

Variaciones del índice de masa corporal (IMC) de acuerdo al grado de desarrollo puberal alcanzado

Raquel Burrows A¹, Nora Díaz S^{2a}, Santiago Muzzo¹.

Variations of body mass index (BMI) according to degree of pubertal development

Background: Body mass index (BMI) is the recommended parameter to assess the nutritional status of subjects aged less than 20 years. However, during puberty the correlation between BMI and fat mass decreases notably. Therefore, the use of BMI for the diagnosis of obesity during puberty may be misleading. **Aim:** To evaluate the variations of the BMI during puberty according to chronological and biological ages. **Material and methods:** Descriptive cross sectional study in school age children of elementary and high schools (4,531 males and 5,326 females) representing all socioeconomic strata of 4 regions of Chile. BMI was calculated from weight and height measurements (W/H^2) and pubertal development was evaluated according to Tanner stages. The sample selected to evaluate the variations of BMI according to chronological age and pubertal stages consisted in 3,913 females aged 8-14 years and 2,494 males aged 10-16 years. Analyses of variance (F test) and Tukey HSD test were used to compare mean BMI according to chronological and biological ages. **Results:** The age of onset of puberty (Tanner Stages IB2 and G2) varied greatly, from 8 to 14 years in females and 10 to 16 years in males. Mean BMI in a specific stage of pubertal development did not show significant differences according to age in both sexes. However, there were significant differences ($p < 0.05$) in mean BMI when comparing children of the same chronological age but in different Tanner stages. Per each stage of Tanner development, BMI increased 1.0 or more points among females and 0.6 points among males. **Conclusions:** During puberty, BMI is associated to biological and not chronological age (Rev Méd Chile 2004; 132: 1363-8).
(Key Words: Body mass index; Nutritional status; Puberty)

Recibido el 20 de enero, 2004. Aceptado en versión corregida el 22 de septiembre, 2004.
Trabajo financiado parcialmente por proyecto FONDECYT, # 93/85.
Unidades de Endocrinología¹ y Estadística², Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Chile.
^aEstadístico

Correspondencia a: Raquel Burrows A. José Pedro Alessandri
5540, Macul. Fax: 2214030. E-mail: rburrows@inta.cl

La pubertad es una de las etapas en el desarrollo humano con mayores cambios en el peso, la estatura y la composición corporal grasa y muscular y en la mineralización ósea, entre otros. Durante la pubertad la estatura aumenta 15% y la masa ósea, muscular y grasa en 40%¹⁻⁵. La magnitud y velocidad de estos cambios es variable, asociándose más a la edad biológica que a la cronológica y factores genéticos (étnicos o familiares) y ambientales (nutrición y actividad física entre otros), regulan su expresión⁶⁻⁹. En una población normal, independiente de las características étnicas y ambientales, se observa una amplia variación en la edad de inicio del desarrollo genital en varones (10 a 15 años) y del desarrollo mamario en mujeres (8 a 13 años). Así, diferentes estudios coinciden en que en una población normal entre los 8 y los 16 años, los niños y niñas de una misma edad, presentan diferencias importantes en la madurez biológica alcanzada¹⁰⁻¹². Esto explicaría las grandes variaciones en el peso corporal y en la estatura de niños de similar edad cronológica, pero con diferentes grados de desarrollo puberal y señala la dificultad para evaluar antropométricamente su estado nutricional al utilizar referentes que consideran sólo la edad cronológica^{3,13}. La gran mayoría de los estándares de IMC utilizados para la evaluación del estado nutricional de la población menor de 20 años están estratificados por edad cronológica^{14,15}.

El índice de masa corporal (IMC) es el indicador recomendado por la OMS para evaluar antropométricamente el estado nutricional de una población menor de 20 años, por su simpleza, bajo costo y adecuada correlación con la grasa corporal total¹⁶. Sin embargo, esta correlación varía con la madurez biológica y disminuye de 0,90 en los prepúberes a 0,32 en los púberes^{17,18}. Por ello, diferentes autores señalan la importancia de ser cautelosos en el diagnóstico de la obesidad durante la pubertad al utilizar este indicador, y la necesidad de mejorar su sensibilidad considerando la raza, el sexo y el grado de desarrollo puberal alcanzado^{13,17,18}.

El objetivo de este estudio fue analizar en una población infantil normal de ambos sexos, las variaciones del IMC durante la pubertad, con el propósito de conocer la magnitud de estas variaciones y aportar conocimientos que permitan mejorar la sensibilidad de este indicador, para la evaluación del estado nutricional durante la pubertad.

MATERIAL Y MÉTODO

Entre 1985 y 1988 se obtuvo una muestra aleatoria simple de 9.857 niños (4.531 varones y 5.326 mujeres) representativos de escolares de educación básica y media de establecimientos municipalizados, subvencionados y privados de las II, V, IX y XIII regiones de Chile, con el objetivo de construir estándares antropométricos nacionales¹³. De esta muestra, se seleccionaron todas las mujeres entre los 8 y 15 años (3.913) y los varones entre los 10 y 16 años (2.994), por ser éstos los rangos de edades en que se encuentran sujetos en diferentes etapas del desarrollo puberal. La representatividad por tipo de establecimiento (municipal, subvencionado o privado) se obtuvo de acuerdo al registro de directorio nacional de establecimientos educacionales del MINEDUC (1985).

La medición del peso y la estatura fue realizada por dos de los autores, utilizando una balanza de precisión con cartabón incluido (SECA) con una sensibilidad de 100 gr y 1 mm, respectivamente. Cada niño fue medido y pesado en ropa interior, sin zapatos, con el peso corporal distribuido en ambos pies, con las rodillas juntas, en posición erguida, con los brazos sobre los costados del cuerpo, la cabeza en contacto con el estadiómetro y en posición de Frankfurt (manteniendo una línea imaginaria entre el ángulo orbital y el tragus de la oreja paralelo a la superficie del suelo). El IMC fue calculado dividiendo el peso, expresado en kilos por el cuadrado de la estatura expresada en metros (peso/talla²). El grado de desarrollo puberal alcanzado se evaluó por los 5 estadios de Tanner, considerando el desarrollo mamario (M) en la mujer y el genital (G) en el varón^{10,11}.

Estadística. Se utilizó el análisis de varianza ANOVA (prueba F) y test de Tuckey para comparar promedios y para calcular la distribución percentilar de los valores de IMC la metodología de LMS¹⁹. Una significancia <0,05 rechazó la hipótesis de nulidad.

RESULTADOS

En ambos sexos se observó un amplio rango en la edad de partida de la pubertad (M2 y G2), siendo entre 8 y 14 años para las mujeres y entre 10 y 16 años para los varones. Las Tablas 1 y 2 muestran la distribución por estadio de Tanner de las mujeres y

varones respectivamente, según la edad cronológica. Entre los 10 y los 13 años en las mujeres y entre los 11 y los 14 años en los varones, hubo sujetos en las 5 etapas de pubertad. Las Tablas 3 y 4 muestran los promedios de IMC en mujeres de 10 a 14 años y en varones de 12 a 16 años respectivamente, comparándolos para cada edad según la etapa de Tanner alcanzada (filas) y dentro de cada etapa de Tanner según la edad (columnas). No se consideraron las niñas de 8 y 9 años y los varones de 10 y 11 años por estar la gran mayoría en la etapa 1 de Tanner y unos pocos en etapa 2. En ambos sexos, el promedio de IMC para una misma etapa de pubertad, no mostró diferencias significativas por edad cronológica. En cambio, al comparar el IMC entre sujetos de una misma edad, se observa un aumento significativo al progresar la etapa de desarrollo puberal.

Las Tablas 5 y 6 muestran la distribución percentilar del IMC según el estadio de Tanner en

varones y mujeres, respectivamente. En ambos sexos, el IMC aumentó en forma bastante regular entre una y otra etapa de Tanner. Este aumento fue de 1 punto aproximadamente en las mujeres y de 0,6 en los varones entre uno y otro estadio.

DISCUSIÓN

En la muestra elegida de escolares chilenos se observó un rango de 6 años en la edad de inicio de la pubertad, encontrando mujeres en M2 entre los 8 y los 14 años y varones en G2 entre los 10 y los 16 años. Por otra parte, entre los 9 y los 13 años en las mujeres y entre los 12 y 16 años en los varones, se observan niños en todas las etapas de desarrollo puberal. Estos hallazgos son similares a los observados en población americana y europea y confirman la considerable variabilidad madura-

Tabla 1. Distribución de las mujeres en los diferentes estadios de desarrollo mamario (M) según edad

Edad (años)	Estadio de Tanner				
	M1	M2	M3	M4	M5
8	340 (96,9) ^a	7 (2,0)	4 (1,1)		
9	215 (86,7)	25 (10,1)	6 (2,4)	2 (0,9)	
10	280 (55,1)	146 (28,7)	66 (13,0)	14 (2,8)	2 (0,4)
11	254 (27,0)	320 (34,0)	277 (29,4)	79 (8,4)	11 (1,2)
12	127 (13,3)	212 (22,2)	351 (36,8)	206 (21,6)	59 (6,2)
13	31 (4,4)	73 (10,3)	214 (30,2)	279 (39,4)	112 (15,8)
14		13 (7,9)	41 (24,9)	75 (45,5)	36 (21,8)
15			7 (19,5)	9 (25,6)	20 (55,6)

a= Número de casos (%)

Tabla 2. Distribución de los varones en los diferentes estadios de desarrollo genital (G), según edad

Edad (años)	Estadio de Tanner				
	G1	G2	G3	G4	G5
10	209 (95,4) ^a	6 (2,7)	4 (1,8)		
11	62 (70,5)	17 (19,3)	7 (8,0)	1 (1,1)	1 (1,1)
12	86 (27,1)	118 (37,2)	72 (22,7)	32 (10,1)	9 (2,8)
13	50 (8,7)	214 (37,4)	194 (33,9)	70 (12,2)	45 (7,9)
14	14 (2,2)	82 (12,9)	170 (26,8)	275 (43,4)	93 (14,7)
15		25 (6,3)	57 (14,4)	166 (41,8)	149 (37,5)
16		5 (2,7)	12 (6,5)	71 (38,2)	98 (52,7)

a = Número de casos (%)

Tabla 3. IMC (kg/m²) en mujeres según desarrollo mamario (etapa de Tanner) y edad

Edad (años)	Etapas de Tanner					p ^c
	1 x̄±DE ^a	2 x̄±DE	3 x̄±DE	4 x̄±DE	5 x̄±DE	
10	16,9 2,2	17,9 2,3	18,5 2,1	19,1 2,3		1/2,3,4** 2/4*
11	17,1 2,2	17,8 2,8	18,8 2,7	19,8 2,7	20,5 2,3	1/2,3,4,5** 2/3,4,5** 3/4,5*
12	16,9 2,3	17,8 2,4	18,6 2,4	19,8 2,7	20,8 3,0	1/2*,3,4,5** 2/3,4,5** 3/4,5** 4/5*
13	17,8 1,6	17,9 2,7	18,8 2,5	20,0 2,6	21,2 2,1	1/3*,4,5** 2/4,5** 3/4,5** 4/5**
14		17,5 2,1	19,3 2,5	19,8 2,0	20,8 2,5	2/3,4,5** 3/5* 4/5*
p ^b		ns	ns	ns	ns	

a= Promedio y desviación estándar.

b= Significancia según ANOVA (prueba F) al comparar por edad en una misma etapa de Tanner.

c= Significancia según test de Tukey al comparar por etapa de Tanner en una misma edad.

*p <0,05

**p <0,01

Tabla 4. IMC (kg/m²) en varones según desarrollo genital (etapa de Tanner) y edad

Edad (años)	Etapa de Tanner					p ^d
	1 x̄±DE ^a	2 x̄±DE	3 x̄±DE	4 x̄±DE	5 x̄±DE	
12	17,6 3,2	18,0 2,4	18,5 2,0	19,1 2,0		1/4*
13	17,4 2,5	18,0 2,5	18,3 2,1	18,8 2,0	19,2 2,2	1/4,5* 2/4,5*
14	17,7 1,4	18,3 3,2	18,4 2,0	19,3 2,1	19,7 2,1	1/4,5* 2/4,5* 3/4,5**
15		17,8 2,1	18,9 3,3	19,5 2,3	20,0 2,2	2/4,5** 3/4*,5** 4/5**
16			18,8 2,1	19,7 2,0	20,2 2,3	3/5* 4/5*
p ^c		ns	ns	ns	ns	

a= Promedio y desviación estándar.

b= Significancia según ANOVA (prueba F) al comparar por edad en una misma etapa de Tanner.

c= Significancia según test de Tukey al comparar por etapa de Tanner en una misma edad.

*p <0,05

** p <0,01

Tabla 5. Distribución percentilar del IMC (kg/m²) en las mujeres, según estadio de desarrollo mamario (B)

Estadio de Tanner	p10	P25	p50	p85	p95
B1 (1249) ^a	14,3	15,2	16,4	19,1	20,9
B2 (798)	14,9	15,9	17,4	20,1	22,6
B3 (966)	15,9	17,0	18,4	21,1	23,4
B4 (693)	16,9	18,1	19,6	22,5	24,7
B5 (298)	17,7	19,1	21,0	23,8	27,0

a= número de casos

Tabla 6. Distribución percentilar del IMC (kg/m²) en los varones, según estadio de desarrollo genital

Estadio de Tanner	P10	P25	p50	p85	p95
G1 (421) ^a	14,4	15,4	16,6	19,2	21,6
G2 (474)	15,3	16,2	17,5	19,9	22,8
G3 (517)	16,0	16,9	18,1	20,4	22,5
G4 (714)	16,7	17,7	18,9	21,2	23,1
G5 (395)	17,0	18,1	19,5	21,7	23,9

a= número de casos

cional durante la pubertad entre niños de similar edad cronológica¹⁰⁻¹².

La similitud del IMC en niños de diferentes edades cronológicas pero en igual estadio de Tanner y, por otro lado, el incremento significativo del IMC cuando se comparan niños de igual edad cronológica pero en diferentes estadios puberales, confirman que el IMC está asociado a la madurez biológica más que a la edad cronológica en esta etapa de la vida. El aumento del IMC y su distribución percentilar fueron muy regulares al estratificarlo por grado de desarrollo puberal alcanzado, a pesar de la variabilidad en la edad cronológica de los niños que se encuentran en una misma etapa de Tanner, confirmando una vez más la relación entre el IMC y la madurez biológica.

Las variaciones del IMC entre la etapa inicial (M2 o G2) y la final (M5 o G5) fue mayor en las mujeres (3,6 puntos) que en los varones (2 puntos). Sería interesante investigar la presencia de factores genéticos y ambientales en este dimorfismo sexual que podría ser explicado por un mayor aumento de la grasa corporal en las mujeres que del tejido muscular en los varones.

El IMC es considerado el mejor indicador antropométrico para diagnosticar el sobrepeso y la obesidad en niños entre los 2 y los 18 años. Chile acaba de incorporar los estándares americanos de

IMC del *National Center for Chronic Disease-National Center for Health Statistics* (CDC-NCHS) que están estratificados por edad cronológica, para evaluar el estado nutricional de los niños de 6 a 18 años. Estos referentes incluyen a una agrupación de 9 estudios transversales (66.772 niños de ambos sexos, blancos, negros, hispanicos y asiáticos entre 5 y 17 años, realizados entre los años 1970 y 1994 en diferentes estados de los Estados Unidos de Norteamérica (USA) por la NCHS (NHANES II y NHANES III)). Con posterioridad al año 1988, se observa un aumento en la prevalencia del sobrepeso y obesidad en el mundo, con una presentación al inicio de la pubertad²⁰⁻²³. En USA, la tendencia secular de la pubertad muestra una disminución en la edad promedio de presentación del botón mamario a 9,96 años en mujeres blancas y a 8,89 años en mujeres negras, en comparación a los 10 años 6 meses de la población de referencia americana²²⁻²³. Algunos estudios nacionales también muestran esa tendencia (datos por publicar). Esto se reflejará en un aumento del porcentaje de maduradores tempranos, comparados con la observada en la población que sirvió como referente a los estándares de IMC actualmente en uso. La población de este estudio fue seleccionada en el año 1985, por lo que no debe mostrar muchas diferencias con las del referente CDC-NCHS. Sin embargo, las generaciones actuales muestran

una madurez biológica más temprana, por lo que el estándar CDC-NCHS estaría sobrestimando el IMC de un porcentaje importante de niños que son los maduradores tempranos al considerar sólo la edad cronológica.

Las diferencias en el IMC por estadio de Tanner observadas en este estudio, sugieren

que en la evaluación individual de las mujeres y varones, con madurez biológica por fuera de los rangos de normalidad (maduradores tempranos y tardíos), debería considerarse el desarrollo puberal alcanzado, para una calificación más adecuada del estado nutricional a través del IMC.

REFERENCIAS

1. BUCKLER JMH, WILD J. Longitudinal study of height and weight at adolescence. *Arch Dis Child* 1987; 62: 1224-32.
2. AVENDAÑO A, VALENZUELA C, HUERTA J, GANA R. Crecimiento de mujeres y varones en etapa puberal. *Rev Chil Pediatr* 1989; 60: 255-61.
3. BURROWS R, MUZZO S. Estándares de crecimiento y desarrollo del escolar chileno. *Rev Chil Nutr* 1999; 25(s2): 95-160.
4. MUZZO S, LEIVA L, BURROWS R, POZO M, JARA A, LILLO R ET AL. Mineralización ósea en niños chilenos, determinados por densitometría ósea bifotónica. *Arch Lat Nutr* 1994; 44: 135-9.
5. QING HE, KARLBERG J. BMI in childhood and its association with height, timing of puberty and final height. *Pediatr Res* 2001; 49: 244-51.
6. BURROWS R, LEIVA L, ZVAIGAFAH A, MUZZO S. Influencia del NSE en la composición corporal y estatura de escolares durante la pubertad. *Rev Chil Nutr* 1989; 17: 39-45.
7. RONA RJ. Genetic and environmental factors in the control of growth in childhood. *Brit Med Bull* 1981; 265-72.
8. THEINTZ GE, HOWALD H, WEISS U, SZONENKO PC. Evidence for a reduction of growth potencial in adolescent female gymnasts. *J Pediatr* 1993; 122: 306-13.
9. ROGOL AD, CLARK PA, ROEMMICH JN. Growth and pubertal development in children and adolescents: effects of diet and physical activity. *Am J Clin Nutr* 2000; 72: 521s-528s.
10. MARSHALL W, TANNER J. Variations in pattern of pubertal changes in girls. *Arch Dis Child* 1969; 44: 291-303.
11. MARSHALL W, TANNER J. Variations in pattern of pubertal changes in boys. *Arch Dis Child* 1970; 45: 13-23.
12. LEE PA. Normal ages of pubertal events among American males and females. *J Adolesc Health Care* 1980; 1: 26-9.
13. DÍAZ E, BURROWS R, MUZZO S, GALGANI J, RODRÍGUEZ R. Evaluación nutricional del adolescente mediante Índice de Masa Corporal (IMC) según etapa puberal. *Rev Chil Pediatr* 1996; 67: 163-8.
14. www.CDC.GOV/NCHS,USA
15. COLE T, BELLIZI K, FLEGAL M, DIETZ WH. Body mass index in children worldwide: cut off points for overweight and obesity. *BMJ* 2000; 320: 1-6.
16. DIETZ WH, ROBINSON TN. Use of body mass index (BMI) as measure of overweight in children and adolescents. *J Pediatr* 1998; 132: 191-6.
17. DANIELS SR, KHOURY PR, MORRISON JA. The utility of body mass index as measure of body fatness in children and adolescents. Differences by race and gender. *Pediatrics* 1997; 99: 804-7.
18. PIETROBELLI A, FAITH MS, DAVID BA, GALLAGHER D, CIUMELLO G, HEYMSFIELD B. Body mass index as measure of adiposity among children and adolescent: A validation study. *J Pediatr* 1998; 132: 204-10.
19. COLE TJ. The LMS method for constructing normalized growth standards. *EJCN* 1990; 44: 45-60.
20. BUNDRED P, KITCHINER D, BUCHAN I. Prevalence of overweight and obese children between 1989-1998: population based series of cross sectional studies. *BMJ* 2001; 322: bmj.com 1-3.
21. MUZZO S, CORDERO J, BURROWS R. Cambios en la prevalencia del exceso de peso del escolar chileno en los últimos 8 años. *Rev Chil Nutr* 1999; 26: 311-5.
22. HERMAN-GIDDENS ME, SLORA EJ, WASSERMAN RC, BOURDONY CJ, BHAPKAR V, KOCH GG ET AL. Secondary sexual characteristics and menses in young girls seen in office practice: A study from the pediatric research in office setting network. *Pediatrics* 1997; 99: 505-12.
23. KAPLOWITZ PB, OBERFIELD SE. Reexamination of the age limit for defining when puberty is precocious in girls in the United States: implications for evaluation and treatment. Drug and Therapeutics and Executive Lawson Wilkins COPES. *Pediatrics* 1999; 104: 936-41.