



Universidad de Jaén

Escuela de Doctorado

TESIS DOCTORAL

**Efectos de un entrenamiento
interválico de alta intensidad (HIIT) en
escolares chilenos durante las clases de
Educación Física**

RESENTADA POR:

José Miguel Espinoza Silva

DIRIGIDA POR:

Juan Antonio Párraga Montilla

Pedro Ángel Latorre Román

Cristian Martínez Salazar

JAÉN, 16 de octubre de 2023



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Prof. Dr. Pedro Ángel Latorre Román

Catedrático de Universidad

Dpto. Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal

**PEDRO ÁNGEL LATORRE ROMÁN, CATEDRÁTICO DE LA
UNIVERSIDAD DE JAÉN**

CERTIFICA:

Que la Tesis Doctoral titulada “Efectos de un entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) en escolares chilenos durante las clases de Educación Física”, que presenta JOSÉ MIGUEL ESPINOZA SILVA al superior juicio del Tribunal que designe la Universidad de Jaén, ha sido realizada bajo mi dirección durante los años 2018-2023, siendo expresión de la capacidad técnica e interpretativa de su autor en condiciones tan aventajadas que le hacen merecedora del Título de Doctor, siempre y cuando así lo considere el citado Tribunal.

En Jaén, 5 octubre de 2023

Dr. Pedro Ángel Latorre Román



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Prof. Dr. Juan Antonio Párraga Montilla

Profesor Titular de Universidad

Dpto. Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal

**JUAN A. PÁRRAGA MONTILLA, PROFESOR TITULAR DE LA
UNIVERSIDAD DE JAÉN**

CERTIFICA:

Que la Tesis Doctoral titulada: “Efectos de un entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) en escolares chilenos durante las clases de Educación Física”, que presenta JOSÉ MIGUEL ESPINOZA SILVA al superior juicio del Tribunal que designe la Universidad de Jaén, ha sido realizada bajo mi dirección durante los años 2018-2023, siendo expresión de la capacidad técnica e interpretativa de su autor en condiciones tan aventajadas que le hacen merecedora del Título de Doctor, siempre y cuando así lo considere el citado Tribunal

En Jaén, 5 de octubre de 2023

Juan Antonio Párraga Montilla



Profesor Doctor

Dpto. de Educación Física, recreación y deportes

CRISTIAN P. MARTÍNEZ SALAZAR, CATEDRÁTICO UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA

CERTIFICA:

Que la Tesis Doctoral titulada: “Efectos de un entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) en escolares chilenos durante las clases de Educación Física”, que presenta JOSÉ MIGUEL ESPINOZA SILVA al superior juicio del Tribunal que designe la Universidad de Jaén, ha sido realizada bajo mi dirección durante los años 2018-2023, siendo expresión de la capacidad técnica e interpretativa de su autor en condiciones tan aventajadas que le hacen merecedora del Título de Doctor, siempre y cuando así lo considere el citado Tribunal

En Jaén, 5 de octubre de 2023

Cristian Pablo Martínez Salaza

ÍNDICE

1.- Listado de publicaciones	7
2.- Resumen	8
3.- Abreviaturas	13
4.- Introducción	14
4.1. ¿Qué es la obesidad infantil y cuales son los factores predictores?.....	14
4.2. ¿Qué factores pueden ser causantes de obesidad?	15
4.3. La obesidad infantil, ¿consecuencias inmediatas y futuras en la salud física y mental?	16
4.4. Obesidad y su repercusión en la Condición Física	17
4.5. ¿Cuáles son los factores modificables que influirían en una disminución de la obesidad infantil?.....	18
4.6. Actividad Física y su influencia para revertir la obesidad infantil	20
4.7. El entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT) y su impacto en la salud	21
4.8. La capacidad aeróbica y relación con es Riesgo Cardiometabólico	22
5. - Referencias bibliográficas	24
6.- Objetivos	32
6.1. Objetivo general.....	32
6.2. Objetivos específicos	32
6.3. Overall.....	32
6.4. Specifically	32
7.- Material y métodos	34
7.1. Consideraciones éticas	35
7.2. Instrumentos de evaluación.....	36
8.- Resultados	38
9.- Conclusión	116
10.- Limitaciones y fortalezas	120
11.- Perspectivas futuras de estudio	122
12.- Curriculum vitae	123
13. Agradecimientos	126

1.- Listado de publicaciones

La presente memoria de Tesis Doctoral está compuesta por los siguientes artículos científicos:

I.- Espinoza-Silva, M., Latorre-Román, P. Á., Párraga-Montilla, J., Caamaño-Navarrete, F., Jerez-Mayorga, D., & Delgado-Floody, P. (2019). Respuesta en escolares con obesidad al ejercicio intervalado de alta intensidad aplicado en el contexto escolar. *Endocrinología, Diabetes y Nutrición*, 66(10), 611-619

II.- Espinoza-Silva, M., & Aguilar-Farías, N. (2015). Estado nutricional y capacidad física en escolares de 4 a 7 años en un establecimiento escolar público de Chile, 2014. *Nutrición Hospitalaria*, 32(1), 69-74.

III.- Cabrera Linares J., Latorre Román P., Párraga Montilla J., Martínez Salazar., Espinoza Silva M. Is High Intensity Interval Training (HIIT) a feasible method to improve anthropomorphic and cardiometabolic parameters in preschool children? Sometido para publicación.

IV.- Espinoza Silva, J. M., Latorre Román, P. Á., Cabrera Linares, J. C., Párraga Montilla, J. A., & Martínez Salazar, C. (2023). Effects of a High Intensity Interval Training (HIIT) Program on Anthropomorphic and Cardiometabolic Variables in School Children with Overweight and Obesity. *Children*, 10(2), 317.

V.- Pedro A Latorre Román, Cristian Martínez Salazar, Juan A Párraga Montilla, José Carlos Cabrera Linares, Karina E. Andrade-Lara, Alejandro Robles Fuentes, José Miguel Espinoza Silva. References values of the 6-minute walking test in Chilean children age 3-10 years and relationship with cardiometabolic risk. Sometido para publicación.

2.- Resumen

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la prevalencia de la obesidad (OB) infantil ha experimentado un preocupante aumento a nivel global en las últimas décadas. La Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) ha destacado que Chile se encuentra entre los países asociados con una de las tasas más altas de OB infantil. De acuerdo con proyecciones de la OCDE, se estima que aproximadamente el 75% de los niños que padecen OB en Chile desarrollarán alguna patología derivada de esta condición en la edad adulta [1].

Informes internacionales señalan que, de entre todos los problemas de salud pública, uno de los más graves del siglo XXI son el sobrepeso (SP) y la OB infantil. Su prevalencia provoca un incremento de riesgo a desarrollar de manera temprana enfermedades cardiometabólicas, renales, y hepáticas, así como varios tipos de cáncer, generando un deterioro en la calidad de vida y reducción de la esperanza de vida de los niños que lo presentan [2].

La Organización Panamericana de la Salud (OPS), en conjunto con la OMS, ha elaborado para el horizonte del 2030 la Guía: *Hacer que todas las escuelas sean promotoras de la salud* [3], y en este contexto, dados los altos niveles de sobrepeso y OB, las escuelas están llamadas a tomar medidas de prevención e intervención a través de programas multifactoriales, en coherencia con la etiología de los problemas, como ambientales, genéticos, biológicos y socioeconómicos. Así como, garantizar una vida saludable a nuestros niños debe ser una prioridad.

En Chile, los estudiantes que ingresan al sistema escolar en niveles preescolares ya presentan niveles significativos de malnutrición por exceso de alimentación (pre kínder 48,2%; Kinder 50,9%). Del mismo modo, en primero básico el indicador corresponde a un 53,6%. A medida que avanzan en los niveles escolares, los estudiantes de quinto básico muestran la mayor prevalencia de OB y OB severa en comparación con otros cursos (65,8%). Esto coincide con el período en el que los estudiantes están experimentando significativos cambios físicos y emocionales asociados con la entrada a la adolescencia. Además, se ha observado un aumento continuo de la OB y la OB severa en el primer año de educación media (50,3%). En esta línea, es importante destacar que los estudiantes con un mayor índice de vulnerabilidad presentan un riesgo significativamente mayor, con un 18,9% de probabilidad de desarrollar ob [4]. Así

mismo, se ha observado una mayor prevalencia de OB en las regiones del sur del país, tanto antes de la pandemia como después, lo que sugiere la necesidad de abordar este problema nutricional en estas áreas geográficas.

Chile cuenta con normativa, políticas y programas para combatir la OB escolar, en el contexto del monitoreo nutricional, basándose en el Mapa Nutricional de Junaeb. Uno de los tantos programas que tiene en desarrollo la política gubernamental, donde destaca el *Plan Nacional de Actividad Física Escolar-Programa Elige Vivir Sano en tu Escuela*: que busca disminuir el déficit de actividad psicomotriz en niños de 4 a 7 años y la inactividad física entre los 8 y 18 años al interior de las escuelas y liceos, mediante el aumento y mejora de los tiempos en que los estudiantes realizan actividad física (AF) en la jornada escolar. Es un fondo concursable para que las escuelas puedan desarrollar talleres deportivos que fomenten la AF escolar [5].

Estudios previos han concluido que los programas de entrenamiento convencionales, como las actividades repetitivas (como caminar, trotar, utilizar cintas de correr o bicicletas estáticas, entre otros), que los adultos suelen emplear para mantener bajo control los indicadores antropométricos y metabólicos, suelen resultar monótonos y poco atractivos para los niños. Como respuesta a esta problemática, en particular la de la OB y el SP, así como para evitar la falta de interés en los métodos tradicionales de entrenamiento (es decir, las actividades repetitivas) [6]. La falta de efectividad en los programas de entrenamiento tradicionales ha hecho que los profesionales de la AF incluyan el entrenamiento de alta intensidad como una alternativa efectiva en la población escolar durante sus clases de educación física (EF) [7]. La evidencia científica demuestra que una de las estrategias de intervención para reducir el SP y la OB es la AF. La AF implica cualquier movimiento del cuerpo producido por el sistema músculo-esquelético que requiere para su ejecución algún tipo de consumo energético [8].

La práctica de AF es esencial para mejorar tanto la salud física como la psicológica en todas las edades. Investigaciones recientes han revelado numerosos beneficios asociados con la AF, como el aumento de la masa muscular y la densidad ósea [9], así como la reducción del riesgo de enfermedades como diabetes, hiperlipidemia, hipertensión, problemas cardíacos, apnea del sueño e incluso algunos tipos de cáncer, lo que supone una mejora en la calidad y esperanza de vida [10]. Así mismo, la participación en actividades físicas y deportivas está vinculada a una mejora en el bienestar emocional y la salud mental. La frecuencia e intensidad de la AF está inversamente relacionada con

la sintomatología depresiva, ansiedad y estrés, y positivamente relacionada con la calidad de vida y la fortaleza mental [11].

Estudios recientes han demostrado que los adolescentes que realizan AF de forma regular muestran una mayor resiliencia, menos síntomas de ansiedad y depresión, y una mejor calidad de vida en comparación con aquellos que llevan un estilo de vida sedentario [12]. Además de los beneficios para la salud física y mental, existe un creciente interés en el impacto de la AF en el funcionamiento cognitivo y el rendimiento académico de niños y adolescentes [13].

Algunas investigaciones indican que incluso breves episodios de AF moderada pueden mejorar la función ejecutiva, la velocidad de procesamiento y el control inhibitorio en estudiantes, incluyendo aquellos con trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) [14]. Entre otros beneficios de la AF se ha descrito que aumenta el flujo sanguíneo cerebral, los niveles del factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF) que promueve la salud de las neuronas y mejora la plasticidad sináptica, lo que la convierte en un agente neuroprotector y favorece un uso más efectivo de las funciones ejecutivas cerebrales [15]. Los anteriores hallazgos subrayan la importancia de la AF no solo para la salud física y mental, sino también para el rendimiento cognitivo y académico en niños y adolescentes.

Numerosas publicaciones científicas sitúan a los programas de entrenamiento interválicos de alta intensidad (HIIT) como una herramienta de intervención eficaz en niños con SP y/u OB [16]. El creciente interés por el uso del HIIT en población infantil se fundamenta en que es uno de los métodos de entrenamiento que resulta menos monótono y que obtiene resultados positivos en menor espacio de tiempo, para conseguir una óptima recuperación del estado nutricional y alcanzar valores normales, al ser comparado con otros programas de entrenamiento tradicionales.

Por tanto, el objetivo general de esta tesis doctoral es determinar los efectos que tiene un programa de entrenamiento HIIT en las clases de EF de distintos niveles educativos chilenos, sobre variables metabólicas y cardiometabólicas, que afectan a la salud integral de los escolares que padecen OB infantil.

Para dar respuesta al objetivo general, se realizaron cinco estudios que se concretaron en cinco artículos de investigación, de los cuales tres han sido publicados en revistas relevantes, que están indexadas en la Journal Citation Reports y que tienen un

alto factor de impacto, mientras que los otros dos están siendo sometidos para publicación en revistas de similares características a las anteriores.

En la tabla 1 se presentan de forma resumida los principales resultados de la presente Tesis Doctoral, que son expuestos de manera más amplia en el documento de cada artículo que compone este informe de investigación.

Tabla 1. Tabla resumen de los principales resultados obtenidos en los distintos artículos que componen la presente Tesis Doctoral.

Artículo	Resultados
I.- Response of obese schoolchildren to high-intensity interval training applied in the school context	There were significant differences in BMI ($P < .001$), BF ($P < .001$), and CRF ($P < .001$) between the groups (control vs. intervention) before and after intervention (OWCG vs. OWIG and OCG vs. OIG). BMI decreased in the OWIG (BMI, 20.01 ± 1.88 at baseline vs. 19.00 ± 2.02 after HIIT, $P < .001$) and OIG (BMI, 24.12 ± 2.66 at baseline vs. 23.23 ± 3.23 after HIIT, $P < .001$) groups. Similarly, BF decreased in the OWIG (BF, 21.84 ± 4.97 at baseline vs. $19.55 \pm 4.81\%$ after HIIT, $P < .001$) and OIG (BF, 30.26 ± 11.49 at baseline vs. $26.81 \pm 6.80\%$ after HIIT, $P < .001$) groups. CRF improved in both intervention groups ($P < .001$). There was a significant decrease in the prevalence rate of schoolchildren with obesity (from 66.4% to 49.6%) ($P < .001$).
II.- Nutritional status and physical capacity in 4- to 7-year-old students in a Chilean public school	Overweight prevalence was 27.0% (range 21-32%), while obesity had 39.9% (range 33-50%), no gender differences were observed ($p = 0.84$). Mean body fat percentage was 19.1% in men and 20.9% in women ($p = 0.02$). For 6MWT, differences were found for age ($p < 0.001$) with an overall range of 421.5 to 540.2 mt.
III.- Is High Intensity Interval Training (HIIT) a feasible method to improve anthropomorphic and cardiometabolic parameters in preschool children?	Significant differences in $\sum 4$ skinfold fat, body fat, blood pressure, rest heart rate was found. Furthermore, an improvement in cardiorespiratory fitness was found since a greater distance was performed in 6 minutes walking test after HIIT intervention showing significant differences in this variable.
IV.- Effects of a High Intensity Interval Training (HIIT) Program on Anthropomorphic and cardiometabolic Variables in School Children with Overweight and Obesity	To analyse the percentage differences between groups, the chi-square test was used. P-value was set at $p < 0.05$. Significant differences were found in the EG in BMI, waist circumference, body fat, $\sum 4$ skinfold fat, and waist to height ratio.
V.- Reference values of the 6-minute walking test in Chilean children age 3-10 years and relationship with cardiometabolic risk	The prevalence of overweight and obesity respectively was 35.0% and 25.4% in preschoolers and 29.0% and 36.2% in school-age children, with significant differences ($p < 0.05$) between age groups. Most parameters analysed showed significant changes between the age stages, both in boys

and girls. The distance walked increased significantly year on year from 3 to 10 years.

According to the regression analysis, 6MWT performance was positively related to age, systolic BP and height while it was negatively related to \sum 4 skinfold fat,

RHR, diastolic BP, and WC [(6MWD = 176.416+ 22.567× age (years)+ 2.790× height (cm)] -0.439 \sum 4 skinfold fat (mm)- 0.340 RHR (bpm)-0.732 DBP (mmHG)+0.370 SBP (mmHG) -1020 WC (cm)]. $R^2 = 0.515$, standard error =60.94 m.

RHR: Rest Heart Rate; BF: Body fat; CRF: Cardiorespiratory Capacity; OW: Overweight; CG: Control group; IG: Intervention group; BMI: Body mass index; HIIT: High-intensity interval training; OB: Obesity; O: Obesity; 6MWT: 6-minute walk test; RHR: Resting Heart Rate \sum : Skinfold; BP: Blood pressure WC: Waist circumference; DBP: Diastolic blood pressure; SBP: Systolic blood pressure P: Percentile.

Los resultados de la presente tesis ponen de manifiesto que la implementación de un programa de entrenamiento basado en la metodología HIIT, en distintos grupos etarios dentro del ámbito escolar, conlleva una serie de notables ventajas para la salud de los escolares. Entre ellas, debemos destacar la reducción de la grasa corporal de los participantes, lo que supone beneficios significativos a nivel cardiometabólico en una edad sensible y especialmente importante como es la analizada. Cabe mencionar que este método de entrenamiento no solo fomenta la salud física, sino que también puede tener un impacto positivo en el rendimiento académico y el bienestar psicológico de los estudiantes, ya que mejora la concentración y la autoestima del alumno, además de inculcar hábitos saludables desde una edad temprana. Estos resultados demuestran la importancia de considerar el HIIT como una herramienta efectiva en la promoción de un estilo de vida activo y saludable en la población escolar.

3.- Abreviaturas

Español	Inglés
AF: Actividad física	BF: Body fat
CC: Circunferencia de cintura	BP: Blood pressure
CF: Condición física	BMI: Body mass index
EF: Educación física	CG: Control group
FCR: Frecuencia Cardíaca en Reposo	CR: Cardiometabolic risk
GC: Grasa corporal	CRF: Cardiorespiratory Capacity
GE: Grupo experimental	EG: Experimental group
GC: Grupo Control	DBP: Diastolic blood pressure
HIIT: Entrenamiento interválico de alta intensidad	HIIT: High-intensity interval training
IMC: Índice de masa corporal	IG: Intervention group
MG: Masa grasa	OB: Obesity
O: Obesidad	OW: Overweight
OM: Obesidad mórbida	P: Percentile
P: Percentil	HR: Heart rate
PP: Punto porcentual	PA: Physical activity
PA: Presión arterial	PE: physical education
PAS: Presión arterial sistólica	PP: Percentage points
PAD: Presión arterial diastólica	RHR; Resting Heart Rate
RC: Riesgo cardíaco	WC: Waist circumference
RCE: Razón cintura estatura	WFS: Waist for stature
RCM: Riesgo cardiometabólico	SBP: Systolic blood pressure
SP: Sobrepeso	VO ₂ max: maximal oxygen uptake
VO ₂ max: Consumo máximo de oxígeno	WC: Waist circumference
VFC: Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca	WHtR: waist-to-height ratio
6MT: Test 6 minutos	6MWT: 6-minute walk test
	CRF: Cardiorespiratory Capacity

4.- Introducción

4.1. ¿Qué es la obesidad infantil y cuales son los factores predictores?

Se han propuesto numerosas definiciones de la OB a medida que diversas instituciones y estudios se han enfocado en investigar esta creciente pandemia que parece representar una amenaza significativa para la salud pública en la actualidad [17].

El SP y la OB se definen como una acumulación anormal o excesiva de grasa corporal, la cual representa un riesgo significativo para la salud, especialmente cuando se encuentra concentrada en la región de la cintura. Esta acumulación de grasa se origina debido a un desequilibrio prolongado entre la ingesta calórica excesiva y la insuficiente AF [18].

En otra definición, la Asociación de Medicina de la OB la define como una enfermedad neuroconductual multifactorial, crónica, progresiva, recurrente y tratable, en la que un aumento de la grasa corporal promueve la disfunción del tejido adiposo y fuerzas físicas anormales de la masa grasa, lo que resulta en una salud metabólica, biomecánica y psicosocial adversa [19].

Diversos factores y teorías se han identificado como predictores del SP infantil. Entre ellos, destaca el exceso de peso al nacer y el mantenimiento de un peso elevado en edades tempranas, ya que esto se ha asociado con un mayor riesgo de SP, OB y otros problemas de salud a lo largo de la vida [20].

Respecto del grupo de edad comprendido entre los 5 y 19 años, la OMS utiliza el índice de masa corporal (IMC) como indicador para determinar el SP y la OB. Las referencias sitúan al SP cuando el IMC se sitúa en 25 o más en la población infantil, mientras que se considera que un niño tiene OB cuando se supera un IMC de 30. Estos criterios han sido establecidos por la OMS y se aplican a niños de diferentes países y razas, además de distinguir entre aquellos que recibieron lactancia materna y los que fueron alimentados según las recomendaciones internacionales [21].

La OB infantil es un factor de riesgo importante para desarrollar OB en la adultez, pero es importante tener en cuenta que no todos los niños con OB infantil llegarán a ser adultos obesos. Sin embargo, algunos de los principales indicadores de obesidad infantil que se han asociado con un mayor riesgo de OB en la adultez son: un elevado IMC en la infancia. Esto se ha demostrado en variados estudios a lo largo del tiempo, encontrándose

en alguno de ellos una asociación entre un excesivo peso al nacer (macrosomía) y OB en la vida adulta [22]. Esta asociación puede deberse a factores genéticos y ambientales. El comportamiento alimentario poco saludable durante la niñez y especialmente durante la adolescencia, también se constituye en un patrón de conducta que persisten en la edad adulta. Además, el historial familiar de OB puede tener influencia en el estatus nutricional del niño. Siendo la falta de AF regular en la niñez y la adolescencia uno de los principales factores que dan lugar a que el niño tenga sobrepeso u OB en estas edades.

Desde un punto de vista fisiológico, el exceso de tejido adiposo es un factor predictor de OB y SP. Hasta la década de los años ochenta del siglo XX, el tejido adiposo era objeto de escaso estudio, debido principalmente a la creencia de que era simplemente un almacén inactivo de energía. Sin embargo, la creciente prevalencia de la OB ha dirigido la atención hacia la función de los adipocitos y se ha propuesto que la disfunción del tejido adiposo desempeña un papel central en el desarrollo de la OB y las enfermedades metabólicas asociadas [23]. Un exceso en la ingesta de energía que excede la capacidad de almacenamiento del tejido adiposo puede conducir al desarrollo de la OB, que se considera la causa principal de la resistencia a la insulina y la diabetes mellitus tipo 2. Las personas que padecen SP y OB suelen experimentar problemas de salud asociados a este, de los que se pueden destacar la hipertensión, hiperlipidemia y diabetes, entre otros, y que pueden dar lugar a la aparición de síndrome metabólico y al aumento del riesgo de enfermedad cardiovascular [24]

En esta línea, cabe hacer una distinción con la acumulación de grasa que se produce en las distintas partes del cuerpo. Así, cuando esta se produce en la parte superior del cuerpo, a nivel visceral, está relacionada con una mayor incidencia de síndrome metabólico, mientras que, la acumulación de grasa subcutánea, en la región inferior del mismo se relaciona con un papel protector del tejido [25].

4.2. ¿Qué factores pueden ser causantes de obesidad?

La OB tiene un origen multifactorial y su desarrollo se atribuye a una interacción compleja de diversos factores. Dentro de los principales se señalan los aspectos genéticos, los ambientales y los psicológicos. Respecto a los factores ambientales, también llamados ambientes o entornos obesogénicos, favorecen la malnutrición al ofrecer un acceso fácil a alimentos con alto contenido en azúcar, grasas y calorías, catalogándose como alimentos

poco saludables [27]. Así mismo, la vulnerabilidad socioeconómica es considerada como otro factor ambiental relevante, ya que la OB infantil tiende a concentrarse en grupos socioeconómicos menos privilegiados, como consecuencia de los bajos ingresos y niveles educativos [28].

En referencia a los factores genéticos, el rol de estos en la OB ha sido objeto de estudio durante mucho tiempo. Aunque anteriormente se creía que la herencia genética explicaba hasta el 60% de la variabilidad en el IMC o el porcentaje de grasa corporal, investigaciones más recientes han demostrado que la genética contribuye solo en un máximo del 6% a esta variabilidad [29].

La inactividad física es otro factor clave en el aumento de la prevalencia del SP infantil, ya que promueve comportamientos sedentarios entre los niños. Esto se relaciona con la abundante exposición de los niños a dispositivos tecnológicos desde edades tempranas como videojuegos, televisión y computadoras, que capturan su atención durante largos períodos de tiempo [30]. En el entorno escolar, hay que considerar la escasa presencia que la EF en el curriculum escolar. Al respecto, son numerosas las investigaciones que confirman la eficacia de algunas estrategias dentro del ámbito escolar destinadas a prevenir la OB y a establecer pautas para la modificación del conocimiento y las actitudes hacia la práctica de la AF [31]. Además de los anteriores factores, se han comenzado a explorar otros elementos que pueden contribuir al desarrollo de la OB, como son la microbiota, los disruptores endocrinos y la cronobiología, que se consideran dentro del ámbito metabólico [32].

4.3. La obesidad infantil, ¿consecuencias inmediatas y futuras en la salud física y mental?

La OB infantil se vincula a enfermedades relacionadas con factores adversos, tanto físicos como psicológicos, incluyendo el asma, la diabetes tipo 2, la hipertensión y trastornos del sueño [31]. Según la OMS, la OB infantil aumenta el riesgo de muerte prematura y discapacidad en la adultez. Además de estos riesgos futuros, los niños obesos se enfrentan a dificultades respiratorias, a una mayor propensión a fracturas, hipertensión y a marcadores tempranos de enfermedades cardiovasculares, resistencia a la insulina y efectos psicológicos, entre otros [34]. De igual manera, la acumulación de masa grasa provoca un incremento de la vulnerabilidad respecto a enfermedades metabólicas [33].

La OB infantil también afecta el desarrollo psicológico y emocional, influenciando la adaptación social y la calidad de vida [34]. Sentimientos de ansiedad y tristeza, acompañados de aislamiento social, pueden conducir a un aumento en la ingesta de alimentos como mecanismo de compensación. En casos extremos, algunos niños y adolescentes con OB pueden desarrollar trastornos alimentarios como la anorexia nerviosa y la bulimia debido a una baja autoestima y depresión. Esto se correlaciona con altos niveles de tristeza, soledad, nerviosismo y otros estados emocionales, así como una mayor propensión a participar en comportamientos de alto riesgo para la salud como el consumo de tabaco o alcohol [35].

El aumento constante de enfermedades relacionadas con la OB subraya la necesidad de promover conductas saludables desde una edad temprana, con el objetivo de modificar estos hábitos perjudiciales y reducir el riesgo de enfermedades no transmisibles. Comprender los factores modificables que contribuyen al sobrepeso infantil es esencial para abordar esta pandemia de salud.

4.4. Obesidad y su repercusión en la Condición Física

La relación entre la OB y la Condición Física (CF) es una línea de investigación que ha adquirido especial relevancia. La evidencia científica actual sugiere una asociación directa entre un bajo nivel de CF y la presencia de SP y OB en niños y jóvenes [36]. El nivel de CF se considera un predictor significativo de morbilidad, que se relaciona con enfermedades cardiovasculares y con otras afecciones, independientemente de la presencia de SP u OB, sin distinción de género [37]. Es relevante destacar que un nivel óptimo de CF se asocia con una mayor longevidad, mejor calidad de vida y salud mental, sin embargo, se ha identificado una disminución preocupante en los niveles de CF en la población infantil y adolescente [38].

Se ha observado que los niños con OB presentan una disminución significativa en su CF, lo que afecta diversas capacidades fundamentales como la capacidad cardiorespiratoria, velocidad y agilidad entre otras. Además, se ha demostrado que la OB en la infancia se relaciona con un mayor riesgo de factores cardiometabólicos. No obstante, a pesar de los beneficios evidentes de mantener una buena CF, los niveles bajos de esta en niños, independientemente de su estado nutricional, son motivo de preocupación [39].

En los últimos años, la evidencia científica ha demostrado que el entrenamiento de la fuerza puede ejercer un impacto positivo en la salud cardiovascular. Recientes investigaciones han concluido que el incremento de la fuerza muscular se correlaciona positivamente con la reducción de la presión arterial, la mejora de los perfiles de lípidos en la sangre y una disminución del riesgo de enfermedades cardíacas. Por consiguiente, el entrenamiento de fuerza puede ser beneficioso para la salud cardiovascular en cualquier rango de población [40]. De manera específica, el entrenamiento de fuerza en niños y adolescentes con SP y OB ofrece beneficios que incluyen la reducción de grasa visceral, mejoras en el perfil lipídico, función cardiovascular y factores de riesgo metabólico. Además, promueve cambios en la composición corporal ya que aumenta el gasto calórico y mejora la capacidad funcional del músculo [41]. Además, recientes estudios han revelado que el entrenamiento de la fuerza puede aumentar la densidad mineral ósea y reducir el riesgo de osteoporosis [42].

En el contexto deportivo, la fuerza muscular desempeña un papel esencial en el rendimiento. La mejora de la fuerza se traduce en un aumento del rendimiento en deportes que requieren explosividad, velocidad y potencia, como el levantamiento de pesas, el atletismo y los deportes de equipo [43]. En cuanto a la prevención de lesiones, la fuerza muscular también desempeña un papel significativo. La presencia de músculos fuertes puede contribuir a estabilizar las articulaciones y reducir el riesgo de lesiones musculoesqueléticas [44]. Esta revisión subraya la evidencia científica que respalda la relación entre la fuerza muscular y la condición. Por tanto, el entrenamiento de fuerza emerge como una parte integral de un programa de acondicionamiento físico completo, con un impacto significativo en la salud y el rendimiento físico.

4. 5. ¿Cuáles son los factores modificables que influirían en una disminución de la obesidad infantil?

La literatura científica ha identificado diversos factores modificables que inciden en la OB infantil en distintos grados. Entre estos factores, se toma en consideración la influencia de los padres. El vínculo entre el comportamiento de los padres y la OB de los hijos, se han centrado en los patrones de crianza, especialmente en la ingesta alimentaria. Esto se refiere al consumo de alimentos altos en calorías, lo que genera un gran desequilibrio energético en los niños. Así mismo, la familia desempeña un papel crucial

al inculcar hábitos relacionados con la AF en su tiempo de ocio. Este tiempo se puede utilizar de diversas maneras, como caminar en un parque, andar en bicicleta o jugar con amigos del barrio. Estas actividades suelen ser promovidas en el seno familiar [45].

Otro factor considerado como modificable de OB es el ejercicio, incorporado en el concepto de AF que, de alguna forma, también está determinado en la niñez por la influencia de la familia, el apoyo que pueda brindar con afecto, interés en la realización de AF [46]. Las instituciones educativas son también consideradas como factores modificables de OB, poniendo a disposición de los estudiantes actividades deportivas variadas como actividades extraprogramáticas, al mismo tiempo, la implementación de recreos activos.

En Chile, a partir del 2017 dentro de las 50 medidas para reducir la OB infantil, se incorporó la iniciativa denominada *Recreos Participativos*, que tenía por objeto fomentar la AF, instancia recreativa dirigida y con actividades que fomentaban el movimiento. Cabe señalar que en la actualidad la medida es discrecional, es decir, la adopta el establecimiento educacional de manera voluntaria [47].

Otro factor modificable correspondería a la clase de EF. Las horas de clases de EF durante los últimos años han tenido una merma significativa de horas obligatorias semanales dentro del contexto escolar. Primero, se redujo de 4 a 2 horas obligatorias semanales, además, se tomó una decisión de eliminar la obligatoriedad de la clase de EF en tercero y cuarto año del nivel Enseñanza Media, relegándola a una asignatura electiva que compite con otras como Religión, Artes y Música [48]. Esta medida es contradictoria, dado que Chile presenta una preocupante situación en cuanto a indicadores de estado nutricional en toda su población. Actualmente, un 74% de la población adulta en el país sufre de SP u OB, superando a otros países de la OCDE, como México (72,5%) y Estados Unidos (71%) [49]. Estos indicadores se incrementaron durante la pandemia, dado que un estudio señala que Chile fue uno de los países que más aumentó su tasa de OB durante ese período, experimentando una disminución significativa en AF [50].

Ante esta situación y la falta de hábitos de AF en niños, niñas y adolescentes chilenos, muchos expertos advierten que la única forma real de garantizar que mantengan un nivel mínimo de salud y prevengan la OB y el sedentarismo es mediante el aumento de las horas de EF en el currículo educativo, en lugar de relegarla a talleres extraprogramáticos. Esta medida no solo promovería la AF, sino que también ayudaría a prevenir y combatir problemas graves de salud en la población chilena. Cabe señalar que

se presentó un Proyecto de ley que pretendía aumentar de 2 a 4 horas las clases de EF en todos los niveles de la educación chilena sin excepción, el que no ha continuado ninguna tramitación en la Comisión de Educación de la Cámara del Senado desde noviembre del 2022. Todo lo anterior resulta más llamativo cuando ha quedado constatado que la promoción de la AF en la niñez a nivel de vida familiar como en el ámbito escolar se constituye como una etapa óptima para incorporar hábitos de vida saludable que sean capaces de preservarse en la adultez [51].

4.6. Actividad Física y su influencia para revertir la obesidad infantil

La AF es definida por la OMS como: *todo movimiento corporal generado por los músculos esqueléticos que conlleva un gasto de energía, el cual depende de diversos factores como la masa muscular involucrada, las características del movimiento, la intensidad, la duración y la frecuencia de las contracciones musculares* [52]. En ella se enfatiza que la AF implica un esfuerzo intencional, que resulta en un incremento del gasto calórico basal, en actividades cotidianas como caminar, saltar o bailar según esta perspectiva. En el mismo sentido, otra definición la describe como *cualquier movimiento corporal intencional, ejecutado por los músculos esqueléticos, que conlleva un consumo de energía y proporciona una experiencia personal, permitiendo la interacción con otros individuos y el entorno circundante* [53]. Esta última definición se complementa con la anterior, ya que incorpora la noción de interacción, una característica fundamental de la experiencia humana y esencial para el desarrollo integral de las personas.

En las últimas décadas, la inactividad física y el sedentarismo han experimentado un aumento con mayor prevalencia en la población infantil [54]. Variados estudios, reconocen a la AF como factor potencial de mejora, tanto del estado físico como del bienestar psicológico de las personas, reducir la mortalidad y la morbilidad y contribuir al aumento de la esperanza de vida [55]. Diversos estudios señalan que la práctica de AF en niños mejora la flexibilidad y la movilidad articular, promoviendo la coordinación, la destreza física y la capacidad de reacción [56]. Además, la AF contribuye a mejorar la circulación sanguínea, normalizar el pulso, reducir la presión arterial y aumentar la capacidad respiratoria, lo que conlleva una mejor oxigenación del cuerpo [57].

En cuanto a los aspectos psicológicos, la AF también tiene un impacto positivo. Ayuda en el desarrollo del control del cuerpo, fortalece la confianza en sí mismo y mejora

la respuesta ante estados emocionales negativos. Además, se ha observado que la práctica regular de AF está relacionada con una mejor autoimagen corporal, autoconcepto y persistencia en la consecución de metas personales [58].

Además de los beneficios ya enunciados sobre la AF, se presenta como una herramienta esencial en la prevención de la OB, contribuyendo a evitar la aparición de enfermedades tanto físicas como mentales asociadas a esta condición. Además de los beneficios evidentes para la salud física, es importante destacar los innumerables aspectos positivos que tiene para nuestra salud mental. Entre otros beneficios que se le atribuyen a la AF se mencionan la disminución del riesgo de padecer enfermedades crónicas [59].

Las recomendaciones actuales de AF, según la OMS, para niños y adolescentes de 5 a 17 años es realizar al menos 60 minutos de AF de intensidad moderada a vigorosa cada día, principalmente aeróbicas, a lo largo de la semana. Además, se sugiere incorporar actividades aeróbicas intensas, así como aquellas que fortalecen los músculos y los huesos, al menos tres días a la semana reduciendo el tiempo dedicado a actividades sedentarias, particularmente el tiempo de ocio que pasan frente a una pantalla. [60].

El aumento del tiempo en que los niños deben realizar AF recomendado por la OMS parece no ser suficiente ya que, un estudio señalaba que la prevalencia de niños que cumplían con las anteriores sugerencias de AF era apenas de 7% a 15% [61]. Estos niveles podrían ser alcanzados siempre y cuando los estados tomen verdadera conciencia y elaboren políticas públicas orientadas a intervenir de manera seria la pandemia de la OB, dado que diversos estudios ya venían demostrando que la AF de los niños en edad preescolar era moderadamente baja [62]. En definitiva, la promoción de la AF en la infancia es de vital importancia para cultivar un estilo de vida saludable y favorecer el bienestar físico y mental de los niños a lo largo de su vida.

4.7. El entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT) y su impacto en la salud

El Método HIIT ha demostrado ser eficiente ya que provoca resultados similares o mejores con respecto a otros programas de entrenamiento que necesitan mayor tiempo efectivo de entrenamiento. Esta metodología de entrenamiento ha demostrado una amplia gama de beneficios para la CF general. Incluye mejoras en la capacidad aeróbica, composición corporal, fuerza muscular y capacidad motora. Todos estos aspectos son

cruciales para realizar actividades diarias con vigor y reducir el riesgo de enfermedades crónicas como la OB, hipertensión, diabetes y cáncer, entre otras.

El HIIT es un método de entrenamiento y se describe como el ejercicio físico que se caracteriza por breves e intermitentes ráfagas de actividad vigorosa, intercaladas por períodos de descanso o ejercicio de baja intensidad de fuerza que utiliza series cortas e intermitentes de ejercicios de alta intensidad intercalados con períodos de recuperación combinados con ejercicios de baja intensidad [63]. Esta característica lo hace eficiente y puede aumentar la motivación debido a la brevedad de las sesiones. Además, resulta atractivo para niños y adolescentes mejorando la adherencia al protocolo de entrenamiento, lo que lo convierte en una opción interesante para su incorporación en programas de EF.

En términos de composición corporal, el HIIT aumenta los niveles de epinefrina y norepinefrina, que catalizan la pérdida de grasa al estimular la lipólisis y liberar grasa subcutánea e intramuscular para ser utilizada como fuente de energía durante el ejercicio. Por lo anteriormente señalado, el HIIT ha demostrado ser muy eficiente para la pérdida de grasa en comparación con el ejercicio de moderada intensidad, afectando el índice de masa corporal, el porcentaje de grasa, el colesterol total y la grasa abdominal, razón por la cual ha sido utilizado en niños con SP y OB con el objetivo primordial de mejorar las medidas antropométricas, fundamentalmente enfocado en disminuir el IMC [64].

Recientes estudios han concluido que un programa HIIT implementado en las clases de EF e incorporando el factor lúdico, además de juegos y circuitos motores, genera una mayor motivación y adhesión del alumnado en población escolar con SP u OB [65]. De manera específica, investigaciones llevadas a cabo en escolares chilenos sobre el impacto del HIIT en la disminución del sobrepeso y OB concluyeron que este método es eficaz y eficiente para reducir la esta condición en los escolares [66].

4.8. La capacidad aeróbica y relación con es Riesgo Cardiometabólico

La capacidad aeróbica, también conocida como aptitud cardiorrespiratoria o VO_2 máximo (consumo máximo de oxígeno), se considera un indicador importante de la salud cardiovascular de una persona. A través de la investigación científica, se ha establecido una relación significativa entre la capacidad aeróbica y varios marcadores de salud y riesgo metabólico. Además, una mejor capacidad cardiorrespiratoria propicia mejoras

significativas en la tensión arterial sistólica y la frecuencia cardíaca influyendo de manera significativa en la reducción del porcentaje de grasa corporal [69]. Es por ello que la capacidad cardiorespiratoria se asocia a un menor riesgo de enfermedad cardiovascular y mortalidad. Un elevado IMC en la niñez y la adolescencia correlaciona de manera inversa con capacidad cardiorespiratoria negativa en la adultez [67; 68].

5. - Referencias bibliográficas

1. FAO. World Food Day: Chile is the second country in the OCDE with the highest rate of obesity. Available: [http://www.fao.org/chile/noticias/\(detail-events/es/c/1157509/2018](http://www.fao.org/chile/noticias/(detail-events/es/c/1157509/2018)FAO. World Food Day: Chile is the second country in the OCDE with the highest rate of obesity. Available: [http://www.fao.org/chile/noticias/\(detail-events/es/c/1157509/2018](http://www.fao.org/chile/noticias/(detail-events/es/c/1157509/2018)
2. OMS. Obesidad y sobrepeso. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>. 2021
3. MINSAL. ESTRATEGIA NACIONAL DE SALUD PARA LOS OBJETIVOS SANITARIOS AL 2030. 2022. Chile. <https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2022/03/Estrategia-Nacional-de-Salud-2022-MINSAL-V8.pdf>
4. Junaeb. Mapa Nutricional. 2022. <https://www.junaeb.cl/wp-content/uploads/2023/06/Mapa-Nutricional-2022.pdf>
5. JUNAEB Normativas y Políticas Contra la Obesidad en Chile – U. Estudios. 2022.
6. Hassink, S. Obesidad Infantil. Prevención, Intervenciones y Tratamiento en Atención Primaria; Médica Panamericana: Madrid, Spain, 2010.
7. Lambrick, D.; Stoner, L.; Ewings, S.; Faulkner, J. Comment on: 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, pp. 1012-1013 <http://dx.doi.org/10.1111/obr.12451>
8. Blair, S. N., & Morris, J. N. (2009). Healthy Hearts—and the Universal Benefits of Being Physically Active: Physical Activity and Health. *Annals of Epidemiology*, 19(4), 253–256. Bornstein, M. H., Jager, J., & Steinberg, L. D. (2013). Adolescents, parents, friends/peers: a relationship model. In R. R. Lerner, M. A. Easterbrooks & J. Mistry (Eds.), *Handbook of Psychology: Developmental Psychology*, vol. 6 (393-434). Hoboken, NJ: Wiley.
9. Gracia-Marco, L. L., Vicente-Rodríguez, G. G., Casajús, J. J., Molnar, D. D., Castillo, M. M., & Moreno, L. L. (2011). Effect of fitness and physical activity on bone mass in adolescents: the HELENA Study. *European Journal of Applied Physiology*, 111(11), 2671-2680.

10. Kujala, U. M. (2018). Is physical activity a cause of longevity? It is not as straightforward as some would believe. A critical analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 52(14), 914- 918;
11. Monshouwer, K., ten Have, M., van Poppel, M., Kemper, H., & Vollebergh, W. (2013). Possible mechanisms explaining the association between physical activity and mental health: findings from the 2001 Dutch Health Behaviour in School-Aged Children Survey. *Clinical Psychological Science*, 1(1), 67-74.
12. Moljord, I. E., Moksnes, U. K., Espnes, G. A., Hjemdal, O., & Eriksen, L. (2014). Physical activity, resilience, and depressive symptoms in adolescence. *Mental Health and Physical Activity*, 7(2), 79-85.
13. Ruiz-Ariza, A., Grao-Cruces, A., de Loureiro, N. E. M., & Martinez-Lopez, E. J. (2017). Influence of physical fitness on cognitive and academic performance in adolescents: A systematic review from 2005–2015. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 10(1), 108-133
14. Pontifex, M. B., Saliba, B. J., Raine, L. B., Picchietti, D. L., & Hillman, C. H. (2013). Exercise improves behavioral, neurocognitive, and scholastic performance in children with attentiondeficit/hyperactivity disorder. *The Journal of pediatrics*, 162(3), 543-551
15. Jäger, K., Schmidt, M., Conzelmann, A., & Roebbers, C. M. (2015). The effects of qualitatively different acute physical activity interventions in real-world settings on executive functions in preadolescent children. *Mental Health and Physical Activity*, 9, 1-9
16. Espinoza Silva, J.M.; Latorre Román, P.Á.; Cabrera Linares, J.C.; Párraga Montilla, J.A.; Martínez Salazar, C. Effects of a High Intensity Interval Training (HIIT) Program on Anthropomorphic and Cardiometabolic Variables in School Children with Overweight and Obesity. *Children* 2023, 10, 317. <https://doi.org/10.3390/children10020317>
17. Karnik S.; Kanekar A. Childhood obesity: a global public health crisis. *Int J Prev Med*. 2012;3(1):1-7].
18. Chooi, Y; Ding, C.; Magkos, F. The epidemiology of obesity. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 2019. 92, 6–10. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2018.09.005>

19. Fitch, A. K., & Bays, H. E. (2022). Obesity definition, diagnosis, bias, standard operating procedures (SOPs), and telehealth: An Obesity Medicine Association (OMA) Clinical Practice Statement (CPS) 2022. *Obesity Pillars*, 1(100004), 100004. <https://doi.org/10.1016/j.obpill.2021.100004>
20. Webber, L.; Hill, C.; Saxton, J.; Van.; Jaarsveld, CH.; Wardle, J. Eating behaviour and weight in children. *Int J Obes (Lond)*. 2009;33(1):21-8.
21. World Health Organization. Childhood overweight and obesity.2018Webber, L.; Hill, C.; Saxton, J.; Van.; Jaarsveld, CH.; Wardle, J. Eating
22. behaviour and weight in children. *Int J Obes (Lond)*. 2009;33(1):21-8
23. Longo M., Zatterale F., Naderi J., Parrillo L., Formisano P., Raciti G. et al. Adipose Tissue Dysfunction as Determinant of Obesity-Associated Metabolic Complications. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019; 20,2358
24. Richard AJ, White U, Elks CM, et al. Adipose Tissue: Physiology to Metabolic Dysfunction. 2020 In: Feingold KR, Anawalt B, Blackman MR, et al., editors. *Endotext* [Internet]. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.; 2000-. Available <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK555602/>
25. Lambrick, D.; Stoner, L.; Ewings, S.; Faulkner, J. Comment on: 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, pp. 1012-1013<http://dx.doi.org/10.1111/obr.12451>
26. Organización Mundial de la Salud. Obesidad y sobrepeso. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>. 2021
27. Wansink, B.; Hanks, A.; Kaipainen, K. Slim by Design: Kitchen Counter Correlates of Obesity. *Health Education & Behavior*. 2016;43(5):552-558. doi:10.1177/109019811561057
28. Vargas, K.; Polanco, D.; González, W.; Ramírez, J. Obesidad en niños: un diagnóstico cada vez más frecuente. *Revista Ciencia y Salud Integrando Conocimientos*. 2020. 4(3). <https://doi.org/10.34192/cienciaysalud.v4i3.149>
29. Bradfield, J.; Taal, H.; Timpson, N.; Scherag, A.; Lecoer, C.; Warrington, N.; Hypponen, E.; Holst, C.; Valcarcel, B.; Thiering, E.; Salem, R.; Schumacher, F.; Cousminer, D.; Sleiman, P.; Zhao, J.; Berkowitz, R.; Vimalaswaran, K.; Jarick, I.; Pennell, C.; Grant, S. A genome-wide association meta-analysis identifies new

- childhood obesity loci. *Nature Genetics*, 44(5),2012.526–531.
<https://doi.org/10.1038/ng.2247>
30. Children, adolescents, and the media. *Pediatrics*. 2013, 132 (5): 958-961. 10.1542/peds.2013-2656; Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN). Estudio ALADINO 2019: Estudio sobre Alimentación, Actividad Física, Desarrollo Infantil y Obesidad en España 2019. Madrid; 2020.
31. Visiedo, A, Sainz de Baranda, P., Crone, D., Aznar, S., Pérez-Llamas, F., Sánchez-Jiménez, R., Velázquez, F., Berná-Serna, J. de D., y Zamora, S. (2016). Programas para la prevención de la obesidad en escolares de 5 a 10 años: revisión de la literatura. *Nutrición Hospitalaria*, 33(4), 814/824. doi: 10.20960/nh.375
32. Cornejo, I.; Muñoz, A.; Postigo, M.; Tinahones, F. Importance of gutmicrobiota in obesity. *European Journal of ClinicalNutrition*. 2019. 72, 26–37. <https://doi.org/10.1038/s41430-018-0306-8>
33. De Onis, M.; Garza, C.; Victora, C.; Onyango, A.; Frongillo, E.; Martines, J. The WHO Multicentre Growth Reference Study: planning, study design, and methodology. *Food Nutr Bull*. 2004;25(1 Suppl):S15- 26.
34. Lambrick, D.; Stoner, L.; Ewings, S.; Faulkner, J. Comment on: 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, pp. 1012-1013 <http://dx.doi.org/10.1111/obr.12451>
35. Marfell, M.; Stewart, A.; Olds, T.; De Ridder, J. International standards for anthropometric assessment. *International Society for the Advancement of Kinanthropometry*, (2011). ISBN: 0-620-36207-3
36. Mayorga-Vega, D., Merino-Marban, R., & Rodríguez-Fernández, E. (2013). Relación entre la capacidad cardiorrespiratoria y el rendimiento en los test de condición física relacionada con la salud incluidos en la batería ALPHA en niños de 10-12 años. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 8, 41- 47.
37. Ruiz, J. R., Rizzo, N. S., Hurtig, A., Ortega, F. B., Warnberg, J., & Sjöström, M. (2006). Relations of total physical activity and intensity to fitness and fatness in children: the European Youth Heart Study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 84(2), 299-303.
38. Delgado-Floody, P., Caamaño-Navarrete, F., Palomino-Devia, C., Jerez-Mayorga, D., & Martínez-Salazar, C. (2019). Relationship in obese Chilean

schoolchildren between physical fitness, physical activity levels and cardiovascular risk factors. *Nutrición Hospitalaria*, 36(1), 13-19. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.1932>

39. Rusillo, A., Suárez, S., Solas, J., Ruiz, A. Asociación de un bajo nivel de condición física con el exceso de peso en adolescentes Association of low physical fitness level with excess weight in adolescents Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF) ISSN: 2023, Retos, 47, 729-737 <https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/index>

40. Iván Chulvi-Medrano, **Avery D. Faigenbaum, * Juan Manuel Cortell-Tormo, Can resistance training to prevent and control pediatric dynapenia?2018, Retos, 33, 298-307. Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF) ISSN: Edición impresa: 1579-1726. Edición Web: 1988-2041 (www.retos.org)

41. Fraser, B. J., Schmidt, M. D., Huynh, Q. L., Dwyer, T., Venn, A. J., & Magnussen, C. G. (2017). Tracking of muscular strength and power from youth to young adulthood: Longitudinal findings from the Childhood Determinants of Adult Health Study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(10), 927-931. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.03.021>

42. Kerr, D. Ackland, T., Maslen, B., Morton, A. y Prince (2001) Resitance Training over 2 Years Increases Bone Mass in Calcium- Replete Postmenopausal women: *Journal of bone and minerals research*. (16) 1

43. Suchomel, T.J., Nimphius, S., & Stone, M.H. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419-1449.

44. Lauersen, J. B., Bertelsen, D. M., & Andersen, L. B. (2013). The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: A systematic review and metaanalysis of randomised controlled trials. *British Journal of Sports Medicine*. Lephart, S. M., Pincivero, D. M., & Rozzi, S. L. (1998). Proprioception of the ankle and knee. *Sports Medicine*, 25(3), 149-155. <https://doi.org/10.2165/00007256-199825030-00002>.

45. Magarey, A.; Daniels, L.; Boulton, T.; Cockington, R. Predicting obesity in early adulthood from childhood and parental obesity. *International journal of obesity*. 2003;27(4):505-13.

46. Hughes, S.; Shewchuk, R.; Baskin, M.; Nicklas, T.; Qu, H. Estilo de alimentación indulgente y estado del peso de los niños en edad preescolar. *J Dev Behav Pediatr*. 2008; 29 :403–10. doi: 10.1097/DBP.0b013e318182a976.

47. Junaeb. Contrapeso. <https://www.junaeb.cl/contralaobesidad/>

48. Mineduc. Currículum nacional 2023. https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-34970_recurso_plan.pdf
49. OCDE, Estudios de la OCDE sobre Salud Pública. Chile 2021. <https://www.oecd.org/health/health-systems/Revisi%C3%B3n-OCDE-de-Salud-P%C3%BAblica-Chile-Evaluaci%C3%B3n-y-recomendaciones.pdf>
50. Ipsos, 2021. Las implicancias del Covid-19 en nuestra dieta y salud. <https://www.ipsos.com/es-co/covid-diet-and-health>
51. Grao-Cruces A, Segura-Jiménez V, Conde-Caveda J, García-Cervantes L, Martínez-Gómez D, Keating XD, Castro-Piñero J. The Role of School in Helping Children and Adolescents Reach the Physical Activity Recommendations: The UP&DOWN Study. *J Sch Health*. 2019 Aug;89(8):612-618. doi: 10.1111/josh.12785. Epub 2019 May 26. PMID: 31131455.
52. Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Actividad física, ejercicio y aptitud física: Definiciones y distinciones para la investigación relacionada con la salud. *Informes de Salud Pública*, 100(2), 126-131.
53. Devis, J., Peiró, C., Pérez., Ballester, E., Devis, F. J., Gomar, M. J., & Sánchez, R. (2000). *Actividad física, deporte y salud*. Barcelona: Inde.
54. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*. 2020;54(24):1451-62. doi:10.1136/bjsports-2020-102955
55. DHPAHIP (Department of Health, Physical Activity, Health Improvement and Protection) (2011). *Start Active, Stay Active: A report on physical activity from the four home countries' Chief Medical Officers*. Department of Health, Physical Activity, Health Improvement and Protection, United Kingdom. Recuperado de: https://www.sportengland.org/media/2928/dh_128210.pdf
56. Nilsen, A. K. O., Anderssen, S. A., Resaland, G. K., Johannessen, K., Ylvisaaker, E., & Aadland, E. (2019). Boys, older children, and highly active children benefit most from the preschool arena regarding moderate-to-vigorous physical activity: A cross-sectional study of Norwegian preschoolers. *Preventive Medicine Reports*, 14, 100837. doi: 10.1016/j.pmedr.2019.100837
57. Sriram, K., Mulder, H. S., Frank, H. R., Santanam, T. S., Skinner, A. C., Perrin, E. M., & Wong, C. A. (2021). The dose–response relationship between physical activity

and cardiometabolic health in adolescents. *American Journal of Preventive Medicine*, 60(1), 95–103. doi: 10.1016/j.amepre.2020.06.027

58. Sánchez, F. J., Campos, A. M., de la Vega, M., Cortés, O., Esparza, M. J., Galbe, J., Gallego, A., García, J., Pallás, C. R., Rando, Á., San Miguel, M. J., Colomer, J., & Mengual, J. M. (2019). Promoción de la actividad física en la infancia y la adolescencia (parte 1). *Pediatría Atención Primaria*, 21(83), 279–291. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S176322019000300019&lng=es&tlng=es

59. Garaulet, M.; Gómez, P.; Madrid, J. Chronobiology and obesity: the orchestra out of tune, *Clinical Lipidology*, 2010. 5:2, 181-188. <http://doi.org/10.2217/clp.10.18>

60. OMS.Recomendaciones de actividad física. 2020. <https://www.paho.org/es/noticias/4-12-2020-elige-vivir-sano-opsoms-chile-presentaron-nuevas-recomendaciones-sobre-actividad#:~:text=As%C3%AD%2C%20la%20OMS%20eleva%20la,lo%20que%20se%20recomendaba%20anteriormente.>

61. Narváez Estepa, C Entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) como medio para la mejora de la resistencia de deportistas en diferentes modalidades una revisión bibliográfica. [Internet]. Bogotá: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales; 2022. <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/4548>

62. Strauss, R. Childhood obesity and self-esteem. *Pediatrics*. 2000;105(1):e15-e.

63. Gibala MJ, Little JP, Macdonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol*. 2012;590(5):1077-84.

64. Keating S, Johnson N, Mielke G, Coombes J. A systematic review and meta-analysis of interval training versus moderate-intensity continuous training on body adiposity. *Obes Rev*. 2017. 18(8):943-964. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28513103>

65. Segovia, Y. y Gutiérrez, D. Perception of Exertion, involvement and physical fitness in a HIIT Program in Physical Education. *Sport Education Model VS Traditional Approach 2020*, Retos, 38, 151-158 Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF) ISSN: Edición impresa: 1579-1726. Edición Web: 1988-2041 (www.retos.org)

66. PINO AGURTO, Karla; CARRASCO-ALARCON, Vanessa y MARTINEZ SALAZAR, Cristian. Eficacia de un programa de Entrenamiento de Intervalos de Alta Intensidad en la modificación de variables corporales en escolares preadolescentes de un colegio de la ciudad de Temuco, Chile. *Rev Esp Nutr Hum Diet* [online]. 2018, vol.22, n.2, pp.149-156. Epub 03-Feb-2020. ISSN 2174-5145. <https://dx.doi.org/10.14306/renhyd.22.2.448>.
67. Ortega, F. B., Lavie, C. J., & Blair, S. N. (2016). Obesity and cardiovascular disease. *Circulation research*, 118(11), 1752-1770.
68. Vásquez, M.; Carrasco, V.; Martínez, C. Efecto de un programa de intervención de actividad física sobre el imc y la distancia recorrida en el test de 6 min en niños y niñas de nivel transición 2 (nt2) en la comuna de Collipulli, Región de la Araucanía *Revista Ciencias de la Actividad Física*, vol. 16, núm. 2, 2015, pp. 47-56
69. López, G.; Ibañez, E.; Iaz, A. Efectos of a program through vigorous-intensity physical activity on blood pressure and heart rate of 8-9 year-old school children *SPORT TK: Revista Euroamericana de Ciencias del Deporte*, vol. 8 n.º 1, 73-8073 © Copyright 2019: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia (España) ISSN edición web (<http://revistas.um.es/sportk>): 2340-8812

6.- Objetivos

6.1. Objetivo general

El objetivo principal de esta tesis doctoral fue determinar el impacto de la AF basada en el método HIIT en las clases de EF sobre variables antropométricas, cardiometabólicas y la función ejecutiva en estudiantes con SP y OB de 3 a 12 años.

6.2. Objetivos específicos

Evaluar los efectos del HIIT sobre diferentes parámetros antropométricos y cardiovasculares de niños con SP y OB de 7 a 9 años (Artículo I).

Evaluar el estado nutricional y la capacidad física en niños de 4 a 7 años de una escuela pública del sur de Chile (Artículo II).

Determinar los efectos de un programa de Entrenamiento HIIT de larga duración sobre variables antropométricas y cardiometabólicas en niños preescolares con SP y OB (Artículo III).

Evaluar los efectos de un programa de entrenamiento HIIT sobre variables antropométricas y cardiometabólicas en escolares con SP y OB (artículo IV).

Establecer valores normativos de referencia en el test de caminata de 6 minutos (6MWT) para niños de 3 a 11 años (artículo V).

Evaluar el desempeño de niños chilenos sanos de 3 a 10 años en las variables test de caminata de 6 minutos (6MWT) y riesgo cardiometabólico (CMR) (artículo V).

6.3. Overall

The main purpose of this doctoral thesis was to determine the impact of PA based on the HIIT method in Physical Education classes on anthropomorphic, cardiometabolic variables and executive function in overweight and obese students aged 3 to 12 years.

6.4. Specifically

To assess the effects of HIIT on different anthropometric and cardiovascular parameters of overweight and obese children aged 7–9 years (Paper I).

□To assess nutritional status and physical capacity in 4 to 7-year-old children in a public school from South Chile (Paper II)

□To determinate the effects of a long-term High Intensity Interval Training (HIIT) program on anthropomorphic and cardiometabolic variables in pre-schoolchildren with overweigh and obesity (Paper III).

□To assess the effects of a high intensity interval training (HIIT) program on anthropomorphic and cardiometabolic variables in schoolchildren with overweight and obesity (Paper IV).

□Establish normative reference values in the 6-minute walk test for children from 3 to 11 years old (Paper V).

□To evaluate the performance of healthy Chilean children aged 3-10 years in the 6-minute walking test (6MWT) and cardiometabolic risk (CMR) variables (Paper V).

7.- Material y métodos

La sección de material y métodos de la presente memoria de Tesis se resume en la tabla 2, que incluye la información metodológica más relevante de los artículos que componen este trabajo.

Tabla 2. Descripción de los artículos que componen la memoria de Tesis

Artículo	Tipo de estudio y participantes	VARIABLES
I.- Response of obese schoolchildren to high-intensity interval training applied in the school context	Estudio descriptivo experimental. Participaron 154 niñas (7,99 ± 1,47 años) y 120 niños (8,29 ± 1,53 años).	Antropométricas: IMC, CC, RCC, % grasa y pliegues tricípital y subescapular. Cardiovasculares: Presión arterial sistólica y diastólica. Capacidad cardiorrespiratoria: Distancia Máxima recorrida en el test de caminata de 6 minutos.
II.- Nutritional status and physical capacity in 4- to 7-year-old students in a Chilean public school	Estudio descriptivo en el que participaron 351 escolares (47.3% varones), con una edad promedio de 5.9±1.13 años para las niñas y 6.3±1.11 años para los niños.	Antropométricas: peso y talla, IMC, pliegues cutáneos tríceps y Pantorrilla, %de grasa Capacidad cardiorrespiratoria: Distancia Máxima recorrida en el test de caminata de 6 minutos.
III.- Is High Intensity Interval Training (HIIT) a feasible method to improve anthropomorphic and cardiometabolic parameters in preschool children?	Estudio longitudinal en que Participaron un total de 349 (164 niños y 185 niñas) niños en edad preescolar con estado nutricional con SP y OB.	Antropométricas: IMC CC; grasa corporal; RCC, pliegues cutáneos Riesgo cardiometabólico: RCC; Presión arterial (diastólica y sistólica) Capacidad aeróbica. Distancia Máxima recorrida en 6 minutos.

IV. Effects of a High Intensity Interval Training (HIIT) Program on Anthropomorphic and Cardiometabolic Variables in School Children with Overweight and Obesity	Estudio longitudinal. Participaron un total de 443 escolares (edad: $6,37 \pm 0,65$ años).	Antropométricas: IMC, CC, RCC, 4 Σ pliegues cutáneos Riesgo cardiometabólico: RCC; Presión arterial (diastólica y sistólica) Capacidad aeróbica. Distancia Máxima recorrida en el test de caminata en 6 minutos.
V.- References values of the 6-minute walking test in Chilean children age 3-10 years and relationship with cardiometabolic risk	Estudio es de carácter Transversal e involucró una cohorte de 1165 niños de los cuales 608 eran niñas ($6,36 \pm 1,70$ años).	Antropométricas: La masa corporal, altura, IMC, estado ponderal, CC, RCC, pliegues: bicipital, tricípital, subescapular y suprailíaco. Aptitud cardiorrespiratoria: Presión arterial (diastólica y sistólica). Distancia Máxima recorrida en el test de caminata en 6 minutos.

IMC: Índice de masa corporal; HIIT: High-intensity interval training; RCC: Relación cadera/cintura; CC: Circunferencia cintura

7.1. Consideraciones éticas

Los artículos que conforman esta tesis doctoral siguieron con rigurosidad los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki (Brasil, 2013) y obtuvieron la aprobación del Comité de Ética de la Universidad de Jaén en España. Para garantizar la integridad ética de la investigación, se obtuvo un consentimiento informado por parte de todos los participantes siendo este firmado por los padres o tutores legales de los niños.

Además, se siguieron las Guías Europeas de Buenas Prácticas Clínicas (111/3976/88 de julio de 1990) especificadas en el marco jurídico español para la investigación clínica en humanos (Real Decreto 561/1993 sobre Ensayos Clínicos). Además, este estudio fue apoyado por un proyecto nacional chileno (proyecto DIUFRO DI11-0038).

7.2. Instrumentos de evaluación

HIIT: El programa HIIT fue puesto en práctica por profesores de EF pertenecientes a escuelas públicas de Chile durante las clases de EF. La intervención se llevó a cabo durante 28 semanas (dos sesiones/semana) de abril a octubre (es decir, tiempo de término). Así, un total de 56 sesiones fueron realizadas por los participantes con una duración de cada sesión de 40-45 min (que es la duración habitual de la clase de EF). Todas las sesiones tuvieron una estructura similar, comenzaron con un calentamiento de 5 minutos, que consistió en la realización de juegos realizados a intensidad baja-media y continuó con una parte principal (30 min), realizada a alta intensidad y basada en los principios que describen el entrenamiento HIIT. Además, se realizó un período de vuelta a la calma que duró 5 minutos para disminuir la FC. Con el fin de incluir un mayor número de participantes, el mismo protocolo se llevó a cabo en el mismo período de tiempo en varias escuelas que decidieron participar en el estudio voluntariamente.

El programa HIIT se basó en juegos de alta intensidad, actividades lúdicas como juegos tradicionales. Además, se realizaron actividades al aire libre para llevar a cabo algunas actividades como juegos de persecución y carreras, con el fin de alcanzar la alta intensidad y el mantenimiento de los principios de HIIT. Cada actividad o juego duró entre 4-6 min con un período de recuperación activa de 1-2 min entre las actividades. La proporción de trabajo fue de 1: 1, por lo tanto, los niños jugaban entre 30 y 60 segundos, y tenían la misma cantidad de tiempo para recuperarse antes de comenzar la siguiente acción de alta intensidad. Estas estrategias se basaron en investigaciones previas. La intensidad de cada actividad se ajustó utilizando la escala de Borg modificada de 10 puntos para niños, estableciendo una actividad de alta intensidad aquellas que se realizaron por encima de 8 puntos en esta escala.

Variables Antropométricas

Índice de masa corporal: Medida que relaciona el peso y la estatura del cuerpo. Es el método de evaluación más empleado para saber el estado nutricional del participante. El exceso de grasa se vincula con un mayor riesgo de algunas enfermedades, como las enfermedades del corazón y algunos tipos de cáncer. La fórmula para calcular el IMC es el peso en kilogramos dividido por el cuadrado de la altura en metros (kg/m^2). El IMC es una indicación simple de la relación entre el peso y la talla que se utiliza

frecuentemente para identificar el sobrepeso y la obesidad en los adultos, tanto a nivel individual como poblacional.

Riesgo cardiometabólico: Para evaluar la circunferencia de cintura, se utilizó una cinta métrica a la altura del cordón umbilical. Mientras que para evaluar el riesgo cardiometabólico se utilizó ratio índice-cintura-talla, siendo una medida útil que brinda información más específica sobre el riesgo cardiometabólico en niños al estimar el nivel de grasa concentrada en la parte central del cuerpo. Permite detectar alteraciones metabólicas en niños sin diferenciar sexo y edad. En esta tesis, se ha utilizando un punto de corte $\geq 0,5$ como indicador de riesgo cardiometabólico.

Pliegues cutáneos: La evaluación de los pliegues cutáneos aporta información de la grasa corporal que se encuentra bajo el tejido subcutáneo. Una vez que la distribución de grasa subcutánea no es uniforme, existen regiones del cuerpo humano con distintas cantidades de grasa, por lo que se hace indispensable medir distintas partes del cuerpo representadas en pliegues. A partir de la medida de los pliegues cutáneos es posible estimar la densidad corporal utilizando algunas ecuaciones matemáticas, desarrolladas para diferentes poblaciones. En esta tesis se utilizó como instrumento de evaluación un plicómetro modelo 102-602 L (Minneapolis, MN, EUA). Se tomaron como referencia los pliegues en bíceps, tríceps, cintura y cuádriceps.

Variables Cardiometabólicas

Presión arterial (diastólica y sistólica): Fuerza que ejerce contra la pared arterial la sangre que circula por las arterias. La presión arterial incluye dos mediciones: la presión sistólica, que se mide durante el latido del corazón (momento de presión máxima), y la presión diastólica, que se mide durante el descanso entre dos latidos (momento de presión mínima). Primero se registra la presión sistólica y luego la presión diastólica, por ejemplo: 120/80. Se utilizó un dispositivo portátil digital (OMRON® modelo HEM 7114; Lake Forest, IL, USA). Además, se utilizó el mismo dispositivo para medir la frecuencia cardíaca en reposo (RHR).

Capacidad cardiorrespiratoria: Es la capacidad de los sistemas circulatorio y respiratorio para suministrar oxígeno a los músculos esqueléticos durante la AF sostenida. La medida principal de CRF es VO_{2max} . Un mayor VO_{2max} implica una mayor CRF. En esta tesis, la CRF se evaluó a través de la prueba de caminata de 6 minutos adaptada para niños. Esta prueba evalúa la distancia que el participante es capaz de caminar en 6 min, por lo que una mayor distancia implica un mayor CRF. El test se realiza al aire libre

sobre una superficie plana. Tiene 30m x 5m de largo, y está delimitado por conos colocados en los extremos de los 30m que indican la longitud del circuito. Además, se sitúa un cono cada 3 metros para indicar la distancia recorrida y facilitar el cálculo total de la distancia recorrida.

8.- Resultados

Table 3 shows a summary with the main results obtained in each of the articles that make up this Doctoral Thesis. Note that the results are detailed more specifically in each of the articles presented in this thesis.

Tabla 3. Resultados de los artículos que componen la memoria de Tesis

Artículo	Resultados
I.- Response of obese schoolchildren to high-intensity interval training applied in the school context	There were significant differences in BMI ($P < .001$), BF ($P < .001$), and CRF ($P < .001$) between the groups (control vs. intervention) before and after intervention (OWCG vs. OWIG and OCG vs. OIG). BMI decreased in the OWIG (BMI, 20.01 ± 1.88 at baseline vs. 19.00 ± 2.02 after HIIT, $P < .001$) and OIG (BMI, 24.12 ± 2.66 at baseline vs. 23.23 ± 3.23 after HIIT, $P < .001$) groups. Similarly, BF decreased in the OWIG (BF, 21.84 ± 4.97 at baseline vs. $19.55 \pm 4.81\%$ after HIIT, $P < .001$) and OIG (BF, 30.26 ± 11.49 at baseline vs. $26.81 \pm 6.80\%$ after HIIT, $P < .001$) groups. CRF improved in both intervention groups ($P < .001$). There was a significant decrease in the prevalence rate of schoolchildren with obesity (from 66.4% to 49.6%) ($P < .001$).
II.- Nutritional status and physical capacity in 4- to 7-year-old students in a Chilean public school	Overweight prevalence was 27.0% (range 21-32%), while obesity had 39.9% (range 33-50%), no gender differences were observed ($p = 0.84$). Mean body fat percentage was 19.1% in men and 20.9% in women ($p = 0.02$). For 6MWT, differences were found for age ($p < 0.001$) with an overall range of 421.5 to 540.2 mt.
III.- Is High Intensity Interval Training (HIIT) a feasible method to improve anthropomorphic and cardiometabolic parameters in preschool children?	Significant differences in $\sum 4$ skinfold fat, body fat, blood pressure, rest heart rate was found. Furthermore, an improvement in cardiorespiratory fitness was found since a greater distance was performed in 6 minutes walking test after HIIT intervention showing significant differences in this variable.
IV. Effects of a High Intensity Interval Training (HIIT) Program on Anthropomorphic and cardiometabolic Variables in School Children with Overweight and Obesity	To analyse the percentage differences between groups, the chi-square test was used. P-value was set at $p < 0.05$. Significant differences were found in the EG in BMI, waist circumference, body fat, $\sum 4$ skinfold fat, and waist to height ratio.
V.- Reference values of the 6-minute walking test in Chilean children age 3-	The prevalence of overweight and obesity respectively was 35.0% and 25.4% in preschoolers and 29.0% and 36.2% in school-age children, with

10 years and significant differences ($p < 0.05$) between age groups. Most parameters analysed showed significant changes between the age stages, both in boys and girls. The distance walked increased significantly year on year from 3 to 10 years.

According to the regression analysis, 6MWT performance was positively related to age, systolic BP and height while it was negatively related to \sum 4 skinfold fat, RHR, diastolic BP, and WC [(6MWD = $176.416 + 22.567 \times \text{age (years)} + 2.790 \times \text{height (cm)} - 0.439 \sum 4 \text{ skinfold fat (mm)} - 0.340 \text{ RHR (bpm)} - 0.732 \text{ DBP (mmHG)} + 0.370 \text{ SBP (mmHG)} - 1020 \text{ WC (cm)}$]. $R^2 = 0.515$, standard error = 60.94 m.

RHR: Rest Heart Rate; BF: Body fat; CRF: Cardiorespiratory Capacity; OW: Overweight; CG: Control group; IG: Intervention group; BMI: Body mass index; HIIT: High-intensity interval training; OB: Obesity; 6MWT: 6-minute walk test; \sum : Skinfold; BP: Blood pressure WC: Waist circumference; DBP: Diastolic blood pressure; SBP: Systolic blood pressure P: Percentile.

10.- Conclusión

10.1. Conclusión general

El HIIT a largo plazo tiene un impacto positivo en la reducción de SP y OB en escolares, produciendo mejoras en la capacidad cardiorrespiratoria y disminuyendo el porcentaje de masa grasa. Los resultados también resaltan la importancia de considerar factores como la edad y el género al evaluar la prevalencia de SP y OB, así como al medir el rendimiento en pruebas como el Test de Marcha de 6 Minutos. Además, se proporcionan valores de referencia que pueden ser utilizados para evaluar la condición física en niños chilenos preadolescentes.

En general, el HIIT es una estrategia efectiva para mejorar la salud y el estado físico de los niños, especialmente aquellos con SP u OB. Sin embargo, se necesitan más investigaciones para comprender completamente los efectos a largo plazo y considerar otros factores externos que puedan influir en la reducción del SP y OB como la dieta o actividad física extraescolar. Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para la promoción de la salud infantil y la prevención de enfermedades relacionadas con el SP y la OB en la población escolar.

10.2.- Conclusiones específicas

Artículo I: El presente estudio muestra que el HIIT a largo plazo disminuye significativamente el número de escolares con obesidad y aumenta la proporción de escolares con peso corporal normal. Asimismo, la intervención fue eficiente para mejorar la capacidad cardiorrespiratoria y reducir el porcentaje de grasa corporal en niños con SP y O. Por tanto, los resultados sugieren que el protocolo HIIT utilizado en nuestro estudio reduce el riesgo cardiometabólico en comparación con el grupo control, que tendió a aumentar o mantener sus parámetros antropométricos.

Artículo II: Los resultados de este estudio revelan que la prevalencia de sobrepeso y obesidad varía significativamente según la edad. Es importante destacar que la obesidad es más alta en niños de 6 años en comparación con otras edades. Además, se encontró que el porcentaje de grasa corporal difiere según el género. En cuanto al Test de Marcha de 6 Minutos (TM6), no se encontraron diferencias significativas en la distancia recorrida en el TM6 según el género o el estado nutricional de los participantes. Sin embargo, se identificaron diferencias significativas en la distancia recorrida en el TM6 en función de la edad.

Artículo III: Los resultados de esta investigación muestran que un programa de entrenamiento HIIT de 28 semanas de duración tiene un efecto positivo en las variables antropométricas, además de una reducción de la CR. Además, se obtuvo una mejora en la CRF en niños de edad preescolar (niños y niñas). Así, los resultados obtenidos en el presente estudio indican que el HIIT podría ser un programa de entrenamiento seguro y eficaz para mejorar la salud en las primeras etapas de la vida.

Es necesario realizar más investigaciones para establecer cuál es el tiempo mínimo necesario para obtener resultados similares en estas poblaciones, así como la frecuencia óptima de entrenamiento por semana. Además, se podrían controlar algunos hábitos relacionados con la salud como la ingesta calórica diaria, el sedentarismo para obtener una visión más objetiva del efecto que tiene una intervención HIIT en estas edades.

Artículo IV: Nuestros hallazgos mostraron que un programa de entrenamiento de larga duración (28 semanas) basado en HIIT tuvo un efecto positivo sobre las variables antropométricas y el RCM, ya que redujo el SP y O en escolares. Por lo tanto, nuestros resultados sugieren que HIIT es un programa útil para su aplicación durante las clases de AF para mejorar los resultados relacionados con la salud de los escolares con OB y OW. Se necesitan más investigaciones

experimentales para conocer el efecto de aumentar el número de sesiones de AF/semana. Además, se deberían controlar otros factores como la dieta diaria para comprender mejor el efecto del HIIT en los escolares, ya que esto ayudaría a producir un cambio más sostenible en los hábitos nutricionales de los escolares.

Artículo V: En conclusión, este estudio proporciona una ecuación de referencia y una curva percentil ajustada por edad y sexo para evaluar el rendimiento previsto en 6MT en una cohorte de niños chilenos prepuberal. La distancia recorrida en el 6MT depende principalmente de la edad; Sin embargo, otras variables como la FC, la PA, el pliegue cutáneo y la CC aportan información significativa y deben tenerse en cuenta. Las ecuaciones de referencia permiten predecir la distancia de la prueba de caminata de 6 minutos y pueden ayudar a evaluar y comparar mejor los resultados entre los niños. Además, los valores de referencia que hemos establecido para los niños chilenos podrían usarse para monitorear el desarrollo saludable de la marcha.

10.3. Overall

Long-term HIIT has a positive impact on reducing OB and OW in schoolchildren, producing improvements in cardiorespiratory capacity and reducing the percentage of Body fat. The results also highlight the importance of considering factors such as age and gender when evaluating the prevalence of OB and OW, as well as when measuring performance on tests such as the 6-Minute Walk Test. In addition, reference values are provided that can be used to evaluate physical condition in preadolescent Chilean children.

Overall, HIIT is an effective strategy for improving the health and fitness of children, especially those with OB or OW. However, more research is needed to fully understand the long-term effects and consider other external factors that may influence the reduction of OB and OW such as diet or extracurricular physical activity. These findings have important implications for the

promotion of childhood health and the prevention of OB and OW related diseases in the school population.

10.4. Specific conclusions

Paper I: The present study shows that long-term HIIT significantly decreases the number of schoolchildren with obesity, and increases the proportion of schoolchildren with normal body weight. Likewise, the intervention was efficient in improving CRF and in reducing percentage BF in children with over-weight and obesity. The results therefore suggest that the HIIT protocol used in our study reduces cardiometabolic risk as compared to the control group, which tended to increase or maintain its anthropometric parameters.

Paper II: The results of this study reveal that the prevalence of overweight and obesity varies significantly according to age. It is important to note that obesity is higher in 6-year-old children compared to other ages. Additionally, BF percentage was found to differ by gender. Regarding the 6 MWT, no significant differences were found in the distance traveled in the 6 MWT according to the gender or nutritional status of the participants. However, significant differences were identified in the distance traveled in 6MWT depending on age.

Paper III: To sum, the results of this research show that a HIIT training program lasted 28 weeks has a positive effect on anthropometric variables, also a reduction of CR. In addition, an improvement in CRF was obtained in pre-schoolchildren (boys and girls). Thus, the results obtained in the current study indicate that HIIT could be a safety and effective training program to improve health in early life stages.

Further research needs to be conducted in order to establish what is the minimum time necessary to obtain similar results in these population, as well as the optimal frequency of training per week. In addition, some habits related with health such as daily caloric intake, sedentary

lifestyles could be controlled to obtain a more objective vision of the effect that a HIIT intervention has at these ages.

Paper IV: Our findings showed that a long-term training program (28 weeks) based on HIIT had a positive effect on anthropometric variables and CR, since it reduced OB and OW in schoolchildren. Hence, our results suggest that HIIT is a useful program for application during PA classes to improve health-related parameters in school children with O and OB. Further experimental investigations are needed to know the effect of increasing the number of PA sessions/week. Moreover, other factors such as daily diet should be controlled to better understand the effect of HIIT in schoolchildren, as this would help to produce a more sustainable change in the nutritional habits of schoolchildren.

Paper V: In conclusion, this study provides a reference equation and an age- and sex-adjusted percentile curve to assess the predicted 6MWT performance in a cohort of prepubertal Chilean children. The 6MWD depends mainly on age; however, other variables such as RHR, BP, skinfold fat and WC add significant information and should be taken into account. Reference equations allow the 6-minute walk test distance to be predicted, and may help to better assess and compare outcomes between children. In addition, the reference values we have established for Chilean children could be used to monitor healthy gait development.

11.- Limitaciones y fortalezas

En la presente Tesis Doctoral debemos destacar algunas limitaciones: 1) En los diferentes estudios no se ha controlado la variable de aspectos de nutrición como parte de la intervención. En este sentido, la omisión de una evaluación exhaustiva de los hábitos alimenticios y su influencia en los resultados limita la capacidad de esta Tesis para discernir de manera completa el impacto

de la AF como único factor en la modificación del peso corporal y la composición corporal de los participantes. 2) No se ha controlado la actividad física extraescolar realizada por los participantes, que hicieron su vida habitual. La ausencia de control de AF extraescolar impide una evaluación completa de la influencia exclusiva del programa de intervención de AF, ya que otras actividades realizadas fuera de la propia intervención implementada, podrían haber influido en los resultados observados. 3) Para la evaluación de las cargas de entrenamiento, principalmente la intensidad, no se han empleado instrumentos tecnológicos que permiten obtener información precisa a lo largo de toda la intervención. Su uso habría garantizado un conocimiento in situ en la propia actividad, así como información precisa para ajustar las cargas en función de la planificación establecida.

No obstante, debemos indicar como fortaleza del estudio que se ha desarrollado en un ambiente ecológico del contexto escolar, respetando la dinámica de las clases de EF y las variables que en este se presentan. El estudio ha permitido obtener referencias normativas de interés para una población sensible con altos niveles de SP y OS en edades de gran trascendencia en el desarrollo integral de los escolares. Por último, los resultados permiten conocer estrategias de intervención en horario escolar que son eficaces y eficientes para intervenir y modificar la composición corporal de los alumnos en un tiempo limitado de clase de educación física.

12.- Perspectivas futuras de estudio

Para futuras investigaciones, se recomienda considerar la realización de estudios que evalúen el impacto del HIIT en el rendimiento escolar de los estudiantes, así como en la mejora de las capacidades físicas y la competencia motriz en los escolares. Esto proporcionaría una comprensión más completa de otros posibles efectos positivos de la AF de alta intensidad en el desarrollo de los estudiantes. De igual modo, se recomienda que futuras investigaciones consideren la inclusión de variables relacionadas con hábitos alimenticios, lo que ayudaría a comprender mejor la relación entre la AF y la nutrición en la salud de los participantes. Estos enfoques adicionales contribuirán a una comprensión más profunda y rigurosa de los resultados obtenidos en estudios similares.

Además, sería valioso llevar a cabo estudios en los que se analicen el impacto del HIIT desde una perspectiva intercultural. Estos estudios podrían arrojar luz sobre cómo el HIIT afecta de manera diferencial a diferentes grupos de población, lo que permitiría adaptar las intervenciones de manera más efectiva para abordar las necesidades específicas de cada grupo.

13.- Curriculum vitae

CURRICULUM INVESTIGADOR

DATOS PERSONALES



Investigador	JOSE MIGUEL ESPINOZA SILVA
E-Mail	jose.espinoza@ufrontera.cl
Fono/Anexo	2325203
Unidades	DEPTO. ED. FISICA, DEPORTES Y RECREACION(FACULTAD DE EDUCACION,C. SOCIALES Y HUM.)

TITULOS/GRADOS ACADÉMICOS

Título Profesional	PROFESOR DE ESTADO DE ENSEÑANZA MEDIA ESPECIALIDAD EDUCACION FISICA, DEPORTES Y RECREACIÓN
Institución:	UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
Pais:	CHILE

ACTIVIDADES DE PERFECCIONAMIENTO

Diplomado	2
Capacitación Pertinente	4
Cursos de Capacitación	12
Taller	12

PROYECTOS

PROYECTOS DIUFRO 2011

Programa de Intervención de Actividad Física y su influencia en el rendimiento académico y violencia escolar en niños y niñas pertenecientes a la Etnia Mapuche del NT2 de la escuela Boyeco-Temuco

JORGE OSVALDO LORCA TAPIA (Primer Co-Investigador), JOSE MIGUEL ESPINOZA SILVA (Investigador Responsable)

REVISTAS

PUBLICACIONES WoS

RESPUESTA EN ESCOLARES CON OBESIDAD AL EJERCICIO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDAD APLICADO EN EL CONTEXTO ESCOLAR

REVISTA: ENDOCRINOLOGÍA, DIABETES Y NUTRICIÓN <https://doi.org/10.1016/j.endinu.2019.05.005>, 2019

J.ESPINOZA, P.DELGADO, F.CAAMAÑO, P.LATORRE, J.PARRAGA, D.JEREZ

EFFECTS OF 28 WEEKS OF HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING DURING PHYSICAL EDUCATION CLASSES ON CARDIOMETABOLIC RISK FACTORS IN CHILEAN SCHOOLCHILDREN: A PILOT TRIAL

REVISTA: EUROPEAN JOURNAL OF PEDIATRICS <https://doi.org/10.1007/s00431-018-3149>, 2018

P.DELGADO, J.ESPINOZA, P.LATORRE, F.GARCIA

ESTADO NUTRICIONAL Y CAPACIDAD FÍSICA EN ESCOLARES DE 4 A 7 AÑOS EN UN

ESTABLECIMIENTO ESCOLAR PÚBLICO DE CHILE, 2014

REVISTA: NUTR HOSP. Vol.32(1), 69 - 74, 2015

R.AGUILAR, J.ESPINOZA

OBJECTIVELY MEASURED PHYSICAL ACTIVITY AND SEDENTARY BEHAVIOUR PATTERNS IN CHILEAN PRE-SCHOOL CHILDREN

REVISTA: NUTRICIÓN HOSPITALARIA, 2015

N Aguilar-Farias, P Martino-Fuentealba, M Espinoza-Silva

ESTADO NUTRICIONAL Y CAPACIDAD FÍSICA EN ESCOLARES DE 4 A 7 AÑOS EN UN ESTABLECIMIENTO ESCOLAR PÚBLICO DE CHILE

2014

REVISTA: NUTRICIÓN HOSPITALARIA Vol.32, , 2015

Nicolas, Miguel

PUBLICACIONES SciELO

COMPETENCIA MOTRIZ EN ESCOLARES DE PRIMER Y SEGUNDO AÑO DE PRIMARIA EN LA REGIÓN DE ARAUCANÍA, CHILE

REVISTA:PENSAR EN MOVIMIENTO: REVISTA DE CIENCIAS DEL EJERCICIO Y LA SALUD Vol.19, 1 - 17, 2021

N.MARTÍNEZ, J.ESPINOZA, J.CARCAMO

PUBLICACIONES SCOPUS

LA INTENSIDAD DEL ESFUERZO EN CLASES DE EDUCACIÓN FÍSICA. RELACIÓN ENTRE PERCEPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN OBJETIVA DE ESTUDIANTES Y PROFESORES.

REVISTA:RETOS: NUEVAS TENDENCIAS EN EDUCACIÓN FÍSICA Vol.39, 383 - 389, 2019

J.CARCAMO, V.CARRASCO, C.MARTINEZ, J.ESPINOZA

COMPORTAMIENTO DEL PROFESOR, INTENSIDAD Y TIEMPO EFECTIVO DE LAS CLASES DE EDUCACIÓN FÍSICA EN UNA ESCUELA

PÚBLICA: UN ACERCAMIENTO A LA REALIDAD

REVISTA:RETOS Vol.35, 160 - 163, 2018

P.DELGADO, C.RETAMAL, J.ESPINOZA, D.JEREZ

14. Agradecimientos

Al observar el resultado obtenido en este proyecto, que intentó siempre desarrollarse con racionalidad y libertad, pienso, siento y escribo un solo concepto, Muchas Gracias.

Todo este proyecto fue posible gracias al apoyo incondicional de Carolina, mi mujer, que estuvo a mi lado en todo momento, en las buenas y sobre todo en las malas, a mi hija Camila, por su apoyo constante y a Vicente, por incorporar alegría y esperanza en el proyecto.

Gracias, a mis padres, que me dieron todo lo que necesité, y entregarme autonomía en mis actos.

Gracias a mis tutores Juan, Pedro y Cristian, sin duda este proyecto es el resultado de todo su conocimiento, además de su comprensión, empatía y algunos enojos que, sin la presencia de aquello, no hubiera sido posible llegar a cumplir nuestro proyecto.

Gracias a mi colega José Carlos, que, con sus propias perspectivas, en la recta final de dicho proceso, fueron sus indicaciones muy oportunas para el cierre de las investigaciones que conforman el proyecto.

Gracias a los colegas colaboradores y estudiantes que estuvieron dispuestos a la recolección de datos y dispuestos a participar en el proyecto.

Gracias a la Universidad de Jaén (España), por aceptarme culminar mis estudios de Doctorado bajo su tutela y entregarme las herramientas para una mejor formación y desempeño como docente. Gracias a la Universidad de la Frontera (Chile), gracias al Departamento y a la Carrera de Educación Física, de permitirme soñar en los espacios y tiempos de mi casa formadora, desde mis aciertos y errores, que es posible lograr lo que nos proponemos.