

Edad esquelética y edad morfológica en jóvenes nadadores

Pedro García Avendaño¹, Marinés Salazar Lioggi dice¹.

Resumen: El objetivo de esta investigación fue determinar el potencial biológico a través de dos procedimientos: el método antropométrico y la maduración esquelética (TW2). Se estudiaron 36 niños y jóvenes de uno y otro sexo 19 hembras y 17 varones, con edades comprendidas entre 9 y 14 años, quienes practican la natación de manera sistemática. Se tomaron las medidas antropométricas para obtener la edad morfológica, y la radiografía de la mano para calcular la edad esquelética por el método TW2. Los resultados indican una fuerte relación lineal positiva entre la edad esquelética y la edad morfológica, en uno y otro sexo ($r = 0.92$) para los varones y $r = (0.85)$ para las hembras; esta asociación fue alta y significativa ($p < 0.05$). Al ajustar, en los varones fue posible explicar el 85% de la variabilidad de la edad esquelética, ($r^2 = 0.85$), mientras en las hembras el porcentaje de variación explicado por el ajuste fue ligeramente menor ($r^2 = 0.73$). Ambos indicadores tienen una relación directa en la evaluación de maduración biológica, recomendándose su uso en la detección de talento y el control biomédico del entrenamiento de niños y adolescentes que realizan una actividad física intensa, con el objetivo de preservar la salud de los mismos. *An Venez Nutr 2001; 14(1): 12-18.*

Palabras clave: Antropometría, Desarrollo Oseo, Niño, Adolescencia, Crecimiento, Deporte.

Skeletal age and morphological age in young swimmers

Abstract: The objective of this investigation is to determine the biological potential through two procedures, one being that anthropometric and the other skeletal maturation (TW2). 36 children of both genders were measured, 19 females and 17 males whose ages ranged from 9 to 14 years of age, who practiced swimming systematically. They were evaluated by means of anthropometric measurements, to obtain the IDCm and the morphological age, as well as the x-ray of the hand to calculate bone age through TW2 method. The results indicate a strong positive lineal relationship between the bone age and the morphological age in both genders ($r = 0.92$) for males and $r = (0.85)$ for females. This association was high and significant (p - value < 0.10). When carrying out the adjustment, in the males it was possible to explain 85% of the variability of the bone age approximately ($r^2 = 0.85$), while for the girls the variance percentage explained by the adjustment was slightly smaller ($r^2 = 0.73$). This concludes that both indicators have a direct relationship in the evaluation of biological maturation, recommending their use in the detection of talents and in the biomedical control of training. *An Venez Nutr 2001; 14(1): 12-18.*

Key words: Anthropometry, Child, Bone Development, Growth, Adolescence, Sport.

Introducción

Los niveles deportivos alcanzados mundialmente es innegable que son el producto de un alto perfeccionamiento en los métodos de selección y entrenamiento. Para lograr estos objetivos, es necesario comenzar por la atención al joven atleta desde las primeras etapas, tomando en cuenta el grado de maduración biológica (1), y los cambios morfológicos característicos del crecimiento y la maduración, las

cuales tienen una relación o influencia directa en la actuación deportiva.

El conocimiento de lo que sucede en el organismo infantil, permite una adecuada dosificación de las cargas de entrenamiento. Méndez (2), señala que la práctica deportiva dentro del contexto del crecimiento y desarrollo resulta muy interesante sobre todo en deportes como la natación y la gimnasia entre otros, donde se maneja el concepto “niños-campeones”. Conocer el desarrollo biológico del joven atleta, permite saber si se está en presencia o no de un talento; esto contribuiría en la evaluación precisa de los niños que practican el deporte sistemáticamente.

Para el deporte de alto rendimiento es muy importante poseer un amplio conocimiento de todos los procesos morfológicos y funcionales que están envueltos en la

¹Escuela de Antropología, Universidad Central de Venezuela, Solicitar Copia: Pedro García: avendañopedrogarciaa@mipunto.com

selección de talentos en edades tempranas, y de los cambios que ocurren en el organismo de cada niño y joven en diferentes períodos, donde la mayor intensidad se observa entre los 11 y 14 años de edad. Esta etapa es crítica para el crecimiento y la maduración, por lo tanto se deben planificar y dosificar las cargas de entrenamiento, por supuesto, de acuerdo al sexo, y de los distintos grados de desarrollo: maduradores tempranos, promedios y tardíos (3).

El propósito de esta investigación fue determinar el potencial biológico de jóvenes nadadores a través de dos métodos, uno el somatométrico o método morfológico y el otro de, maduración ósea o edad esquelética.

Materiales y métodos

Es un estudio transversal de tipo correlacional. Trata de determinar como una variable o un conjunto de ellas sirven para explicar y eventualmente predecir el comportamiento de otra. En este caso se trata de asociar las variables antropométricas involucradas en la edad morfológica y la edad esquelética (TW2) con el rendimiento deportivo.

La muestra estuvo conformada por 36 niños, 19 hembras y 17 varones entre 9 y 14 años. Seleccionados a través de un muestreo opinático, es decir, según el criterio de los investigadores, para cumplir con los objetivos trazados en la investigación. Todos los sujetos fueron seleccionados de una población de 90 nadadores elite que pertenecen al club del natación paraíso gt.

Las dimensiones antropométricas se efectuaron siguiendo el protocolo de programa biológico internacional por Weiner y Lourie (4), con modificaciones recomendadas por Ross y Marfell Jones (5), pertenecientes a la sociedad internacional para el avance de la kinantropometría.

El peso se obtuvo con una balanza marca detecto. La estatura máxima se midió con un estadiómetro marca Holtain. Para los perímetros se utilizó una cinta métrica metálica marca Lufkin; se midieron: antebrazo derecho e izquierdo para los varones, los perímetros del muslo derecho e izquierdo para las hembras. El diámetro biacromial y bicrestal fue medido con un antropómetro marca Holtain, para uno y otro sexo. Se aplicó un control de calidad intra e inter observador, obteniéndose una confiabilidad (precisión y exactitud) dentro de los límites permitidos reportados por Ross y Marfell-Jones (5). Las mediciones antropométricas y la toma de la radiografía se realizaron en el mes de febrero del 2000, con los evaluadores debidamente entrenados y estandarizados para ambos procedimientos.

Las dimensiones antropométricas fueron utilizadas para obtener el índice de desarrollo corporal modificado (IDCm) Siret y Pancorbo (6). Con este procedimiento se obtuvo la edad morfológica.

Edad morfológica

El IDCm fue calculado por separado para hembras y varones de la siguiente forma:

Hembras:

$$\text{IDCm} = \{(0,5 [\text{DBA} + \text{DBC}]) (0,5[\text{CMD} + \text{CMI}] + \text{FC})\} \\ \text{Talla (cm.)} \times 10$$

Varones:

$$\text{IDCm} = \{ (0,5 [\text{DBA} + \text{DBC}]) ([\text{CAD} + \text{CAI}] + \text{FC})\} \\ \text{Talla (cm.)} \times 10$$

Donde:

DBA = Diámetro biacromial

DBC = Diámetro bicrestal

CMD; CMI = Circunferencia máxima del muslo derecho (D) e izquierdo (I)

CAD; CAI = Circunferencia del antebrazo derecho (D) e izquierdo (I)

FC = Factor de Corrección que depende del valor del Índice de Rohrer y del Sexo. Se calcula mediante el siguiente procedimiento:

$$\text{Hembras: FC} = -14,8768 (\text{índice de Rohrer}) + 18,4472$$

$$\text{Varones: FC} = -16,0735 (\text{índice de Rohrer}) + 18,1653$$

Una vez obtenido el valor del IDCm se utilizan las siguientes ecuaciones de regresión, para uno y otro sexo, así como la edad cronológica para obtener la edad morfológica:7

a) Sexo masculino:

$$\text{Edad Morfológica} = 0,5156 \times \text{Edec} + 13,4607 \times \text{IDCm} - 4,1461$$

b) Sexo femenino:

$$\text{Edad Morfológica} = 0,4015 \times \text{Edec} + 9,5469 \times \text{IDCm} - 0,558$$

Donde:

Edec = Edad cronológica

IDCm = Índice de desarrollo corporal modificado.

Edad esquelética

La radiografía de la mano izquierda y muñeca se tomó utilizando una unidad de rayos x telecomandado (modelo 5001 ARX 75-125). Fue tomada a los 36 nadadores y utilizadas para estimar la edad esquelética según Tanner-Whitehouse (7).

Los criterios que se utilizaron para clasificar la maduración de los sujetos fueron los siguientes:

Promedio: EO igual a EC

Adelantado: EO más de un año de adelanto de su EC

Retardado: EO más de un año de atraso de su EC

Donde: EO = Edad ósea y EC = Edad cronológica

Evaluación de la performance atlética

La actuación atlética se evaluó con la aplicación de una encuesta, y se basó en el registro de los lugares ocupados en las competencias nacionales en los últimos seis meses en Venezuela.

Para el análisis estadístico se utilizaron las medidas de tendencia central (media, desviación estándar y rango). Las diferencias presentes en las variables consideradas, fueron evaluadas a través de la prueba de t de student que se aplicó para uno y otro sexo. La relación entre la edad decimal, edad morfológica, y la edad ósea se analizó a través de correlaciones y regresión lineal simple. Se estableció un p-valor con un nivel de significación < 0,05. Los datos se procesaron con un programa estadístico SPSS versión 7.5.

Resultados

En el Cuadro 1, se observa que las hembras presentaron valores promedios menores que los varones en todas las variables antropométricas con excepción de la talla. Para los indicadores de la maduración biológica (edad ósea y edad morfológica) la tendencia fue inversa, las hembras superaron a los varones en los dos indicadores

de maduración utilizados. Los varones mostraron valores inferiores en la edad ósea con respecto a la edad decimal, pero presentaron valores superiores en la edad morfológica en relación a su edad decimal. El comportamiento de las hembras fue diferente al de los varones, edad ósea y edad morfológica mayor que la edad decimal.

Los resultados de la prueba t de student (Cuadro 2), evidenciaron diferencias significativas para un p-valor <0,05 entre el promedio de todas las relaciones consideradas, con excepción de la edad ósea y la edad decimal en los varones y la edad ósea y la edad morfológica en las hembras.

El porcentaje de maduración biológica más alta se encontró en los maduradores promedios con 82,4% para los varones y 52,6% para las hembras (Cuadro 3). Como era de esperarse, las hembras presentaron una maduración más adelantada 42,1% con respecto a los varones 2%. Con relación a los maduradores retardados, varones y hembras se presentaron en proporciones similares.

La edad ósea y la edad morfológica se correlacionaron positiva y significativamente en los varones (r = 0,92) y hembras (r = 0,85). Las ecuaciones correspondientes para cada uno de los modelos ajustados fueron los siguientes:

$$\text{Edad ósea (V)} = -4,950 + 1,318 (\text{Edad morfológica})$$

$$\text{Edad ósea (H)} = -0,089 + 0,976 (\text{Edad morfológica})$$

Tanto para los varones como para las hembras, el coeficiente de regresión fue estadísticamente significativo (p-valor < 0.05) indicando, que el valor de

Cuadro 1. Estadística descriptiva para varones y hembras

	Varones				Hembras			
	X	DE	Min	Max	X	DE	Min	Max
Edad decimal	11,8	1,7	9,0	14,6	11,6	1,7	9,2	14,8
Peso	42,7	11,2	27,0	64,3	41,8	9,7	21,1	59,1
Talla	147,6	13,1	133,0	175,3	148,3	10,2	130,0	168,7
Diámetro biacromial	33,1	3,9	29,0	41,6	32,9	2,2	28,5	36,6
Diámetro bicrestal	21,6	2,6	17,2	25,8	21,3	1,9	18,8	26,0
Circunferencia del antebrazo*	21,4	2,0	18,9	26,5	-	-	-	-
Circunferencia del muslo superior*	-	-	-	-	50,2	6,6	36,4	60,1
Edad esquelética	11,5	2,7	8,4	16,6	12,9	1,8	9,5	16,0
Edad morfológica	12,7	1,9	10,1	16,4	12,9	1,7	9,4	15,9

Circunferencias, diámetros y tallas en cm; peso en kg.

X=Media, D.E.= desviación estándar; Min= mínimo; Máx.= máximo

*estos son los promedios corregidos de antebrazo izquierdo y circunferencia del muslo.

Cuadro 2. Diferencias de los indicadores biológicos por sexo

	t	Varones P valor	t	Hembras P valor
Edad decimal- edad esquelética	1,1	0,297	-2,8	0,011*
Edad decimal – edad morfológica	-2,4	0,027*	-5,1	0,000*
Edad morfológica – edad esquelética	3,4	0,004*	1,8	0,081

*Indican diferencias estadísticamente significativas (p valor <0,05).

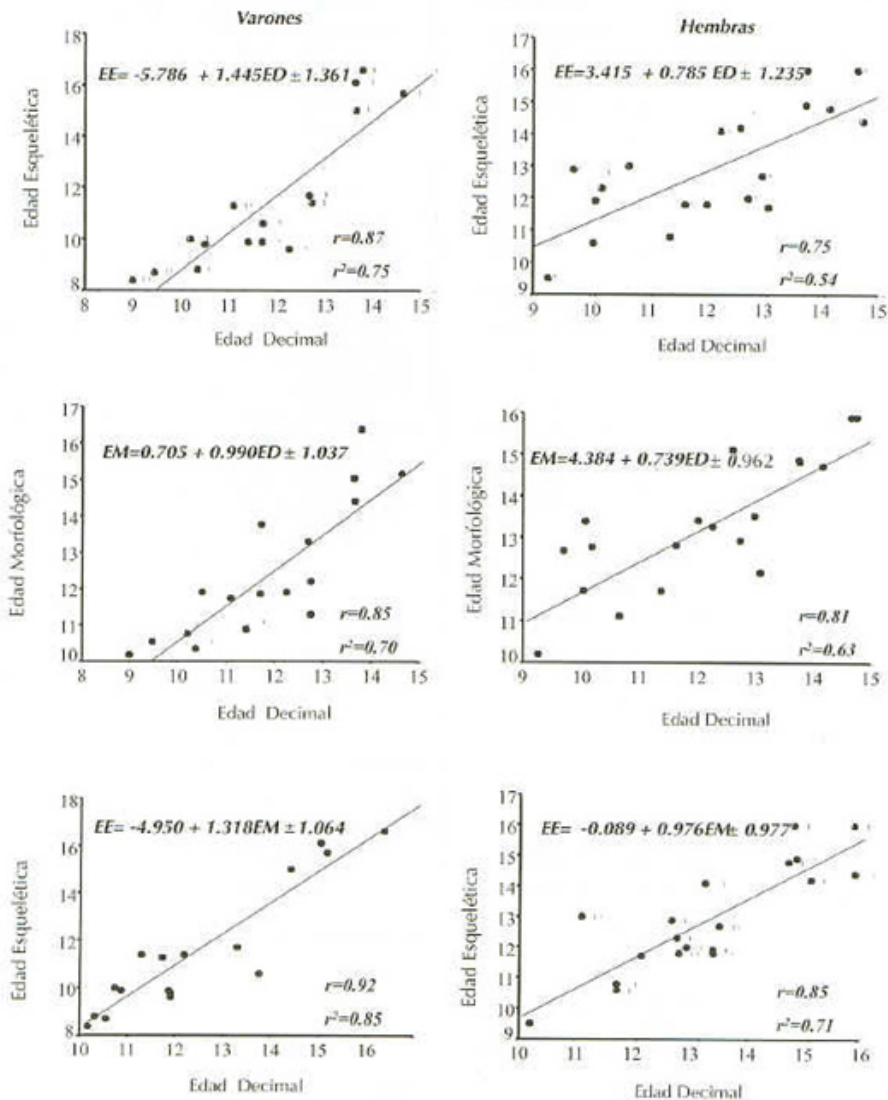
r^2 , de los modelos ajustados explicaron apropiadamente el comportamiento de la edad ósea. Así, al variar la edad morfológica en los varones en un año, la edad ósea cambió en promedio 1,318 años; por otro lado en las hembras, al incrementarse o disminuir la edad morfológica en un año, la edad ósea se incrementó o disminuyó en 0,976 años.

En la Figura 1, la edad ósea se relacionó positivamente con la edad morfológica y la edad decimal en uno y otro

Cuadro 3. Grado de desarrollo biológico según edad esquelética.

	Edad esquelética			
	Varones (n=17)		Hembras (n=19)	
Nivel de desarrollo	f1	%	f1	%
Retardo	1	5,9	1	5,3
Promedio	14	82,4	10	52,6
Adelantado	2	11,8	8	42,1

f1= frecuencia



Nota: EM= Edad Morfológica; ED= Edad Decimal; EE= Edad Esquelética

Figura 1. Diagrams de dispersión y líneas de regresión de la edad esquelética en función de la edad morfológica y edad decimal

sexo, para los varones (morfológica $r = 0,92$, decimal $r = 0,87$) y para las hembras (morfológica $r = 0,85$, decimal $r = 0,75$). De la misma manera, la edad morfológica presentó también una asociación lineal directa con la edad decimal en varones y hembras respectivamente ($r = 0,85$) y ($r = 0,81$). Todas las asociaciones analizadas resultaron ser altas y estadísticamente significativas (p -valor $< 0,05$). La relación más alta fue encontrada cuando la edad ósea se ajusto según la edad morfológica para uno y otro sexo, varones ($r = 0,92$, $r^2 = 0,85$) hembras ($r = 0,85$, $r^2 = 0,71$).

En esta investigación los niños y jóvenes que presentaron adelanto en su maduración biológica eran los que ocupaban las tres primeras posiciones en las competencias (últimos seis meses), mientras que, los maduradores promedios y tardios se ubicaban a partir de la cuarta posición (Figura 2).

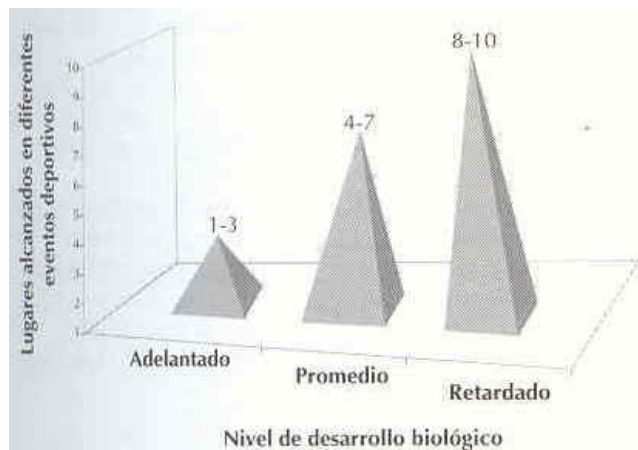


Figura 2. Relación entre la edad biológica y la actuación atlética en uno y otro sexo en función de la edad morfológica y edad decimal

Discusión

El comportamiento de las hembras, en todas las variables, es el resultado de alcanzar primero su desarrollo biológico, en promedio 2 años, y por lo tanto su crecimiento culmina más temprano que en los varones. Sin embargo, en la medida en que se vayan manifestando en estos últimos los distintos cambios puberales, se producirán también cambios en su composición y proporción corporal lo que permitirá que ellos superen a las hembras una vez que finalice la pubertad (9,10). Además se debe tener presente que existe gran variabilidad en los ritmos de crecimiento y desarrollo, en cuanto a su inicio, duración y secuencia

de eventos a nivel individual y la incidencia del mismo en la actividad física (11).

En la actividad deportiva es de gran utilidad el conocer los niveles de desarrollo del atleta y tener la posibilidad de compararlo con el promedio del grupo al cual pertenece. Esto permite organizar los distintos niveles de entrenamiento y las competencias de manera individual (12).

El poseer conocimientos acerca del estado de maduración, y la relación con la edad cronológica, morfológica y ósea, es muy importante, pues dará grandes ventajas tanto a los deportistas como a los entrenadores. En este sentido, Nicoletti (13) indica, que en el campo del deporte, saber que se puede determinar fácilmente y con suficiente precisión el nivel de desarrollo físico, es de vital importancia ya que a menudo es necesario conocer si el niño o el joven deportista tiene un desarrollo avanzado, promedio o retardado, para evitar una sobrevaloración o una subvaloración de sus capacidades y de su futuro deportivo, así como futuros riesgos con su salud. Por lo que resulta una necesidad, para las personas que trabajan de manera directa con los deportistas, en este caso entrenadores, poseer las herramientas que faciliten esta evaluación.

Se ha encontrado que las variaciones en el desarrollo biológico, tienen una relación con el rendimiento deportivo; aquellos individuos con un desarrollo adelantado poseen un mejor rendimiento, por consiguiente, mejores marcas como consecuencia de un mayor desarrollo de sus características morfofuncionales. En la etapa puberal estos maduradores están más aptos para soportar intensas cargas físicas (entrenamientos- competencias y a su vez, se diferencian en forma, proporción, composición y funcionamiento general, con respecto a los maduradores promedios y tardios (12,13,14).

Estos resultados coinciden con los reportados por Malina (14) y Peña (12) quienes investigaron la relación existente entre los niveles de maduración y el rendimiento deportivo en niños y jóvenes que practicaban de forma sistemática un deporte.

Los maduradores adelantados o tempranos son más altos, poseen mayor tejido muscular y tienen un mayor volumen del corazón, dotándolos de una mayor fuerza, y resistencia muscular, así como de una máxima capacidad aeróbica (15). En deportes donde la altura, peso, fuerza y resistencia cardiovascular son condiciones primarias necesarias, los atletas que presentan una maduración adelantada poseen ventaja sobre el madurador retardado.

Malina (11), señala que durante la maduración existen

respuestas diferentes en los diversos niveles de actuación y rendimiento entre hembras y varones, reportando una correlación baja entre la maduración esquelética, la sexual y la actuación motora en las hembras. En muchas pruebas de aptitud física esta correlación es negativa, debido a que el brote del crecimiento antes, durante y después de la menarquia no existe. Por su parte, los varones presentan explosiones evidentes en su actuación durante el pico máximo de crecimiento.

Se evidenció que la edad morfológica en los varones es mayor que la edad esquelética; esto coincide con lo reportado por Méndez (16), quien encontró que la maduración ósea de los venezolanos analizada por el TW2 y el método de Greuly-Pyle se caracteriza por un retardo prepuberal significativamente más pronunciado y durante más tiempo en los varones y un adelanto puberal significativamente mayor y más prolongado en las hembras.

El valor medio para la edad morfológica fue mayor que la edad esquelética en los varones. Esto podría explicarse considerando que la edad morfológica sobrestima y la edad esquelética subestima, en otros términos, la muestra de referencia de esta edad esquelética está basada en población normal, mientras que para la edad morfológica, la muestra está basada en población atlética que difiere de una población no-atlética. En las hembras el comportamiento se presentó más homogéneo. Los resultados indican que la edad morfológica es un buen indicador para evaluar el desarrollo biológico. Coincidiendo estos, con los obtenidos por Siret *et al.* (17) y García (18) en sus investigaciones donde establecieron el nivel de asociación de la edad morfológica con la edad ósea en poblaciones de deportistas.

Por todo lo señalado es de gran importancia, la dosificación de las cargas de entrenamiento, tanto para los maduradores adelantados como para los promedios y tardíos, para poder garantizar la salud integral del atleta y obtener su máximo rendimiento prolongando su vida deportiva.

Esta investigación demuestra gran variabilidad en la maduración de los sujetos, particularmente en su desarrollo se encontraron diferentes grados de maduración biológica en los individuos con una misma edad cronológica. Esto confirma las grandes diferencias que existen en los ritmos de crecimiento y desarrollo en los niños.

Los atletas con altos resultados deportivos son aquellos que presentaron un desarrollo biológico adelantado. Esta tendencia se presentó por igual en hembras y varones.

Independientemente de la relación que se obtuvo entre los indicadores biológicos: edad morfológica y edad esquelética, el primero debe usarse con cierta precaución ya que a esas edades, las dimensiones del cuerpo cambian sus proporciones de manera diversa, sobre todo si están llegando al brote puberal. Por lo que se recomienda la utilización combinada de los indicadores, para realizar de esta manera, una estimación correcta de la maduración biológica.

Es de gran importancia llevar a cabo estudios longitudinales donde se puedan observar a los deportistas desde la pre-pubertad hasta la etapa final de la pubertad, de esta manera se podrán monitorear los diversos eventos que ocurren durante el desarrollo físico, como son: la coordinación, el ritmo, y la intensidad en el brote del crecimiento.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los niños y entrenadores del Club de Natación Paraíso GT, Vicerectorado Académico y Escuela de Antropología de la Universidad Central de Venezuela. Dra. Isbelia de Espinoza, Dr. Robert Malina y a la Dirección de Deporte del Distrito Capital.

Referencias

1. Guillet, R y Genety, J. Manual de medicina del deporte. (2ed). Fondo editorial de masson. Barcelona. 1985.
2. Méndez, B. Efectos del entrenamiento sobre el crecimiento y desarrollo en niños y adolescentes. Revista de la Asociación para el Progreso de la Investigación Universitaria 1997; 4 (2), 102-111.
3. Landaeta Jiménez M. y López, M. Manual de crecimiento y desarrollo. Fundacredesa. Caracas. 1991.
4. Weiner J.S y Lourie, J. Human Biology (I.B.P.) A guide to field methods. Blackwell scientific publication. Oxford. Uk. 1969.
5. Ross, W, y Marfell-Jones, M. Kinanthropometry. Macdougall, J.D; Wenger, H. A. and Green, H. J. Physiological testing of the high performance athlete. (pp 233-308) 1991.
6. Siret, J, Pancorbo, A, Uso del índice de desarrollo corporal modificado (IDCM) en la determinación de edad biológica de nadadores cubanos de 9 a 18 años. Boletín Científico-Técnico. 1985; 1,2.
7. Tanner, J, Whitenhouse, R, Cameron, N, Marshall, W, Healy, M. y Goldstein, H. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (tw2 method) (2 ed). Academic press. London. 1983.
8. Rubio, M. La niña en el deporte de alto rendimiento. En: olimpismo y medicina deportiva problemas y soluciones del deporte infantil y juvenil. Edita el Comité Olímpico Español. Madrid. 1996.

9. Tanner, J. El hombre antes del hombre: el crecimiento físico hasta la madurez editorial fondo de cultura económica. Ciudad de México. 1986
10. Volkov, V. y Filin, V. Selección deportiva. Editorial físico-cultura. Moscú. 1988
11. Malina, R. Crecimiento, performance, actividad, y entrenamiento durante la adolescencia. Actualización en Ciencias del Deporte 1996 ; 4 (11) : 45-55
12. Peña, M, Cárdenas, E, y Malina, R. Growth, physique, and skeletal maturation of soccer players 7-17 years of age. Human Biol. Budapest 1994; 25, 453-458.
13. Nicoletti, I. Auxología e sport. En: SDS Revistadi Cultura Sportiva, (28/29) 1993;66-71.
14. Malina, R. Physical growth and biological maturation of young athletes. Exercise and Sport Sciences Reviews 1994; 22. 389-433.
15. Becerro, M. Consideraciones a tener en cuenta en el entrenamiento y la competición en niños y niñas deportistas. Olimpismo y medicina deportiva. Problemas y soluciones del deporte infantil y juvenil. Edita Comité Olímpico Español. Madrid. 1996.
16. Méndez, H. Estudio nacional de crecimiento y desarrollo humano de la República de Venezuela. Fundacredesa. Caracas. 1996.
17. Siret, J, Pancorbo, A, Lozano, F, y Morejon, M. Edad morfológica. Evaluación antropométrica de la edad biológica. Revista cubana de Medicina del Deporte y la Cultura Física 1991; 2 (1), 7-13.
18. García, P. El niño, el deporte y la antropología. Ediciones Faces/UCV. Caracas. 1996.