



Trabajo Original

Condición física y sensibilidad insulínica en un grupo de escolares obesos de 8 a 13 años según estado puberal

Physical fitness and insulin sensitivity in a group of obese children from 8 to 13 years of age by puberal state

Fabian Vásquez^{1,2}, Erik Diaz¹, Lydia Lera¹, Jorge Meza¹, Katherine Curi¹, Jorge Torres^{1,3} y Raquel Burrows¹

¹Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos (INTA). Universidad de Chile, Chile. ²Facultad de Ciencias de la Salud. UCSH. ³Facultad de Salud. UST.

Resumen

Introducción: la resistencia a la insulina es la alteración metabólica más común relacionada con la obesidad y se asocia a un mayor riesgo cardiovascular en la edad pediátrica. Si a esto se suma una inadecuada condición física, existe un alto riesgo de desarrollar complicaciones cardiometabólicas tempranamente.

Objetivo: evaluar la condición física y la resistencia insulínica en escolares obesos de 8 a 13 años de edad, seleccionados en tres establecimientos públicos de la Región Metropolitana de Santiago.

Métodos: el estudio se llevó a cabo en 61 escolares obesos (25 Tanner I-II y 36 Tanner III-V). Se realizaron mediciones antropométricas, etapas de Tanner, composición corporal con el modelo de cuatro compartimentos, condición física con el test de seis minutos (TM6min) e indicadores de laboratorio, glicemia, insulinemia y HOMA-IR. Se diagnosticó síndrome metabólico según criterio de Cook.

Resultados: los escolares y adolescentes obesos prepúberes y púberes presentan una inadecuada condición física, reflejada en la distancia recorrida y en la frecuencia cardíaca durante y posterior al TM6min. A su vez, la muestra presenta una alta prevalencia de resistencia a insulina en conjunto con síndrome metabólico.

Conclusiones: independientemente del estado puberal, los escolares obesos presentan una baja condición física y una disminución de la sensibilidad a la insulina, que se refleja en un hiperinsulinismo compensatorio.

Palabras clave:

Obesidad infantil.
Condición física.
Resistencia a insulina.

Abstract

Introduction: Insulin resistance is the most common metabolic disorder associated with obesity and highest cardiometabolic risk in children. If the inadequate physical condition is added, they have a high risk of developing cardiometabolic complications at an early age.

Objective: To evaluate physical fitness and insulin sensitivity in obese school children of 8-13 years of age from three public schools in the Metropolitan Region of Santiago.

Methods: the study was carried out in 61 obese school children (25 Tanner I-II and 36 Tanner III-V). Anthropometric measures, Tanner stages, body composition (using 4-compartment model), physical fitness with the six-minute test and laboratory indicators, glucose, insulin and HOMA-IR, were measured. Metabolic syndrome was diagnosed according to the criteria of Cook.

Results: Obese prepubertal and pubertal children and adolescents showed inadequate physical fitness, reflected in the distance and heart rate during and after the six-minute test. In turn, the sample has a high prevalence of insulin resistance in conjunction with metabolic syndrome.

Conclusions: Regardless of the pubertal status, obese schoolchildren have a poor physical fitness and decreased insulin sensitivity reflected in a compensatory hyperinsulinemia.

Key words:

Childhood obesity.
Physical fitness.
Insulin sensitivity.

Recibido: 20/04/2016
Aceptado: 21/04/2016

Vásquez F, Diaz E, Lera L, Meza J, Curi K, Torres J, Burrows R. Condición física y sensibilidad insulínica en un grupo de escolares obesos de 8 a 13 años según estado puberal. Nutr Hosp 2017;34:808-813

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.61>

Correspondencia:

Raquel Burrows. Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos (INTA). Universidad de Chile. Av. El Líbano 5524, Macul. 7830490 Santiago, Chile
e-mail: rburrows@inta.uchile.cl

INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en el año 1990 la cifra de niños con sobrepeso menores de cinco años alcanzó los 32,3 millones, tendencia que ascendió en 2013 a 41,7 millones en el mismo grupo etario (1). Chile es el sexto país con mayores índices de obesidad infantil dentro de los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (2). Recientemente, un estudio a nivel nacional determinó que un 44% de los estudiantes de octavo básico presenta sobrepeso u obesidad (3), malnutrición que se relaciona directamente con la condición de resistencia a insulina estimada a través del HOMA (4). La adiposidad se asocia con factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares en la infancia y en la edad adulta (5). Antiguamente, el tejido adiposo era considerado tradicionalmente como un tejido inerte; la investigación en los últimos 10-15 años ha demostrado que es extremadamente activo hormonalmente. Se han encontrado varias hormonas derivadas de los adipocitos que desempeñan un papel importante en la sensibilidad a la insulina y otros factores de riesgo cardiovascular (6).

La mantención de una adecuada condición física y un estado nutricional normal son fundamentales para prevenir enfermedades crónicas no transmisibles ECNT (7). Por otra parte, la evidencia científica sugiere que la capacidad aeróbica tiene una relación inversamente proporcional con la presencia de ECNT en la edad adulta, e influye tanto en la predicción de eventos cardiovasculares como en la mortalidad por estas causas (8). Un bajo nivel en la capacidad aeróbica en la infancia está asociado con un riesgo aumentado de presentar obesidad y resistencia a la insulina en la adultez; por lo tanto, cuando existe una disminución de la capacidad aeróbica desde la niñez este riesgo para ambas situaciones es aún mayor (9).

Según el SIMCE 2014 de Educación Física (prueba para evaluar la calidad de la Educación Primaria en Chile) realizado a escolares de Octavo Básico, el 97% requiere mejorar su función muscular y el 72% tiene una capacidad aeróbica inadecuada (10). De igual forma, el estudio sobre salud global del año 2012 mostró que el porcentaje de escolares chilenos físicamente activos (60 minutos diarios de ejercicio físico moderado a vigoroso) alcanzaba solo el 15% y 12% en el grupo de 13-15 años y 16-17 años respectivamente (11). La prueba de seis minutos de caminata en niños ha resultado ser una prueba factible de realizar a la población escolar y sus resultados dependerán principalmente de las edades, frecuencia cardíaca postejercicio, altura y peso de los sujetos a evaluar (12).

Niveles más altos de actividad física (moderada e intensa) y una mejor condición física pueden contrarrestar el impacto negativo de la adiposidad en la secreción de insulina. Se ha demostrado que someter a niños obesos a programas de pérdida de peso, complementando la reducción de la ingesta energética con ejercicio de entrenamiento según la tolerancia cardiorrespiratoria, aumenta significativamente el nivel de oxidación de lípidos y la sensibilidad a insulina (13,14).

El objetivo de este estudio fue asociar la condición física con la sensibilidad insulínica en escolares obesos de 8 a 13 años de

edad, seleccionados en tres establecimientos educacionales de la ciudad de Santiago.

MATERIAL Y MÉTODOS

POBLACIÓN DE ESTUDIO

La muestra estuvo conformada por 61 niños obesos (índice de masa corporal [IMC] \geq p 95 del CDC-NCHS) (15) de ambos sexos, de entre 8 y 13 años, seleccionados en tres establecimientos educacionales de dos comunas de la ciudad de Santiago de Chile y que fueron parte de un estudio de intervención con ejercicio físico de fuerza muscular (16). La selección de los establecimientos fue por conveniencia, sobre la base de la cercanía de los colegios con los lugares de medición de las variables evaluadas y la necesidad de trasladar al equipo de profesionales que realizó la intervención. Los criterios de inclusión considerados fueron: asistencia en jornada completa al establecimiento educacional, asentimiento de los escolares y consentimiento firmado de los padres (madre, padre o cuidador). Los criterios de exclusión fueron: diagnóstico de trastorno psicomotor por un especialista, uso de fármacos que alteraran su composición corporal, actividad física, ingesta alimentaria y/o parámetros bioquímicos y presencia de alteraciones físicas que impidieran la participación en el programa de ejercicio. En este estudio se analizan algunas características antropométricas, físicas y metabólicas de la línea basal.

MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS

El peso en kilos y la talla en centímetros se midieron temprano en la mañana, con el escolar con un mínimo de ropa (solo ropa interior), de pie frente a la balanza, con los pies juntos al centro de esta, los brazos pegados al cuerpo, y la cabeza erguida, formando una línea paralela al suelo entre el ángulo del ojo y el nacimiento de la oreja. Se utilizó una balanza electrónica de precisión (SECA®) con cartabón incluido, con una precisión de 10 gramos y 0,1 centímetros. Se midieron los cuatro pliegues cutáneos (bicipital, tricipital, subescapular y suprailíaco), con un *caliper* Lange de precisión milimétrica (1 mm), con la técnica descrita por Lohman y cols., en triplicado (17).

La circunferencia de cintura en centímetros se determinó con cinta métrica no distensible de fijación automática (SECA®), medida sobre el reborde de la cresta iliaca, pasando por el ombligo. Se usó como referencia la metodología utilizada por el NHANES III en la población americana (18).

DESARROLLO PUBERAL

El grado de desarrollo puberal se clasificó de acuerdo a los cinco estadios de Tanner, considerando el desarrollo mamario en la mujer y el genital en el varón (19,20). Se determinó la etapa del desarrollo mediante examen físico realizado por médico pediatra.

LABORATORIO

Después de al menos ocho horas de ayuno, se extrajo una muestra de sangre venosa de 10 ml para la determinación de la glicemia por método enzimático calorimétrico GOD-PAP (Química Clínica Aplicada S.A.) y la insulinemia (RIA DCP Diagnostic Products Corporation LA USA), con CV intraensayo al 5,1%, CV interensayo al 7,1% para 14,4 uUI/ml, con una sensibilidad de 1,2 uUI/ml. La sensibilidad insulínica basal se estimó a través de HOMA-IR (21). La resistencia insulina (RI) se diagnosticó con un HOMA $\geq 2,1$ en niños con Tanner I-II y $\geq 3,2$ en niños con Tanner III-V, de acuerdo al referente nacional de niños chilenos de 6 a 15 años (22).

El síndrome metabólico (SM) se confirmó con la presencia de tres de los cinco componentes del fenotipo de Cook (23), perímetro de cintura (PC) $\geq p 90$, presión arterial (PA) $\geq p 90$, triglicéridos (TG) ≥ 110 mg/dl, colesterol HDL (Col-HDL) ≤ 40 mg/dl y/o hiperglicemia de ayuno (IG) ≥ 100 mg/dl.

COMPOSICIÓN CORPORAL

En la determinación de la grasa corporal se utilizó el modelo de cuatro compartimentos de Fuller (24). Se utilizaron tres métodos diferentes: dilución isotópica, pletismografía y DEXA. El modelo de Fuller toma en cuenta la variabilidad de todos sus componentes.

Ecuación de Fuller:

$$GC \text{ (kg)} = [(2,747 \cdot VC) - (0,710 \cdot ACT)] + [(1,460 \cdot CMO) - (2,050 \cdot P)]$$

VC: volumen corporal en litros (pletismografía); ACT: agua corporal total en litros (dilución isotópica); CMO: contenido mineral óseo en kg (DEXA); P: peso corporal (kg).

CONDICIÓN FÍSICA

Se evaluó a través de la capacidad cardiorrespiratoria y muscular mediante el TM6min, de uso común en investigaciones por su viabilidad y capacidad para evaluar cambios en la tolerancia y resistencia al ejercicio físico (25). Por sus características de tiempo e intensidad durante el esfuerzo, se considera una prueba submaximal que utiliza vías metabólicas principalmente aeróbicas, siendo un buen indicador de tolerancia y que tiene una alta correlación con el consumo de oxígeno. El rendimiento observado en el TM6min se expresa en la distancia en metros que el sujeto puede recorrer en seis minutos, y la intensidad del ejercicio durante la prueba puede ser estimada con el registro seriado de la frecuencia cardíaca. Al realizar este test, se instruyó al niño o niña a caminar a la máxima velocidad sin llegar a correr o trotar en el menor tiempo posible. Luego de iniciado el test, pudo disminuir la velocidad, pero sin llegar a parar.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la descripción y clasificación de las variables se utilizó el análisis univariante. Los datos se expresaron mediante medidas

de tendencia central (mediana) y medidas de dispersión absoluta (rango intercuartílico). Las variables categóricas se describieron utilizando frecuencias absolutas y relativas. El análisis estadístico incluyó pruebas de Chi-cuadrado para las variables categóricas y test de Wilcoxon para determinar diferencias entre las categorías. La significancia estadística se estableció en un $p < 0,05$ y los datos se analizaron en el programa Stata 12.0 SE para Windows.

RESULTADOS

Se evaluaron 61 escolares obesos, con una distribución del 41% ($n = 25$) Tanner I y II y 59% ($n = 36$) Tanner III-V. En la figura 1, se presenta la prevalencia de resistencia a insulina según desarrollo puberal. Tanto en niños como adolescentes la prevalencia de resistencia a insulina supera el 50% (54,2% en Tanner I-II y 56,8% en Tanner III-IV).

La figura 2 muestra la prevalencia de síndrome metabólico según desarrollo puberal. Se observa una alta prevalencia ($> 70\%$) de síndrome metabólico en niños y adolescentes resistentes a insulina ($p < 0,05$).

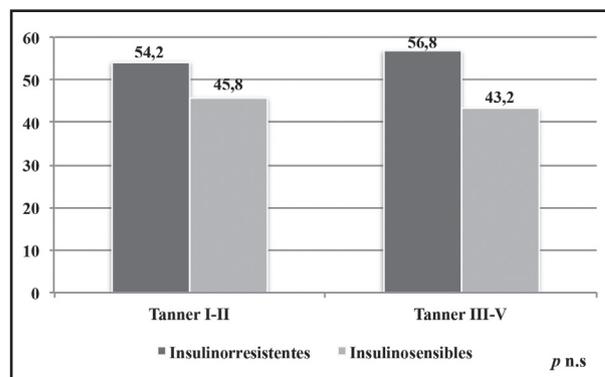


Figura 1.

Prevalencia de resistencia a insulina según desarrollo puberal.

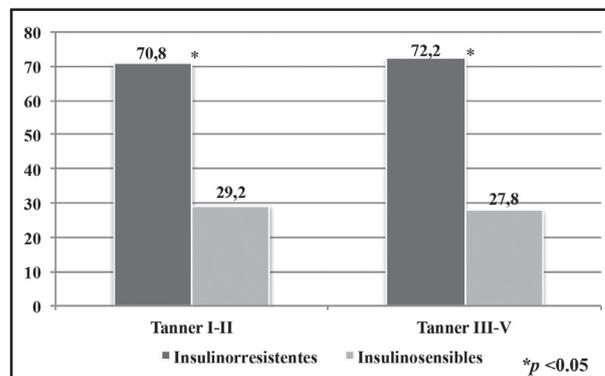


Figura 2.

Prevalencia de síndrome metabólico según desarrollo puberal.

En la tabla I, se observa el perfil antropométrico y de composición corporal de la población evaluada según sensibilidad insulínica y desarrollo puberal. Los niños y adolescentes con resistencia a insulina presentan valores significativamente mayores en las variables: peso, IMC, ZIMC, perímetro braquial, perímetro de cintura, grasa corporal total en porcentaje y kilos. Si bien en púberes y prepúberes los insulinoresistentes presentan valores significativamente mayores que los sensibles a insulina en los pliegues tricótipal, subescapular y suprailiaco, solo en los adolescentes la diferencia es estadísticamente significativa.

En la figura 3 se exponen los resultados de la distancia recorrida en metros en el grupo de niños y adolescentes, según sensi-

bilidad insulínica. Se aprecia en niños y adolescentes una menor distancia recorrida en aquellos que presentan resistencia a la insulina al compararlos con los insulinosensibles.

En la figura 4 se muestra la respuesta cardiovascular en el test de caminata, en donde se observa el máximo porcentaje de frecuencia cardíaca máxima en el minuto 6 y luego baja en los minutos de reposo, con un comportamiento similar en ambos grupos, independientemente de la sensibilidad a insulina. No se encontraron diferencias en la frecuencia cardíaca de reserva durante el test de seis minutos (TM6min) y la fase de recuperación entre niños y adolescentes.

Tabla I. Características antropométricas y de composición corporal de la muestra según sensibilidad insulínica y desarrollo puberal (Me [RI])

	Tanner I-II			Tanner III-V		
	HOMA ≥ 2,1 < 2,1 p-value ¹			HOMA ≥ 3,2 < 3,2 p-value ¹		
Edad (años)	10,8* (1,7)**	10,9 (2,1)	n.s.	12,9 (1,5)	12,5 (3,0)	n.s.
Peso (kg)	62,1 (13,4)	54,3 (17,3)	0,04	72,2 (17,3)	64,6 (29,2)	0,04
Talla (cm)	147,0 (19,8)	143,0 (12,3)	n.s.	154,5 (8,0)	155,7 (19,9)	n.s.
IMC	27,6 (5,5)	24,6 (3,9)	0,02	29,1 (5,3)	26,2 (5,2)	< 0,01
ZIMC	2,9 (0,9)	2,5 (0,5)	0,03	2,6 (0,6)	2,1 (0,6)	< 0,01
ZTalla/Edad	1,22 (1,8)	0,05 (1,3)	n.s.	0,12 (1,5)	0,05 (1,2)	n.s.
Perímetro braquial (cm)	29,0 (4,0)	25,5 (2,8)	< 0,01	29,5 (3,8)	27,5 (5,2)	< 0,01
Perímetro cintura (cm)	93,0 (13,0)	86,0 (14,5)	0,02	100,0 (12,5)	89,3 (18,0)	< 0,01
Pliegue bicipital (mm)	14,0 (5,0)	12,0 (3,5)	n.s.	14,0 (4,0)	10,5 (5,5)	n.s.
Pliegue tricótipal (mm)	25,0 (5,0)	21,0 (7,0)	n.s.	24,0 (6,0)	21,0 (8,5)	< 0,01
Pliegue subescapular (mm)	31,0 (13,5)	25,0 (12,5)	n.s.	31,0 (10,0)	23,5 (12,5)	0,01
Pliegue suprailiaco (mm)	33,0 (9,0)	29,0 (15,0)	n.s.	37,0 (8,0)	27,0 (15,0)	0,01
Grasa 4C (%)	43,1 (14,3)	34,5 (14,5)	0,04	41,6 (6,0)	37,6 (7,8)	0,03
Grasa 4C (kg)	27,7 (12,0)	24,5 (4,5)	0,01	33,6 (13,8)	22,3 (11,9)	0,04

*Me: mediana; **RI: rango intercuartílico; ¹Test Wilcoxon.

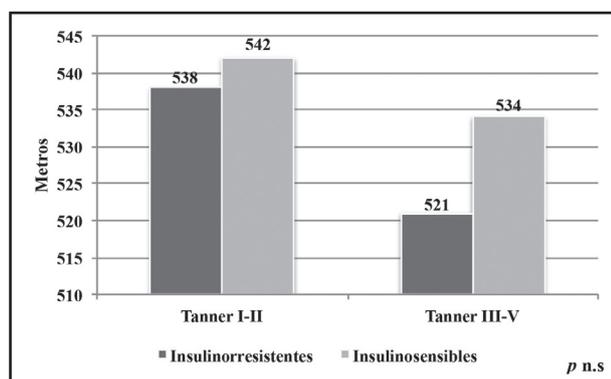


Figura 3.

Distancia recorrida (m) en el test de seis minutos según sensibilidad insulínica y desarrollo puberal.

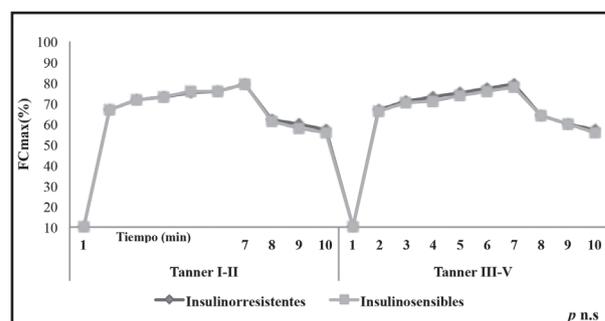


Figura 4.

Variación de frecuencia cardíaca de reserva utilizada durante el test de seis minutos según sensibilidad insulínica y desarrollo puberal.

DISCUSIÓN

El presente estudio asoció la condición física con la sensibilidad insulínica en un grupo de escolares obesos. Nosotros encontramos que los niños y adolescentes obesos con resistencia a insulina recorren una menor distancia al compararlos con sus homólogos sensibles a insulina, independientemente de su nivel de desarrollo puberal. Un estudio en escolares chilenos, utilizando la misma prueba de evaluación de condición física, evidenció que los niños eutróficos caminan en promedio una mayor distancia que los niños y adolescentes obesos: $610,4 \pm 57$ metros ($596,5 \pm 50,7$ metros en mujeres; $625,6 \pm 59,7$ metros en hombres; $p < 0,05$) (26).

Nuestros hallazgos concuerdan con los resultados de la condición física descrita en el SIMCE de Educación Física, ya que el 97% de los escolares, independientemente del estado nutricional y sexo, se califican con una condición física no satisfactoria (10).

La investigación que analizó la actividad física en escolares chilenos demostró que estos presentan un patrón de actividad física sedentario, caracterizado por actividades de bajo costo energético como la educación pasiva en su jornada escolar y un alto número de horas frente al computador, celular, televisor, etc. (27). El alto nivel de sedentarismo de la población escolar coincide con los resultados en grupos focales en escolares obesos, donde destacan la escasa motivación para hacer actividades aeróbicas y una gran cantidad de barreras para realizar actividad física. Entre las razones argumentadas por los escolares para no practicarla, mencionan que prefieren ver televisión o jugar en el computador, tienen baja motivación y capacidad para moverse y sienten una falta de apoyo de los padres por cuestiones de inseguridad y/o inexistencia de lugares adecuados para realizar actividad física (28).

Hasta el momento, no existen guías específicas de actividad física para los escolares; las existentes contienen recomendaciones dirigidas a tres aspectos diferentes: ejercicio de estiramiento relacionado con la salud laboral, recreación activa y ejercicio físico diario. Estas últimas se refieren a la práctica de ejercicio de al menos 30 minutos de duración, de intensidad moderada a intensa, practicada tres o más veces a la semana. De acuerdo a los lineamientos entregados por el Ministerio de Salud, estas guías estarían dirigidas a la población general, sin embargo, solo apuntan a la población adulta (29).

De acuerdo al criterio HOMA utilizado para determinar resistencia a insulina en la muestra de nuestra investigación, la prevalencia de resistencia a insulina supera el 50% independientemente del desarrollo puberal. Los valores HOMA en niños con resistencia a la insulina fueron 2,7 (1,8) y en adolescentes 3,9 (1,0). Nuestro estudio obtuvo resultados mayores a la muestra de 489 niños chilenos del estudio de Burrows R y cols. (30), cuyo objetivo fue determinar la prevalencia del síndrome metabólico y de sus componentes individuales en población pediátrica. Los valores de HOMA en prepúberes fueron de 2,1 (0,4-8,3) en varones y 1,9 (0,5-8,1) en mujeres. A su vez, 2,4 (0,4-13,9) en varones púberes y 2,7 (0,4-13,4) en mujeres púberes. Otro estudio de Burrows R y cols. (4) presentó resultados inferiores a los de nuestra inves-

tigación con una muestra de 486 escolares y adolescentes (201 prepúberes y 285 púberes) con sobrepeso y obesidad, donde determinaron la resistencia a insulina evaluada con HOMA, según desarrollo puberal. Los hombres prepúberes presentaron HOMA de 2,4 (2,1-2,7) y 2,5 (2,1-2,8) en mujeres, mientras que los hombres púberes presentaron un HOMA de 3,0 (2,5-3,4) y 3,2 (2,9-3,5) en niñas. Otros estudios como el de Weiss R y cols. (31), quienes evaluaron a 470 niños y adolescentes obesos, presentaron valores de HOMA de 7,05 (6,6-7,5) en los púberes. También en esta investigación se examinó el efecto de diferentes grados de obesidad en la prevalencia del síndrome metabólico y su relación con la resistencia a la insulina. La prevalencia de síndrome metabólico incrementó significativamente con el aumento de resistencia a insulina ($p < 0,001$) después de ajustar por raza, etnia y grado de obesidad. Estos resultados son similares a los de nuestro trabajo, en donde la prevalencia de síndrome metabólico fue $> 70\%$ en resistentes a insulina, evidencia que concuerda con los resultados de una muestra de niños chilenos (36) y otra de escolares bolivianos de entre 5 y 18 años (32).

Los hallazgos de condición física y resistencia a insulina del presente estudio son afines con otras investigaciones que evidencian que los escolares y adolescentes con baja actividad física, evaluada por sensores de movimientos, cuestionarios o consumo de oxígeno, tienen mayor grasa corporal y resistencia a insulina que aquellos de actividad física moderada y/o intensa (33-35). Se ha descrito que el exceso de adiposidad constituye un factor de riesgo en la aparición de la resistencia a insulina y un aumento de riesgo cardiovascular en los niños. La obesidad abdominal se asocia con resistencia a insulina, posiblemente mediada por una mayor actividad lipolítica, niveles bajos de adiponectina, resistencia a la leptina y aumento de citoquinas inflamatorias (36). También los lípidos sanguíneos estarían estrechamente relacionados, y es probable que sea un importante contribuyente a la resistencia a la insulina, pero también puede ser en parte la consecuencia de la vía lipogénica de acción de la insulina (36).

Lo anterior indica que los escolares y adolescentes necesitan una intervención preferencial para reducir la grasa corporal. Estudios realizados en niños demuestran que la actividad física moderada e intensa y el ejercicio físico regular mejoran la condición física, la sensibilidad a la insulina, los lípidos sanguíneos, reducen la grasa corporal, así como también aumentan la función cardíaca para el transporte de oxígeno. Constituyen así un medio seguro y eficaz para prevenir y/o tratar los factores de riesgo metabólicos asociados a la obesidad (37-40).

Una de las limitaciones del estudio fue la selección no randomizada de la muestra, por lo que la calidad de la evidencia es moderada en comparación con los estudios randomizados. Los resultados de esta investigación se limitan a este grupo de escolares y adolescentes y no es posible generalizar a la población objetivo de la región, ni tampoco del país. Entre las fortalezas, destaca el aporte de conocimientos en relación a resistencia a insulina y condición física en niños y adolescentes obesos.

En nuestro estudio se confirma la relación entre la inadecuada condición física, la resistencia a insulina y la obesidad. El alto contenido de grasa corporal se asocia a una baja condición física

y a una disminución de la sensibilidad a insulina que se refleja en un hiperinsulinismo compensatorio.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto Domeyko y el Programa U-Apoya, Universidad de Chile.

CONICYT, Programa FONDECYT de Postdoctorado. Proyecto 3140344.

BIBLIOGRAFÍA

- Global Health Observatory Data Repository, 1990-2013. Citado 11 Septiembre de 2015. Disponible en: <http://apps.who.int/gho/data/view.main.NUTWHOOVERWEIGHTY?lang=en>.
- Obesity Update 2012. Citado 11 Septiembre de 2015. Disponible en: <http://www.oecd.org/health/49716427.pdf>
- Agencia de Calidad de la Educación Gobierno de Chile. Estudio Nacional de Educación Física 8° básico. Informe de Resultados 2013;11-2.
- Burrows R, Leiva L, Weisstaub G, Albala C, Blanco E, Gahangan S. High HOMA-IR, adjusted for puberty, relates to the metabolic syndrome in overweight and obese Chilean youths. *Pediatr Diabetes* 2011;12:212-8.
- Marcus MD, Foster GD, El Ghormli L, Baranowski T, Goldberg L, Jago R, et al. Shifts in BMI category and associated cardiometabolic risk: Prospective results from HEALTHY study. *Pediatrics* 2012;129:e983-91.
- Al-Suhaimi EA, Shehzad A. Leptin, resistin and visfatin: The missing link between endocrine metabolic disorders and immunity. *Eur J Med Res* 2013;18:12.
- Lee DC, Sui X, Church TS, Lavie CJ, Jackson AS, Blair SN. Changes in fitness and fatness on the development of cardiovascular disease risk factors hypertension, metabolic syndrome, and hypercholesterolemia. *J Am Coll Cardiol* 2012;59:665-72.
- Barry VW, Baruth M, Beets MW, Durstine JL, Liu J, Blair SN. Fitness vs. fatness on all-cause mortality: A meta-analysis. *Prog Cardiovasc Dis* 2014;56:382-90.
- Dwyer T, Magnussen CG, Schmidt MD, Ukoumunne OC, Ponsonby AL, Raitakari OT, et al. Decline in physical fitness from childhood to adulthood associated with increased obesity and insulin resistance in adults. *Diabetes Care* 2009;32:683-7.
- Ministerio de Educación. Informe de Resultados Nacionales de Educación Física 2014. Santiago de Chile, Chile: Ministerio de Educación; 2014. Disponible en: <http://www.agenciaeducacion.cl/investigadores/>
- Ministerio de Educación. Encuesta de Salud Global Escolar. Departamento de Epidemiología. Santiago de Chile: Ministerio de Salud; 2013.
- Ulrich S, Hildenbrand F, Treder U, Fischler M, Keusch S, Speich R, et al. Reference values for the 6-minutes walk test in healthy children and adolescents in Switzerland. *BMC Pulm Med* 2013;13:49.
- Eloumi M, Makni E, Ounis O, Moalla W, Zbidi A, Zaoueli M, et al. Six-minute walking test and the assessment of cardiorespiratory responses during weight-loss programmes in obese children. *Physiother Res Int* 2011; 16:32-42.
- Machado-Rodrigues AM, Leite N, Coelho-e-Silva MJ, Martins RA, Valente-dos-Santos J, Mascarenhas LP, et al. Independent association of clustered metabolic risk factors with cardiorespiratory fitness in youth aged 11-17 years. *Ann Hum Biol* 2014;41:271-6.
- National Center for Health Statistical (NCHS) - Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Citado 16 enero de 2015. Disponible en: <http://www.cdc.gov/GrowthCharts/>
- Vásquez F, Díaz E, Lera L, Meza J, Salas I, Rojas P, et al. Impacto del ejercicio de fuerza muscular en la prevención secundaria de la obesidad infantil; intervención al interior del sistema escolar. *Nutr Hosp* 2013;28:347-56.
- Lohman TG, Boileau RA, Slaughter RA. Body composition in children. En: Lohman TG. Editor. Human body composition. New York: Human Kinetics; 1984. pp 29-57.
- Fernández J, Redden D, Pietrobelli A, Allison D. *J Pediatr* 2004;145:439-44.
- Marshall W, Tanner J. Variations in pattern of pubertal changes in girls. *Arch Dis Child* 1969;44:291-303.
- Marshall W, Tanner J. Variations in pattern of pubertal changes in boys. *Arch Dis Child* 1970;45:13-23.
- Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, Naylor BA, Treacher DF, Turner RC. Homeostasis model assessment: Insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia* 1985;28:412-9.
- Burrows R, Leiva L, Burgueño M, Maggi A, Giadrosic V, Díaz E, et al. Sensibilidad insulínica en niños de 6 a 15 años: asociación con estado nutricional y pubertad. *Rev Med Chil* 2006;134:1417-26.
- Cook S, Weitzman M, Auinger P, Nguyen M, Dietz WH. Prevalence of a metabolic syndrome phenotype in adolescents: Findings from the Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2003;157:821-7.
- Fuller NJ, Jebb SA, Laskey MA, Coward WA, Elia M. Four-component model for the assessment of body composition in humans: Comparison with alternative methods, and evaluation of the density and hydration of fat-free mass. *Clin Sci (Lond)* 1992;82:687-93.
- Li AM, Yin J, Au JT, So HK, Tsang T, Wong E, et al. Standard reference for the six-minute-walk test in healthy children aged 7 to 16 years. *Am J Respir Crit Care Med* 2007;176:174-80.
- Gatica D, Puppo H, Villaruel G, San Martín I, Lagos R, Montecino JJ, et al. Valores de referencia del test de marcha de seis minutos en niños sanos. *Rev Med Chil* 2012;140:1014-21.
- Olivares S, Kain J, Lera L, Pizarro F, Vio F, Moron C. Nutritional status, food consumption and physical activity among Chilean school children: A descriptive study. *Eur J Clin Nutr* 2004;58:1278-85.
- Vásquez F, Andrade M, Arteaga O, Burrows R. Motivaciones y barreras que condicionan la adherencia de escolares obesos a un programa de ejercicio físico de fuerza muscular. Resultados de un estudio cualitativo. *Rev Esp Nutr Comunitaria* 2012;18:164-77.
- Ministerio de Salud. Guía para una vida saludable. Parte I y II. Disponible en: <http://webhosting.redsalud.gov.cl/minsal/archivos/alimentosynutricion/ego/GUIAVIDASALUDABLE1.pdf>. 2008. 22-1-0009.
- Burrows R, Leiva L, Weisstaub G. Síndrome metabólico en niños y adolescentes: asociación con sensibilidad insulínica y con magnitud y distribución de la obesidad. *Rev Med Chil* 2007;135:174-81.
- Weiss R, Dziura J, Burgert T, Tamborlane W, Taksali S, Yeckel C, et al. Obesity an the metabolic syndrome in children and adolescent. *NEJM* 2004;350:2362-74.
- Cáceres M, Teran CG, Rodríguez S, Medina M. Prevalence of insulin resistance and its association with metabolic syndrome criteria among Bolivian children and adolescents with obesity. *BMC Pediatr* 2008;8:31. DOI: 10.1186/1471-2431-8-31.
- Hong HR, Ha CD, Kong JY, Lee SH, Song MG, Kang HS. Roles of physical activity and cardiorespiratory fitness on sex difference in insulin resistance in late elementary years. *J Exerc Nutrition Biochem* 2014;18:361-9.
- Zahner L, Braun-Fahrlander C, Schindler C, Puder JJ. Reduced cardiorespiratory fitness, low physical activity and an urban environment are independently associated with increased cardiovascular risk in children. *Diabetologia* 2008;51:1408-15.
- Chang-Deok H, Hye-Ryun H, Sang-Keun P, Moon-Koo S, Young-Hoon J, Hyun-Shik K. Gender and physical activity analysis on insulin resistance markers in obese children. *J Physic Growth Motor Develop* 2014;22:239-46.
- Hocking S, Samocha-Bonet D, Milner KL, Greenfield JR, Chisholm DJ. Adiposity and insulin resistance in humans: The role of the different tissue and cellular lipid depots. *Endocr Rev* 2013;34:463-500.
- Kondo T, Kobayashi I, Murakami M. Effect of exercise on circulating adipokine levels in obese young women. *Endocr J* 2006;53:189-95.
- Blüher M, Bullen JW Jr, Lee JH, Kralisch S, Fasshauer M, Klötting N, et al. Circulating adiponectin and expression of adiponectin receptors in human skeletal muscle: Associations with metabolic parameters and insulin resistance and regulation by physical training. *J Clin Endocrinol Metab* 2006;91:2310-6.
- American College of Sports Medicine; American Dietetic Association; Dietitians of Canada. Joint Position Statement: Nutrition and athletic performance. American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dietitians of Canada. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:2130-45.
- Dencker M, Thorsson O, Karlsson MK, Lindén C, Eiberg S, Wollmer P, et al. Daily physical activity related to body fat in children aged 8-11 years. *J Pediatr* 2006;149:38-42.