

Artículo Original

Predicción de la maduración somática a partir de variables antropométricas: validación y propuesta de ecuaciones para escolares de Brasil

Predicting somatic maturation from anthropometric variables: validation and proposed equations to school in Brazil

Gomez Campos, R.¹; Hespanhol, J. E.²; Portella, D.³; Vargas Vitoria, R.⁴; De Arruda, M.¹; Cossio-Bolaños, M. A.^{1,4}

1 Facultad de Educación Física, Universidad Estatal de Campinas, Campinas, SP, Brasil

2 Facultad de Educación Física de la Pontificia Universidad Católica de Campinas (PUC-Campinas), Campinas, SP, Brasil.

3 Facultad de Educación Física – Escuela de Salud, Universidad Municipal de San Cayetano del Sur /USCS.

4 Departamento Ciencias de la Actividad Física. Universidad Católica del Maule.

RESUMEN

Introducción: La valoración de la maduración biológica es considerada esencial para la salud, puesto que se puede utilizar directamente para la interpretación clínica de las enfermedades endócrinas, el estado de crecimiento y la calidad de vida.

Objetivo: Validar la técnica propuesta por Mirwald et.al (2002) para valorar la maduración y desarrollar una ecuación transversal para calcular el Pico de velocidad de Crecimiento de niños y adolescentes de escuelas públicas de la región urbana de Campinas, SP, Brasil.

Material y métodos: Fueron seleccionados de forma probabilística estratificada 914 chicos y 839 chicas, los que corresponden al 30% de un total de 5931 escolares de 8-16 años de ambos sexos de una región urbana de Campinas, SP, Brasil. Se evaluó la edad decimal y las variables antropométricas de peso, estatura y estatura sentada. Se realizaron las interrelaciones peso/estatura y se determinó la longitud de los miembros inferiores calculando la diferencia entre la estatura sentada y la estatura. Para validar la ecuación criterio (Mirwald et.al 2002) se utilizó la validación cruzada tanto interna y externa.

Resultados: Se observó altas correlaciones entre la edad y las variables antropométricas, tanto en chicos ($r=0,56-0,96$), como en chicas ($r=0,57-0,98$). En la validación interna y externa no hubo diferencias significativas ($p>0,05$) y se verificó aceptable concordancia entre el criterio y las ecuaciones desarrolladas para los chicos de ambos sexos a un CI 95%.

Conclusiones: Se concluye que las ecuaciones de regresión de Mirwald. et.al (2002) son validadas y pueden ser aplicadas a escolares de la región urbana de Campinas, SP (Brasil). Las ecuaciones desarrolladas en el estudio son una alternativa para evaluar la maduración somática de forma transversal.

Conclusiones: Se concluye que las ecuaciones de regresión de Mirwald. et.al (2002) son validadas y pueden ser aplicadas a escolares de la región urbana de Campinas, SP (Brasil). Las ecuaciones desarrolladas en el estudio son una alternativa para evaluar la maduración somática de forma transversal.

PALABRAS CLAVE

Maduración, pico de velocidad, escolares.

ABSTRACT

Introduction: The assessment of biological maturation is considered essential to health, because it can be used directly for the clinical interpretation of endocrine, growth status and quality of life.

Correspondencia:

Rossana Gómez Campos
Av. Erico Verissimo 701. Ciudad Universitaria
CEP. 13083-851. Campinas, SP, Brasil.
E-mail: rossanagomez_c@hotmail.com

Objective: To validate the proposed technique by Mirwald et al (2002) to assess the maturity and develop an equation to calculate the cross peak growth rate of children and adolescents from public schools in the urban region of Campinas, SP, Brazil.

Methods: We selected 914 stratified probability so boys and 839 girls, which correspond to 30% of a total of 5931 school children 8-16 years of both sexes of an urban region of Campinas, SP, Brazil. We evaluated the decimal age and anthropometric variables of height, weight and sitting height. Interrelationships were conducted weight / height and length was determined by calculating the lower the difference between the sitting height and stature. To validate the equation criterion (Mirwald et.al 2002) cross-validation was used both internally and externally.

Results: We observed high correlations between age and anthropometric variables in both boys ($r = 0.56$ to 0.96) and in girls ($r = 0.57$ to 0.98). The internal and external validation no significant difference ($p > 0.05$) and acceptable agreement was observed between the test and the equations developed for children of both sexes to a 95% CI.

Conclusions: We conclude that Mirwald et al (2002) regression equations are validated and can be applied to schools in the urban region of Campinas, SP (Brazil). The equations developed in the study are an alternative to assess somatic maturation across.

KEYWORDS

Maturation, peak velocity, school.

INTRODUCCIÓN

La maduración biológica es un proceso gradual en el tiempo, en el que se presentan sucesivas modificaciones cualitativas en la organización anatómica y fisiológica, a través del cual, se desencadena una gran movilización hormonal durante la pubertad hasta alcanzar el estado de madurez adulto. De hecho, durante la pubertad ocurre una gran cantidad de cambios biológicos como la maduración sexual, aumento de la estatura y peso, así como la finalización del crecimiento esquelético, aumento marcado de la masa ósea, cambios en la composición corporal (1) e incrementos en el rendimiento físico (2). Su valoración es considerada esencial para la salud, en particular en pediatría, puesto que la información recogida se puede utilizar directamente para la interpreta-

ción clínica de las enfermedades endócrinas y del estado de crecimiento (3), así como en la calidad de vida (4) y en la clasificación de los deportes juveniles para igualar la competencia, aumentar las posibilidades de éxito y reducir el riesgo de lesiones deportivas (5).

Clásicamente se distingue cuatro metodologías para valorar la maduración biológica, como la maduración dental, sexual, esquelética y somática. Estas metodologías a pesar de mostrar rigurosidad y confiabilidad en sus mediciones muestran limitaciones, como por ejemplo, el elevado costo que significa evaluar la maduración esquelética y la correspondiente interpretación de los resultados, la incomodidad para los niños y padres durante la valoración de la maduración sexual, así como el seguimiento a lo largo de varios años para determinar el pico de velocidad de crecimiento (maduración somática) impiden su aplicación en el día a día y sobre todo, su aplicación a poblaciones escolares, donde generalmente se utiliza la edad cronológica como indicador de clasificación.

En efecto, la búsqueda del desarrollo de una metodología no-invasiva para la medición de la maduración biológica no es un tema nuevo (6). A este respecto, hace algunos años Mirwald et al (7) propusieron una técnica no-invasiva para la valoración de la maduración somática de forma transversal, basada en medidas antropométricas que permite predecir la proximidad y el alejamiento del PVC en años, el cual se interpreta en ocho niveles, desde -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2 y 3, donde el cero (0) significa el PVC. Esta técnica permite la valoración de la maduración en grandes poblaciones, así como proporciona una referencia precisa del máximo crecimiento durante la adolescencia y ofrece un punto de referencia común de la aparición de los cambios de las dimensiones corporales. Por lo tanto, el desarrollo de dicha técnica en una población específica de niños y adolescentes no-deportistas y el uso y la aplicación por lo general en varios estudios internacionales en muestras de jóvenes deportistas (8) y en jóvenes Brasileños (9,10,11) permitió inferir su posible aplicación a poblaciones escolares no-deportistas de la región urbana de Campinas (Brasil). Esto en razón de que la predicción del ritmo de crecimiento a partir del PVC presenta un punto de referencia internacional para jóvenes de ambos sexos, siempre que se desarrollen en adecuadas condiciones nutricionales y medioambientales, inclusive consideramos que es necesario contar con un método no-invasivo y simple para estimar el PVC en escolares Brasileños para clasificar a los niños y adolescentes res-

pecto a su propio ritmo de crecimiento. Desde esa perspectiva, el objetivo del presente estudio fue validar la técnica propuesta por Mirwald et al (1) para valorar la maduración y desarrollar una ecuación para calcular el PVC de niños y adolescentes de escuelas públicas de la región urbana de Campinas, SP, Brasil.

MATERIAL Y MÉTODOS

Muestra

El estudio es de tipo descriptivo y de corte transversal. El universo estuvo conformado por 10 colegios que fueron seleccionados de forma aleatoria de un total de 44 colegios de las zonas Norte, sur, este, sureste y noroeste de la región urbana de Campinas (Sao Paulo, Brasil). Los escolares se encontraban debidamente matriculados en los centros escolares del sistema de gestión integrada de la red Municipal de Campinas, los que constituyen un total de 5931 niños y adolescentes de 8 a 16 años de ambos sexos. La mayoría de los escolares evaluados son de origen étnico mixto por ejemplo: portuguesa, africana, asiático e indígena.

Para calcular el tamaño de la muestra se tomó la hipótesis más desfavorable (0,50), precisión de (0,05) para un intervalo de confianza de IC del 95% y el tamaño óptimo para un universo de 5931 sujetos (3038 chicos y 2793 chicas) fue de 914 chicos y 839 chicas, los que corresponden el 30% del universo total.

La muestra se obtuvo a través del muestreo estratificado determinado por afijación proporcional. La distribución de las unidades de estudio se hizo de acuerdo con el peso (tamaño) de la población en cada estrato (edad y sexo), en este sentido, a cada estrato le corresponde igual número de elementos muestrales. De este modo, y con base en lo anteriormente descrito se consideró dos centros educativos públicos por zona geográfica, permitiendo de esta forma una muestra representativa para el estudio.

Se incluyeron en el estudio a los escolares que se encontraban clínicamente sanos hasta la fecha de la evaluación y a los que autorizaron el consentimiento para la realización de las medidas antropométricas. Se excluyeron a los que presentaban trastornos psicomotores y físicos que imposibilitaban la realización de las mediciones antropométricas de forma adecuada.

Los padres y tutores de los niños firmaron una ficha de consentimiento, autorizando la evaluación de las medidas antropométricas, así como el proyecto contó

con la aprobación del respectivo Comité Institucional de Ética en investigación.

Técnicas e instrumentos

La edad cronológica de los niños y adolescentes se determinó a nivel decimal, usando la fecha decimal del día de nacimiento y la fecha decimal del día de control. El periodo de la valoración de las medidas antropométricas fue de marzo a junio del 2011. Todas las variables antropométricas fueron medidas por un grupo de cinco antropomorfistas con certificación ISAK de nivel II. El error técnico de medida de las variables intra-observador fue inferior al 3%. Para la valoración de las medidas antropométricas se adoptó el protocolo estandarizado por la "international working group of kineanthropometry" descrita por Ross y Marfell-Jones (12).

Para determinar la masa corporal (kg) se evaluó descalzo y con la menor cantidad de ropa posible, utilizando una balanza digital con una precisión de (100g) de marca Tanita con una escala de (0 a 150 kg). Para determinar la estatura (cm), se evaluó a los sujetos ubicado en el plano de Frankfurt sin zapatos, utilizando un estadiómetro de aluminio graduada en milímetros de marca Seca, presentando una escala de (0-250cm). La estatura tronco-cefálica (estatura sentada) se realizó utilizando un banco de madera con respaldo firme con 50cm de altura y una escala de medición de (0-150cm) y con precisión de 1mm.

La maduración somática fue determinada por la ecuación propuesta por Mirwald et al (7), permitiendo el cálculo del Pico de Velocidad de Crecimiento (PVC) de forma transversal. Este procedimiento implica la interacción entre las variables antropométricas de peso, estatura, estatura tronco cefálica y la edad. Esta técnica permite la clasificación en ocho niveles (-4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3). El cero (0) significa el momento en que se presenta el PVC. La longitud de los miembros inferiores (LMI) se determinó calculando la diferencia entre la estatura sentada y la estatura. Las ecuaciones utilizadas son:

Chicos:

$$\text{PVC} = -9,232 + 0,0002708(\text{LMI} * \text{ETC}) - 0,001663(\text{E} * \text{LMI}) + 0,007216(\text{E} * \text{ETC}) + 0,02292 \text{ (P/Est)}$$

Chicas:

$$\text{PVC} = -9,37 + 0,0001882(\text{LMI} * \text{ETC}) + 0,0022(\text{E} * \text{LMI}) + 0,005841(\text{E} * \text{ETC}) - 0,002658(\text{E} * \text{P}) + (0,07693 * \text{ (P/Est)})$$

Donde: LMI=Longitud de miembros inferiores, ETC=Estatura tronco-cefálica, E= Edad, P= Peso, Est=Estatura

Propuesta de ecuaciones

Para proponer las ecuaciones del PVC en la muestra de escolares del estudio se utilizaron (914 chicos y 839 chicas), además de las variables predictoras la edad decimal, peso, estatura, estatura sentada, longitud de los miembros inferiores y la relación peso/estatura. Se consideró como criterio el PVC obtenido por medio de la ecuación propuesta por Mirwald et al (7). A partir de este proceso se obtuvieron varios modelos matemáticos, de los cuales se eligió un modelo para cada sexo, básicamente las ecuaciones que mostraron altos valores de R^2 y bajos valores de error estándar de estimación (EEE).

Validación de ecuaciones

Se utilizó la validación cruzada tanto para la validez interna y externa. Para la validez interna se utilizó el 70% restante del universo (2125 chicos y 1954 chicas). A estos sujetos se les aplicó la ecuación del PVC propuesto por Mirwald et al (7) para cada sexo y las ecuaciones propuestas por el estudio; sin embargo, para la validez externa, se utilizó 378 niños y adolescentes de un centro escolar público de la red Municipal de Sao Caetano do Sul (Sao Paulo, Brasil) que presentan las mismas características socioeconómicas que los escolares de la Red Municipal de Campinas. Estos sujetos fueron seleccionados de forma intencional (no-probabilística). A este grupo se aplicó la ecuación de Mirwald et al (7) para calcular el PVC para ambos sexos (192 chicos y 186 chicas), así como las ecuaciones generadas en el estudio. De esa forma, se realizó la validación cruzada (interna y externa) de las dos ecuaciones producidas en el estudio, tanto para chicos como para chicas, respectivamente.

Análisis estadístico

Los resultados del estudio fueron analizados a través de la estadística descriptiva de media aritmética, desviación estándar y coeficiente de correlación de Pearson (r). se utilizó la inferencia estadística para el análisis de regresión lineal simple y múltiple StepWise con el objetivo de determinar el nivel predictivo del PVC y generar ecuaciones de predicción. Para comparar los valores medios del criterio y la ecuación predicha se utilizó el test de Student para muestras apareadas y la prueba de especificidad de Tukey ($p < 0,05$). La precisión se evaluó mediante los valores de R^2 y el Error Estándar de Estimador (EEE). La concordancia entre los valores del criterio y los valores de las ecuaciones predichas se

analizaron mediante el plotaje de Bland, Altman (13). Todo el procesamiento estadístico se efectuó mediante el programa SPSS 16.0 y la distribución normal fue verificada a través de la prueba Shapiro Wilks.

RESULTADOS

Las variables de edad, peso, estatura, estatura tronco-cefálica, longitud de los miembros inferiores y la relación de peso/estatura por edad y sexo se observan en la tabla 1. En ambos sexos todas las variables aumentan con el transcurso de la edad. Se observa que el PVC en los chicos a los $14,84 \pm 0,73$ años y en las chicas fue a los $11,99 \pm 0,25$ años.

Las correlaciones entre la edad, PVC y las variables antropométricas se observan en la tabla 2. Todas las correlaciones son significativas ($p < 0,05$) en ambos sexos. Los valores oscilan en los chicos entre (0,56-0,98) y en las chicas de (0,54-0,97), respectivamente.

Las ecuaciones generadas para determinar el PVC de forma transversal se observan en la tabla 3. Ambas ecuaciones (chicos y chicas) muestran altos valores de correlación y consecuentemente 99% de poder de explicación.

En la tabla 4 se observa las variables antropométricas de los escolares que se utilizaron para validar las ecuaciones de forma interna y externa. Ambos grupos no muestran diferencias significativas en todas las variables antropométricas, tanto en chicos como en chicas.

Para la validación interna se utilizó el 70% de la población, a los cuales se les calculó el PVC por el criterio (ecuación de Mirwald et al 2002) y la ecuación propuesta por el estudio. La edad en años (PVC) y la edad decimal se observa en la tabla 5. No se encontró diferencias significativas entre ambas ecuaciones de predicción ($p > 0,5$) en todas las edades, tanto en chicos, como en chicas. Se determinó que el PVC de los chicos se presentó a los $14,69 \pm 0,71$ años por el criterio y a los $14,76 \pm 0,72$ años por la ecuación del estudio. Sin embargo, en las chicas por el criterio a los $11,56 \pm 0,67$ años y por la ecuación del estudio a los $11,45 \pm 0,62$ años, respectivamente. La figura 1 ilustra la alta concordancia entre los valores del criterio y las dos ecuaciones (chicos y chicas) propuestas para la validación interna.

Para la validación externa se utilizó 378 escolares de otra región geográfica, diferente a la de la población estudiada. A este grupo se aplicó la ecuación criterio (7) para calcular el PVC (años) y la ecuación desarrollada

Tabla 1. Características antropométricas de los escolares utilizados para generar las ecuaciones del estudio.

Edad decimal		n	Peso (Kg)		Estatura (cm)		ETC (cm)		LMI (cm)		Peso/estatura (Kg/cm)		PVC	
X	DE		X	DE	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE
Chicos														
7,91	0,26	119	27,95	8,11	126,4	6,71	67,99	4,85	58,43	5,38	0,22	0,05	-5,04	0,39
9,01	0,25	158	34,83	7,91	136,6	4,56	72,22	2,64	64,38	3,44	0,25	0,05	-4,24	0,22
9,96	0,34	113	37,66	11,07	139,3	7,58	73,18	5,16	66,12	4,57	0,27	0,07	-3,75	0,51
10,87	0,28	88	40,02	9,28	144,1	5,06	74,87	2,84	69,21	3,67	0,28	0,06	-3,20	0,31
11,90	0,28	113	45,51	12,83	151,1	8,47	77,03	4,68	74,1	5,24	0,30	0,07	-2,53	0,53
12,89	0,28	117	49,78	13,23	155,7	8,70	79,83	4,88	75,89	5,23	0,32	0,08	-1,79	0,59
13,87	0,27	96	54,96	14,31	163	8,21	83,48	5,02	79,5	4,74	0,34	0,08	-0,91	0,64
14,84	0,30	58	64,43	18,06	169,7	7,50	87,06	4,15	82,64	4,84	0,38	0,10	0,01	0,61
15,96	0,33	26	60,82	11,13	167,1	9,70	86,87	4,27	80,2	6,68	0,36	0,05	0,54	0,61
16,88	0,23	25	68,73	10,36	177,7	7,96	92,00	4,9	85,71	4,05	0,39	0,05	1,71	0,72
Todos														
11,31	2,46	914	43,69	16	147,5	15,59	76,7	7,51	70,75	9,07	0,29	0,08	-2,74	1,81
Chicas														
7,96	0,28	122	27,58	7,47	126,4	6,98	66,9	4,32	59,46	5,00	0,22	0,05	-3,87	0,51
8,97	0,27	112	32,20	7,50	134,2	6,65	70,97	4,08	63,18	4,42	0,24	0,05	-2,77	0,56
9,93	0,32	99	35,94	8,87	139,9	7,16	73,44	4,03	66,49	4,40	0,26	0,05	-1,77	0,63
10,93	0,26	105	40,38	11,03	145,5	7,70	75,85	4,67	69,6	4,21	0,28	0,06	-0,66	0,80
11,99	0,25	127	46,64	11,25	153,4	7,43	79,80	4,32	73,62	4,47	0,30	0,06	0,77	0,80
12,92	0,27	103	50,83	13,45	156,6	6,32	81,82	4,05	75,62	8,31	0,32	0,08	1,80	0,99
13,98	0,3	106	52,20	9,74	159,3	6,86	83,47	3,93	75,82	4,96	0,33	0,06	2,93	0,76
14,82	0,22	44	56,69	11,69	161,2	6,21	83,92	3,46	77,24	4,60	0,35	0,07	3,88	0,78
15,92	0,25	21	56,17	9,12	162,4	4,80	85,60	2,74	76,81	5,10	0,35	0,05	4,91	0,58
Todas														
11,24	2,27	839	41,88	13,85	146,1	13,81	76,57	7,21	69,62	8,04	0,28	0,07	-0,19	2,67

Leyenda: ETC Altura Tronco-Cefálica, LMI Longitud de Miembros Inferiores, PVC Pico de Velocidad de Crecimiento.

Tabla 2. Correlación entre la edad, variables antropométricas y el pico de velocidad de crecimiento (PVC).

Chicos (n=914)	Chicas (n=839)							
		Edad (años)	Peso (kg)	Estatura (cm)	ETC (cm)	LMI (cm)	Peso/Estatura (cm)	PVC (años)
	Edad (años)	—	0,68	0,85	0,81	0,74	0,57	0,97
	Peso (kg)	0,69	—	0,80	0,80	0,66	0,98	0,82
	Estatura (cm)	0,88	0,81	—	0,93	0,89	0,68	0,93
	ATC (cm)	0,81	0,82	0,93	—	0,74	0,70	0,90
	LMI (cm)	0,85	0,71	0,95	0,77	—	0,54	0,77
	Peso/Estatura (kg/cm)	0,56	0,98	0,67	0,71	0,57	—	0,71
	PVC (años)	0,96	0,78	0,94	0,93	0,85	0,65	—

Leyenda: ATC: Estatura Tronco Cefálica, LMI: Longitud de Miembros Inferiores, PVC: Pico de Velocidad de Crecimiento.

Tabla 3. Ecuaciones para estimar el Pico de velocidad de Crecimiento (años) para escolares de ambos sexos.

Variable Dependiente	Ecuaciones de Regresión	N	Sexo	r	R ²	EEE	p
PVC (años)	$PVC = -12,8 + (0,444 * Edad) + (0,0746 * Peso) + (0,084 * Estatura) - (0,103 * LMI) - (11,6 * peso/Estatura)$	914	M	0,99	0,99	0,09	0,0001
PVC (años)	$PVC = -12,5 + (0,732 * Edad) + (0,168 * Peso) + (0,0442 * Estatura) - (0,052 * LMI) - (20,6 * Peso/Estatura)$	839	F	0,99	0,99	0,13	0,0001

Leyenda: PVC Pico de Velocidad de Crecimiento (años), M Masculino, F Femenino.

Tabla 4. Características antropométricas de los escolares utilizados para validar las ecuaciones generadas en el estudio.

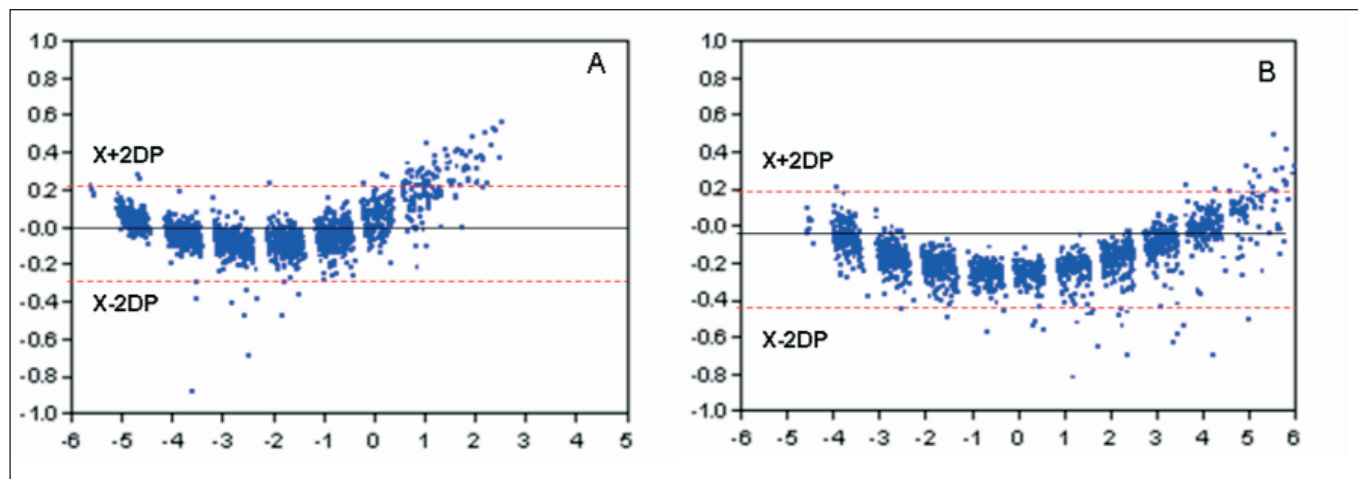
	Validez interna				Validez externa			
	Chicos		Chicas		Chicos		Chicas	
	2125		1954		192		186	
Edad decimal (años)	11,91	2,41	11,63	2,28	12,08	2,33	11,81	2,25
Peso (Kg)	46,27	15,73	44,10	13,88	47,31	13,01	44,52	12,92
Estatura (cm)	151,28	15,01	148,35	12,89	153,02	14,75	149,95	10,72
ETC (cm)	78,67	7,32	77,76	6,82	80,17	6,93	79,12	6,16
LMI (cm)	72,61	8,71	70,59	7,35	72,84	10,27	70,83	7,13
PVC (años)	-2,28	1,81	0,29	2,66	-2,07	1,69	0,53	2,55
Peso/estatura (Kg/cm)	0,30	0,08	0,29	0,07	0,31	0,06	0,29	0,07

Leyenda: ETC Estatura Tronco-Cefálica, LMI Longitud de Miembros Inferiores, PVC Pico de Velocidad de Crecimiento, n.s (p>0,05).

Tabla 5. Relación entre el PVC (años) y la edad decimal de los escolares utilizados para la validez interna.

PVC (años)	Ecuación (criterio)			Ecuación (estudio)			p
	Edad decimal			Edad decimal			
	n	X	DE	n	X	DE	
Chicos (n=2125)							
-6	5	7,81	0,25	5	7,81	0,25	0,999
-5	237	8,39	0,48	234	8,38	0,48	0,8213
-4	522	9,90	0,73	513	9,88	0,71	0,6552
-3	410	11,43	0,77	408	11,38	0,73	0,9895
-2	333	12,83	0,73	339	12,81	0,77	0,7299
-1	237	13,83	0,68	278	13,87	0,73	0,5228
0	212	14,69	0,71	178	14,76	0,72	0,3359
1	106	15,96	0,76	117	16,02	0,82	0,5727
2	43	16,69	0,50	53	16,8	0,42	0,2443
3	20	17,09	0,25	—	—	—	—
Chicas (n=1954)							
-5	10	7,74	0,22	10	7,74	0,22	0,999
-4	173	8,19	0,4	166	8,15	0,36	0,3345
-3	234	9,04	0,49	227	9,01	0,47	0,5029
-2	255	9,86	0,56	247	9,78	0,51	0,0952
-1	211	10,86	0,55	205	10,79	0,54	0,1911
0	170	11,56	0,67	176	11,45	0,62	0,1137
1	200	12,36	0,66	197	12,34	0,64	0,7594
2	228	13,18	0,67	246	13,1	0,76	0,2262
3	220	14,00	0,63	221	14,00	0,66	0,999
4	158	14,77	0,74	164	14,70	0,84	0,4287
5	65	15,19	0,79	74	15,21	0,88	0,8887
6	30	15,59	0,65	21	15,47	0,70	0,5325

Gráfico 1. Concordancia de Bland y Altman entre los valores del criterio y la ecuación propuesta para la validación interna.

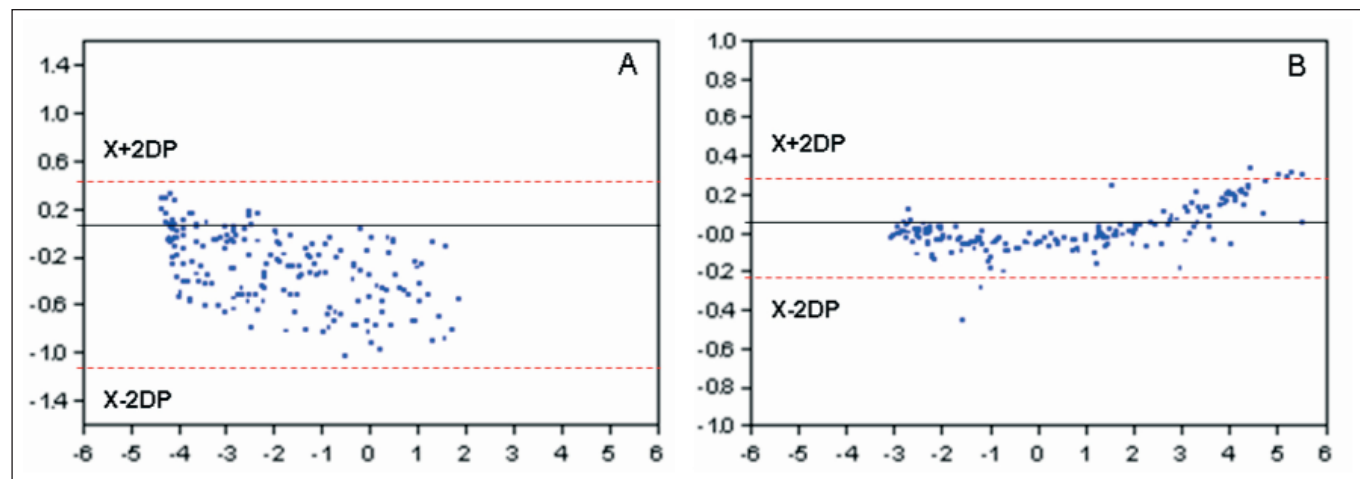


en el estudio. Los valores de la edad en años (PVC) y la edad decimal se pueden observar en la tabla 6. En todas las edades decimales no se observó diferencias significativas entre ambas ecuaciones de predicción ($p>0.5$), tanto en chicos, como en chicas. El PVC de los chicos por medio de la ecuación (criterio) se presentó a

los $14,80\pm 0,66$ años y a los $14,88\pm 0,66$ años por medio de la ecuación del estudio. En el caso de las chicas, el PVC por la ecuación (criterio) y por la ecuación del estudio se presentó a los $11,41\pm 0,26$ años, respectivamente. La alta concordancia observada entre ambos procedimientos se ilustra en la figura 2.

Tabla 6. Relación entre el PVC (años) y la edad decimal de los escolares utilizados para la validez interna.

PVC (años)	Ecuación (criterio)			Ecuación (estudio)			p
	Edad decimal			Edad decimal			
	n	X	DE	n	X	DE	
Chicos (n=192)							
-4	57	9,29	0,75	57	9,30	0,75	0,9717
-3	35	11,30	0,96	31	11,37	0,57	0,7242
-2	28	12,68	0,73	32	12,44	1,24	0,3799
-1	30	13,53	0,89	31	13,56	0,89	0,9061
0	22	14,80	0,66	25	14,88	0,66	0,6699
1	18	15,38	0,41	16	15,44	0,37	0,6381
2	2	15,66	0,00	—	—	—	—
Chicas (n=186)							
-3	27	8,93	0,42	24	8,89	0,42	0,7357
-2	30	9,67	0,67	32	9,61	0,64	0,7196
-1	23	10,08	1,90	23	10,45	0,67	0,3825
0	14	11,41	0,26	13	11,41	0,26	0,9227
1	24	12,26	0,59	22	12,06	0,50	0,2236
2	18	13,03	0,51	22	13,02	0,51	0,9511
3	18	14,25	1,00	19	14,26	0,97	0,9755
4	22	14,81	0,76	24	14,93	0,78	0,6004
5	7	15,31	0,57	4	15,07	0,66	0,8794
6	3	15,92	0,00	3	15,92	0,00	0,9999

Gráfico 2. Concordancia de Bland y Altman entre los valores del criterio y la ecuación propuesta para la validación externa.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio, permiten destacar elevadas correlaciones entre la edad decimal y las variables antropométricas de peso, estatura, estatura sentada, longitud de miembros inferiores y la relación peso/estatura en escolares de ambos sexos (0,54-0,98). Evidentemente esto significa que tales variables son excelentes predictores del PVC y consecuentemente pueden ser utilizados para predecir el máximo crecimiento durante la adolescencia de forma transversal. Las variables antropométricas consideradas en el estudio evidencian alta reproductibilidad intra-evaluador ($r=0,96-0,98$) y un error técnico de medida inferior al 2%, similar a algunos estudios (1,14). De hecho, es necesario aplicar protocolos correctos para la evaluación de las medidas antropométricas, de tal forma que garantice una adecuada predicción del PVC. Este procedimiento es importante, ya que Goto, Mascie-Taylor (15) consideran que el control de calidad de la participación de reducción de errores de medición es un requisito previo al aumento de la precisión y la mejor interpretación de los resultados.

Por otro lado, el estudio permitió demostrar que la ecuación propuesta por Mirwald et al (7) es válida para la muestra de escolares de la región urbana de Campinas, SP (Brasil), dado que durante el proceso de validación interna y externa no se verificó diferencias significativas en todos los intervalos de años de PVC y en ambos sexos. A su vez, los plotajes de Bland y Altman muestran alta concordancia entre el criterio y las ecuaciones desarrolladas en el estudio. De esta forma, ambas ecuaciones (para chicos y chicas) son fiables, ya que el R^2 ajustado evidencia una capacidad de

explicación del 99%. Aunque existen algunos factores que podrían influir sobre la predicción de los resultados, como por ejemplo, la tendencia secular, puesto que la base de datos utilizados en el estudio considerado como criterio (7) fue de la década del sesenta, setenta y noventa, inclusive el estado nutricional tiene un importante efecto modulador en el desarrollo biológico (16), lo que origina que la obesidad y el sobrepeso estén asociados al inicio precoz de la maduración sexual (17) y la desnutrición con la pubertad tardía (18). Por lo tanto, a pesar de llevar un adecuado control de calidad en la medición de las variables antropométricas, el desarrollo de las ecuaciones en el estudio siempre presentaran sesgo, como consecuencia de la falta de uso de un criterio oro. Esto significa valorar a la muestra del estudio por un periodo de 6-8 años a través de un estudio longitudinal con una o dos evaluaciones por año.

En general, el momento y la magnitud del PVC son muy variables entre los adolescentes, se sabe por ejemplo que el PVC de la estatura total durante la pubertad se suele presentar entre los 10-14 años en el 95% de las chicas y entre los 12-16 años en el 95% de los chicos (19). En este sentido, la literatura internacional considera que generalmente se presenta a los 12 años en las chicas y a los 14 en los chicos (20,21). Estos valores referenciales de alguna forma coinciden con nuestros resultados, a pesar de presentar ligera superioridad en los chicos, tanto en la validación interna y externa (14,69 a 14,88 años) y en las chicas entre 11,40 a 11,56 años respectivamente. En Brasil los estudios de crecimiento con diseños longitudinales son escasos, lo que limita la contrastación de nuestros resultados, sin embargo, hace más de 19 años, Duarte (22)

estudiando a niños de Ilhabela, Sao Paulo, Brasil por un periodo de 5,53 años con 2 evaluaciones por año, verificó el PVC en las chicas a los 11,55 años y en los chicos a los 13,99 años. Evidentemente, estos hallazgos (longitudinales) apoyan los resultados del presente estudio y permiten confirmar el uso y aplicación de la técnica no-invasiva propuesta por Mirwald et al (7) en escolares de zonas urbanas de Campinas (Brasil), así como la posibilidad de aplicación de las ecuaciones generadas en el estudio, ya que muestran alto poder predictivo, bajos valores de error de estimación y los procedimientos de cálculos son simples.

En general, la búsqueda de nuevos indicadores para la valoración de la maduración biológica continúa. De hecho, los estudios transversales y más aun los estudios longitudinales podrían contribuir al desarrollo de nuevos métodos de valoración, puesto que todos los estudios que abarcan adolescentes en sus muestras, necesitan de algún tipo de técnica para controlar los efectos de confusión de la maduración biológica. En este sentido, históricamente los indicadores de tamaño del cuerpo en general, han sido ampliamente utilizados con la edad y el sexo para identificar el desarrollo de los niños (23) y adolescentes.

Una de las principales limitaciones del estudio podría estar ligada al tipo de investigación (transversal), puesto que carecen de validez interna, sin embargo, muestran mayor validez externa por tratarse de estudios que abarcan grandes muestras. Aunque en el estudio se controló ambos requisitos con la intención de generalizar los resultados, a su vez, la selección de la muestra de tipo probabilística y la validación interna y externa apoyan los resultados alcanzados. Se sugiere para futuros estudios comparar la técnica de Mirwald et al (7) con otros métodos populares como la maduración ósea, sexual y maduración somática a través de observación longitudinal y aplicar a diversos grupos étnicos y grupos de deportistas y no-deportistas, respectivamente.

CONCLUSIÓN

Se concluye que las ecuaciones de regresión de Mirwald et.al (7) son validas y puedes ser aplicadas a escolares de la región urbana de Campinas So (Brasil). Las ecuaciones desarrolladas en el estudio son una alternativa para valorar la maduración somática de forma transversal y contribuiría al control de la maduración biológica en estudios que utilicen niños y adolescentes.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la beca concedida por la CAPES, Brasil.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mirwald RL, Baxter-Jones ADG, Bailey DA, Beunen GP. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2002; 34:689-694.
2. Stang J, Story M. Adolescent Growth and development. Stang J, Story M (eds) *Guidelines for Adolescent Nutrition Services*. 2005.
3. Carvalho H, Coelho-Silva M, Goncalves C, Philippaerts R, Castagna C, Malina R. Age-related variation of anaerobic power alter controlling for size And maturation in adolescent basketball players. *Annals of Human Biology*. 2011; 38(6):721-727
4. Sun SS, Schubert CM, Chumlea WC, Roche AF, KulinHE, Lee PA, Himes JH, Ryan AS. National estimates of the timing of sexual-maturation and racial differences among US children. *Pediatrics*. 2002; 110:911-919.
5. Cumming S, Gillison F, Sherar L. Biological maturation as a confounding factor in the relation between chronological age and health-related quality of life in adolescent females. *Quality of Life Research* 2011; Volume 20, Number 2, pp. 237-242(6).
6. Baster-Jones ADG. Growth and development of young athlete: should competition levels be age related?. *Sport Med* 1995; 20: 59-64.
7. Beunen GP, Malina R, Lefevre J, Claessns AL, Renson R, Simons J. prediction of adult stature and noninvasive assessment of biological maturation. *Med. Sci Sports Exerc* 1997; 29, 225-230, 1997.
8. Machado D, Botta Bonfim M, Trevizan Costa L. Pico de velocidade de crescimento como alternativa para classificação maturacional associada ao desempenho motor. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2009; 11(1):14-21
9. Sherar LB, Baxter-Jones AG, Faulkner RA, Russell KW. Do physical maturity and birth date predict talent in male youth ice hockey players?. *Journal of Sports Sciences*. 2007; 25(8): 879 – 886.
10. Farr JN, Blew RM, Lee VR, Lohman TG, Going SB. Associations of physical activity duration, frequency, and load with volumetric BMD, geometry, and bone strength in young girls. *Osteoporos Int*. 2011 May;22(5):1419-30.
11. Mohamed H, Vaeyens R, Matthys S, Multael M, Lefevre J, Lenoir M, Philippaerts R. Anthropometric and performance measures for the development of a talent detection and identification model in youth handball. *Journal of Sports Sciences*. 2009; 27(3): 257-266.
12. Ross W.D, Marfell-Jones M.J. Kinanthropometry. In: J.D. MacDougall, H.A, Wenger, y H.J, Geen (Eds). *Physiological testing of elite athlete*. London, Human Kinetics.1991; 223-308,
13. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods for clinical measurement. *Lancet* 1986;8:307-10.

14. Cossio-Bolaños MA, Arruda M, Moyano A, Moreno GE, Pino LM, Lancho Alonso JL. Composición corporal de jóvenes universitarios en relación a la salud. *Nutr. clín. diet. hosp.* 2011; 31(3):15-21.
15. Goto R, Mascie-Taylor NCG. 2007. Precision of measurement as a component of human variation. *J Physiol Anthropol* 26:253–256.
16. Rogol A, Clark P, Roemmich J. Growth and pubertal development in children and adolescents: effects of diet and physical activity. *Am J Clin Nutr.* 2000;72(suppl):521S–8S. Printed in USA. 2000 American Society for Clinical Nutrition.
17. Freedman DS, Khan LK, Serdula MK, Dietz WH, Srinivasan SR, Berenson GS. The relation of menarcheal age to obesity in childhood and adulthood: the Bogalusa Heart Study. *BMC.* 2003; *Pediatr* 3:3.
18. Simondon KB, Simondon F, Simon I, Diallo A, Benefice E, Traissac P, Maire B. Preschool stunting, age at menarche and adolescent height: a longitudinal study in rural Senegal. *Eur J Clin Nutr.* 1998; 52:412–418.
19. Busscher I, Kingma I, Bruin R, Wapstra HF, Verkerke GJ, Veldhuizen AG. Predicting the peak growth velocity in the individual child: validation of a new growth model. *Eur Spine J.* 2012; 21(1): 71–76.
20. Sempé M, Pedron G, Roy-Pernot MP. *Auxologie, méthode et séquences.* Paris, Théraplix, 1979.
21. Eveleth PB, Tanner JM. *Worldwide Variation in Human Growth.* Cambridge 1990: Cambridge University Press
22. Duarte MF. Longitudinal study of pubertal peak height velocity and related morphological and functional components in Brazilian children. Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Kinesiology in the Graduate College of the University of Illinois at Urbana-Champaign.1993.
23. Jürimäe J, Jürimäe J. Growth, physical activity, and motor development in prepubertal children. CRC Press, Boca Raton London New York Washington, D.C, 2000.