

Efectos de una planificación de ejercicio concurrente de 12 semanas en niños, niñas y adolescentes con sobrepeso y obesidad

Effect of a 12-week concurrent planification exercise program in overweight and obese children and adolescents

Erna Gálvez^a, Eduardo Cifuentes-Silva^a, Fernando González^a,
Daniel Bueno^a, Phillip Foster^a, Mauricio Inostroza^{a,b,c}

^aHospital Dr. Exequiel González Cortés. Santiago, Chile.

^bDepartamento de Kinesiología, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Santiago, Chile.

^cNúcleo Investigación Actividad Física y Salud (NIAS). Santiago, Chile.

Recibido: 3 de enero de 2022; Aceptado: 28 de marzo de 2022

¿Qué se sabe del tema que trata este estudio?

Es conocido que el ejercicio concurrente en niños, niñas y adolescentes con sobrepeso y obesidad, genera impactos positivos en la capacidad aeróbica, función muscular y control metabólico.

¿Qué aporta este estudio a lo ya conocido?

Se presentan los resultados de la generación e implementación de una planificación de ejercicio concurrente costo efectiva y segura para niñas, niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad, protocolo reproducible y aplicable en todos los niveles (primario, secundario y terciario) de salud pública.

Resumen

Objetivo: Determinar los cambios de un protocolo de ejercicio concurrente en niños, niñas y adolescentes con sobrepeso y obesidad que asistieron a un programa de rehabilitación cardiometabólica. **Pacientes y Método:** 32 pacientes divididos en dos grupos, intervención (INT) ($n = 22$; edad: $12,9 \pm 2,7$) y control (CON) ($n = 10$; edad: $12,6 \pm 2,5$). El INT incluyó 12 semanas de ejercicio concurrente, los abandonos voluntarios del programa conformaron el CON. Se realizaron mediciones durante 3 días: día 1, evaluación pre participativa cardiovascular y antropometría; día 2, capacidad aeróbica y función muscular; día 3 perfil lipídico y control glicémico. **Resultados:** El INT disminuyó el índice de masa corporal (IMC) ($-0,77 \pm 1,02$ kilogramo/metro²; $P = 0,001$), IMC z-score ($-0,14 \pm 0,20$ Desviación Estándar; $P = 0,002$), circunferencia de cintura ($-5,48 \pm 6,42$ centímetros; $P = 0,0004$) y razón cintura estatura ($-0,04 \pm 0,04$; $P < 0,0001$). El consumo máximo de oxígeno estimado por *Shuttle 20m run test* ($2,24 \pm 2,15$ milímetros/kilogramos/minutos; $P < 0,0001$) y metros recorridos ($104,55 \pm 119,35$ metros; $P < 0,0001$) mejoraron en el INT. La flexoextensión de codos 6,00 repeticiones Rango intercuartil (RIC) (4,00 – 11,00; $P=0,0001$), salto largo a pies juntos 16,00 centímetros RIC (8,00 –

Palabras clave:
Obesidad Pediátrica;
Entrenamiento
Interválico de Alta
Intensidad;
Fuerza Muscular;
Salud Pública;
Ejercicio Concurrente
Planificado

21,25; $P = 0,004$) y plancha prona 56,00 segundos RIC (38,00 - 73,00; $P < 0,0001$), mejoraron en el INT. El INT disminuyó el colesterol total -11,00 miligramos/decilitro RIC (-18,50 - 3,50; $P = 0,02$). Sin diferencias significativas en control glicémico entre grupos. **Conclusiones:** Un protocolo de ejercicio concurrente de doce semanas mejorara la antropometría, capacidad aeróbica, función muscular y colesterol total en niños, niñas y adolescentes con sobrepeso y obesidad.

Abstract

Objective: To determine the changes in a planned concurrent exercise protocol in overweight and obese children and adolescents who attend a cardiometabolic rehabilitation program at the Dr. Exequiel González Cortés hospital. **Patients and Method:** 32 patients were divided into two groups, the intervention group (INT) ($n = 22$; age: 12.9 ± 2.7), and the control group (CON) ($n = 10$; age: 12.6 ± 2.5). The INT performed 12 weeks of periodized concurrent training protocol, those who voluntarily left the program made up the CON. The measurements were made on three consecutive days; day 1: pre-participation cardiovascular evaluation and anthropometry, day 2: aerobic capacity and muscle function, and day 3: lipid profile and glycemic control. **Results:** The INT presented a decrease in the body mass index (BMI) (-0.77 ± 1.02 kilogram/meter²; $P = 0.001$), BMI z-score (-0.14 ± 0.20 Standard Deviation; $P = 0.002$), waist circumference (-5.48 ± 6.42 centimeters; $P = 0.0004$), and waist to height ratio (-0.04 ± 0.04 ; $P < 0.0001$). Maximal oxygen consumption (2.24 ± 2.15 milliliters/kilogram/minutes; $P < 0.0001$) and walked distance (104.55 ± 119.35 meters; $P < 0.0001$) improved in the INT. The push-ups 6.00 repetitions interquartile range (IQR) (4.00 - 11.00; $P = 0.0001$), standing broad jump 16.00 centimeters IQR (8.00 - 21.25; $P = 0.004$), and prone plank 56,00 seconds IQR (38.00 - 73.00; $P < 0.0001$), improved in the INT, in addition to presenting a decrease in total cholesterol -11.00 milligram/deciliters IQR (-18.50 - 3.50; $P = 0.02$). Glycemic control did not change between both groups. **Conclusions:** A 12-week planned concurrent exercise protocol of twelve weeks is effective to improve anthropometry, aerobic capacity, muscle function, and total cholesterol in overweight and obese children and adolescents.

Keywords:

Pediatric Obesity;
High-Intensity Interval
Training;
Muscle Strength;
Public Health;
Concurrent training
protocol

Introducción

La prevalencia del exceso de peso en los niños ha ido en aumento en Chile, los datos del 2017 del mapa nutricional de la junta nacional ayudas y becas (JUNAEB) muestran una prevalencia de sobrepeso del 28,6%, obesidad 23,1% y obesidad severa 6,22%, resultando en un 57,9% de escolares chilenos con exceso de peso¹.

El ejercicio físico es parte fundamental para la disminución del peso corporal, aunque debe estar acompañado de una intervención nutricional para lograr mayor efectividad en la variable². De igual manera, el ejercicio físico por sí solo demuestra la capacidad de mejorar parámetros metabólicos y cardiovasculares³, disminuyendo además los índices de mortalidad⁴.

Los efectos positivos del ejercicio físico aeróbico^{3,5} y fuerza^{6,7} individualmente han sido ampliamente documentados. Ambas modalidades de ejercicio físico combinadas, toman el nombre de ejercicio concurrente, el cual ha demostrado una potenciación de efectos benéficos en capacidad aeróbica, función muscular⁸ y parámetros metabólicos⁹, que las modalidades de aeróbico y fuerza por separado en población infanto juvenil con obesidad.

Considerando lo expuesto es necesario generar programas de ejercicio concurrente, en la salud pública. El objetivo de este estudio es determinar la efectividad de una planificación de ejercicio concurrente de 12 semanas sobre la antropometría, función muscular, capacidad aeróbica, perfil lipídico y control glicémico en niños, niñas y adolescentes que consultan por sobrepeso y obesidad en una unidad de medicina deportiva.

Pacientes y Método

Participantes

Ingresaron al estudio 32 participantes cuyas características basales se presentan en la tabla 1. Los participantes fueron derivados desde centros de atención primaria de salud correspondientes al servicio de salud metropolitano sur (SSMS) a la unidad de Medicina Deportiva, o por derivaciones desde las especialidades médicas del HEGC. Los criterios de inclusión fueron niños, niñas y adolescentes con sobrepeso (IMC z-score [IMC-z] > 1 desviación estándar [DE]), obesidad (IMC-z > 2 DE) y obesidad severa (IMC-z > 3 DE) entre 7 a 17 años. Criterios de exclusión fueron,

deficiencia cognitiva moderada a severa, condición traumatológica que impida realizar ejercicio y enfermedad cardíaca severa que contraindique la realización de ejercicio. Los participantes fueron divididos en grupo intervención (INT) (n: 22; edad $12,9 \pm 2,7$ años; 11 sexo masculino y 11 sexo femenino) y grupo control (CON), el cual consistió en aquellos usuarios ingresados al estudio, que no logran su finalización, realizando un abandono voluntario (n: 10; edad $12,6 \pm 2,5$ años; 6 sexo masculino y 4 sexo femenino), para asegurar la limpieza de la muestra en términos del efecto del ejercicio, los usuarios del grupo CON se evaluaron tres meses posterior al abandono voluntario del programa. Este estudio contó con aprobación del comité de ética del SSMS (código 55-21072021) siguiendo las directrices de la declaración de Helsinki.

Diseño del estudio

Los participantes fueron evaluados por el equipo de la Unidad de Medicina Deportiva del HEGC durante 3 días consecutivos, previo y posterior al programa de ejercicio (grupo INT), o tres meses después del abandono voluntario del programa (grupo CON) en el siguiente orden.

Día 1: Evaluación pre-participativa cardiovascular¹⁰ y antropométrica [peso, talla, Índice de masa corporal (IMC), Índice de masa corporal calculado por puntaje z-score (IMC-z), circunferencia de cintura (CC) y razón cintura estatura (RCE)].

Día 2: Función muscular (plancha prona, flexo-extensión de codos y salto largo a pies juntos) y capacidad aeróbica (Shuttle 20 m run test).

Día 3: Perfil lipídico, glicemia e insulina por medio de exámenes de sangre en ayuno de entre 8-12 horas, en el HEGC.

Planificación del ejercicio

El grupo INT realizó un programa de ejercicio concurrente de 12 semanas, 3 veces por semana. La sesión tipo consistió en una entrada en calor, recorriendo cada estación del circuito aeróbico durante 5 minutos en forma continua. Posteriormente se continuo con el ejercicio aeróbico durante 30 minutos, finalizando con 30 minutos de ejercicio de fuerza. El ejercicio aeróbico fue realizado con movimientos funcionales: trote, *skipping*, saltos de tijera, desplazamientos laterales y *burpees* adaptados. Las primeras dos semanas se realizaron 2 series de 15 minutos con 5 minutos de descanso.

Tabla 1. Características de base

Características	Grupo intervención (n = 22)	Grupo control (n = 10)	Valor de p
Edad (años)	$12,9 \pm 2,7$	$12,6 \pm 2,5$	0,72
Peso (kg)	$77,8 \pm 24,6$	$77,71 \pm 21,1$	0,98
Talla (cm)	$155,7 \pm 13,5$	$155,2 \pm 8,6$	0,91
IMC (kg/m^2)	$31,3 \pm 6,5$	$31,7 \pm 5,9$	0,87
IMC-z (desviación estándar)	$2,80 \pm 0,75$	$2,90 \pm 0,75$	0,74
CC (cm)	$100,7 \pm 16,6$	$96,3 \pm 11,6$	0,45
RCE	$0,64 \pm 0,1$	$0,62 \pm 0,1$	0,39
$\text{VO}_{2\text{max}}$ estimado por Shuttle 20m-run test ($\text{ml}/\text{kg}/\text{min}$)	$35,6 \pm 5,6$	$35,6 \pm 4,4$	0,99
Distancia recorrida en Shuttle 20m-run test (metros)	$217,2 \pm 139,1$	$190,0 \pm 71,96$	0,92
Flexo extensión de codos (repeticiones)	0 (0 - 2)	0,5 (0 - 1,5)	0,78
Salto a pies juntos (cm)	138,5 (110,7 - 152,0)	118,5 (111,1 - 158,5)	0,74
Plancha prona (segundos)	26,0 (18,0 - 35,0)	24,1 (17,1 - 48,1)	0,94
Colesterol total (mg/dl)	147,0 (122,5 - 157,5)	157,0 (130,5 - 177,5)	0,40
Triglicéridos (mg/dl)	102,0 (57,5 - 152,5)	88,5 (80,5 - 131,5)	0,51
Colesterol LDL (mg/dl)	$82,5 \pm 20,9$	$90,4 \pm 32,6$	0,42
Colesterol HDL (mg/dl)	$39,1 \pm 9,1$	$48,8 \pm 8,8$	0,11
Insulina (mU/L)	23,8 (18,2 - 39,0)	19,3 (12,4 - 24,4)	0,15
Glicemia (mg/dl)	96,0 (86,0 - 99,0)	92,0 (87,0 - 95,2)	0,53

Media \pm Desviación estándar; Mediana (Rango Inter cuartil); IMC: Índice de masa corporal; CC: Circunferencia de Cintura; RCE: Razón Cintura Estatura; $\text{VO}_{2\text{max}}$: Consumo Máximo de Oxígeno; mg/dl: miligramos/decilitro; LDL: Lipoproteína de baja densidad; HDL: Lipoproteína de alta densidad; mU/L: miliunidades/litro; IMC-z: Índice de masa corporal calculado por puntaje z-score.

so entre series a un índice de esfuerzo percibido (IEP) 5-6 en la escala percepción de esfuerzo infantil (EPInfant)¹¹. A partir de la semana 3 hasta la semana 12 se realizó ejercicio interválico de alta intensidad (EIAI) en modalidad de circuito con la orden verbal de realizar los ejercicios a su máxima capacidad [por ejemplo, semana 4, día lunes, objetivo: 20 rondas de EIAI, por lo

cual, se destinaron 4 rondas para cada uno de los movimientos (trote, *skipping*, saltos de tijera, desplazamientos laterales y *burpees* adaptados)]. La planificación se presenta en la tabla 2. El ejercicio de fuerza consistió en cuatro tipos de ejercicio para la extremidad inferior: sentadillas y estocadas a 90°, saltos largos y verticales máximos, dos de extremidad superior: flexoextensión

Tabla 2. Planificación de ejercicio aeróbico

Semanas	1			2			3		
Frecuencia (días)	Lunes	Miércoles	Viernes	Lunes	Miércoles	Viernes	Lunes	Miércoles	Viernes
IEP trabajo	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	8-9	8-9	8-9
IEP pausa activa	/	/	/	/	/	/	5-6	5-6	5-6
Relación AI:MI	/	/	/	/	/	/	1:4	1:4	1:4
TTT (min)	30	30	30	30	30	30	20	17,5	22,5
Intervalos EIAI	/	/	/	/	/	/	16	14	18
TT activo (min)	30	30	30	30	30	30	4	3,5	4,5
TT pausa activa (min)	/	/	/	/	/	/	16	16,5	15,5
Semanas	4			5			6		
Frecuencia (días)	Lunes	Miércoles	Viernes	Lunes	Miércoles	Viernes	Lunes	Miércoles	Viernes
IEP trabajo	8-9	8-9	8-9	8-9	8-9	8-9	8-9	8-9	8-9
IEP pausa activa	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6
Relación AI:MI	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3
TTT (min)	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Intervalos EIAI	20	20	20	20	16	24	20	16	24
TT activo	5	5	5	5	4	6	5	4	6
TT pausa activa	15	15	15	15	16	14	15	16	14
Semanas	7			8			9		
Frecuencia (días)	Lunes	Miércoles	Viernes	Lunes	Miércoles	Viernes	Lunes	Miércoles	Viernes
IEP trabajo	8-9	8-9	8-9	8-9	8-9	8-9	8-9	8-9	8-9
IEP pausa activa	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6
Relación AI:MI	1:2	1:2	1:2	1:2	1:2	1:2	1:2	1:2	1:2
TTT (min)	20,25	20,25	20,25	20,25	18	22,5	20,25	18	22,5
Intervalos EIAI	27	27	27	24	30	27	24	30	27
TT activo	6,75	6,75	6,75	6,75	6	7,5	6,75	6	7,5
TT pausa activa	13,5	13,5	13,5	13,5	12	15	13,5	12	15
Semanas	10			11			12		
Frecuencia (días)	Lunes	Miércoles	Viernes	Lunes	Miércoles	Viernes	Lunes	Miércoles	Viernes
IEP trabajo	8-9	8-9	8-9	8-9	8-9	8-9	8-9	8-9	8-9
IEP pausa activa	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6
Relación AI:MI	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1
TTT (min)	20	20	20	20	17,5	22,5	15	15	15
Intervalos EIAI	40	40	40	35	45	30	30	30	30
TT activo	10	10	10	10	8,75	11,25	7,5	7,5	7,5
TT pausa activa	10	10	10	10	8,75	11,25	7,5	7,5	7,5

IEP: Índice Esfuerzo Percibido; AI: MI; Alta intensidad / moderada intensidad; TTT: Tiempo Total Trabajo; EIAI: Entrenamiento Interválico Alta Intensidad; TT: Tiempo Total; 1:4: 15 segundos alta intensidad por 60 segundos de intensidad moderada; 1:3: 15 segundos de alta intensidad por 45 segundos de intensidad moderada; 1:2: 15 segundos de alta intensidad por 30 segundos de moderada intensidad; 1:1 15 segundos de alta intensidad por 15 segundos de moderada intensidad.

de codos con apoyo de rodillas y fondos de tríceps con flexión de codos y rodillas a 90° (ejercicios isotónicos que contemplan una fase excéntrica y una concéntrica durante su ejecución) y uno de tronco: plancha prona (isométrico ya que no existe cambio en la longitud muscular durante su ejecución), realizados con peso corporal a una intensidad de 5-6 medido por la escala percepción de esfuerzo para ejercicio de fuerza (OMNI-RES), la planificación del ejercicio de fuerza se presenta en la tabla 3.

Mediciones

Exámenes de laboratorio

Las muestras de sangre venosa fueron recolectadas en reposo tras un ayuno de entre 8-12 horas. Se realizaron por un flebotomista certificado en el laboratorio de toma de muestras del HEGC. Los análisis fueron realizados por un tecnólogo médico especialista en el área, utilizando técnicas con alto grado de validez: método de determinación enzimático para el colesterol total, método enzimático para los triglicéridos, fórmula de Friedewald para el colesterol LDL, medida directa de glicol polietileno para el colesterol HDL, electro qui-

mioluminiscencia para la insulina basal y hexoquinasa para la glicemia basal.

Antropometría

Se midió peso y talla mediante balanza de palanca y estadiómetro SECA®. La CC fue medida con cinta métrica inextensible, según el protocolo de Ruiz et al.¹². Con los datos obtenidos se calculó el IMC, IMC-z y RCE. Las mediciones antropométricas estuvieron a cargo del médico deportólogo.

Shuttle 20m run test

El test consistió en recorrer 20 metros de ida y vuelta a una velocidad incremental inicial de 8.5 km/hr, que aumenta 0,5 Km/h por minuto¹². Se estimó el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) por medio de la fórmula de Leger et al.¹³. Se utilizó el VO_{2max} en ml/kg/min y los metros recorridos (m) durante el test para el análisis de datos.

Flexo extensión de codos

Los participantes se ubicaron sobre una colchoneta, apoyados solo de pies y manos al ancho de los hombros y realizaron repeticiones máximas de elevación del tronco con de flexión de brazos en 90°¹⁴. Se consi-

Tabla 3. Planificación de entrenamiento de fuerza

Semanas	1			2			3		
Frecuencia (días)	Lunes	Miércoles	Viernes	Lunes	Miércoles	Viernes	Lunes	Miércoles	Viernes
IEP trabajo	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6
Volumen ejercicios isotónicos (series x repeticiones)	2 x 6	2 x 6	2 x 6	2 x 6	2 x 6	2 x 6	2 x 6	2 x 6	2 x 6
Volumen ejercicios isométricos (series x segundos)	2 x 30	2 x 30	2 x 30	2 x 30	2 x 30	2 x 30	2 x 30	2 x 30	2 x 30
Semanas	4			5			6		
Frecuencia (días)	Lunes	Miércoles	Viernes	Lunes	Miércoles	Viernes	Lunes	Miércoles	Viernes
IEP: Índice Esfuerzo Percibido	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6
Volumen ejercicios isotónicos (series x repeticiones)	2 x 10	2 x 10	2 x 10	2 x 10	2 x 10	2 x 10	2 x 12	2 x 12	2 x 12
Volumen ejercicios isométricos (series x segundos)	2 x 30	2 x 30	2 x 30	2 x 30	2 x 30	2 x 30	2 x 60	2 x 60	2 x 60
Semanas	7			8			9		
Frecuencia (días)	Lunes	Miércoles	Viernes	Lunes	Miércoles	Viernes	Lunes	Miércoles	Viernes
IEP trabajo	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6
Volumen ejercicios isotónicos (series x repeticiones)	2 x 12	2 x 12	2 x 12	2 x 12	2 x 12	3 x 12	3 x 12	3 x 12	3 x 12
Volumen ejercicios isométricos (series x segundos)	2 x 60	2 x 60	2 x 60	2 x 60	2 x 60	2 x 60	2 x 60	2 x 60	2 x 60
Semanas	10			11			12		
Frecuencia (días)	Lunes	Miércoles	Viernes	Lunes	Miércoles	Viernes	Lunes	Miércoles	Viernes
IEP trabajo	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6
Volumen ejercicios isotónicos (series x repeticiones)	3 x 12	3 x 12	3 x 12	3 x 12	3 x 12	3 x 12	3 x 12	3 x 12	3 x 12
Volumen ejercicios isométricos (series x segundos)	2 x 60	2 x 60	2 x 60	2 x 60	2 x 60	2 x 60	2 x 60	2 x 60	2 x 60

IEP: Índice esfuerzo percibido.

deró la cantidad máxima de repeticiones (rep) para el análisis datos.

Salto largo a pies juntos

El sujeto se ubicó de pie tras la línea de salto, con los pies separados igual al ancho de hombros. Desde esa posición saltó lo más lejos posible tomando contacto con el suelo con ambos pies al mismo tiempo. Se realizaron tres intentos y la mejor puntuación en centímetros (cm) fue considerada para el análisis de datos¹².

Plancha prona

Solo se permitió que los codos y los dedos de los pies estuvieran en contacto con la colchoneta, manteniendo la posición isométrica por el mayor tiempo posible. El tiempo total registrado en segundos (s) se utilizó para el análisis de datos¹⁵.

Escala percepción de esfuerzo infantil (EPInfant)

Escala de esfuerzo percibido utilizada para cuantificar la sensación causada por los cambios metabólicos durante el ejercicio aeróbico. Posee descriptores numéricos (0 a 10), descriptores verbales y un set de ilustraciones que representan a un niño corriendo a intensidades crecientes a lo largo de una escala de barras de altura incremental¹¹.

Escala percepción de esfuerzo ejercicio de fuerza (OMNI-RES)

Escala de percepción de esfuerzo aplicada en ejercicios de fuerza. Posee descriptores numéricos (0 a 10), descriptores verbales y un set de ilustraciones que representan a un niño levantando peso a intensidades crecientes a lo largo de una escala de barras de altura incremental¹⁶.

Análisis estadístico

Se determinó la normalidad de la muestra por medio del test de Shapiro-Wilk. Se utilizaron las pruebas de t de student para muestras no pareadas y Mann - Whitney para determinar las posibles diferencias en las características basales de las variables con distribución normal y no normal entre el grupo INT y CON. Los cambios experimentados intragrupo, tanto por el INT y CON, desde el basal y posterior al ejercicio fueron comparadas por medio de un análisis de varianza de dos vías (ANOVA) o la prueba de Kruskal-Wallis según el supuesto de normalidad. Si la prueba de ANOVA o Kruskal - Wallis demostró una diferencia significativa se utilizó un *test post hoc* LSD de Fisher de comparaciones múltiples, para determinar si existieron cambios entre los grupos INT y CON posterior al ejercicio. Se realizó un análisis de tamaño del efecto (TE) para las variables con distribución normal¹⁷ y un análisis para las variables sin distribución normal¹⁸, interpretado como < 0,1 trivial, ≤ 0,1 a < 0,3 pequeño,

≤ 0,3 a < 0,5 mediano y ≥ 0,5 como grande. El análisis estadístico fue realizado por medio de PRISM 8.0 (GraphPad®, California). La significancia estadística fue fijada en $P \leq 0,05$. Los datos son presentados como medias más su desviación estándar (media \pm DE) o mediana más el rango intercuartílico (RIC).

Resultados

Antropometría

No se registraron diferencias en las comparaciones múltiples del grupo INT versus CON para el peso, talla, IMC, IMC-z, CC y RCE. El peso disminuyó en el grupo INT respecto al CON ($-0,80 \pm 2,74$ kg vs $2,97 \pm 1,87$ kg; $p = 0,007$; TE: 0,17). La talla se incrementó en el grupo INT respecto al CON ($1,26 \pm 1,48$ cm vs $2,30 \pm 1,53$ cm; $p = 0,001$; TE: 0,05). El IMC disminuyó en el grupo INT en comparación al CON ($-0,77 \pm 1,1$ kg/m² vs $0,33 \pm 1,08$ kg/m² $p = 0,001$; TE: 0,11). El IMC-z disminuyó en el grupo INT respecto al CON ($-0,14 \pm 0,20$ DE vs $0,02 \pm 0,22$ DE; $p = 0,0026$; TE: 0,19) Figura 1B. La CC disminuyó en el grupo INT en relación al grupo CON ($-5,48 \pm 6,42$ cm vs $2,10 \pm 2,63$ cm; $p = 0,0004$; TE: 0,34) figura 1C. La RCE disminuyó en el grupo INT en comparación al grupo CON ($-0,04 \pm 0,04$ puntos vs $0,01 \pm 0,02$ puntos; $p < 0,0001$; TE: 0,44) figura 1D.

Shuttle 20m run test

Las comparaciones múltiples del grupo INT versus CON no registraron diferencias para el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}), evidenciándose diferencias en los metros recorridos durante el test ($p = 0,05$). El VO_{2max} se incrementó en el grupo INT en relación al CON ($2,24 \pm 2,15$ ml/kg/min vs $-0,27 \pm 0,87$ mg/kg/min; $p < 0,0001$; TE: 0,41) figura 1A. En la misma línea, el grupo INT incremento los metros recorridos durante el test en comparación al CON ($114,95 \pm 119,35$ m vs $-22,00 \pm 48,49$ m; $p < 0,0001$; TE: 0,65) figura 2B.

Función muscular

Las comparaciones múltiples del grupo INT versus CON registraron diferencias para las variables de flexoextensión de codo ($p = 0,004$) y plancha prona ($p < 0,0001$), no encontrando diferencias para el salto a pies juntos. La prueba de flexoextensión de codos aumentó en el grupo INT en comparación al CON [(6,00 rep RIC (4,0 - 11,0) vs. 1,00 rep RIC (0,00 - 2,50); $p = 0,001$; TE: 0,97)]. Se evidenciaron cambios favorables al grupo INT en comparación al grupo CON en salto largo a pies juntos [(16,00 cm RIC (8,00 - 21,25) vs. -2,00 cm RIC (-7,75 - 5,25); $p = 0,004$; TE: 0,72)]. La plancha prona mejoró en el grupo INT en relación al grupo CON [(56,00 s RIC (38,00 - 73,00) vs 6,85 s RIC (-6,53 - 17,15); $p < 0,0001$; TE: 0,98)].

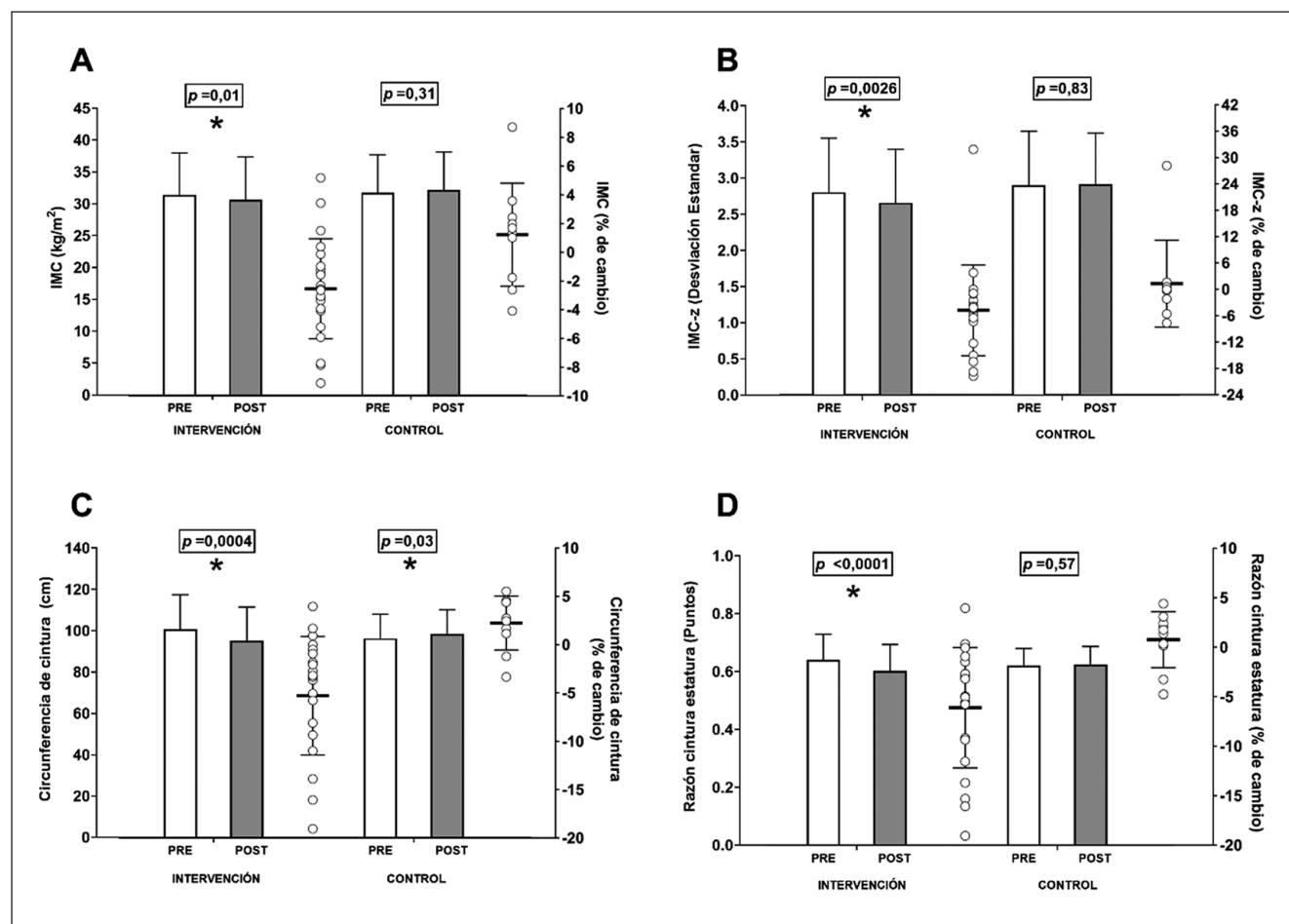


Figura 1. Cambios en índice de masa corporal (A), índice de masa corporal z-Score (B), circunferencia de cintura (C) y razón cintura estatura (D), de los participantes y sus medias \pm desviación estándar antes (PRE) y después (POST) de una intervención de 12 semanas de entrenamiento concurrente en los grupos INTERVENCIÓN y CONTROL. Porcentaje de cambio desde el PRE - POST de los participantes individualizados más sus medias \pm desviación estándar. *Diferencia significativa entre los cambios PRE y POST.

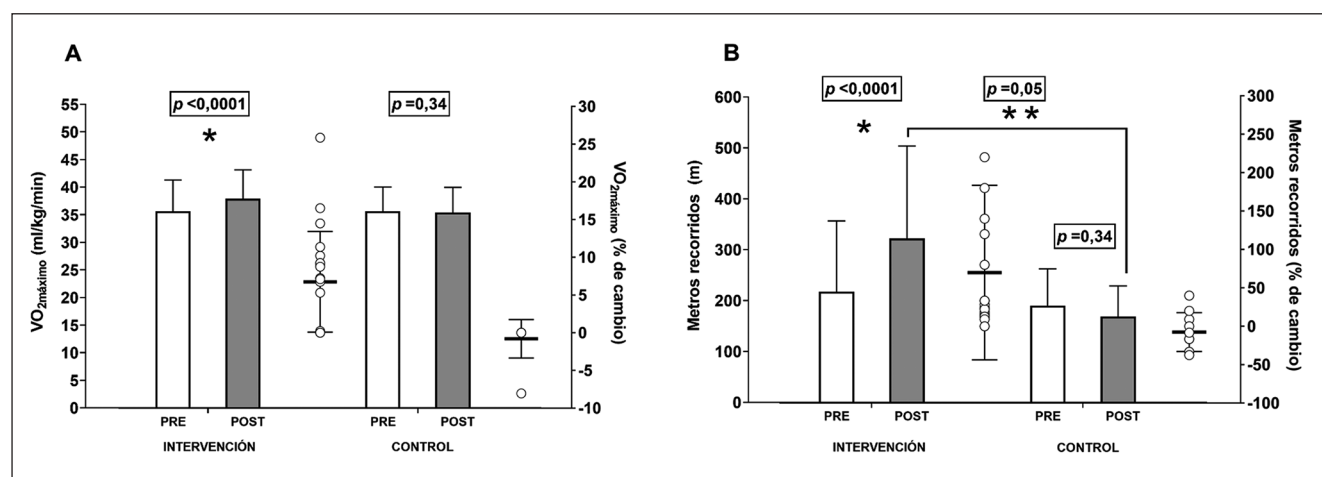


Figura 2. Cambios en consumo máximo de oxígeno (A) y metros recorridos (B) de los participantes y sus medias \pm desviación estándar antes (PRE) y después (POST) de una intervención de 12 semanas de entrenamiento concurrente en los grupos INTERVENCIÓN y CONTROL. Porcentaje de cambio desde el PRE - POST de los participantes individualizados más sus medias \pm desviación estándar. *Diferencia significativa entre los cambios PRE y POST. **Diferencia significativa entre los POST.

Perfil lipídico

Las comparaciones múltiples del grupo INT versus CON no registraron diferencias en colesterol total, triglicéridos, colesterol LDL y colesterol HDL. El colesterol total disminuyó en el grupo INT con respecto al CON [(-11,00 mg/dl RIC (-18,50 - 3,50) vs. -6,50 mg/dl RIC (-23,25 - 11,00); $p = 0,02$; TE: 0,51). Se evidenciaron disminuciones del colesterol HDL en el grupo CON en relación al INT ($-3,40 \pm 4,35$ mg/dl vs. $0,10 \pm 5,36$ mg/dl; $p = 0,03$; TE: 0,37). Los triglicéridos y colesterol LDL no revelaron cambios tanto para el grupo INT y CON.

Control glicémico

Las comparaciones múltiples del grupo INT versus CON no demostraron diferencias para las variables de insulina y glicemia plasmáticas. Sin cambios en la insulina y glicemia plasmática tanto en el grupo INT y CON.

Discusión

El programa de ejercicio concurrente de 12 semanas demostró mejorar los valores antropométricos, VO_{2max} estimado, función muscular y colesterol total en niños, niñas y adolescentes con sobrepeso y obesidad. Por lo tanto, los resultados se encuentran parcialmente en línea con la hipótesis inicialmente planteada.

El protocolo de ejercicio propuesto en la investigación generó buena adherencia (67%) y asistencia ($76,64 \pm 13,46$ sesiones). Esto porque, los protocolos de EIAI generan mayor disfrute en comparación con los protocolos de ejercicio continuo de moderada intensidad (ECMI)¹⁹, debido a que se asemejan a las actividades de juego propias del desarrollo²⁰. De igual manera, el ejercicio de fuerza propuesto cumple con condiciones importantes para la adherencia y seguridad, tales como, ejercicios de cuerpo completo, alto volumen, baja intensidad y desafiantes motrizmente⁷.

El ejercicio concurrente ha demostrado mejoras en los valores antropométricos de niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad, específicamente el IMC ($-5,0\%$)²¹ y CC ($-7,2\%$)²². Por otro lado, la RCE ha sido poco estudiada y/o reportada en estudios de ejercicio concurrente. Solo un estudio reportó resultados sobre esta variable, no encontrando diferencias significativas tras un protocolo de EIAI de 24 semanas²³. Los resultados del grupo INT se encuentran en línea con otros estudios^{21,22} en las mejoras del IMC ($-2,5 \pm 3,4\%$), IMC-z ($-4,78 \pm 10,33\%$) y CC ($-5,2 \pm 6,1\%$). Es destacable que la RCE, variable poco reportada y con gran valor de predicción de enfermedad cardiovascular en población pediátrica²⁴, disminuye en un $0,04 \pm 0,04$ puntos ($-6,1 \pm 6,0\%$). Las mejoras evidenciadas por el grupo INT, en CC y RCE pueden explicarse debido al aumento de hormonas lipolíticas tales como hormo-

na del crecimiento²⁵ y catecolaminas²⁶, posterior a un bout de EIAI. Los cambios positivos en IMC y IMC-z, ocurren debido a la mantención y/o disminución del peso (16 de 22 pacientes), sumado a un incremento en la talla $1,26 \pm 1,48$ cm ($p = 0,0003$). Tras lo expuesto, se reafirma la hipótesis de que el ejercicio concurrente es una herramienta terapéutica costo efectiva en la mejora del IMC, zIMC, CC y RCE en niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad.

Los valores obtenidos de VO_{2max} estimado por *Shuttle 20m-run test* $2,24 \pm 2,15$ ml/kg/min ($6,7 \pm 6,6\%$) y metros recorridos en el *Shuttle 20m-run test* $104,55 \pm 119,35$ m ($69,8 \pm 113,6$) se condicen en tendencia con los reportados en la literatura. Grisalez et al.²⁷ tras un protocolo de EIAI de 16 semanas 3 veces por semana en escolares con sobrepeso y obesidad, mejoró el VO_{2max} 3,6 ml/kg/min.

Los cambios en el VO_{2max} producto del EIAI se debe tanto a adaptaciones centrales y periféricas. La evidencia señala que un protocolo de EIAI de 12 semanas en población pediátrica con obesidad²⁸ genera cambios a nivel cardíaco, expresados por un aumento en la fracción de eyección (4,3%) e índice de volumen de eyección (6,1 ml/m²). De igual manera, un protocolo de ejercicio concurrente de 8 semanas²⁹ mejoró la vasodilatación mediada por flujo (marcador de función endotelial) en un 3,5%. Los protocolos de EIAI tienen la capacidad de influenciar la biogénesis mitocondrial a través de la expresión de PGC-1 α ³⁰ lo cual, ha sido demostrado en el estudio de Little et al.³¹, que tras 6 sesiones durante dos semanas de EIAI evidenció aumentos en las concentraciones de PGC-1 α nucleares, de igual manera, la suma de ejercicio de fuerza a los protocolos de EIAI aumentará la expresión de PGC-1 α a nivel muscular, más que un EIAI por sí solo³².

García-Hermoso et al.³³ en un metaanálisis comparó la eficacia de distintos protocolos de ejercicio EIAI versus protocolos de ECMI en la mejora del VO_{2max} . Los resultados apuntan a que, la población pediátrica con obesidad se beneficia en mayor medida de los protocolos de EIAI aumentando 2,62 ml/kg/min su VO_{2max} vs el aumento de 0,70 ml/kg/min de los protocolos de ECMI. Así, la planificación de 12 semanas de EIAI propuesta lograría generar cambios en el VO_{2max} con sustento tanto molecular como clínico.

La función muscular evidenció mejoras en la prueba de flexo extensión de codos de 6,00 rep RIC (4,00-11,00), plancha prona 56,00 s RIC (38,00-73,00) y salto largo a pies juntos 16,00 cm RIC (8,00-21,25). Solo dos estudios en población pediátrica y normopeso^{34,35} han reportado mejoras en la prueba de flexo extensión de codos (6,08 rep)³⁴ y salto largo a pies juntos (17,1 y 9,7 cm)^{34,35}, mejoras similares a las reportadas por nosotros, con planificaciones de ejercicio que progresan exclusivamente en volumen. Respecto a la mejora del

CORE, Chang et al.³⁶ intervinieron a 52 sujetos sanos durante 6 semanas en dos grupos diferentes, un grupo realizó ejercicios específicos de CORE con peso corporal y el otro ejercicio físico general. Los resultados logran establecer que solo el grupo que realizó ejercicio específico de CORE con peso corporal mejoró su rendimiento en 56 seg (46%) durante la prueba de plancha prona. Expuesto lo anterior, existe poca evidencia disponible en torno a planificaciones de ejercicio concurrente con las características presentadas en este estudio, esto, realza nuestros resultados positivos en la función muscular en niños, niñas y adolescentes con sobrepeso y obesidad.

Los cambios positivos experimentados en la función muscular por parte de nuestra población y otros estudios³⁴⁻³⁶, podrían estar directamente relacionados con factores neuromusculares más que hipertróficos. Ozmun et al.³⁷ mostraron tras un protocolo de ejercicio de fuerza a 16 niños entre 9 - 12 años, 3 veces por semana, durante 8 semanas, evidencio mejoras en la fuerza de extremidades superiores, pero no el perímetro de brazo, reforzando la tesis, que en edades tempranas el factor neuromuscular de la producción de la fuerza está por encima del factor hipertrófico.

Nuestros resultados en función del perfil lipídico solo muestran cambios significativos en el colesterol total -11,00 mg/dl RIC (-18,50 - 3,50) (P = 0,02), para el grupo INT sin resultados significativos para el resto de las variables tanto en el grupo INT y CON. Lo anterior podría explicarse debido a que nuestro diseño experimental no contempla intervención nutricional, la cual, en conjunto con el ejercicio ha demostrado los mejores resultados en la mejora del perfil lipídico^{38,39}.

Nuestro protocolo de ejercicio no generó un impacto positivo en el control glicémico. Un metaanálisis que incluyó un total de 4021 participantes de 12 estudios logró evidenciar que, en comparación con las intervenciones de ejercicio exclusivo, las intervenciones de dieta y ejercicio mostraron un efecto significativo en la disminución de los niveles de glucosa plasmática en ayunas⁴⁰. Por lo cual, se hace fundamental la adición de un plan nutricional suplementario al protocolo de ejercicio.

Existen algunas limitaciones del estudio. Primero, no contamos con un plan y/o seguimiento del patrón nutricional de los participantes, lo cual, podría haber

interferido en los resultados de la antropometría. Además, se ve reflejado en los resultados de perfil lipídico, control glicémico, por lo que, el control nutricional continúa posicionándose como un aliado fundamental del ejercicio físico en los cambios positivos de composición corporal y control metabólico. La segunda es la cuantificación de la edad cronológica de los participantes, dejando de lado la estratificación del estado maduracional (edad biológica), pudiendo obviar en el proceso las diferencias que existen entre sujetos pre puberales, puberales y post puberales. Por otro lado, las fortalezas de esta investigación es la entrega de una planificación detallada con amplia aplicabilidad en centros de salud pública del país, debido principalmente a la seguridad y costo efectividad de la intervención en materia de rehabilitación cardiometabólica de niños, niñas y adolescentes con sobrepeso y obesidad.

Conclusión

Una planificación de ejercicio concurrente de 12 semanas es efectivo en mejorar la antropometría, capacidad aeróbica, función muscular y colesterol total en niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad.

Responsabilidades Éticas

Protección de personas y animales: Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos: Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado: Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias

1. Lira M, JUNAEB. Informe Mapa Nutricional 2018. Situación nutricional de los párvulos y escolares de establecimientos escolares con financiamiento público del país. 2019.
2. Burgos C, Henríquez-Olguín C, Ramírez-Campillo R, et al. ¿Puede el ejercicio físico per se disminuir el peso corporal en sujetos con sobrepeso/obesidad? Rev Med Chile. 2017;145:765-44.
3. Eddolls WTB, McNarry MA, Stratton G, et al. High-Intensity Interval Training Interventions in Children and Adolescents: A Systematic Review. Sports Med. 2017;47(11):2363-74.
4. Gaesser GA, Tucker WJ, Jarrett CL, et al. Fitness versus Fatness: Which Influences Health and Mortality Risk the Most? Curr Sports Med Rep. 2015;14:327-32.
5. Bond B, Weston KL, Williams CA, et al. Perspectives on high-intensity interval exercise for health promotion in children

- and adolescents. *Open Access J Sports Med.* 2017;8:243-65.
6. Alberga AS, Sigal RJ, Kenny GP. A Review of Resistance Exercise Training in Obese Adolescents. *Phys Sportsmed.* 2011;39(2):50-63.
 7. Behm DG, Faigenbaum AD, Falk B, et al. Canadian Society for Exercise Physiology position paper: resistance training in children and adolescents. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2008;33(3):547-61.
 8. Racil G, Zouhal H, Elmontassar W, et al. Plyometric exercise combined with high-intensity interval training improves metabolic abnormalities in young obese females more so than interval training alone. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2016;41:103-9.
 9. Garcia-Hermoso A, Ramirez-Velez R, Ramirez-Campillo R, et al. Concurrent aerobic plus resistance exercise versus aerobic exercise alone to improve health outcomes in paediatric obesity: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2018;52(3):161-6.
 10. González F, Verdugo F, Fernández C, et al. Cardiovascular Preparticipation Screening of young population. Position statement of Chilean Scientific Societies. *Rev Chil Pediatr.* 2018;89.
 11. Rodríguez-Núñez I, Manterola C. Initial validation of the scale of perceived exertion (EPInfant) in Chilean children. *Biomedica.* 2016;36(1):29-38.
 12. Ruiz. JR, Romero VE, Piñero JC, et al. Batería ALPHA-Fitness: test de campo para la evaluación de la condición física relacionada con la salud en niños y adolescentes. *Nutr Hosp.* 2011;26:1210-4.
 13. Leger LA, Mercier D, Gadoury C, et al. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci.* 1988;6(2):93-101.
 14. Ajisafe T. Association between 90(o) push-up and cardiorespiratory fitness: cross-sectional evidence of push-up as a tractable tool for physical fitness surveillance in youth. *BMC Pediatr.* 2019;19(1):458.
 15. Saeterbakken AH, Tillaar RVD, Seiler S. Effect of core stability training on throwing velocity in female handball players. *J Strength Cond Res.* 2011;25:712-8.
 16. Robertson RJ, Goss FL, Andreacchi JL, et al. Validation of the Children's OMNI-Resistance Exercise Scale of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(5):819-26.
 17. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates 1988.
 18. Kerby DS. The Simple Difference Formula: An Approach to Teaching Nonparametric Correlation. *Comprehensive Psychology.* 2014;3.
 19. Logan GR, Harris N, Duncan S, et al. A review of adolescent high-intensity interval training. *Sports Med.* 2014;44(8):1071-85.
 20. Brambilla P, Pozzobon G, Pietrobelli A. Physical activity as the main therapeutic tool for metabolic syndrome in childhood. *Int J Obes (Lond).* 2011;35(1):16-28.
 21. Campos RMS, Mello MTD, Tock L, et al. Aerobic plus resistance training improves bone metabolism and inflammation in adolescents who are obese. *J Strength Cond Res.* 2014;28:758-66.
 22. Yun Hee Lee M, Young Whan Song M, Hae Soon Kim M, et al. The Effects of an Exercise Program on Anthropometric, Metabolic, and Cardiovascular Parameters in Obese Children. *Korean Circ J.* 2011;40:179-84.
 23. Espinoza-Silva M, Latorre-Román P, Párraga-Montilla J, et al. Response of obese schoolchildren to high-intensity interval training applied in the school context. *Endocrinología, Diabetes y Nutrición (English ed).* 2019;66(10):611-9.
 24. Arnaiz P, Acevedo M, Díaz C, et al. Razón cintura estatura como predictor de riesgo cardiometabólico en niños. *Rev Chil Cardiol.* 2010;29:281-8.
 25. Galassetti P, Larson J, Iwanaga K, et al. Effect of a High-Fat Meal on the Growth Hormone Response to Exercise in Children. *J Pediatr Endocrinol Metab.* 2006;19:777-86.
 26. Eliakim A, Nemet D, Zaldivar F, et al. Reduced exercise-associated response of the GH-IGF-I axis and catecholamines in obese children and adolescents. *J Appl Physiol (1985).* 2006;100(5):1630-7.
 27. Grisalez AAD, Quiceno CAM, Herrera ALC, et al. Efecto de un programa de entrenamiento interválico aeróbico de alta intensidad en población escolar femenina con sobrepeso u obesidad. *Retos.* 2021;39:453-8.
 28. Ingul CB, Dias KA, Tjonna AE, et al. Effect of High Intensity Interval Training on Cardiac Function in Children with Obesity: A Randomised Controlled Trial. *Prog Cardiovasc Dis.* 2018;61(2):214-21.
 29. Watts K, Beye P, Siafarikas A, et al. Exercise training normalizes vascular dysfunction and improves central adiposity in obese adolescents. *J Am Coll Cardiol.* 2004;43(10):1823-7.
 30. Gibala MJ, Little JP, Macdonald MJ, et al. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol.* 2012;590(5):1077-84.
 31. Little JP, Safdar A, Wilkin GP, et al. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. *J Physiol.* 2010;588(Pt 6):1011-22.
 32. Pugh JK, Faulkner SH, Jackson AP, et al. Acute molecular responses to concurrent resistance and high-intensity interval exercise in untrained skeletal muscle. *Physiol Rep.* 2015;3(4).
 33. Garcia-Hermoso A, Cerrillo-Urbina AJ, Herrera-Valenzuela T, et al. Is high-intensity interval training more effective on improving cardiometabolic risk and aerobic capacity than other forms of exercise in overweight and obese youth? A meta-analysis. *Obes Rev.* 2016;17(6):531-40.
 34. Eather N, Morgan PJ, Lubans DR. Improving the fitness and physical activity levels of primary school children: results of the Fit-4-Fun group randomized controlled trial. *Prev Med.* 2013;56(1):12-9.
 35. Martínez SR, Ríos LJC, Tamayo IM, et al. An After-School, high-intensity, interval physical activity programme improves health-related fitness in children. *Motriz: Revista de Educação Física.* 2016;22(4):359-67.
 36. Chang NJ, Tsai IH, Lee CL, et al. Effect of a Six-Week Core Conditioning as a Warm-Up Exercise in Physical Education Classes on Physical Fitness, Movement Capability, and Balance in School-Aged Children. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(15).
 37. Ozmun JC, Mikesky AE, Surburg PR. Neuromuscular adaptations to resistance training on children. *Med Sci Sports Exerc.* 1994;26:510-4.
 38. Ho M, Garnett SP, Baur LA, et al. Impact of dietary and exercise interventions on weight change and metabolic outcomes in obese children and adolescents: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *JAMA Pediatr.* 2013;167(8):759-68.
 39. Nieman DC, Brock DW, Butterworth D, et al. Reducing diet and/or exercise training decreases the lipid and lipoprotein risk factors of moderately obese women. *J Am Coll Nutr.* 2002;21(4):344-50.
 40. Zheng L, Wu J, Wang G, et al. Comparison of control fasting plasma glucose of exercise-only versus exercise-diet among a pre-diabetic population: a meta-analysis. *Eur J Clin Nutr.* 2016;70(4):424-30.