

Relación entre aptitud aeróbica con indicadores de adiposidad corporal en adolescentes de ambos sexos

Relationship between aerobic fitness and body fat indicators in adolescents of both sexes

Camilo URRÁ ALBORNOZ¹, Rubén VIDAL ESPINOZA², Rossana GÓMEZ-CAMPOS¹, Fernando ALVEAR VASQUEZ³, Anderson MARQUES DE MORAES⁴, Evandro LÁZARI⁵, Luis URZUA ALUL⁶, Marco COSSIO BOLAÑOS¹

1 Programa de Doctorado en Ciencias de la Actividad Física, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

2 Universidad Católica Silva Henríquez, Santiago, Chile

3 Programa de Doctorado de Actividad Física y Deporte, Universidad de Valencia, Valencia, España

4 Faculdade de Educação Física, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Sao Paulo, Brazil.

5 Faculdade de Ciências Aplicadas – UNICAMP, Sao Paulo, Brasil.

6 Escuela de Kinesiología, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás, Chile.

Recibido: 4/enero/2021. Aceptado: 9/marzo/2021.

RESUMEN

Introducción: La aptitud aeróbica es considerada como un indicador de salud que se relaciona con la adiposidad corporal. La dieta, nivel de actividad física, sedentarismo y la salud psicológica podrían influir en esa relación.

Objetivo: Relacionar la aptitud aeróbica con cinco indicadores de adiposidad corporal en adolescentes de ambos sexos.

Material y Métodos: Se efectuó un estudio descriptivo de corte transversal en 200 adolescentes de 14 a 17 años de edad (140 hombres y 60 mujeres). La selección de la muestra fue no-probabilística (cuotas). Se evaluó las medidas antropométricas (peso, estatura, circunferencia de la cintura), se calculó los índices de adiposidad (Índice de masa corporal, índice ponderal, índice cintura-estatura y masa grasa). Se evaluó la aptitud aeróbica por medio de la prueba de indirecta de campo ida y vuelta de 20m ($L \cdot \text{min}^{-1}$ y $mL \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). La clasificación se efectuó a partir del $\text{VO}_{2\text{max}}$ relativo según edad y sexo: Muy bajo ($<p20$), bajo (entre $p20$ y $p40$), Moderada (entre $p40$ y $p60$), alta (entre $p60$ y $p80$) y muy alta ($>p80$).

Resultados: En hombres se observó diferencias significativas entre las categorías de aptitud aeróbica muy alto y alto vs muy baja y baja, en todos los indicadores de adiposidad corporal ($p < 0,05$). En mujeres las diferencias fueron significativas entre la capacidad aeróbica muy alta con baja y muy baja ($p < 0,05$), y capacidad aeróbica alta vs muy baja ($p < 0,05$). Las asociaciones fueron negativas en cinco indicadores de adiposidad en hombres (IMC, IP, CC ICE y MG, $R^2 = 16$ a 19%) y en mujeres en cuatro indicadores de adiposidad (IMC, IP, CC e ICE, $R^2 = 16$ a 21%).

Conclusión: Se demostró relación negativa entre la aptitud aeróbica ($\text{VO}_{2\text{máx}}$) y los indicadores antropométricos de adiposidad corporal, además los adolescentes clasificados con elevados niveles de consumo máximo de oxígeno reflejaron bajos valores de adiposidad corporal.

PALABRAS CLAVE

Aptitud aeróbica, adiposidad corporal, adolescentes.

ABSTRACT

Introduction: Aerobic fitness is considered a health indicator that is related to body fat. Diet, level of physical activity, sedentariness and psychological health could influence this relationship.

Objective: To relate aerobic fitness with five indicators of body fat in adolescents of both sexes.

Correspondencia:

Marco Cossio Bolaños
mcossio1972@hotmail.com

Material and Methods: A cross-sectional descriptive study was carried out on 200 adolescents between 14 and 17 years of age (140 males and 60 females). The selection of the sample was non-probabilistic (quotas). Anthropometric measurements were evaluated (weight, height, waist circumference), adiposity indexes were calculated (body mass index, weight index, waist-height index, and fat mass). Aerobic fitness was evaluated by means of the 20m shuttle run test ($L \cdot \text{min}^{-1}$ and $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). The classification was made from the relative $\text{VO}_{2\text{max}}$ according to age and sex: Very low ($< p20$), low (between $p20$ and $p40$), moderate (between $p40$ and $p60$), high (between $p60$ and $p80$) and very high ($> p80$).

Results: In men, significant differences were observed between the categories of very high and high vs. very low and low aerobic fitness in all indicators of body fat ($p < 0.05$). In women the differences were significant between very high aerobic capacity with low and very low ($p < 0.05$), and high vs very low aerobic capacity ($p < 0.05$). The associations were negative in five indicators of adiposity in men (BMI, PI, WC, WHIR and FM, $R^2 = 16$ to 19%) and in four indicators of adiposity in women (BMI, PI, WC and WHIR, $R^2 = 16$ to 21%).

Conclusion: It was demonstrated negative relation between aerobic aptitude ($\text{VO}_{2\text{max}}$) and anthropometric indicators of body adiposity, besides, adolescents classified with high levels of maximum oxygen consumption reflected low values of body adiposity.

KEY WORDS

Aerobic fitness, body adiposity, adolescents.

ABREVIATURAS

AA: Aptitud aeróbica.

AC: adiposidad corporal.

IMC: Índice de masa corporal.

CC: circunferencia de cintura.

IP: Índice ponderal.

ICE: Índice cintura estatura.

MG: Masa grasa.

INTRODUCCIÓN

La aptitud aeróbica (AA) (o cardiorrespiratoria o cardiopulmonar) refleja la capacidad integrada de suministrar oxígeno de la atmósfera a los músculos esqueléticos y utilizarlo para generar energía para apoyar la actividad muscular durante el ejercicio¹. Por lo general, es considerada como un indicador de salud en niños jóvenes y adultos^{2,3}.

De hecho, estudiar la AA y la adiposidad corporal (AC) en adolescentes es relevante, dado que, durante la etapa del

crecimiento y desarrollo, los cambios de comportamiento en la dieta, la actividad física, sedentarismo y la salud psicológica son determinantes⁴.

Durante la adolescencia, la AA a medida que transcurre el tiempo aumenta naturalmente y se prolonga más en los niños, que en las niñas⁴, además un entorno sedentario, permitirá cada vez más un aumento excesivo de peso⁵, consecuentemente se reflejará en sobrepeso y obesidad entre los adolescentes.

En los últimos años los estudios a nivel internacional han observado factores de riesgo cardiometabólico como obesidad abdominal, alta presión arterial, hiperglucemia y dislipidemia en niños y adolescentes⁶⁻⁹, inclusive en Chile, varios estudios han brindado importancia al investigar las inter-relaciones entre aptitud física y AC en niños y adolescentes¹⁰⁻¹³, pues en los resultados de la Encuesta Nacional de Salud del 2017, se ha evidenciado una elevada prevalencia de sobrepeso (39,8%) y obesidad (31,2 %), respectivamente¹⁴.

En consecuencia, los indicadores de AC que más se utilizan para relacionar con el desempeño de la aptitud física, por lo general son el índice de masa corporal (IMC), circunferencia de la cintura (CC), pliegues cutáneos y masa grasa (MG), sin embargo, hasta donde se sabe, son escasos los estudios efectuados en Chile, donde no se han utilizado el índice cintura-estatura (ICE) y el índice ponderal (IP). Estos indicadores pueden proporcionar información novedosa, pues la literatura en general, sugiere el uso de más de un indicador antropométrico como forma complementaria de información para evaluar la AC en adolescentes^{15,16}.

En ese sentido, basados en que los estudios recientes han evidenciado relaciones inversas entre el desempeño de la AA con algunos indicadores de adiposidad en adolescentes¹⁰, esta investigación supone que además del IMC, CC y MG el índice cintura-estatura (ICE) y el índice ponderal (IP) podrían reflejar asociaciones negativas con la aptitud aeróbica ($\text{VO}_{2\text{max/kg}}$) de adolescentes,

Por lo tanto, el objetivo del estudio fue relacionar la aptitud aeróbica con cinco indicadores de adiposidad corporal en adolescentes de ambos sexos de la ciudad de Talca, Chile.

MÉTODOS

Tipo de estudio y muestra

Se efectuó un estudio descriptivo de corte transversal en 200 adolescentes de 14 a 17 años de edad (140 hombres y 60 mujeres). La selección de la muestra fue no-probabilística (cuotas). Se eligió un colegio público de la zona urbana de la ciudad de Talca (Chile). Por lo general, en Chile, los escolares que asisten a colegios públicos pertenecen a una condición socioeconómica media¹¹.

El estudio se efectuó de acuerdo a las indicaciones del Comité de Ética de la (UMC-2019), y la declaración de Helsinki para seres humanos. Todos los padres y tutores autorizaron las evaluaciones, firmando el consentimiento informado. Cada adolescente también firmó el asentimiento.

Se incluyeron en el estudio a todos los que completaron la prueba de AA y las evaluaciones antropométricas y los que autorizaron la realización de las evaluaciones. Se excluyeron a 2 hombres y 2 mujeres (n=4) que se encontraban con lesión deportiva el día de la evaluación de la prueba de aptitud física.

Procedimientos

Las evaluaciones se efectuaron en las instalaciones del Colegio, en horario de clases de lunes a viernes desde las 8.30 a 12.30 horas durante el mes de junio del 2019. Inicialmente se evaluó las variables antropométricas, luego se efectuó un calentamiento de 10 a 15 minutos para la entrada en calor aeróbica, con movilidad de todos los segmentos y articulaciones corporales y posteriormente se evaluó la AE.

Las mediciones antropométricas se evaluaron siguiendo las recomendaciones de Ross & Marfell-Jones¹⁷. El peso corporal (kg) fue evaluado usando una balanza electrónica (Tanita, LTd, Reino Unido) con escala de 0 a 150 kg y con precisión de 100 g. La estatura de pie con un estadiómetro portátil (Seca GmbH & Co. KG, Hamburgo, Alemania) con precisión de 0.1mm. La circunferencia de la cintura (CC) se midió con una cinta métrica de metal (Seca) en milímetros con precisión de 0,1 cm. Se calculó el índice de masa corporal (IMC) utilizando la fórmula: $IMC = \text{peso (kg)} / \text{estatura}^2 \text{ (m)}$, el índice ponderal (IP): $IP = \text{peso (kg)} / \text{estatura}^3 \text{ (m)}$ y el Índice Cintura estatura: $ICE = \text{Circunferencia de cintura (cm)} / \text{Estatura (cm)}$.

Las variables antropométricas de los estudiantes se midieron sin zapatos y con la menor cantidad posible de ropa (solo una camiseta ligera y pantalones cortos). Todas las variables antropométricas se evaluaron en dos oportunidades, siendo responsable uno de los investigadores. Los valores de test *t* oscilaron entre $R = 0.88$ a 0.94 .

El estado de Madurez se evaluó de acuerdo a las sugerencias descritas por Moore et al¹⁸. Se utilizó la edad cronológica y estatura de pie para ambos sexos (Mujeres: Estado de madurez (APVC) = $-7.709133 + (0.0042232 \times (\text{edad} \times \text{estatura}))$) y para hombres: Estado de madurez (APVC) = $-7.999994 + (0.0036124 \times (\text{edad} \times \text{estatura}))$, donde APVC: años de pico de velocidad de crecimiento.

La masa grasa (MG) y sus correspondientes categorías nutricionales se efectuaron de acuerdo a la ecuación de Cossio-Bolaños¹⁹. Los puntos de corte fueron: Bajo peso (<p10), Normal (p10 a p85), sobrepeso (> p85 a p95) y obesidad (> p95). La MG se calculó mediante: hombres: $MG \text{ (kg)} = -22,059 - 0,45 * \text{edad} + 0,573 * CC$ y mujeres: $MG \text{ (kg)} = -26,329 + 0,362 * \text{edad} + 0,558 * CC$.

La AA se evaluó por medio de la prueba de ida y vuelta de 20m., propuesta por Leger et al²⁰. Se estimó el consumo máximo de oxígeno en (L/min^{-1}) y ($mL \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). La ecuación utilizada fue: $[VO_{2\text{max}} \text{ (mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = -27.4 + 6.0 * MAS]$, donde, MAS: velocidad aeróbica máxima. La clasificación en categorías de AA se basaron en los puntos de corte propuesto por Tomkinson et al²¹ a partir del $VO_{2\text{max}}$ relativo según edad y sexo: Muy bajo (< p20), bajo (entre p20 y p40), Moderada (entre p40 y p60), alta (entre p60 y p80) y muy alta (>p80).

Estadística

Se verificó la normalidad de los datos a través de la prueba Kolmogorov-Smirnov. Posteriormente, los datos fueron analizados a partir de estadígrafos descriptivos, media aritmética, desviación estándar e intervalos de confianza estadística. Las diferencias entre hombres y mujeres se determinaron por medio de test *t* para muestras independientes. La comparación de los valores medios de los indicadores de adiposidad en función de las categorías de aptitud física en ambos sexos se realizó a través del análisis de la varianza (ANOVA). Cuando se comprobó la existencia de diferencia estadística significativa, se utilizó la prueba de especificidad de Tukey-Kramer. La relación entre las variables de AA y AC se verificó a través del coeficiente de correlación de Pearson. Se efectuó el análisis de regresión simple para determinar el porcentaje de explicación de la relación entre valores de AA con indicadores de AC en los adolescentes en ambos sexos, se analizó el R^2 , error estándar de estimación (EEE) para hombres y mujeres. En todos los casos se adoptó una probabilidad de $p < 0,05$. El análisis estadístico se efectuó en SPSS v.23.0.

RESULTADOS

Las variables que caracterizan a la muestra de adolescentes de ambos sexos se observan en la tabla 1. Los hombres presentaron valores promedios superiores en relación a las mujeres en el peso corporal, estatura, CC, MLG y en las categorías nutricionales y de AA ($p < 0,05$). En las demás variables como la edad, IMC, ICE IP, MG y $VO_{2\text{max}}/mL \cdot \text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$ y $VO_{2\text{max}}/mL \cdot \text{min}^{-1}$ no se observaron diferencias significativas entre ambos sexos ($p > 0,05$).

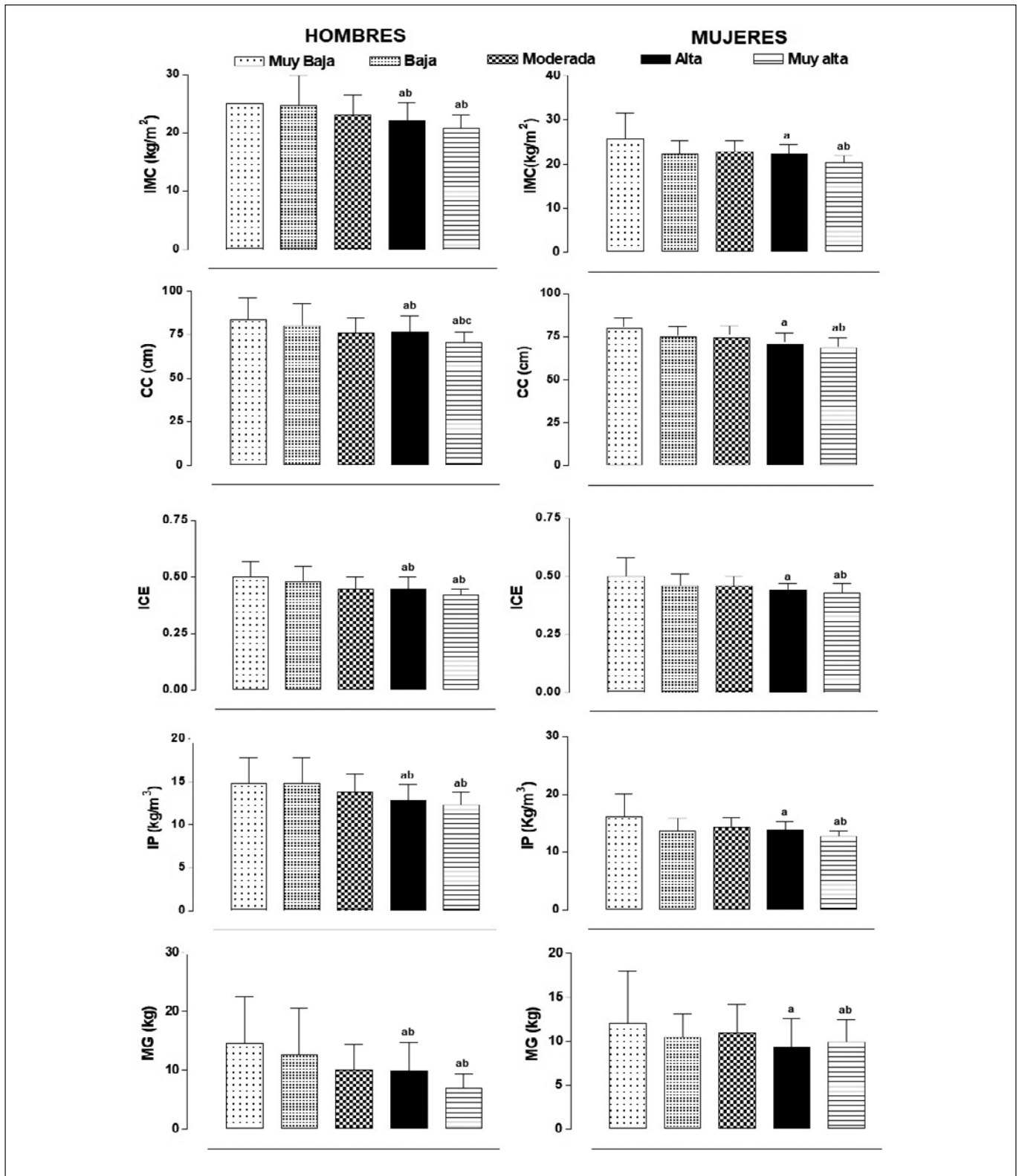
La figura 1, muestra las comparaciones de los valores de indicadores de adiposidad según las categorías de AA. En hombres se observó diferencias significativas entre las categorías de aptitud aeróbica muy alta y alta vs muy baja y baja en todos los indicadores de AC ($p < 0,05$), mientras que, en las mujeres, las diferencias fueron significativas entre la AA muy alta con baja y muy baja ($p < 0,05$), y AA alta vs muy baja ($p < 0,05$). En ambos sexos se observa claramente, como los indicadores de adiposidad van disminuyendo, conforme los valores de las categorías de la AA van mejorando.

Tabla 1. Indicadores antropométricos y de aptitud aeróbica que caracterizan la muestra estudiada.

Variables	Hombres				Mujeres				p
	X	DE	IC		X	DE	IC		
			L.I	L.S			L.I	L.S	
Edad (años)	15,5	0,9	15,4	15,7	15,4	0,8	15,2	15,6	,333
EM (APVC)	1,5	0,8	1,4	1,6	2,7	0,6	2,6	2,9	,000
Antropometría									
Peso (kg)	66,2	13,2	64,0	68,4	58,8	9,0	56,5	61,1	,000
Estatura (m)	1,7	0,1	1,7	1,7	1,6	0,1	1,6	1,6	,000
CC(cm)	77,4	10,8	75,6	79,2	73,9	8,2	71,8	76,0	,014
Indicadores antropométricos									
IMC (kg/m ²)	23,1	4,1	22,4	23,8	22,8	3,6	21,9	23,7	,584
ICE (u.a)	0,5	0,1	0,4	0,5	0,5	0,1	0,4	0,5	,864
IP (kg/m ³)	13,7	2,5	13,3	14,1	14,2	2,4	13,6	14,9	,188
Composición Corporal									
Porcentaje grasa (%G)	15,3	6,1	14,3	16,3	18,0	5,6	16,5	19,4	,004
Masa grasa (kg)	10,7	6,3	9,7	11,8	10,5	3,7	9,6	11,5	,770
Masa libre de grasa (kg)	55,4	8,0	54,1	56,7	48,2	8,5	46,0	50,4	,000
Aptitud aeróbica									
VO _{2max} (L/min ⁻¹)	2,9	0,6	2,8	3,0	2,1	0,3	2,1	2,2	,000
VO _{2max} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	44,6	6,6	43,5	45,7	36,8	4,3	35,7	37,9	,000
Metros (m)	1061,9	463,0	984,5	1139,3	556,2	248,0	492,2	620,3	,000
Categoría nutricional (MG)									
Bajo	8,0	1,2	7,5	8,5	12,7	2,0	11,9	13,6	,000
Normal	14,5	3,2	13,8	15,2	19,6	3,3	18,5	20,8	,000
Sobrepeso	22,9	1,5	22,0	23,7	28,8	0,7	27,6	30,0	,000
Categoría aptitud aeróbica (mL·kg⁻¹·min⁻¹)									
Muy baja	35,0	2,6	33,8	36,1	31,0	2,2	29,6	32,5	,000
Baja	40,3	1,3	39,9	40,8	34,4	1,3	33,6	35,2	,000
Moderada	43,9	1,1	43,5	44,3	37,1	1,3	36,4	37,8	,000
Alta	47,5	1,1	47,1	47,9	39,7	1,1	39,1	40,4	,000
Muy Alta	54,9	3,3	53,6	56,2	43,9	3,1	41,0	46,8	,000

EM: Estado de madurez, APVC: años de pico de velocidad de crecimiento, IMC: índice de Masa corporal, ICE= Circunferencia de cintura, IP: Índice ponderal, CC: Circunferencia de la cintura, MG: Masa Grasa, u.a: Adimensional.

Figura 1. Comparación de los valores medios de los indicadores de adiposidad corporal en función de categorías de aptitud aeróbica en ambos sexos.



a: diferencia significativa en relación a la categoría de muy baja; b: diferencia significativa en relación a la categoría de baja; c: diferencia significativa en relación a la categoría de moderada; IMC: índice de Masa corporal, IP: Índice ponderal, CC: Circunferencia de la cintura, ICE= Circunferencia de cintura, MG: Masa Grasa.

La tabla 2, muestra los valores de las correlaciones entre variables de adiposidad corporal y la AE en ambos sexos. La edad cronológica y el estado de madurez no fueron determinantes con la aptitud aeróbica de adolescentes de ambos sexos ($R^2 = 0,00 - 0,031$). Sin embargo, las asociaciones fueron negativas en cinco indicadores de adiposidad en hombres (IMC, IP, CC ICE y MG, $R^2 = 16$ a 19%) y en cuatro indicadores de adiposidad en las mujeres (IMC, IP, CC e ICE, $R^2 = 16$ a 21%), mientras que, en la MG, el poder de determinación fue nulo ($R^2 = 0,030$).

aplicados en mujeres (excepto MG), y cinco en hombres, por lo que estas agrupaciones de indicadores demostraron ser útiles para asociar la salud cardiorrespiratoria en adolescentes, como se describió en un estudio reciente por Gonçalves et al¹⁶, investigando en escolares de escuelas públicas de Santa Catarina (Brasil) de 14 a 19 años.

En general, el uso de estos indicadores durante la adolescencia es relevante, puesto que los niveles de AC durante esta etapa aumentan significativamente desde la niñez hasta

Tabla 2. Relación entre valores de AA con indicadores de AC en adolescentes de ambos sexos.

Indicadores de adiposidad	Hombres			Mujeres		
	R	R ²	EEE	R	R ²	EEE
Edad (años)	-0,06	0,003	6,63	-0,18	0,031	4,20
EM (APVC)	-0,02	0,000	6,64	-0,13	0,018	4,28
IMC (kg/m ²)	-,405**	0,164	6,07	-,412**	0,170	3,94
IP (kg/m ³)	-,402**	0,160	6,08	-,390**	0,162	3,50
CC (cm)	-,417**	0,174	6,03	-,460**	0,212	3,84
ICE (u.a)	-,440**	0,193	5,96	-,447**	0,200	3,87
MG (Kg)	-,430**	0,185	5,99	-0,17	0,030	4,25

EM: Estado de madurez, APVC: Años de pico de velocidad de crecimiento, IMC: índice de Masa corporal, IP: Índice ponderal, CC: Circunferencia de la cintura, ICE= Circunferencia de cintura, MG: Masa Grasa, u.a: adimensional.

DISCUSIÓN

Los resultados del estudio han demostrado relación negativa entre la AA (VO_{2max} relativo) con los cinco indicadores antropométricos de AC en hombres (IMC, IP, CC, ICE, y MG) y en 4 indicadores en mujeres (IMC, IP, CC e ICE). Además, cuando se clasificaron por categorías de VO_{2max} relativo, los hallazgos reflejaron diferencias significativas entre categorías en adolescentes de ambos sexos, especialmente entre las categorías extremas de la AA.

Estas evidencias indican que conforme los jóvenes son categorizados con elevados niveles de AA, los valores de adiposidad van disminuyendo, por lo que los adolescentes con moderado y elevado nivel de VO_{2max} relativo reflejaron un mejor indicador de adiposidad.

Estos hallazgos son consistentes con los resultados obtenidos por estudios anteriores, donde valores elevados de grasa corporal están relacionadas con una menor absorción máxima de oxígeno ($VO_{2máx}$)²²⁻²⁴.

De hecho, de los cinco indicadores antropométricos utilizados en este estudio, 4 demostraron ser útiles para ser

la adolescencia, asociándose negativamente con la aptitud física²⁵ debido a la presencia de un elevado consumo de alimentos y actividad física insuficiente, lo cual, son claves para acarrear enfermedades no transmisibles, como la diabetes, enfermedades cardiovasculares, entre otras²⁶.

El sobrepeso y la obesidad en la niñez y la adolescencia son uno de los problemas de salud pública actuales más importantes en países desarrollados y en vías de desarrollo, por lo que mantener un adecuado nivel de AC acorde a la edad y sexo, evitará un deterioro significativo de la aptitud física general y específicamente de la AA en poblaciones en proceso de crecimiento.

Por lo tanto, un elevado nivel de tejido adiposo es considerado como un importante inductor de la inflamación sistémica y este hecho contribuye a la presencia de enfermedades cardiovasculares²⁷.

También se ha identificado en este estudio que, el 27% de los hombres y 12% de las adolescentes fueron clasificados entre bajo y muy bajo nivel de AA, por lo que se estima que durante la edad adulta desarrollarán enfermedades cardio-

vasculares y un factor de riesgo de mortalidad prematura por todas las causas²⁷.

En consecuencia, la evaluación de la AA durante la adolescencia, junto a los cinco indicadores de AC y en especial el IP y el ICE podrían ser determinantes para identificar adolescentes con deterioro significativo de la salud aeróbica. Esta información puede contribuir a la dirección y categorización de grupos de riesgo para ser sometidos a programas de intervención, con lo cual, es posible reducir el exceso de grasa y elevar los niveles de VO_{2max} ²².

Este estudio presenta algunas fortalezas que deben ser reconocidas, dado que es uno de los primeros estudios en utilizar 5 indicadores de AC para relacionar con la AA en adolescentes de la ciudad de Talca (Chile), además, estos resultados pueden servir de base para futuros estudios longitudinales, ya que fueron recolectados pre-pandemia durante el 2019 y pueden servir para comparar los cambios en la AC y AA.

Por otro lado, debido al tipo de selección de la muestra, los resultados no son generalizables a la población chilena, puesto que no fueron aleatorizados, inclusive, no fue posible el control de los hábitos de alimentación y niveles de actividad física, lo que hubiera posibilitado un mejor análisis de los resultados obtenidos. Futuros estudios deben incluir estas variables de control para evitar sesgos en los resultados.

CONCLUSIÓN

Este estudio demostró relación negativa entre la AA (VO_{2max}) y los indicadores antropométricos de AC, además, los adolescentes clasificados con elevados niveles de consumo máximo de oxígeno reflejaron bajos valores de AC. Estos resultados sugieren que para preservar un nivel aceptable de AA es necesario mantener un índice de AC saludable para su edad y sexo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la beca doctoral UCM.

BIBLIOGRAFÍA

1. Armstrong N. Youth aerobic fitness. *Pediatric exercise science*. 2019; 31(2):137-43. <https://doi.org/10.1123/pes.2019-0039>
2. Rizzo NS, Ruiz JR, Hurtig-Wennlöf A, Ortega FB, Sjöström M. Relationship of physical activity, fitness, and fatness with clustered metabolic risk in children and adolescents: the European youth heart study. *The Journal of pediatrics*. 2007; 150(4):388-94. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2006.12.039>
3. da Silva PR, Dos Santos GC, da Silva JM, de Faria WF, de Oliveira RG, Neto AS. Health-related physical fitness indicators and clustered cardiometabolic risk factors in adolescents: A longitudinal study. *Journal of Exercise Science & Fitness*. 2020; 18(3):162-7. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2020.06.002>
4. Alberga AS, Sigal RJ, Goldfield G, Prud'Homme D, Kenny GP. Overweight and obese teenagers: why is adolescence a critical period?. *Pediatric obesity*. 2012; 7(4):261-73. <https://doi.org/10.1111/j.2047-6310.2011.00046.x>
5. Hill JO, Wyatt HR, Peters JC. Energy balance and obesity. *Circulation*. 2012;126(1):126-132. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.111.087213>.
6. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjöström M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International journal of obesity*. 2008; 32(1):1-1.
7. Juonala M, Magnussen CG, Berenson GS, Venn A, Burns TL, Sabin MA, Srinivasan SR, Daniels SR, Davis PH, Chen W, Sun C. Childhood adiposity, adult adiposity, and cardiovascular risk factors. *N Engl J Med*. 2011; 365:1876-85. DOI: 10.1056/NEJMoa1010112
8. Zaqout M, Michels N, Bammann KC, Ahrens W, Sprengeler O, Molnar D, Hadjigeorgiou C, Eiben G, Konstabel K, Russo P, Jiménez-Pavón D. Influence of physical fitness on cardio-metabolic risk factors in European children. The IDEFICS study. *International journal of obesity*. 2016; 40(7):1119-1125.
9. Knaeps S, Bourgeois JG, Charlier R, Mertens E, Lefevre J, Wijndaele K. Ten-year change in sedentary behaviour, moderate-to-vigorous physical activity, cardiorespiratory fitness and cardiometabolic risk: independent associations and mediation analysis. *British journal of sports medicine*. 2018; 52(16):1063-8. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2016-096083>
10. Zurita-Ortega F, Castro-Sánchez M, Rodríguez-Fernández S, Cofré-Bolados C, Chacón-Cuberos R, Martínez-Martínez A, Muros-Molina JJ. Actividad física, obesidad y autoestima en escolares chilenos: Análisis mediante ecuaciones estructurales. *Revista médica de Chile*. 2017;145(3):299-308. <https://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872017000300006>
11. Sepúlveda Cáceres X, Méndez Cornejo J, Duarte Farfán C, Herrera M, Gomez-Campos R, Lazari E, Cossio-Bolaños M. Relación entre adiposidad corporal y salto horizontal en niños y adolescentes escolares. *Rev Chil Pediatr*. 2018; 89(6): 701-708
12. Floody PD, Navarrete FC, Devia CP, Mayorga DJ, Salazar CM. Relationship in obese Chilean schoolchildren between physical fitness, physical activity levels and cardiovascular risk factors. *Nutrición hospitalaria*. 2019; 36(1):13-9.
13. Cossio-Bolaños MA, Gómez-Campos R, Castelli Correia de Campos F, Sulla-Torres J, Urra-Albornoz C, Pires-Lopes V. Fuerza muscular y porcentaje de grasa corporal en niños y adolescentes de la región del Maule, Chile. *Arch Argent Pediatr*. 2020; 118(5):320-326. <https://doi.org/10.5546/aap.2020.320>
14. Ministerio de Salud, Gobierno de Chile. Encuesta Nacional de Salud 2016-2017. Santiago: MINSAL; 2017. [Acceso: 3 de junio de 2020]. Disponible em: <http://epi.minsal.cl/resultados-encuestas/>.
15. Minatto G, Pelegrini A, Silva DA, Silva AF, Petroski EL. Composição corporal inadequada em adolescentes: associação com fatores sociodemográficos. *Revista Paulista de Pediatria*. 2011; 29(4):553-9. <https://doi.org/10.1590/S0103-05822011000400013>.
16. Gonçalves EC, Nunes HE, Silva DA. Clusters of anthropometric indicators of body fat associated with maximum oxygen uptake in

- adolescents. *PloS one*. 2018; 13(3):e0193965. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193965>
17. Ross WD. Kinanthropometry. Physiological testing of the high-performance athlete. 1991.
 18. Moore SA, McKay HA, Macdonald H, Nettlefold L, Baxter-Jones AD, Cameron N, Brasher PM. Enhancing a somatic maturity prediction model. *Med Sci Sports Exerc*. 2015; 47(8):1755-64.
 19. Cossio-Bolaños MA, Sulla-Torres J, Urra-Albornoz C, Gómez-Campos R, De Arruda M. Desarrollo de ecuaciones y propuesta de valores referenciales para estimar la masa grasa de niños y adolescentes chilenos. *Arch Argent Pediatr*. 2017; 115(5):453-461. [dx.doi.org/10.5546/aap.2017.453](https://doi.org/10.5546/aap.2017.453)
 20. Leger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*. 1988; 6(2):93-101. doi: 10.1080/02640418808729800.
 21. Tomkinson GR, Lang JJ, Tremblay MS, Dale M, LeBlanc AG, Belanger K, Ortega F y Léger L. International normative 20 m shuttle run values from 1 142 026 children and youth representing 50 countries. *British Journal of Sports Medicine*. 2016; 51(21): 1545-1554.
 22. McGavock JM, Torrance BD, McGuire KA, Wozny PD, Lewanczuk RZ. Cardiorespiratory fitness and the risk of overweight in youth: the Healthy Hearts Longitudinal Study of Cardiometabolic Health. *Obesity*. 2009; 17(9):1802-7. <https://doi.org/10.1038/oby.2009.59>
 23. Gonçalves EC, Augusto SS, Gimenes NH. Prevalence and Factors Associated With Low Aerobic Performance Levels in Adolescents: A Systematic Review. *Current pediatric reviews*. 2015; 11(1):56-70. doi: 10.2174/1573396311666150501003435. PMID: 25938376.
 24. Henriksson P, Cadenas-Sanchez C, Lepp-nen MH, Delisle Nystrom C, Ortega FB, Pomeroy J, L'f, M. Associations of Fat Mass and Fat-Free Mass with Physical Fitness in 4-Year-Old Children: Results from the MINISTOP Trial. *Nutrients*. 2016; 8(8):473. Doi: 10.3390/nu8080473
 25. Werneck AO, Silva DR, Oyeyemi AL, Fernandes RA, Romanzini M, Cyrino ES, de Arruda M, Ronque ER. Tracking of physical fitness in elementary school children: The role of changes in body fat. *American Journal of Human Biology*. 2019; 31(3):23221. <https://doi.org/10.1002/ajhb.23221>
 26. Beaglehole R, Bonita R, Horton R, Adams C, Alleyne G, Asaria P, Baugh V, Bekedam H, Billo N, Casswell S, Cecchini M. Priority actions for the non-communicable disease crisis. *The Lancet*. 2011; 377(9775):1438-47. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60393-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60393-0)
 27. Ruiz JR, Rizzo NS, Hurtig-Wennlöf A, Ortega FB, Wärnberg J, Sjöström M. Relations of total physical activity and intensity to fitness and fatness in children: the European Youth Heart Study. *The American journal of clinical nutrition*. 2006; 84(2):299-303. <https://doi.org/10.1093/ajcn/84.2.299>.
 28. Farrell SW, Finley CE, Haskell WL, Grundy SM. Is there a gradient of mortality risk among men with low cardiorespiratory fitness?. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2015; 47(9):1825-32.