



UNIVERSIDAD DE CHILE
INSTITUTO DE NUTRICIÓN Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS (INTA)
PROGRAMA DE MAGISTER EN NUTRICIÓN Y ALIMENTOS



PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAGÍSTER EN NUTRICIÓN Y ALIMENTOS CON MENCIÓN EN PROMOCIÓN DE LA SALUD Y
PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES CRÓNICAS RELACIONADAS A LA NUTRICIÓN

***ASOCIACIÓN ENTRE CONDICIÓN FÍSICA Y RIESGO
CARDIOMETABÓLICO EN UNA MUESTRA DE ESCOLARES
CHILENOS.***

Estudiante: Nut. María Angélica Gonzalez Bravo

Tutor: Dr. Sergio Gerardo Weisstaub

Marzo 2013

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la asociación de la resistencia cardiorrespiratoria (RCR) y fuerza muscular (FM) con el riesgo cardiometabólico (RCM), en una muestra de escolares de la región metropolitana.

Diseño: Estudio observacional, transversal, 452 sujetos de ambos sexos (6-9 años), pertenecientes a la Cohorte Estudio Crecimiento y Obesidad (FONDECYT N°1100206). Se midió el RCM (glicemia, triglicéridos, HDL, insulina y perímetro de cintura/talla), estado nutricional y condición física: RCR (test de marcha de 6 minutos modificado) y FM (fuerza de agarre manual y salto horizontal sin impulso). Se realizó análisis descriptivo y se calculó score de RCM. Se analizaron los datos mediante análisis bivariado, correlación (score RCM vs condición física), regresión logística y regresión múltiple para evaluar la asociación del RCM con el estado nutricional y condición física. Se consideró significativo un valor de $p < 0.05$.

Resultados: El 27% de los escolares presentó sobrepeso y 21% obesidad. Los niños tuvieron mejor RCR y FM que las niñas. La FM y la RCR se correlacionaron de manera negativa con el RCM ($r=-0.30$ y -0.21 respectivamente $p<0.01$). Una baja condición de RCR y FM se relacionan con un RCM 6,8 veces mayor en comparación con la referencia (alta condición de RCR y FM).

Conclusión: Los resultados muestran que el déficit de FM y RCR sub máxima, se asocian con un incremento del RCM en escolares chilenos de 6 a 9 años. Esto refuerza la necesidad de mejorar la condición física desde la infancia.

Palabras claves: Escolares, riesgo cardiometabólico, condición física, resistencia cardiorrespiratoria, fuerza muscular.

INTRODUCCION

Tradicionalmente, la prevención y tratamiento de los factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares (ECV) se ha enfocado en la población adulta, pero en los últimos 15 años, la evidencia muestra que éstos impactan en la salud desde la vida fetal^{1, 2}. En los últimos 10 años la obesidad infantil en escolares chilenos ha aumentado un 30%, llegando a un 23% en el año 2010³, cifras que se asocian al aumento de las prevalencias de hipercolesterolemia (27%) e hiperinsulinismo basal (42%) en población infantil obesa⁴, y que además se relacionan con un riesgo tres veces mayor de padecer ECV en la vida adulta⁵. La acumulación de factores de riesgo de ECV, evaluado a través de un score de riesgo cardiometabólico (RCM) se considera mejor para determinar el estado de salud cardiovascular en niños, en comparación con la medición de factores de riesgo aislados^{6, 7}.

Dentro de las causas más importantes que contribuyen al inicio precoz de las ECV se incluyen los cambios en los patrones alimentarios y la falta de actividad física (moderada a intensa) de forma regular, definida como cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos y que resulta en gasto energético⁸.

El 60% de la población mundial no realiza la actividad física necesaria para obtener beneficios para la salud^{9, 10}. La prevalencia de sedentarismo en la población chilena es 88% (92% en mujeres y 84% en hombres)¹¹, aspecto que explica el deterioro de la condición física (CF)^{12, 13}. En Chile solo un 9% de los escolares y adolescentes tiene una buena CF¹⁴.

Los componentes de la CF que tienen impacto sobre la salud, pueden ser evaluados mediante el uso de pruebas que midan la RCR y la FM. Varios autores muestran, en adultos y adolescentes, que el efecto biológico de la RCR y la FM sobre el RCM son independientes^{15, 16}. Los estudios que han evaluado la CF a nivel de RCR y FM, han utilizado pruebas de campo como: fuerza de agarre manual (medición de fuerza en cada mano), salto horizontal sin impulso (mide fuerza de piernas), test de Course-Navette (evalúa la capacidad aeróbica máxima), test de marcha de seis minutos (TM6M) (evalúa la capacidad aeróbica sub-máxima) entre otras.

Una buena RCR durante la infancia y adolescencia ha sido asociada a un perfil cardiovascular saludable en la vida adulta¹⁷, al igual que la FM, que ha sido asociada inversamente a factores de riesgo cardiovascular^{18, 19, 20}. No existe evidencia respecto a

la asociación de la RCR y la FM con el RCM en niños de 6 a 9 años, lo que motiva la ejecución de este estudio.

El propósito de este estudio ha sido evaluar la asociación de la RCR y FM con el RCM, en una muestra de escolares de 6 a 9 años la región metropolitana.

METODOS

Diseño del estudio y Muestra

La muestra del estudio se obtuvo de la población de niños del Estudio sobre Crecimiento y Obesidad: cohorte de niños de ambos sexos seguidos desde el año 2006, con peso normal al nacer, que concurren a establecimientos JUNJI (Junta Nacional de Jardines Infantiles) de 6 comunas del sur de Santiago²¹, para el estudio actual, se consideró: escolares de ambos sexos, de 6 a 9 años, aparentemente sanos, a los que se les extrajo una muestra de sangre (año 2009) y se evaluó la CF (año 2010). Al momento de desarrollarse el estudio, se solicitó consentimiento informado a los padres o tutores y fue aprobado por el Comité de Ética del INTA. El tamaño de la muestra final fue 452 niños (267 niñas y 185 varones).

Antropometría

El peso se midió con una balanza (TANITA Body Composition Analyser BC-418) que tiene una precisión de 0,1 kg y capacidad de 220 kg. Los niños fueron medidos en ropa interior, ubicando sus pies al centro del instrumento. La medición de la talla se efectuó con un tallímetro portátil (SECA, 222) con alcance de división de 200 cm y divisiones de 1 mm. Se midió a los niños descalzos en base a la metodología de Frankfurt²². El estado nutricional se determinó a través del IMC (peso/talla en m²) y Z-IMC (OMS 2007)^{23, 24}. El perímetro de cintura (PC) se obtuvo con una cinta métrica no distensible de fijación automática (SECA), midiendo por sobre el reborde de la cresta ilíaca, pasando por el ombligo²⁵. En cada niño se realizaron dos mediciones de las que se obtuvo un valor promedio.

Factores de riesgo cardiometabólico

La glicemia e insulinemia basal y el perfil lipídico, se evaluaron después de 8 horas de ayuno, para lo cual se extrajeron 10 ml de sangre venosa del antebrazo. La glicemia se evaluó con un kit comercial por método enzimático colorimétrico GOD-PAP (Química Clínica Aplicada S.A.). Se consideró intolerancia a la glucosa a una glicemia en ayunas ≥ 100 mg/dL²⁶; la insulina se midió por RIA (RIA DCP Diagnostic Products Corporation LA USA). La sensibilidad insulínica basal se calculó a través de HOMA²⁷ (insulina ayuno (uUI/dl)* glicemia ayuno (mmol/l)/22,5). Se consideró hiperinsulinismo a la insulina basal ≥ 10 uUI/dl en los niños en Tanner 1 y 2, en tanto la resistencia a la insulina (RI) se diagnosticó con un HOMA $\geq 2,1$ por ser estos valores los

correspondiente al cuartil más alto (p75) de un referente de niños chilenos²⁸. El colesterol HDL y los triglicéridos, se determinaron mediante metodología analítica seca (Vitros, Johnson & Johnson, Clinical diagnostics Inc) y se utilizó como referente la población norteamericana²⁹.

Ocupamos un score de RCM previamente construido³⁰: z razón PC/ talla + z glicemia + z triglicéridos + z insulinemia – z HDL/ 5. Estas variables fueron elegidas porque representan las mismas variables utilizadas en adultos y jóvenes como criterios clínicos de síndrome metabólico^{31, 32, 33}.

Evaluación de la condición física

La RCR se evaluó con una prueba sub maximal, TM6M modificado. El test se realizó en un espacio abierto, sobre una superficie plana de cemento (ovalada, perímetro 102 metros). Se registró la frecuencia cardiaca (medidor digital Polar modelo FS1C)³⁴. El resultado del test se expresó como la distancia recorrida (metros) y dividida por la talla, con esto disminuir el sesgo que podría tener la talla en la distancia recorrida.

La FM se evaluó mediante los siguientes test: fuerza de agarre manual y de salto horizontal sin impulso. Para medir la fuerza de agarre manual (kg), se utilizó un dinamómetro digital (Baseline 12-0286®, ajustable al tamaño de la mano, precisión de 100 gr.). La prueba se realizó 2 veces en cada niño, con el brazo extendido y paralelo al tronco, solicitando que apriete el dinamómetro con la mayor fuerza posible durante al menos 2 segundos³⁵. Se realizó un intento de prueba y tiempo de recuperación de un minuto, la maniobra se repitió 2 veces (alternando mano derecha e izquierda). Como medida válida se anotó el mejor de los 2 intentos efectuados con cada extremidad. Asimismo, se apuntó si el sujeto era diestro o zurdo a fin de conocer cuál era su mano dominante.

El salto horizontal sin impulso se realizó solicitando al niño, que permaneciera quieto y de pie, luego en posición cuclillas diera un salto hacia delante. Esta prueba se realizó en una superficie plana de al menos 5 m², libre de obstáculos y con antideslizantes. En esta superficie se realizó una marca transversal que permitió identificar la posición inicial, y luego del salto se utilizó una varilla o tiza para marcar la zona de llegada (2 intentos de salto) como medida válida se anotó el mejor de los 2 intentos efectuados³⁶. El resultado se registró en centímetros.

Para tener en cuenta las diferencias en el tamaño corporal, la fuerza de agarre, se expresó en relación a los Kg de peso corporal. Esta variable, y el salto horizontal sin impulso, fueron estandarizadas de la siguiente manera: valor estandarizado = (valor-media)/ desviación estándar (DE)¹⁶. Un score de FM se calculó sumando los valores estándar de fuerza de agarre y salto horizontal sin impulso.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se evaluó la distribución de la normalidad de cada variable antes del análisis con la prueba Shapiro–Wilk. Se realizó un análisis descriptivo, utilizando promedios y DE o mediana y rango intercuartil de acuerdo a la distribución. Luego se realizó un análisis bivariado para comparar grupos, divididos por sexo y estado nutricional (t test para observaciones independientes con varianza igual o distinta y Mann Whitney para muestras independientes). Posteriormente se aplicó Correlación de Spearman para analizar la asociación de la RCR y la FM con el z RCM y ANOVA de dos vías para comparar los grupos de terciles de FM, RCR y la interacción entre ambas con el z RCM. Los análisis Post hoc se realizaron con ajuste de Tukey. También se realizó regresión logística para analizar el OR del RCM de la FM y RCR. Y por último, se realizaron dos modelos de regresión Lineal Múltiple para evaluar la asociación entre las variables independientes y el z RCM. En el Modelo 1 se incluyó la variable fuerza de agarre/ peso, salto horizontal sin impulso y TM6M modificado/talla, ajustado por sexo y edad. En el modelo 2, se incluyó a las variables anteriores el IMC, ajustado por sexo y edad. Se estableció en un $p < 0,05$ el punto de corte para la significancia estadística. Los análisis se efectuaron con el programa estadístico SPSS, versión 11.5.

RESULTADOS

La **tabla 1**, muestra las estadísticas descriptivas para niñas y niños, encontrando que la edad fue significativamente mayor en las mujeres y la glicemia significativamente mayor en los varones ($p < 0,05$).

La **tabla 2**, muestra los factores de RCM según sexo y estado nutricional. Se aprecian diferencias significativas en ambos sexos en la razón de PC/talla y score RCM, siendo mayores los promedios en los niños con malnutrición por exceso ($p < 0,001$). Además,

las niñas con malnutrición por exceso mostraron promedios significativamente mayores en los triglicéridos, insulina y HOMA ($p < 0.001$).

Los varones mostraron mayor FM y RCR en comparación con las mujeres ($p < 0.05$). La **tabla 3**, muestra la condición física por estado nutricional por sexo. El grupo con estado nutricional normal tuvo mejor FM y RCR en ambos sexos, en la mayoría de las pruebas ($p < 0,05$). Cabe destacar que en la prueba de fuerza de agarre, los niños/as con SP+ OB, tuvieron mejores valores, pero al ajustar por peso vemos que los resultados se invierten.

La **Tabla 4**, describe los coeficientes de correlación de Spearman de variables antropométricas y cardiometabólicas y del score de RCM con las pruebas y el score de FM y RCR. Se observaron asociaciones negativas en las variables de fuerza de agarre/peso, salto horizontal sin impulso, score de FM y el TM6M modificado/talla con PC/talla, HDL, insulina y el score de RCM ($p < 0.001$).

El Odds ratio (IC 95%) para el RCM en diferentes terciles de RCR y FM, se muestra en la **Figura 1**. Se aplicó una regresión logística, en donde se aprecia que una baja condición de RCR y FM se relaciona con un RCM 6,8 veces mayor en comparación con la referencia (alta condición de RCR y FM), además a mayor FM, menor RCM independiente de la RCR.

El análisis de regresión lineal múltiple (**Tabla 5**) reveló que en el modelo 1, la fuerza de agarre/peso y el TM6M modificado/talla, explican el comportamiento del score de RCM. Al aumentar en una unidad la fuerza de agarre/peso (kg), el score de RCM disminuye en 1.8 unidades ($p < 0,05$). Respecto al TM6M modificado/talla, al aumentar en una unidad el valor del TM6M modificado/talla, el score de RCM disminuye en 0.02 unidades ($p < 0,05$). En el modelo 2, que incluye la variable IMC, se observa que al aumentar en una unidad el IMC ($\text{kg}/\text{metros}^2$), el score de RCM disminuye en 0.12 unidades ($p < 0,05$) y las variables de interés de CF dejan de explicar el modelo. La disminución del score de RCM al aumentar en una unidad cada variable específica, se presentó al mantener constantes el resto de las variables del modelo.

El RCM fue significativamente mayor en los niños con SB+ OB en comparación con los niños con estado nutricional normal ($p < 0.05$). La **Figura 2**, muestra el score de RCM según terciles de FM y estado nutricional. En los sujetos con EN normal, no hubo

diferencias en el riesgo CV según tercil de FM, en cambio, en los niños con SB+ OB, el grupo con mayor FM tuvo comparablemente menor RCM con referencia a los otros grupos con menor FM. Los análisis post hoc mostraron diferencias significativas para los niños con SB+OB, entre los terciles 1 y 2, 1 y 3, 2 y 3 ($p<0,05$).

La **figura 3**, muestra el score de RCM según estado nutricional y terciles de RCR. En los sujetos con EN normal, no hubo diferencias en el riesgo CV según tercil de RCR. En los niños con SB+ OB, el grupo con mayor RCR, tuvo un significativo menor RCM en comparación con los grupos de baja y media RCR. Los análisis post hoc mostraron diferencias significativas para los niños con SB+OB, entre los terciles 1 y 2 y 1 y 3 ($p<0,05$).

DISCUSION

Nuestro estudio es uno de los primeros en evaluar la asociación entre la FM y RCR con el RCM en niños menores de 10 años, pues la mayoría de los estudios se refieren a adolescentes^{16,45}. Nuestros resultados muestran que tanto la FM como la RCR se asocian de forma independiente e inversa con el RCM^{16,37}. Aunque el estado nutricional fue el factor que mejor explicó el RCM, los niños con SP+OB con mejor CF tuvieron un RCM significativamente menor. Lo anterior permite suponer que la composición corporal es un determinante crítico de la salud metabólica, como lo avalan otros estudios realizados en adolescentes^{38,39}.

Nuestros resultados muestran que los niños con SP+OB tuvieron mayor fuerza de agarre que los niños eutróficos. De la misma forma, Deforche y col, encontraron en una muestra de 3214 adolescentes que la fuerza de agarre fue significativamente superior en los adolescentes obesos⁴⁰. Sin embargo, cuando ajustamos la fuerza de agarre/peso, los niños eutróficos alcanzaron mejores resultados, hecho que permite suponer que la fuerza estática de la mano se correlaciona más con el peso magro que con el peso total o IMC⁴¹.

En cuanto a la RCR cabe mencionar que en un primer análisis, se compararon los resultados por sexo y estado nutricional de la variable TM6M, sin encontrarse diferencias significativas, luego al ajustar la variable TM6M/T, se encontró que recorrían una mayor distancia los niños y el grupo con estado nutricional normal(en ambos sexos) con diferencias significativas($p<0,05$). Este ajuste se realizó para disminuir el sesgo que podría tener la talla en la distancia recorrida (correlación

significativa $r=0.17$), validado por Li y col, en donde la correlación del TM6M con la talla fue de $r= 0.45(p<0.05)$, además de reconocer que este test es una prueba válida, fácil de realizar y económica, propuesto como el mejor indicador de la capacidad funcional sub máxima entre todos pruebas de esfuerzo^{42, 43}.

Aunque el primer análisis de regresión lineal múltiple reveló que la fuerza de agarre/peso y el TM6M modificado/talla, explicaron el comportamiento del score de RCM, esta asociación dejó de ser significativa al incluir el IMC. Lo que demuestra que el IMC condiciona en mayor medida el RCM que la CF que pueda tener un niño. Sin embargo, en el grupo de escolares con SP+OB se observó una tendencia hacia un menor RCM en niños con mejor FM y RCR, lo que coincide con los resultados de otros autores en adolescentes y adultos que lo atribuyen a cambios en el metabolismo muscular y a la disminución de masa grasa visceral lo que confiere protección^{16, 44}.

La FM presentó una asociación más fuerte con el score de RCM que la RCR, al igual que estudios previos en niños y adolescentes que mostraron asociación independiente de la FM con la sensibilidad a la insulina¹⁵, y el riesgo de enfermedades metabólicas¹⁹, lo cual difiere con los resultados del estudio de Steene-Johannessen J⁴⁵, en el cual se concluyó que la RCR presentaba una asociación más fuerte con el riesgo metabólico. Existen algunas diferencias metodológicas que podrían explicar estas discrepancias. En primer lugar, la prueba que utilizamos para evaluar la RCR corresponde a un test sub maximal y por ende, podría no tener la sensibilidad necesaria para percibir pequeñas diferencias en la capacidad cardiorrespiratoria en comparación con una prueba que mida $VO_2 \text{ MAX}$ y en segundo lugar, en nuestra muestra se han incluido participantes de un rango de edad menor (6 a 9 años).

Varios estudios han demostrado que el RCM es mayor en niños y adolescentes con SP+OB y que tienen una baja FM⁷. Los resultados del presente estudio sugieren que la FM en escolares pueden conferir beneficios adicionales de los atribuidos a la RCR, ya que la mayoría de los niños con SP+OB son reacios al entrenamiento aeróbico, y por lo tanto, el ejercicio de fuerza puede ser más atractivo y mejor tolerado⁴⁶.

El TM6M, la fuerza de agarre y salto horizontal sin impulso han demostrado ser válidos, fiables, y factibles para fines de supervisión de salud a nivel poblacional^{34, 42}.

La fuerza de agarre y el salto horizontal sin impulso han demostrado ser buenos criterios de validez en comparación con las pruebas de laboratorio^{34,47}, lo que sugiere su papel como medidas apropiadas de FM.

Dentro de las fortalezas de nuestro estudio podemos destacar que se utilizó un score de riesgo compuesto por los factores de riesgo metabólico ampliamente utilizado para investigar la asociación entre la RCR, FM y el riesgo metabólico^{16,18,30,45}. Este tipo de resultados pueden reflejar mejor el estado de salud de los participantes que la evaluación de los factores de riesgo individuales⁴⁸. Otro punto fuerte de este estudio incluye la medición objetiva de la FM y RCR.

Nuestros resultados deben interpretarse con algunas limitaciones. El score de RCM es específico de la muestra y se basa en la suposición de que cada componente se pondera igualmente en la predicción del RCM. El TM6M es una prueba submaximal para evaluar la RCR no comparable con el Gold estándar, test de Course-Navette. Por último, para evaluar la FM, se midió la fuerza de agarre y el salto horizontal sin impulso solamente, pudiéndose haber seleccionado otras pruebas^{36,46}.

En el futuro se necesitan estudios prospectivos para encontrar conclusiones más sólidas sobre el efecto independiente y los efectos combinados de la RCR y FM con el riesgo de tener enfermedades cardiovasculares futuras.

Bibliografía

1. Vio F, Albala C. Obesidad en Chile: una mirada epidemiológica. En Albala C, Kain J, Burrows R, Díaz E. Obesidad un desafío pendiente. Santiago: Editorial Universitaria. 2000: 31-43.
2. Programming of chronic disease by impaired fetal nutrition: evidence and implications for policy and intervention strategies. Ginebra, Organización Mundial de la Salud. 2002 (document WHO/NMH/NPH/02.1).
3. Junta de Auxilio Escolar y Becas de Chile (JUNAEB). Prevalencia de Obesidad en escolares de Primero Básico. Mapa Nutricional. 2010. [Citado octubre 2012]. Disponible en: <http://zeus.junaeb.cl/MapaNutricionalGx/>
4. Burrows R, Gattas V, Leiva L, Barrera G, Burgueno M. Características biológicas, familiares y metabólicas de la obesidad infantil y juvenil. Rev Med Chile 2001; 129: 1155-1162.
5. Haji S, Ulusoy R, Patel D, Srinivasan S, Chen W, Delafontaine P, et al. Predictors of left ventricular dilatation in young adults (from the Bogalusa Heart Study). Am J Cardiol 2006; 98:1234-37.
- 6 Andersen LB, Harro M, Sardinha LB, Froberg K, Ekelund U, Brage S, Anderssen SA. Physical activity and clustered cardiovascular risk in children: a cross-sectional study (The European Youth Heart Study). Lancet 2006; 22: 368(9532):299-304.
7. Andersen LB, Hasselstrøm H, Grønfeldt V, Hansen SE, Froberg K. The relationship between physical fitness and clustered risk, and tracking of clustered risk from adolescence to young adulthood: eight years follow-up in the Danish Youth and Sport Study. Int J Behav Nutr Phys Fitness 2004; 1:6.
8. Shephard RJ, Balady GJ. Exercise as cardiovascular therapy. Circulation 1999; 99: 963-72.
9. Organización Mundial de la Salud. Estrategia Mundial sobre Régimen Alimentario, Actividad Física y Salud. La inactividad física. [Citado octubre 2012]. Disponible en: http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_inactivity/es/index.html
10. Serón P, Muñoz S, Lanús F. Nivel de actividad física medida a través del cuestionario internacional de actividad física en población chilena. Rev Med Chile 2010; 138: 1232-1239.
11. Departamento de Salud Pública, Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC). Encuesta Nacional de Salud 2009-2010. [Citado octubre 2012]. Disponible en: www.encuestasalud.cl
12. Matton L, Thomis M, Wijndaele K, Duvigneaud N, Beunen G, Claessens A, et al. Tracking of physical fitness and physical activity from youth to adulthood in females. Med Sci Sport Exer 2006; 38: 1114-20.
13. Kelder S, Perry C, Klepp K, Lytle L. Longitudinal tracking of adolescent smoking, physical activity and food choice behaviors. Am J Public Health 1994; 84: 1121-26.
14. Informe de Resultados Educación Física SIMCE 8° Básico. Ministerio de Educación Unidad de Currículum y Evaluación SIMCE. Santiago de Chile. 2011. [Citado octubre 2012]. Disponible en www.simce.cl
15. Benson A, Torode M, Singh M. Muscular strength and cardiorespiratory fitness is associated with higher insulin sensitivity in children and adolescents. Int J Pediatr Obes 2006; 1(4):222-31.
16. Artero EG, Ruiz JR, Ortega FB, España-Romero V, Vicente-Rodríguez G, Molnar D, et al. Muscular and cardiorespiratory fitness are independently associated with metabolic risk in adolescents: the HELENA study. Pediatric Diabetes 2011; 12: 704-712.

-
17. Twisk J, Kemper H, van Mechelen W. The relationship between physical fitness and physical activity during adolescence and cardiovascular disease risk factors at adult age. The Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study. *Int J Sports Med* 2002; 23(Suppl. 1): S8–S14.
 18. Garcia-Artero E, Ortega F, Ruiz J et al. Lipid and metabolic profiles in adolescents are affected more by physical fitness than physical activity (AVENA study). *Rev Esp Cardiol* 2007; 60: 581–588.
 19. Janz KF, Dawson JD, Mahoney LT. Increases in physical fitness during childhood improve cardiovascular health during adolescence: the Muscatine Study. *Int J Sports Med* 2002; 23 Suppl1:15-21.
 20. Twisk JW, Kemper HC, Van Mechelen W. Prediction of cardiovascular disease risk factors later in life by physical activity and physical fitness in youth: general comments and conclusions. *Int J Sports Med* 2002; 23 Suppl 1:44-9.
 21. Corvalan C, Uauy R, Mericq V. Obesity is positively associated with dehydro epiandrosterone sulfate concentrations at 7 y in Chilean children of normal birth weight. *AJCN* 2013; doi: 10.3945/ajcn.112.037325.
 22. Lundström A, Lundström F. The Frankfort Horizontal as basis for cephalometric analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1995;107:537-40.
 23. De Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam, A, Nishida C, Siekmann J. Elaboración de valores de referencia de la OMS para el crecimiento de escolares y adolescentes. *Bull World Health Organ* 2007; 85: 660–667.
 24. National Center for Health Statistics. Growth curves. CDC growth Charts for United States: Methods and development. 2000. [Citado octubre 2012]. Disponible en: www.cdc.gov/growthcharts.
 25. Fernandez J, Reeden D, Petrobielli A, Allison D. Waist circumference percentiles in nationally representative sample of African-American, European-American and Mexican-American children and adolescent. *J. Pediatr* 2004; 145: 439-444.
 26. Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. American Diabetes Association. *Diabetes Care* 2006; 29:s43-s48.
 27. Matthews D, Hosker J, Rudenski A, Naylor B, Treacher D, Turner R. Homeostasis Model Assessment insulin resistance and Beta cell function from fasting glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia* 1985; 28:412-19.
 28. 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 Méd Chile* 2006; 134: 1417-1426.
 29. Daniels S, Greer F. Lipid Screening and Cardiovascular Health in Childhood. *Pediatrics* 2008; 122: 198-208.
 30. Corvalan C, Uauy R, Stein A, Kain J, Martorell R. Effect of growth on cardiometabolic status at 4 y of age. *AJCN* 2009; 90(3): 547-555.
 31. Mokha J, Srinivasan S, DasMahapatra P, Fernandez C, Chen W, Xu J, Berenson G. Utility of waist-to-height ratio in assessing the status of central obesity and related cardiometabolic risk profile among normal weight and overweight/obese children: The Bogalusa Heart Study. *BMC Pediatrics* 2010; 10:73.
 32. Zimmet P, Alberti G, Kaufman F et al. The metabolic syndrome in children and adolescents. *Lancet* 2007; 369: 2059–2061.
 33. Cook S, Weitzman M, Auinger P, Nguyen M, Dietz W. Prevalence of metabolic syndrome phenotype in adolescents. *Arch Perdiatr Adolesc Med* 2003; 157: 821-7.

-
34. ATS Statement. Guidelines for the Six-Minute Walk Test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 111-117.
35. Milliken L, Faigenbaum A, Loud R, Westcott W. Correlates of upper and lower body muscular strength in children. *J Strength Cond Res*. 2008; 22:1339–46.
36. Castro-piñero J, Ortega F, Artero E, Girela-Rejon M, Mora J, Sjostron M, Ruiz J. Assessing muscular strength in youth: usefulness of standing long jump as a general index of muscular fitness. *J Strength Cond Res*. 2010; 24(7):1810–1817.
- ³⁷. Jurca R, Lamonte M, Barlow C, Kampert J, Church T, Blair S. Association of muscular strength with incidence of metabolic syndrome in men. *Med Sci Sport Exerc*. 2005; 37: 1849-1855.
- ³⁸. Gutin B, Yin Z, Humphries MC, Bassali R, Le NA, Daniels S, Barbeau P. Relations of body fatness and cardiovascular fitness to lipid profile in black and white adolescents. *Pediatr Res* 2005; 58: 78-82.
- ³⁹. Eisenmann J, Katzmarzyk P, Perusse L, Tremblay A, Després J, Bouchard C. Aerobic fitness, body mass index, and CVD risk factors among adolescents: the Québec family study. *Int J Obes* 2005; 29:1077-1083.
40. Benedicte Deforche, Johan Lefevre,† Ilse De Bourdeaudhuij, Andrew P. Hills, William Duquet, and Jacques Bouckaert. Physical Fitness and Physical Activity in Obese and Nonobese Flemish Youth. *Obesity* 2003; 11: 3
41. Marrodán S, Romero C, Moreno R, Mesa S, Cabañas A, Pacheco del Cerro, González M. Dinamometría en niños y jóvenes de entre 6 y 18 años: valores de referencia, asociación con tamaño y composición corporal. *An Pediatr (Barc)*. 2009; 70(4):340–348.
42. Li A, Yin J, Yu C, Tsang T, So H, Wong E, et al. The six minute walk test in healthy children: reliability and validity. *Eur Respir J*. 2005; 25(6):1057-1060.
43. Solway S, Brooks D, Lacasse Y, Thomas S. A qualitative systemic overview of the measurement properties of functional walk tests used in the cardiorespiratory domain. *Chest* 2001; 119: 256–270.
44. Ruiz JR, Ortega FB, Meusel D, Harro M, Oja P, Sjöstrom M. Cardiorespiratory fitness is associated with features of metabolic risk factors in children. Should cardiorespiratory fitness be assessed in a European health monitoring system? The European Youth Heart Study. *J Public Health*. 2006; 14:94-102
45. Steene-Johannessen J, Anderssen SA, Kolle E, Andersen LB. Low muscle fitness is associated with metabolic risk in youth. *Med Sci Sports Exerc* 2009; 41: 1361–1367.
46. Fjørtoft I, Vorland A, Sigmundsson H, Vereijken B. Measuring Physical Fitness in Children Who Are 5 to 12 Years Old With a Test Battery That Is Functional and Easy to Administer. *Physical Therapy*. 2011; 91(7):1087-1095.
47. Holm I, Fredriksen P, Fosdahl M, Vollestad N. A normative sample of isotonic and isokinetic muscle strength measurements in children 7 to 12 years of age. *Acta Paediatr* 2008; 97: 602–607.
48. Andersen LB, Wedderkopp N, Hansen HS, Cooper AR, Froberg K. Biological cardiovascular risk factors cluster in Danish children and adolescents: the European Youth Heart Study. *Prev Med*. 2003; 37(4):363–7.