

Programa de ejercicio concurrente hospitalario en escolares y adolescentes con sobrepeso y obesidad durante la pandemia COVID-19

Hospitalary concurrent exercise program in overweight and obese school students and adolescents during COVID-19 pandemic

Eduardo Cifuentes-Silva^a, Erna Gálvez^b, Phillip Foster^b, Mauricio Inostroza^{b,c,d}

^aEscuela de Kinesiología, Facultad de ciencias médicas, Universidad de Santiago de Chile. Santiago, Chile

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

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

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

Recibido: 9 de junio de 2022; Aceptado: 18 de noviembre de 2022

¿Qué se sabe del tema que trata este estudio?

La pandemia por COVID-19 generó efectos deletéreos en valores antropométricos, capacidad aeróbica, función muscular y control metabólico en escolares y adolescentes con sobrepeso y obesidad.

¿Qué aporta este estudio a lo ya conocido?

Una planificación de ejercicio concurrente de 12 semanas a nivel hospitalario durante la pandemia por COVID-19 logró mantener o mejorar los valores antropométricos, capacidad aeróbica, función muscular y control metabólico en escolares y adolescentes con sobrepeso y obesidad.

Resumen

La pandemia por COVID-19 redujo la actividad física diaria en la población pediátrica, con efectos deletéreos sobre la antropometría, función muscular, capacidad aeróbica y control metabólico. **Objetivo:** determinar los efectos de un protocolo de ejercicio en escolares y adolescentes con sobrepeso y obesidad sobre la antropometría, función muscular, capacidad aeróbica y control metabólico, durante la pandemia por COVID-19. **Pacientes y Método:** 24 pacientes divididos en subgrupos de 1 (12S, n = 10) y 2 sesiones semanales (24S, n = 14). Previo y posterior a la ejecución del plan de ejercicio concurrente se evaluó antropometría, función muscular, capacidad aeróbica y exámenes bioquímicos metabólicos. Estadígrafos utilizados: ANOVA de dos vías, prueba de Kruskal-Wallis y *test post hoc* de Fisher. **Resultados:** Sólo el ejercicio bisemanal mejoró significativamente los parámetros antropométricos (IMC-z, circunferencia de cintura y razón cintura estatura). Las pruebas de función muscular

Palabras clave:

Obesidad;
Actividad Física;
Riesgo Cardiovascular;
Ejercicio Concurrente;
Pediatría;
COVID-19

(flexo-extensión de codos, salto largo a pies juntos, plancha prona) mejoraron en ambos grupos, al igual que la capacidad aeróbica, medida como $VO_{2\text{máximo}}$ y distancia recorrida en Shuttle 20 m run test. El índice HOMA sólo mejoró con el ejercicio bisemanal, sin cambios en perfil lipídico en ninguno de los grupos. **Conclusión:** Escolares y adolescentes con sobrepeso y obesidad mejoraron sus parámetros de función muscular y capacidad aeróbica tras 12 semanas de un programa de ejercicios concurrentes. El entrenamiento bisemanal mejora adicionalmente la antropometría e insulino-resistencia.

Abstract

The COVID-19 pandemic reduced daily physical activity in the pediatric population, with deleterious effects on anthropometry, muscle function, aerobic capacity, and metabolic control. **Objective:** Determine the changes in anthropometry, aerobic capacity, muscle function, and metabolic control of a 12-week concurrent training protocol in overweight and obese children and adolescents during the COVID-19 pandemic. **Patients and Method:** 24 patients participated and were divided into groups once a week (12S; n = 10) and twice a week (24S; n = 14). Anthropometry, muscle function, aerobic capacity, and metabolic biochemical tests were evaluated before and after the application of the concurrent training plan. Two-way ANOVA, Kruskal-Wallis test, and Fisher's post hoc test were used. **Results:** Only the twice times week training improved the anthropometrics parameters (BMI - z, waist circumference and waist to height ratio). The muscle function tests (push up, standing broad jump and prone plank), improved in both groups such as the aerobic capacity measured by $VO_{2\text{máximo}}$ and the runned distance in Shuttle 20m run test. The HOMA index only improved with twice times week training without changes in lipid profile in both groups. **Conclusions:** The 12S and 24S groups improved aerobic capacity and muscular function. Only the 24S improved anthropometric parameters and the HOMA index.

Keywords:

Obesity;
Physical Activity;
Cardiovascular Risk;
Concurrent Training;
Pediatrics; COVID-19

Introducción

La pandemia por la enfermedad del nuevo coronavirus (COVID-19) generó un impacto negativo sobre la cantidad de actividad física diaria en la población pediátrica, reportándose una reducción de 50%-60% en niñas, niños y adolescentes (NNA) de Norteamérica y Sudamérica¹⁻³. La evidencia pre pandémica demostró que aquellos NNA con mayor cantidad de actividad física diarias presentaron una mejor capacidad aeróbica⁴, perfil lipídico y control glicémico⁵. Al contrario, aquellos con menor cantidad evidenciaron valores negativos de índice de masa corporal (IMC) y función muscular⁶. De igual manera, literatura previa al COVID-19 concluyó que el entrenamiento interválico de alta intensidad⁷ mejoraba la capacidad aeróbica, así como las planificaciones exclusivas de fuerza mejoran la función muscular⁸. Concordantemente, planificaciones de ejercicio concurrente⁹, han demostrado mejoría en la capacidad aeróbica, fuerza y control metabólico. La evidencia en torno al impacto de planificaciones de ejercicio en NNA con sobrepeso y obesidad durante la pandemia por COVID-19 es escasa¹⁰. El objetivo fue determinar los efectos de una planificación de ejercicio concurrente sobre la antropometría, función muscular, capacidad aeróbica, perfil lipídico y control glicémico en NNA con sobrepeso y obesidad en contexto pandémico por COVID-19.

Pacientes y Método

Población y criterios de selección

Este estudio contó con aprobación del Comité de Ética del Servicio de Salud Metropolitano Sur (31-25042022) siguiendo las directrices de la declaración de Helsinki. Se recolectaron, a través de una base de datos anónima datos de pacientes intervenidos, durante el periodo comprendido entre el 25 de junio del 2020 al 17 de febrero del 2021. Los criterios de inclusión fueron NNA con sobrepeso (Índice de masa corporal por 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. Para selección definitiva se seleccionó pacientes con evaluación pre-participativa cardiovascular normal (*Vide Infra*). Los criterios de exclusión fueron: Deficiencia cognitiva moderada a severa, condición traumatológica que impidiera realizar ejercicio similar a su estado basal, enfermedad cardíaca severa y la no finalización del programa de ejercicio concurrente. Los pacientes fueron divididos en dos grupos según su disponibilidad de asistir 1 o 2 veces por semana a realizar la intervención de ejercicio concurrente durante 12 semanas: 12 y 24 sesiones (12S y 24S).

Diseño del estudio

Los pacientes que ingresaron fueron evaluados durante 3 días consecutivos previo y posterior al protocolo de ejercicio concurrente en el siguiente orden:

Día 1: Evaluación pre-participativa cardiovascular¹¹ y antropométrica (peso, talla, IMC IMC-z, circunferencia de cintura (CC) y razón cintura estatura (RCE).

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

Día 3: Perfil lipídico, glicemia, insulina e índice HOMA (modelo de evaluación de homeostasis) en ayuno de entre 8-12 horas.

Programa de entrenamiento

El grupo 12S y 24S realizaron una planificación de ejercicio concurrente de 12 semanas, la cual se desprende de una planificación reportada por Gálvez-Mazuela et al.¹². En ambas planificaciones la duración de la sesión fue de una hora, dividida en 30 min de ejercicio aeróbico y 30 min de ejercicio de fuerza. La planificación de ejercicio aeróbico se realizó con ejercicios 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 entre series a un índice de esfuerzo percibido 5-6 en la escala percepción de esfuerzo infantil¹³. A partir de la semana 3 y hasta la semana 12 se realizó entrenamiento interválico de alta intensidad en modalidad de circuito con la orden verbal de realizar los ejercicios a su máxima capacidad [por ejemplo, semana 4, día 1, objetivo: 20 rondas de entrenamiento interválico de alta intensidad, por lo cual, se destinaron 4 rondas para cada uno de los movimientos (trote, *skipping*, saltos de tijera, desplazamientos laterales y *burpees* adaptados)] objetivando la percepción de esfuerzo en 8-9 para fase de trabajo y en pausa activa de 5-6. El ejercicio de fuerza consistió en 6 tipos de ejercicios isotónicos: sentadillas y estocadas a 90°, saltos largos y verticales, flexo extensión de codos con apoyo de rodillas y fondos de tríceps con flexión de codos y rodillas a 90° y uno de tronco (isométrico): plancha prona, realizados con peso corporal a una intensidad de 5-6 medido por la escala percepción de esfuerzo para ejercicio de fuerza. El detalle de ambas planificaciones de ejercicio se presenta en la tabla 1.

Mediciones

Antropometría

Con una balanza de palanca y estadiómetro SECA® se midió peso y talla, con los datos obtenidos se calculó el IMC e IMC - z. La CC fue medida con cinta métrica inextensible, según el protocolo de Ruiz et al.¹⁴, la RCE se obtuvo dividiendo la CC por la talla. Las mediciones antropométricas estuvieron a cargo del médico deportólogo.

Función muscular

Flexo extensión de codos: Los pacientes 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 flexión de brazos en 90°¹⁵. Se consideró la cantidad máxima de repeticiones (rep) para el análisis datos.

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 datos¹⁶.

Salto largo a pies juntos: El paciente 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 ejecutaron tres intentos y la mejor puntuación en centímetros (cm) se consideró para el análisis de datos¹⁴.

Capacidad aeróbica

Shuttle 20m run test (20m SRT): Consistió en recorrer 20 metros de ida y vuelta a una velocidad incremental inicial de 8,5 km/hr, que aumentó 0,5 km/hr por minuto¹⁴. Se estimó el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máximo}}$) por medio de la fórmula de Leeger et al.¹⁷. Se utilizó el $VO_{2\text{máximo}}$ en ml/kg/min y los metros recorridos (m) durante el test para el análisis de datos.

Exámenes bioquímicos nutricionales

Las muestras de sangre venosa se recolectaron tras un ayuno de 8-12 horas. Los análisis de perfil lipídico y control glicémico fueron realizados por un tecnólogo médico especialista en el área, utilizando las siguientes técnicas:

Perfil lipídico: método de determinación enzimática 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.

Control glicémico: electro quimioluminiscencia para la insulina basal y hexoquinasa para la glicemia basal. El índice HOMA se calculó (insulinemia en ayunas (mU/L) x glicemia ayunas (mg/dL)) /405.

Escala percepción de esfuerzo infantil

Escala de esfuerzo percibido fue utilizada para cuantificar la sensación de esfuerzo físico causado por 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 incremental¹³.

Tabla 1. Planificaciones de ejercicio concurrente para escolares y adolescentes según programación de 12 o 24 sesiones de entrenamiento*Planificación ejercicio aeróbico**Grupo 12S*

| | | | | | | |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----------|-----------|--------------|
| Semanas | 1 | 2 | 3 | 4 - 5 - 6 | 7 - 8 - 9 | 10 - 11 - 12 |
| Días de trabajo semanal | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| IEP trabajo | 5-6 | 5-6 | 8-9 | 8-9 | 8-9 | 8-9 |
| IEP pausa activa | / | / | 5-6 | 5-6 | 5-6 | 5-6 |
| Relación AI:MI | / | / | 1:4 | 1:3 | 1:2 | 1:2 |
| TTT (min) | 30 | 30 | 20 | 20 | 20,25 | 9,75 |
| Intervalos EIAI | / | / | 16 | 20 | 27 | 13 |
| TT activo (min) | 30 | 30 | 4 | 5 | 6,75 | 3,25 |
| TT pausa activa (min) | / | / | 16 | 15 | 13,5 | 6,5 |

Grupo 24S

| | | | | | | |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----------|-----------|--------------|
| Semanas | 1 | 2 | 3 | 4 - 5 - 6 | 7 - 8 - 9 | 10 - 11 - 12 |
| Días de trabajo semanal | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| IEP trabajo | 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 | 1:3 | 1:2 |
| TTT (min) | 30 | 30 | 30 | 20 | 20 | 20,25 |
| Intervalos EIAI | / | / | / | 16 | 20 | 27 |
| TT activo (min) | 30 | 30 | 30 | 4 | 5 | 6,75 |
| TT pausa activa (min) | / | / | / | 16 | 15 | 13,5 |

*Planificación ejercicio de fuerza**Grupo 12S*

| | | | | |
|---|---------------|--------|--------|------------------|
| Semanas | 1 - 2 - 3 - 4 | 5 - 6 | 7 - 8 | 9 - 10 - 11 - 12 |
| Días de trabajo semanal | 1 | 1 | 1 | 1 |
| IEP trabajo | 5-6 | 5-6 | 5-6 | 5-6 |
| Serie por repeticiones ejercicios isotónicos | 2 x 10 | 3 x 8 | 3 x 10 | 3 x 12 |
| Serie por repeticiones ejercicios isométricos | 2 x 30 | 2 x 45 | 2 x 60 | 2 x 60 |

Grupo 24S

| | | | | |
|---|---------------|--------|--------|------------------|
| Semanas | 1 - 2 - 3 - 4 | 5 - 6 | 7 - 8 | 9 - 10 - 11 - 12 |
| Días de trabajo semanal | 1 | 2 | 1 | 2 |
| IEP trabajo | 5-6 | 5-6 | 5-6 | 5-6 |
| Serie por repeticiones ejercicios isotónicos. | 2 x 10 | 2 x 10 | 3 x 8 | 3 x 8 |
| Serie por repeticiones ejercicios isométricos | 2 x 30 | 2 x 30 | 2 x 45 | 2 x 45 |

IEP: Índice Esfuerzo Percibido; AI: Relación 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.

Escala percepción de esfuerzo ejercicio de fuerza

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 incremental¹⁸.

Análisis estadístico

Se determinó la normalidad de la muestra por medio del test de Shapiro-Wilk. Se utilizaron las pruebas

de t de student y Mann-Whitney para determinar las posibles diferencias en las características basales de las variables con distribución normal y no normal entre el grupo 12S y 24S. Los cambios experimentados intra grupo, tanto por el 12S y 24S, 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 12S y 24S posterior al ejercicio. Se realizó un análisis de tamaño del efecto (TE) para las variables con distribución normal¹⁹ y sin distribución normal²⁰, interpretado como $< 0,1$ trivial, $\leq 0,1$ a $< 0,3$ pequeño, $\leq 0,3$ a $< 0,5$ mediano y $\geq 0,5$ 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

No se registraron diferencias en las características basales entre los pacientes del grupo 12S y 24S previo a los protocolos de ejercicio concurrente (tabla 2). El grupo 12S constó inicialmente de 17 pacientes, de los

cuales 10 finalizaron el estudio ($11,7 \pm 1,6$ años; 4 sexo femenino y 6 sexo masculino). Así, su adherencia fue de 58,5%, con una asistencia de $85 \pm 14,3$ sesiones. El grupo 24S constó inicialmente de 23 pacientes, de los cuales 14 finalizaron el programa ($11,7 \pm 2,2$ años; 8 sexo femenino y 6 sexo masculino). Así, su adherencia fue 60,8%, con una asistencia de $74,7 \pm 13,1$ sesiones. Del grupo 12S, 5 retiradas ocurrieron durante las semanas 1-6 y 2 durante las semanas 7-12. Las causas fueron imposibilidad de los padres de llevar al paciente al programa de ejercicio (4), re agudización de patología de salud mental (2) y contagio de COVID-19 en la comunidad (1). Del grupo 24S, 9 retiradas ocurrieron durante las semanas 1-6 y 2 durante las semanas 7-12. Las causas fueron imposibilidad de llevar al paciente al programa de ejercicio (3), re agudización de patología de salud mental (1), infección tracto urinario (1), contagio COVID-19 en la comunidad (1), y sin datos del abandono (3).

Tabla 2. Características basales de escolares y adolescentes previo al inicio del programa de ejercicio concurrente

| Características | Grupo 1 vez por semana (n = 10) | Grupo 2 veces por semana (n = 14) | Valor p |
|---|------------------------------------|--------------------------------------|---------|
| Porcentaje de adherencia al programa | 58,8% | 60,8% | - |
| Porcentaje asistencia a las sesiones | $85,0 \pm 14,3$ | $74,7 \pm 13,1$ | 0,08 |
| Edad (años) | $11,7 \pm 1,6$ | $11,7 \pm 2,2$ | 0,98 |
| <i>Antropometría</i> | | | |
| Peso (kilogramos) | $74,7 \pm 15,8$ | $74,0 \pm 18,6$ | 0,92 |
| Talla (centímetros) | $156,9 \pm 11,4$ | $155,0 \pm 12,21$ | 0,70 |
| IMC (kilogramos/metro ²) | $29,9 \pm 2,8$ | $30,2 \pm 4,4$ | 0,83 |
| IMC - z (desviación estándar) | $2,93 \pm 0,42$ | $2,89 \pm 0,52$ | 0,87 |
| CC (centímetros) | $93,6 \pm 10,7$ | $94,0 \pm 11,0$ | 0,91 |
| RCE | $0,60 \pm 0,04$ | $0,60 \pm 0,06$ | 0,73 |
| <i>Función muscular</i> | | | |
| Flexo extensión de codos (repeticiones). | 1,5 (0,0 - 3,0) | 0,5 (0,0 - 3,0) | 0,61 |
| Plancha prona (segundos) | 30,4 (25,7 - 46,6) | 20,0 (13,4 - 40,7) | 0,13 |
| Salto a pies juntos (centímetros) | 115,0 (107,5 - 146,2) | 139,0 (114,7 - 145,2) | 0,24 |
| <i>Capacidad aeróbica</i> | | | |
| VO _{2máximo} estimado por Shuttle 20m-run test (milímetros/kg/min) | $37,2 \pm 1,8$ | $37,6 \pm 4,0$ | 0,79 |
| Distancia recorrida en Shuttle 20m-run test (metros) | $180,0 \pm 74,3$ | $200,0 \pm 47,7$ | 0,44 |
| <i>Perfil lipídico</i> | | | |
| Colesterol total (mg/dl) | $151,6 \pm 37,6$ | $159,9 \pm 40,4$ | 0,62 |
| Triglicéridos (mg/dl) | $108,4 \pm 39,9$ | $158,2 \pm 76,4$ | 0,07 |
| Colesterol LDL (mg/dl) | $85,8 \pm 30,4$ | $87,6 \pm 34,8$ | 0,90 |
| Colesterol HDL (mg/dl) | $44,2 \pm 8,0$ | $40,8 \pm 7,9$ | 0,33 |
| <i>Control glicémico</i> | | | |
| Insulina (mU/L) | 26,5 (18,8 - 35,5) | 26,3 (18,5 - 34,6) | 0,95 |
| Glicemia (mg/dl) | 95,5 (91,5 - 101,2) | 96,0 (91,0 - 98,2) | 0,55 |
| Índice HOMA | 6,1 (4,2 - 8,8) | 6,2 (5,2 - 7,9) | 0,97 |

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

Antropometría

No se registraron diferencias en las comparaciones múltiples del grupo 12S versus 24S para los cambios en peso, talla, IMC, IMC-z, CC y RCE. El peso incrementó en el grupo 12S en comparación al grupo 24S (3,2

$\pm 2,1$ kg vs. $0,8 \pm 2,1$ kg; $p = 0,001$; TE: 0,2). La talla se incrementó en el grupo 24S ($1,4 \pm 1,3$ cm vs. $0,6 \pm 0,8$ cm; $p = 0,001$; TE: 0,1). El IMC aumentó en el grupo 12S en comparación al 24S ($1,1 \pm 0,8$ kg/m² vs. $-0,1 \pm 0,8$ kg/m²; $p = 0,002$; TE: 0,4). El IMC-z aumentó $0,09 \pm 0,10$ DE; $p = 0,02$; TE: 0,05 en el grupo 12S, disminuyéndolo en $-0,07 \pm 0,13$ DE; $p = 0,033$; TE: 0,1 en el grupo 24S. La CC disminuyó en el grupo 24S en relación al 12S ($-3,0 \pm 2,8$ cm vs. $-0,6 \pm 3,7$ cm; $p = 0,0018$; TE: 0,1). La RCE disminuyó en el grupo 24S en comparación al grupo 12S ($-0,02 \pm 0,01$ puntos vs. $-0,01 \pm 0,03$ puntos; $p = 0,0052$; TE: 0,3).

Función muscular

No se registraron diferencias en las comparaciones múltiples del grupo 12S versus 24S en las variables de flexo extensión de codos, plancha prona y salto largo a pies juntos. La prueba de flexo-extensión de codos (figura 1A) mejoró para el grupo 12S 3,0 rep [(0,7-7,0 rep; TE: 0,8 ($p = 0,0234$)), como para el grupo 24S 8,2 rep [(2,7-10,2 rep; TE: 1,0 ($p = 0,0001$)). Lo mismo ocurrió con la plancha prona (figura 1B), que evidenció aumentos tanto para el grupo 12S 37,0 s [(28,1-63,2 s; TE: 1,0 ($p = 0,0005$)), como para el grupo 24S 58,7 s [(46,5 - 109,7 s; TE: 1,0 ($p = 0,0001$)). De igual manera, el salto largo a pies juntos (figura 1C) experimentó un aumento de 15,0 cm [(0,0-31,0 cm en el grupo 12S; TE: 0,8 ($p = 0,0391$)) y de 22,0 cm [(2,5-28,7 cm; TE: 0,9 ($p = 0,0005$)) en el grupo 24S.

Capacidad aeróbica

No se evidenciaron diferencias en las comparaciones múltiples del grupo 12S versus 24S para el $VO_{2\text{máximo}}$ estimado por el 20m SRT, tampoco para los metros recorridos durante el test. Ambos grupos 12S y 24S aumentaron el $VO_{2\text{máximo}}$ $0,9 \pm 1,2$ ml/kg/min; $p = 0,037$; TE: 0,4 vs. $1,2 \pm 1,8$ ml/kg/min; $p = 0,029$; TE: 0,3 respectivamente (figura 2A). La distancia recorrida en el test aumentó en $44,0 \pm 30,7$ metros recorridos; $p = 0,002$; TE: 0,6 vs. $40,0 \pm 58,1$ metros recorridos; $p = 0,005$; TE: 0,8 para el grupo 12S y 24S respectivamente (figura 2B).

Exámenes bioquímicos nutricionales

Perfil lipídico

No se evidenciaron diferencias en las comparaciones múltiples para el grupo 12S versus 24S en las variables de colesterol total, triglicéridos, colesterol LDL y colesterol HDL. No se registraron cambios en colesterol total, triglicéridos, colesterol LDL y colesterol HDL tanto para el grupo 12S y 24S (tabla 3).

Control glicémico

No existieron diferencias en las comparaciones múltiples para el grupo 12S versus 24S para las varia-

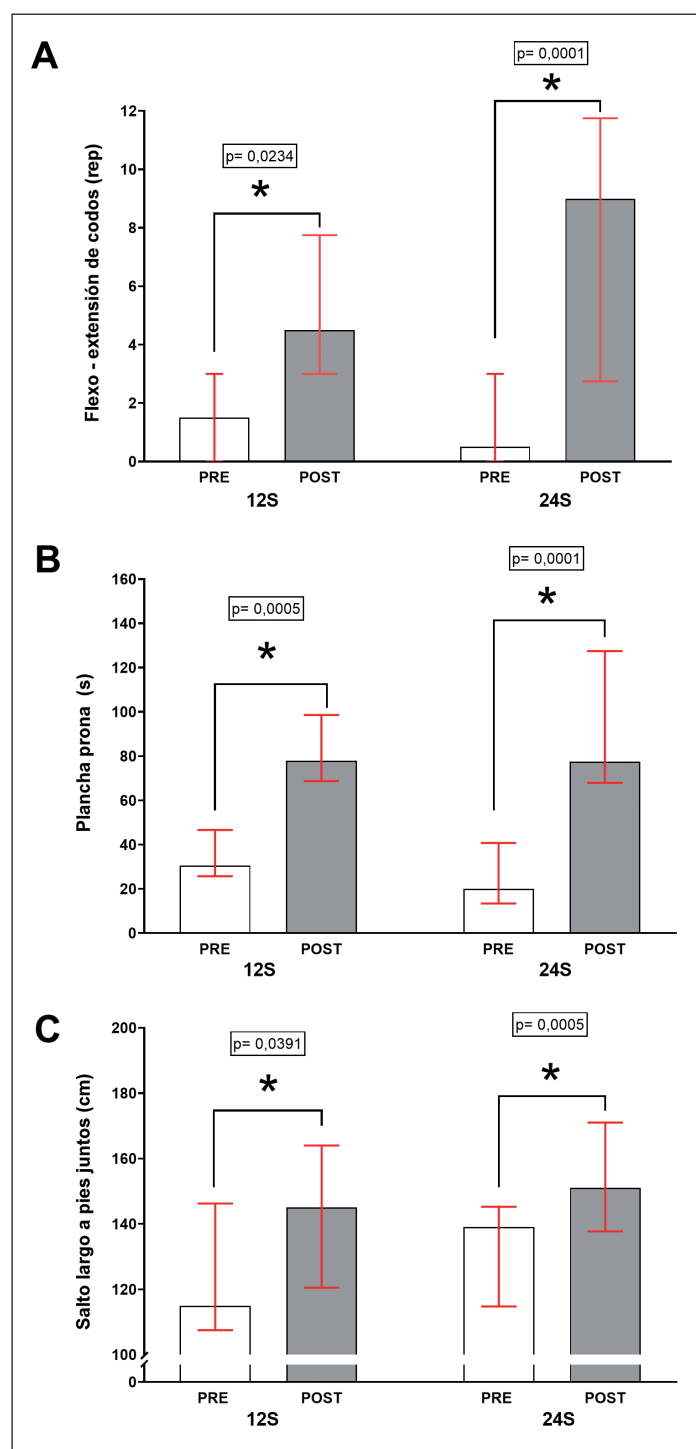


Figura 1. Función muscular medida como flexo extensión de codos (A); plancha prona (B); y salto largo a pies juntos (C), tras programa de entrenamiento de ejercicio concurrente de 12 y 24 sesiones (12S y 24S) (12 sesiones). Resultados expresados como mediana (RIC). * $p < 0,05$ respecto a basal.

bles de insulina, glicemia e índice HOMA. Sin cambios en insulina y glicemia para el grupo 12S y 24S (tabla 3). Por otro lado, el índice HOMA disminuyó en el grupo 24S en comparación al grupo 12S $[(-0,2 \text{ } (-1,1-0,0 \text{ vs. } -0,3 \text{ } (-1,9-0,4)); p = 0,01; TE: 0,8)]$.

Discusión

Nuestro principal hallazgo fue que la planificación de ejercicio concurrente mejoró la capacidad aeróbica y función muscular tras 12 y 24 semanas de entrenamiento en escolares y adolescentes con sobrepeso y obesidad en contexto pandémico. Adicionalmente, el programa de 24S mejoró múltiples parámetros antropométricos, y control glicémico, lo que no se evidenció con programa 12S.

En relación a la antropometría, el grupo 12S evidenció cambios negativos en peso, IMC e IMC-z, lo cual se encuentra en línea con otros estudios^{21,22} por lo cual, los 60 minutos de ejercicio físico semanal del grupo 12S no son suficientes para impactar sobre las características mencionadas. Por otro lado, el grupo 24S no generó cambios en el peso e IMC, mostrando cambios positivos en IMC-z, CC y RCE, similares a estudios realizados previo a la pandemia por COVID-19²³. Considerando que la tendencia es al empeoramiento de las variables mencionadas^{21,22}, la mantención (peso e IMC) y mejora (IMC-z, CC y RCE) de las variables de riesgo cardiovascular plantea la idea de una dosis mínima de ejercicio para mantención de la salud cardiovascular en este contexto.

Tras la planificación de ejercicio concurrente tanto el grupo 12S como 24S lograron efectos positivos sobre la función muscular. Nuestros resultados se encuentran en línea con lo reportado en la literatura, apoyando la noción de que los ejercicios de fuerza realizados dos veces a la semana presentarán mayores mejorías en la función muscular que los realizados 1 vez a la semana^{24,25}. Tanto el grupo 12S como el 24S logran mejoras en función muscular respaldadas por grandes tamaños del efecto. Esto podría deberse al pobre nivel de función muscular que evidencian ambos grupos en su basal, con rendimientos que se encuentran por debajo del percentil 10 para el sexo y edad en las pruebas de flexo extensión de codo en comparación a población española²⁶, plancha prona en comparación a una población norteamericana²⁷ o salto largo a pies juntos en relación a población española y sudamericana^{26,28}. Siguiendo la misma línea, se ha demostrado que sujetos no entrenados tienen la capacidad de generar amplias ganancias en función muscular con pequeñas dosis de ejercicio de fuerza^{29,30}.

Ambas planificaciones de ejercicio concurrente (12S y 24S) lograron mejorar las variables de capacidad

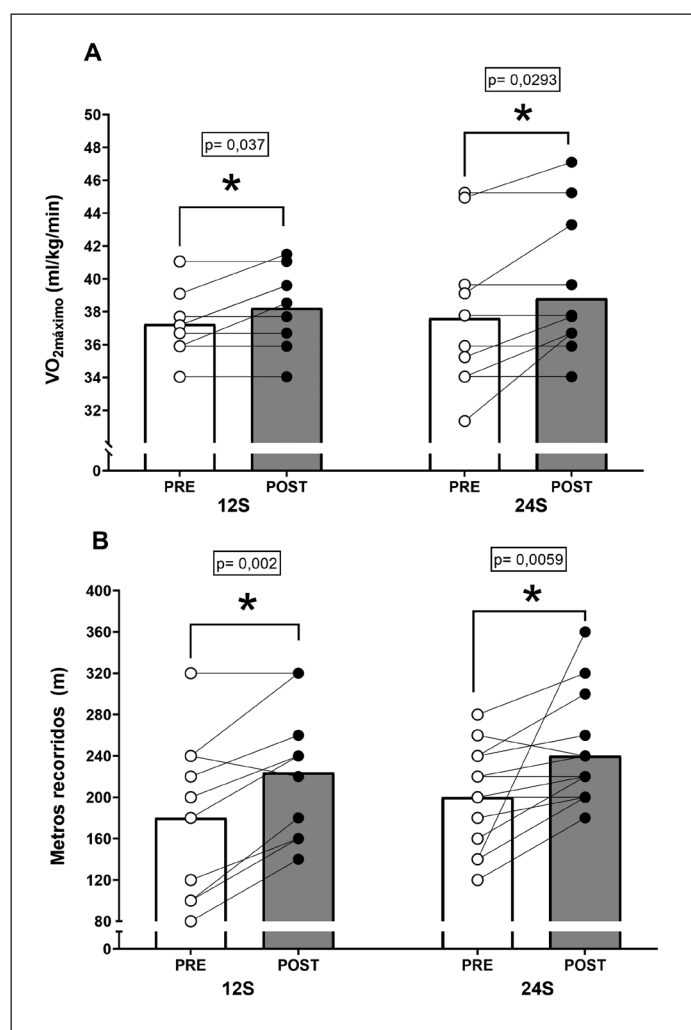


Figura 2. Cambios temporales individuales en la capacidad aeróbica medido como consumo máximo de oxígeno estimado por *Shuttle 20m run test* (A); y metros recorridos en *Shuttle 20m run test* (B) tras programa de entrenamiento de ejercicio concurrente de 12 y 24 sesiones (12S y 24S) (12 sesiones). * $p < 0,05$ respecto a basal.

aeróbica, tales como VO₂máximo estimado por 20m SRT y metros recorridos durante la prueba. Los resultados del grupo 24S se condicen con estudios previos reportados, en donde tras 10 semanas, dos veces a la semana de ejercicio concurrente en población pediátrica con obesidad el VO₂máximo estimado por 20m SRT aumentó en 1,3 ml/kg/min³¹, interesantemente la frecuencia de ejercicio concurrente de 1 vez por semana en una población pediátrica de similares características no generó mejoras en el VO₂máximo³², esto podría deberse a que los investigadores proponen un ejercicio aeróbico continuo de moderada intensidad, mientras que nuestra planificación contempla entrenamiento interválico de alta intensidad, el cual, ha demostrado tener mayor impacto en la mejora del VO₂máximo^{7,33}, en NNA normopeso, sobrepeso y con obesidad.

Tabla 3. Resultados de la aplicación de un protocolo de ejercicio concurrente de 12 y 24 semanas sobre antropometría, capacidad aeróbica, función muscular, perfil lipídico y control glucémico

| Características | Grupo 12S | | | | Grupo 24S | | | |
|---|--------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|---------------|
| | Valores pre Intervención | Valores post Intervención | Diferencia Pre - post | Valor de p | Valores pre Intervención | Valores post Intervención | Diferencia Pre - post | Valor de p |
| <i>Antropometría</i> | | | | | | | | |
| Peso (kilogramos) | 74,7 ± 15,8 | 78,0 ± 15,9 | 3,2 ± 2,1 | 0,001 | 74,0 ± 18,6 | 74,9 ± 18,6 | 0,8 ± 2,1 | 0,15 |
| Talla (centímetros) | 156,9 ± 11,4 | 157,6 ± 11,7 | 0,6 ± 0,8 | 0,06 | 155,0 ± 12,2 | 156,5 ± 11,9 | 1,4 ± 1,3 | 0,001 |
| IMC (kilogramos/metro ²) | 29,9 ± 2,8 | 31,0 ± 2,7 | 1,1 ± 0,8 | 0,002 | 30,2 ± 4,4 | 30,1 ± 4,6 | -0,1 ± 0,8 | 0,54 |
| IMC - z (desviación estándar) | 2,93 ± 0,42 | 3,01 ± 0,38 | 0,09 ± 0,10 | 0,02 | 2,89 ± 0,52 | 2,82 ± 0,60 | -0,07 ± 0,13 | 0,03 |
| CC (centímetros) | 93,6 ± 10,7 | 92,9 ± 8,2 | -0,6 ± 3,7 | 0,30 | 94,0 ± 11,0 | 91,0 ± 9,7 | -3,0 ± 2,8 | 0,001 |
| RCE | 0,60 ± 0,04 | 0,59 ± 0,02 | -0,01 ± 0,03 | 0,73 | 0,60 ± 0,06 | 0,58 ± 0,05 | -0,02 ± 0,02 | 0,005 |
| <i>Función muscular</i> | | | | | | | | |
| Flexo extensión de codos (repeticiones) | 1,5 (0,0 - 3,0) | 4,5 (3,0 - 7,7) | 3,0 (0,7 - 7,0) | 0,02 | 0,5 (0,0 - 3,0) | 9,0 (2,7 - 11,7) | 6,0 (2,7 - 10,2) | 0,0001 |
| Plancha prona (segundos) | 30,4 (25,7 - 46,6) | 77,8 (68,7 - 98,6) | 37,0 (28,1 - 63,2) | 0,0005 | 20,0 (13,4 - 40,7) | 77,6 (67,9 - 127,5) | 58,7 (46,5 - 109,7) | 0,0001 |
| Salto a pies juntos (centímetros) | 115,0 (107,5 - 146,2) | 145,0 (120,5 - 164,0) | 15,0 (0,0 - 31,0) | 0,03 | 139,0 (114,7 - 145,2) | 151,0 (137,7 - 171,0) | 22,0 (2,5 - 28,7) | 0,0005 |
| <i>Capacidad aeróbica</i> | | | | | | | | |
| VO ₂ máximo estimado por Shuttle 20 m-run test (milímetros/kilogramo/minuto) | 37,2 ± 1,8 | 38,2 ± 2,2 | 0,9 ± 1,2 | 0,03 | 37,6 ± 4,0 | 38,8 ± 3,9 | 1,2 ± 1,8 | 0,02 |
| Distancia recorrida en Shuttle 20 m-run test (metros) | 180,0 ± 74,3 | 224,0 ± 61,1 | 44,0 ± 30,7 | 0,002 | 200,0 ± 47,7 | 240,0 ± 52,6 | 40,0 ± 58,1 | 0,005 |
| <i>Perfil lipídico</i> | | | | | | | | |
| Colesterol total (mg/dl) | 151,6 ± 37,6 | 150,6 ± 30,0 | -1,0 ± 20,0 | 0,88 | 159,9 ± 40,4 | 160,5 ± 42,0 | 0,5 ± 25,0 | 0,93 |
| Triglicéridos (mg/dl) | 108,4 ± 39,9 | 114,0 ± 46,0 | 5,6 ± 22,9 | 0,48 | 158,2 ± 76,4 | 157,8 ± 59,2 | -0,3 ± 53,7 | 0,97 |
| Colesterol LDL (mg/dl) | 85,8 ± 30,4 | 85,4 ± 25,2 | -0,4 ± 16,7 | 0,94 | 87,6 ± 34,8 | 83,5 ± 36,3 | -4,1 ± 15,0 | 0,34 |
| Colesterol HDL (mg/dl) | 44,2 ± 8,0 | 42,4 ± 6,8 | -1,8 ± 3,8 | 0,19 | 40,8 ± 7,9 | 42,2 ± 8,8 | 1,3 ± 4,9 | 0,32 |
| <i>Control glucémico</i> | | | | | | | | |
| Insulina (mU/L) | 26,5 (18,8 - 35,5) | 26,1 (20,0 - 31,2) | -0,6 (-7,0 - 1,8) | 0,49 | 26,3 (18,5 - 34,6) | 24,4 (17,3 - 31,6) | -4,0 (-10,1 - 2,8) | 0,17 |
| Glicemia (mg/dl) | 95,5 (91,5 - 101,2) | 92,5 (87,2 - 99,2) | -1,00 (-8,7 - 3,0) | 0,28 | 96,0 (91,0 - 98,2) | 93,0 (89,0 - 98,0) | -1,5 (-4,5 - 3,2) | 0,67 |
| Índice HOMA | 6,1 (4,2 - 8,8) | 5,6 (4,7 - 7,9) | -0,3 (-1,9 - 0,4) | 0,32 | 6,2 (5,2 - 7,9) | 5,4 (4,0 - 7,1) | -0,2 (-1,1 - 0,0) | 0,01 |

Media ± Desviación estándar; Mediana (Rango Inter cuartil); IMC: Índice de masa corporal; CC: Circunferencia de Cintura; RCE: Razón Cintura Estatura; VO₂ máximo: Consumo Máximo de Oxígeno; mg/dl: miligramos/decilitro; LDL: Lipoproteína de baja densidad; HDL: Lipoproteína de alta densidad; mU/L: miliunidades/litro; zIMC: Índice de masa corporal calculado por puntaje z-score; HOMA: Modelo de evaluación de la homeostasis.

El perfil lipídico no evidenció cambios en el grupo 12S y 24S en las variables de colesterol total, triglicéridos, colesterol LDL, ni tampoco colesterol HDL, resultados que se encuentran en consonancia con lo reportado en el meta análisis de Escalante et al.³⁴, en el cual, tres días a la semana o 180 minutos semanales se determinó como la dosis mínima de ejercicio para lograr cambios en el perfil lipídico de NNA con sobrepeso y obesidad. Se han reportado estudios que demuestran aumentos de 9,5 mg/dl en colesterol total, 39,9 mg/dl en triglicéridos y 8,9 mg/dl en colesterol LDL, durante la pandemia por COVID-19³⁵, por lo cual, la no existencia de cambios en los grupos 12S y 24S en colesterol total, triglicéridos y colesterol LDL, evidenciaron un factor protector otorgado por la planificación de ejercicio concurrente en NNA con sobrepeso y obesidad durante la pandemia por COVID-19.

Post intervención el grupo 12S no experimentó cambios en insulina, glicemia e índice HOMA, por otro lado, el grupo 24S solo reflejó cambios positivos en el índice HOMA. Estudios de revisión³⁶, mostraron que la dosis mínima de ejercicio de dos veces a la semana, logró cambios en el control glicémico, explicando la no variación encontrada en el grupo 12S. De la misma manera, el grupo 24S no logra cambios en la glicemia plasmática, resultados similares reportados por otros investigadores³⁷. Por otro lado, el grupo 24S mejoró el índice HOMA. Nuestros resultados van en consonancia con los reportados por Kim et al.³⁸ que tras 12 semanas de ejercicio concurrente el índice HOMA disminuyó de 1,5 (1,4-4,0) a 1,0 (0,8-1,4). La evidencia demuestra que de igual manera la insulina debió disminuir^{37,38}, si bien, en nuestro estudio la insulina disminuyó y presenta un tamaño del efecto moderado, esta no alcanza significancia estadística. Existe evidencia contundente que el control glicémico fue impactado negativamente durante la pandemia por COVID-19^{35,39}, es por esto, que los resultados tanto del grupo 12S y 24S en glicemia, insulina e índice HOMA reflejan que la planificación de ejercicio concurrente de 12 semanas, ejerció un efecto protector en estas variables en NNA con sobrepeso y obesidad.

Debemos destacar que nuestro estudio determinó de una dosis mínima de ejercicio concurrente como

factor protector en variables de riesgo cardiovascular en NNA con sobrepeso y obesidad, incluso en un contexto de un aumento del tiempo sedentario y mínima actividad física. Creemos fundamental la aplicación de protocolos de ejercicio concurrente como parte de un proceso de innovación en los centros de salud pública del país para el manejo del sobrepeso y obesidad en NNA.

Limitaciones

1. Utilizamos edad cronológica y no edad biológica; durante la transición puberal existen cambios músculo esqueléticos, endocrinos y metabólicos que afectan las respuestas al ejercicio; 2. Ausencia de control nutricional de los pacientes durante la intervención.

Conclusiones

La planificación de ejercicio concurrente 12S mejora la capacidad aeróbica y función muscular. La planificación de 24S mejora adicionalmente la antropometría, e índice HOMA en NNA 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: Este estudio ha sido aprobado por el Comité de Ética de Investigación correspondiente. Los autores declaran que la información ha sido obtenida de datos previos en forma anonimizada.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias

- Dunton GF, Do B, Wang SD. Early effects of the COVID-19 pandemic on physical activity and sedentary behavior in children living in the U.S. *BMC Public Health*. 2020;20:1351.
- Moore SA, Faulkner G, Rhodes RE, et al. Impact of the COVID-19 virus outbreak on movement and play behaviours of Canadian children and youth: a national survey. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2020;17:85.
- Aguilar-Farias N, Toledo-Vargas M, Miranda-Marquez S, et al. Sociodemographic Predictors of Changes in Physical Activity, Screen Time, and Sleep among Toddlers and Preschoolers in Chile during the COVID-19 Pandemic. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;18:176.
- Dencker M, Andersen LB. Accelerometer-measured daily physical activity related to aerobic fitness in children and adolescents. *J Sports Sci*. 2011;29:887-95.
- Tarp J, Child A, White T, et al. Physical activity intensity, bout-duration, and cardiometabolic risk markers in children and adolescents. *Int J Obes (Lond)*. 2018;42:1639-50.

6. Andrew PHNA, King, Timothy PA. The Contribution of Physical Activity and Sedentary Behaviours to the Growth and Development of Children and Adolescents. Implications for Overweight and Obesity. *Sports Med.* 2007;37:533-45.
7. Cao M, Quan M, Zhuang J. Effect of High-Intensity Interval Training versus Moderate-Intensity Continuous Training on Cardiorespiratory Fitness in Children and Adolescents: A Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16:1533.
8. Alberga AS, Sigal RJ, Kenny GP. A Review of Resistance Exercise Training in Obese Adolescents. *Phys Sportsmed.* 2011;39:50-63.
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;52:161-6.
10. Vandoni M, Codella R, Pippi R, et al. Combatting Sedentary Behaviors by Delivering Remote Physical Exercise in Children and Adolescents with Obesity in the COVID-19 Era: A Narrative Review. *Nutrients.* 2021;13:4459.
11. 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.
12. Galvez-Mazuela E, Cifuentes-Silva E, González-Escalona F, et al. Efectos de una planificación de ejercicio concurrente de 12 semanas en niños, niñas y adolescentes con sobrepeso y obesidad. *Andes Pediatr.* 2022;93:658-67.
13. Rodriguez-Nunez I, Manterola C. Initial validation of the scale of perceived exertion (EPInfant) in Chilean children. *Biomedica.* 2016;36:29-38.
14. Ruiz JR, Romero VE, Piñero JC, et al. Bateria 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.
15. Ajisafe T. Association between 90° push-up and cardiorespiratory fitness: cross-sectional evidence of push-up as a tractable tool for physical fitness surveillance in youth. *BMC Pediatr.* 2019;19:458.
16. 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.
17. Leger LA, Mercier D, Gadoury C, et al. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci.* 1988;6:93-101.
18. Robertson RJ, Goss FL, Andreacci JL, et al. Validation of the Children's OMNI-Resistance Exercise Scale of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37:819-26.
19. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2a ed. L. Erlbaum Associates; 1988;179-213.
20. Kerby DS. The Simple Difference Formula: An Approach to Teaching Nonparametric Correlation. *Comprehensive Psychology* 2014;3.
21. Karatzis K, Poulia KA, Papakonstantinou E, et al. The Impact of Nutritional and Lifestyle Changes on Body Weight, Body Composition and Cardiometabolic Risk Factors in Children and Adolescents during the Pandemic of COVID-19: A Systematic Review. *Children (Basel).* 2021;8:1130.
22. Maltoni G, Zioutas M, Deiana G, et al. Gender differences in weight gain during lockdown due to COVID-19 pandemic in adolescents with obesity. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2021;31:2181-5.
23. Psaltopoulou T, Tzanninis S, Ntanasis-Stathopoulos I, et al. Prevention and treatment of childhood and adolescent obesity: a systematic review of meta-analyses. *World J Pediatr.* 2019;15:350-81.
24. Faigenbaum AD, Milliken LA, Loud RL, et al. Comparison of 1 and 2 days per week of strength training in children. *Res Q Exerc Sport.* 2002;73:416-24.
25. 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;33:547-61.
26. Castro-Piñero J, González-Montesinos JL, Mora J, et al. Percentile Values for Muscular Strength Field Tests in Children Aged 6 to 17 Years: Influence of weight status. *J Strength Cond Res.* 2009;23:2295-310.
27. Laurson KR, Saint-Maurice PF, Welk GJ, et al. Reference Curves for Field Tests of Musculoskeletal Fitness in U.S. Children and Adolescents: The 2012 NHANES National Youth Fitness Survey. 2017;31:2075-82.
28. Vidarte-Claros J, Vélez-Alvarez C, Arango-Arenas A, et al. Valores percentiles de la condición física saludable en escolares. *Retos.* 2022;43:162-70.
29. Rhea MR, Alvar BA, Burkett LN, et al. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35:456-64.
30. Faigenbaum AD, Loud RL, O'connell J, et al. Effects of Different Resistance Training Protocols on Upper-Body Strength and Endurance Development in Children. *J Strength Cond Res.* 2001;15:459-65.
31. Alves ASR, Venancio TL, Honorio SAA, et al. Multicomponent training with different frequencies on body composition and physical fitness in obese children. *An Acad Bras Cienc.* 2019;91:e20181264.
32. Hagstromer M, Elmberg K, Marild S, et al. Participation in organized weekly physical exercise in obese adolescents reduced daily physical activity. *Acta Pediatr.* 2009;98:352-4.
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;17:531-40.
34. Escalante Y, Saavedra JM, Garcia-Hermoso A, et al. Improvement of the lipid profile with exercise in obese children: a systematic review. *Prev Med.* 2012;54:293-301.
35. Kim ES, Kwon Y, Choe YH, et al. COVID-19-related school closing aggravate obesity and glucose intolerance in pediatric patients with obesity. *Sci Rep.* 2021;11:5494.
36. Kim Y, Park H. Does Regular Exercise without Weight Loss Reduce Insulin Resistance in Children and Adolescents? *Int J Endocrinol.* 2013;2013:402592.
37. Jeon JY, Han J, Kim HJ, et al. The combined effects of physical exercise training and detraining on adiponectin in overweight and obese children. *Integr Med Res.* 2013;2:145-50.
38. Kim HJ, Lee S, Kim TW, et al. Effects of exercise-induced weight loss on acylated and unacylated ghrelin in overweight children. *Clin Endocrinol (Oxf).* 2008;68:416-22.
39. Cheng HP, Wong JSL, Selveindran NM, et al. Impact of COVID-19 lockdown on glycaemic control and lifestyle changes in children and adolescents with type 1 and type 2 diabetes mellitus. *Endocrine.* 2021;73:499-506.