1 – 6.7	
HOMA final						
Hombres	2.5	1.7 – 3.6	0.491	5.1	3.4 – 6.9	0.364
Mujeres	3.6	1.8 – 4.8		4.1	2.2 – 5.8	
	Media	±	Prueba t	Media	±	Prueba t
Masa grasa inicial						
Hombres	27.1	6.8	0.002 *	41.0	6.4	0.870
Mujeres	37.7	2.9		40.3	9.7	
Masa grasa final						
Hombres	26.2	6.8	0.001 *	39.7	7.1	0.995
Mujeres	37.5	2.1		39.6	10.3	

14. DISCUSIÓN

La obesidad infantil y la EHGNA, son padecimientos con múltiples consecuencias futuras; causando una reducción de la calidad de vida y la esperanza de vida.

El presente estudio reunió una muestra de pacientes que ingresaron a un programa protocolizado de ejercicios y un grupo control; en ambos grupos se tuvieron hombres y mujeres sin diferencias estadísticas en el sexo, la edad o el estadio Tanner de sus integrantes, lo cual permitió una comparación adecuada y disminuyó sesgos debido a las modificaciones corporales de la adolescencia.

Las mediciones iniciales mostraron evidentemente un peso alto tanto en su valor crudo como en los percentiles. Así como la masa grasa que también fue mayor en este último grupo. Este resultado es esperable dados los criterios de inclusión, no obstante, como mencionan Schwimmer *et al.*, los niños y adolescentes con obesidad son más propensos a tener hígado graso, que se presenta en hasta el 38 % de estos ¹⁸.

Los resultados bioquímicos, mostraron la presencia de resistencia a la insulina (con un HOMA superior a 3), elevación del colesterol HDL, con el resto de las pruebas dentro de los límites normales, aunque se encontró una diferencia en la AST, la cual tuvo un valor mayor en el grupo sin prescripción de ejercicios.

Dichos resultados son comparables a lo observado por Hartman *et al.*, quienes, en una muestra de niños y adolescentes de 2 a 18 años, con sobrepeso y obesidad encontraron que la ALT era normal en una buena parte de ellos; no obstante, en aquellos con mayor edad la ALT se encontraba más alta, la ALT normal aun en la presencia de sobrepeso y obesidad también fue normal en los pacientes del presente estudio ⁵⁶.

En cuanto a la elevación del colesterol HDL en especial en el grupo que realizó ejercicio, los resultados de Chen *et al.*, de una revisión sistemática sobre los efectos del ejercicio tanto aeróbico como de fuerza en niños, mostraron que ninguno de los

dos mejoró el colesterol HDL; no obstante, sus artículos solo recolectaron información de niños entre 6 y 12 años ⁵⁷.

Después de la prescripción de ejercicios en el seguimiento de 3 meses, se tuvieron diferencias significativas en el peso, el cual se incrementó en el grupo control, y junto con esto el percentil del peso, los cuales fueron estadísticamente diferentes. Debido a que no hubo un aumento de la masa magra, este cambio obedeció más a la disminución de la masa grasa que, aunque ya era diferente entre los grupos y disminuyó en ambos a los 3 meses, se vio una mayor disminución en el grupo que realizó ejercicio; este cambio no se debió a las modificaciones de la adolescencia, dado que el Tanner a los 3 meses no fue diferente entre los grupos.

Tal vez los cambios más importantes se vieron reflejados en los marcadores bioquímicos: en el grupo que realizó ejercicio, el metabolismo de los carbohidratos mejoró reflejando un menor nivel de insulina y un HOMA menor, mientras que en quienes no hicieron ejercicio se observó un aumento, aunque en ambos grupos la glucosa y la hemoglobina glucosilada continuaron en valores normales.

Estos últimos dos resultados son similares a lo que encontraron Karampatsou *et al.*, quienes estudiaron los efectos de un programa de dieta y ejercicio durante un año, en niños de entre 2 y 18 años; Entre los resultados los investigadores encontraron una disminución del IMC estadísticamente significativa (además de la circunferencia de cadera y cintura), aunque observaron un aumento del resultado del HOMA, aunque esta no fue significativa ⁵⁸.

El sexo de los pacientes no intervino mucho para lograr los cambios en quienes realizaron ejercicio, dado que la única diferencia por sexo dentro de cada grupo se observó en la masa grasa, que puede explicarse por un efecto de la testosterona . El peso, la insulina y el HOMA no se vieron influenciados por el sexo.

Los hallazgos observados, son similares a los dos estudios de Lee *et al.*^{4,7}, en los cuales el ejercicio tanto aeróbico como de fuerza tuvo mejores resultados que el grupo control que solo recibió orientación nutricional, salvo que Lee *et al.*, si encontraron mayores diferencias entre los sexos, observando un mejor efecto del ejercicio en los hombres. No obstante, las modificaciones bioquímicas fueron iguales en ambos sexos del presente estudio dando una oportunidad a la mejoría de los pacientes.

14.1. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Entre las limitaciones del presente estudio se encuentran:

- Su naturaleza retrospectiva, que impide una mayor supervisión de los pacientes y del apego a las indicaciones.
- La falta de estudios de imagen que pudieran discriminar a los 3 meses quien aún padecía hígado graso.
- Los resultados deben de considerarse como posibles asociaciones del efecto del ejercicio planteado, no se pueden asumir causalidades al no ser la naturaleza del estudio.

15. CONCLUSIÓN

Con los hallazgos del estudio, se puede concluir que en los pacientes de 10 a 15 años atendidos en la Clínica Metabólica Infantil en la Ciudad de México, que ingresaron a un programa protocolizado de ejercicios se asoció con disminución de peso de los pacientes, así como, disminución de masa grasa, así mismo y tal vez más importante, con cambios en los valores bioquímicos como la insulina y por ende el índice HOMA que fueron estadísticamente mejores en comparación con quienes no hicieron ejercicio, salvo la masa grasa estos cambios fueron independientes del sexo.

15.1. RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS

Los autores recomiendan:

- Continuar con el estudio de los efectos del ejercicio en dicha población, observando cambios en un tiempo mayor, 6, 12 o más meses.
- Ampliar tal vez mediante una prueba piloto el estudio del ejercicio en pacientes más pequeños, lo que tal vez requiera de modificaciones para atraer el interés y la continuación de la población.
- Realizar estudios que busquen intencionadamente en su metodología la causalidad de las intervenciones del ejercicio en estos parámetros de diversas entidades patológicas del metabolismo.

16. BIBLIOGRAFÍA

1. Goldner D, Lavine JE. Nonalcoholic Fatty Liver Disease in Children: Unique Considerations and Challenges. *Gastroenterology*. 2020;158(7):1967-1983.e1. doi:10.1053/j.gastro.2020.01.048
2. Van Der Heiden G, Wang Z, Chu Z. A 12-Week Aerobic Exercise Program Reduces Hepatic Fat Accumulation and Insulin Resistance in Obese, Hispanic Adolescents. *Obesity*. 2010;18(2):384–390. doi:10.1038/oby.2009.274
3. Van Der Heijden G, Toffolo G, Manesso E, Sauer P, Sunehag A. Aerobic Exercise Increases Peripheral and Hepatic Insulin Sensitivity in Sedentary Adolescents. *J Clin Endocrinol Metab*. 2009;94(11):4292–4299. doi:10.1210/jc.2009-1379
4. Lee S, 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. *Diabetes*. 2012;61(11):2787–2795. doi:10.2337/db12-0214
5. De Piano A, De Mello M, Sanches P. Long-term effects of aerobic plus resistance training on the adipokines and neuropeptides in nonalcoholic fatty liver disease obese adolescents: Eur J Gastroenterol Hepatol. *Eur J Gastroenterol Hepatol*. 2021;1:520. doi:10.1097/MEG.0b013e32835793ac
6. Van Der Heijden G, Wang Z, Chu Z. Strength Exercise Improves Muscle Mass and Hepatic Insulin Sensitivity in Obese Youth. *Med Sci Sport Exerc*. 2010;42(11):1973–1980. doi:10.1249/MSS.0b013e3181df16d9
7. Lee S, Deldin AR, White D. Aerobic exercise but not resistance exercise reduces intrahepatic lipid content and visceral fat and improves insulin sensitivity in obese adolescent girls: a randomized controlled trial. *Am J Physiol-Endocrinol Metab*. 2013;305(10). doi:10.1152/ajpendo.00285.2013
8. Zelber-Sagi S. Effect of resistance training on non-alcoholic fatty-liver disease a randomized-clinical trial. *World J Gastroenterol*. 2014;20(15):4382. doi:10.3748/wjg.v20.i15.4382
9. Jakovljevic DG. Physical activity and cardiovascular aging: Physiological and molecular insights. *Exp Gerontol*. 2018;109:67–74.

doi:10.1016/j.exger.2017.05.016

10. Shamsoddini A, Sobhani V, Ghamar Chehreh ME, Alavian SM, Zaree A. Effect of aerobic and resistance exercise training on liver enzymes and hepatic fat in Iranian men with Nonalcoholic fatty liver disease. *Hepat Mon.* 2015;15(10):4–10. doi:10.5812/hepatmon.31434
11. Barrón C, Pérez-Pasten E. Capítulo 13. Crecimiento y desarrollo II. En: Games J, ed. *Introducción a la Pediatría.* 7a ed. Mexico: Méndez Editores; 2007:89, 90.
12. Romero Martínez Martín. Metodología de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2022 y Planeación y diseño de la Ensanut Continua 2020-2024. 2022;64(5). <https://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/14186/12290>
13. Singh JA, Siddiqi M, Parameshwar P, Chandra-Mouli V. World Health Organization Guidance on Ethical Considerations in Planning and Reviewing Research Studies on Sexual and Reproductive Health in Adolescents. *J Adolesc Heal.* 2019;64(4):427–429. doi:10.1016/j.jadohealth.2019.01.008
14. Anderson EL, Howe LD, Jones HE, Higgins JPT, Lawlor DA, Fraser A. The Prevalence of Non-Alcoholic Fatty Liver Disease in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. Wong V, ed. *PLoS One.* 2015;10(10):e014098. doi:10.1371/journal.pone.0140908
15. Loomba R, Wong R, Frayssé J. Nonalcoholic fatty liver disease progression rates to cirrhosis and progression of cirrhosis to decompensation and mortality: a real world analysis of Medicare data. *Aliment Pharmacol Ther.* 2020;51(11):1149–1159. doi:10.1111/apt.15679
16. Goyal NP, Schwimmer JB. The Progression and Natural History of Pediatric Nonalcoholic Fatty Liver Disease. *Clin Liver Dis.* 2016;20(2):325–338. doi:10.1016/j.cld.2015.10.003
17. Mantovani A, Scorletti E, Mosca A, Alisi A, Byrne CD, Targher G. Complications, morbidity and mortality of nonalcoholic fatty liver disease. *Metabolism.* 2020;111:154170. doi:10.1016/j.metabol.2020.154170
18. Schwimmer JB, Deutsch R, Kahen T, Lavine JE, Stanley C, Behling C. Prevalence of Fatty Liver in Children and Adolescents. *Pediatrics.* 2006;118(4):1388–1393. doi:10.1542/peds.2006-1212
19. Xanthakos S, Miles L, Bucuvalas J, Daniels S, Garcia V, Inge T. Histologic

- Spectrum of Nonalcoholic Fatty Liver Disease in Morbidly Obese Adolescents. *Clin Gastroenterol Hepatol.* 2006;4(2):226–232. doi:10.1016/S1542-3565(05)00978-X
20. Sánchez MP. Prevalencia de la enfermedad de hígado graso no alcohólico (EHGNA) en una población de niños obesos en Valencia. *ALAN.* 2014;64(2):73–82.
 21. Bernal-Reyes R, Castro-Narro G, Malé-Velázquez R. Consenso mexicano de la enfermedad por hígado graso no alcohólico. *Rev Gastroenterol México.* 2019;84(1):69–99. doi:10.1016/j.rgmx.2018.11.007
 22. Fang YL, Chen H, Wang CL, Liang L. Pathogenesis of non-alcoholic fatty liver disease in children and adolescence: From “two hit theory” to “multiple hit model. *World J Gastroenterol.* 2018;24(27):2974–2983. doi:10.3748/wjg.v24.i27.2974
 23. Bence KK, Birnbaum MJ. Metabolic drivers of non-alcoholic fatty liver disease. *Mol Metab.* 2021;50:101143. doi:10.1016/j.molmet.2020.101143
 24. Dorairaj V, Sulaiman SA, Abu N, Abdul Murad NA. Nonalcoholic Fatty Liver Disease (NAFLD): Pathogenesis and Noninvasive Diagnosis. *Biomedicines.* 2021;10(1):15. doi:10.3390/biomedicines10010015
 25. Vos MB, Abrams SH, Barlow SE. NASPGHAN Clinical Practice Guideline for the Diagnosis and Treatment of Nonalcoholic Fatty Liver Disease in Children: Recommendations from the Expert Committee on NAFLD (ECON. *North Am Soc Pediatr Gastroenterol Hepatol Nutr (NASPGHAN) J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2017;64(2):319–334. doi:10.1097/MPG.0000000000001482
 26. Vajro P, Lenta S, Socha P. Diagnosis of Nonalcoholic Fatty Liver Disease in Children and Adolescents: Position Paper of the ESPGHAN Hepatology Committee. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2012;54(5):700–713. doi:10.1097/MPG.0b013e318252a13f
 27. Vadarlis A, Chantavaridou S, Kalopitas G. The anthropometric and biochemical profile of pediatric non-alcoholic fatty liver disease: A systematic review and a meta-analysis. *Clin Nutr.* 2022;41(1):105–121. doi:10.1016/j.clnu.2021.11.016
 28. Pacifico P, Roggini A, D’Avanzo C. A Systematic Review of NAFLD-Associated Extrahepatic Disorders in Youths. *J Clin Med.* 2019;8(6):868.

doi:10.3390/jcm8060868

29. World Health Organization. *WHO Guidelines On Physical Activity And Sedentary Behaviour.*; 2020.
30. American College of Sports Medicine. *ACSM's Guidelines for Excercise Testing and Prescription.* 10a ed. Wolters Kluwer; 2018.
31. Deborah R. *ACSM Guidelines for Exercise Testing and Prescription.* In: Wolters Kluwer Health; 2018.
32. Stricker PR, Faigenbaum AD, McCambridge TM. Resistance Training for Children and Adolescents. *Pediatrics.* 2020;145(6):e20201011. doi:10.1542/peds.2020-1011
33. Van Der Windt D, Sud V, Zhang H, Tsung A, Huang H. The Effects of Physical Exercise on Fatty Liver Disease. *Gene Expr.* 2018;18(2):89–101. doi:10.3727/105221617X15124844266408
34. Roberts CK, Hevener AL, Barnard RJ. Metabolic Syndrome and Insulin Resistance: Underlying Causes and Modification by Exercise Training. Prakash YS, ed. *Compr Physiol.* 2013;1:58. doi:10.1002/cphy.c110062
35. Holten MK, Zacho M, Gaster M, Juel C, Wojtaszewski JFP, Dela F. Strength Training Increases Insulin-Mediated Glucose Uptake, GLUT4 Content, and Insulin Signaling in Skeletal Muscle in Patients With Type 2 Diabetes. *Diabetes.* 2004;53(2):294–305. doi:10.2337/diabetes.53.2.294
36. Faigenbaum AD, Kraemer WJ, Blimkie CJR. Youth Resistance Training: Updated Position Statement Paper From the National Strength and Conditioning Association. *J Strength Cond Res.* 2009;23(Supplement 5):S60–S79. doi:10.1519/JSC.0b013e31819df407
37. Robertson RJ, Goss FL, Aaron DJ. One Repetition Maximum Prediction Models for Children Using the OMNI RPE Scale. *J Strength Cond Res.* 2008;22(1):196–201. doi:10.1519/JSC.0b013e31815f6283
38. Robertson RJ, Goss FL, Andreacci JL. Validation of the Children's OMNI-Resistance Exercise Scale of Perceived Exertion. *Med Sci Sport Exerc.* 2005;37(5):819–826. doi:10.1249/01.MSS.0000162619.33236.F1
39. Katsagoni CN, Papachristou E, Sidossis A, Sidossis L. Effects of Dietary and

- Lifestyle Interventions on Liver, Clinical and Metabolic Parameters in Children and Adolescents with Non-Alcoholic Fatty Liver Disease: A Systematic Review. *Nutrients*. 2020;12(9):2864. doi:10.3390/nu12092864
40. Goss AM, Dowla S, Pendergrass M. Effects of a carbohydrate-restricted diet on hepatic lipid content in adolescents with non-alcoholic fatty liver disease: A pilot, randomized trial. *Pediatr Obes*. 2020;15(7):e12630. doi:10.1111/ijpo.12630
 41. Schwimmer JB, Ugalde-Nicalo P, Welsh JA. Effect of a Low Free Sugar Diet vs Usual Diet on Nonalcoholic Fatty Liver Disease in Adolescent Boys: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2019;321(3):256. doi:10.1001/jama.2018.20579
 42. Pérez-Herrera A, Cruz-López M. Childhood obesity: Current situation in Mexico. *Nutr Hosp*. 2019;36(2):463–469. doi:10.20960/nh.2116
 43. Shamah-Levy T, Gaona-Pineda EB, Cuevas-Nasu L, et al. Prevalencias de sobrepeso y obesidad en población escolar y adolescente de México. Ensanut Continua 2020-2022. *Salud Publica Mex*. 2023;65:s218–s224. doi:10.21149/14762
 44. Navarra. CU de. Diccionario Médico. 2009. <https://www.cun.es/diccionario-medico>.
 45. Organización Mundial de la Salud OMS. Definiciones Salud Sexual. https://www.who.int/es/health-topics/sexual-health#tab=tab_2. Published 2015.
 46. Villalba M. *Diccionario de Medicina océano Mosby*. España: Océano; 2005.
 47. Manual MSD. Percentiles de peso infantil para la longitud según la OMS. Calculadoras clínicas. <https://www.msmanuals.com/es-mx/professional/multimedia/clinical-calculator/percentiles-de-peso-infantil-para-la-longitud-según-la-oms-24-meses>. Published 2022.
 48. Minghelli B, Nunes C, Oliveira R. Body Mass Index and Waist Circumference to Define Thinness, Overweight and Obesity in Portuguese Adolescents: Comparison Between CDC, IOTF, WHO References. *Pediatr Endocrinol Rev*. 2014;12(1):374–380. doi:10.1007/s10389-007-0109-1
 49. Merck Manual. Percentiles del índice de masa corporal (IMC) para chicos (de 2 a 20 años). EBMcalc. <https://www.merckmanuals.com/medical->

calculators/BodyMassIndexBoys-es.htm. Published 2022.

50. Pomeroy E, Macintosh A, Wells JCK, Cole TJ, Stock JT. Relationship between body mass, lean mass, fat mass, and limb bone cross-sectional geometry: Implications for estimating body mass and physique from the skeleton. *Am J Phys Anthropol.* 2018;166(1):56–69. doi:10.1002/ajpa.23398
51. Helen H. *The Harriet Lane Handbook*. 21st ed. ELSEVIER; 2017.
52. Sinha N. HbA1c and factors other than diabetes mellitus affecting it. *Singapore Med J.* 2010;51(8):616–622.
53. Octacio MS. Colesterol: Función biológica e implicaciones médicas. *Rev Mex Ciencias Farm.* 2012;43(3):7–22.
54. Victoria BB. Pruebas de función hepática: B, AST, ALT, FA y GGT. *Rev Española Enferm.* 2015;107(10):648.
55. Javier RP. Pubertad normal. *Pediatr Integr.* 2020;XXIV:231. https://www.pediatriaintegral.es/wp-content/uploads/2020/xxiv04/05/n4-231e1-10_RB_Pozo.pdf.
56. Hartman C, Rennert HS, Rennert G, Elenberg Y, Zuckerman E. Prevalence of elevated liver enzymes and comorbidities in children and adolescents with overweight and obesity. *Acta Paediatr Int J Paediatr.* 2021;110(3):985–992. doi:10.1111/apa.15469
57. Chen T, Lin J, Lin Y, et al. Effects of aerobic exercise and resistance exercise on physical indexes and cardiovascular risk factors in obese and overweight school-age children: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2021;16(9 September):1–16. doi:10.1371/journal.pone.0257150
58. Karampatsou SI, Paltoglou G, Genitsaridi SM, Kassari P, Charmandari E. The Effect of a Comprehensive Life-Style Intervention Program of Diet and Exercise on Four Bone-Derived Proteins, FGF-23, Osteopontin, NGAL and Sclerostin, in Overweight or Obese Children and Adolescents. *Nutrients.* 2022;14(18). doi:10.3390/nu14183772

17. ANEXOS

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Fecha	/ /	
Registro		
Grupo	Programa de ejercicio ____	Control _____
Edad		
Sexo	Hombre _____	Mujer _____
	Inicial	Final
Peso		
Percentil del peso		
Talla		
Percentil de la talla		
IMC		
Percentil del IMC		
Clasificación IMC en el seguimiento		
Masa magra		
Masa grasa		
Glucosa		
Insulina		
Índice HOMA		
Hemoglobina glucosilada		
Triglicéridos		
Colesterol total		
Colesterol HDL		
Colesterol LDL		
ALT		
AST		
Tanner		