

Caracterización de los estadios de maduración esquelética y maduración sexual en niños entre 8-13 años

Aurora del Carmen Gómez, Esp., Óscar Arturo Zapata-Noreña*, Esp., M.Sc.,₁

Departamento de Estudios Básicos, Facultad de Odontología, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Recibido: 29 de noviembre del 2013. **Aprobado:** 11 de abril del 2014.

***Autor de correspondencia:** Óscar Arturo Zapata Noreña, Facultad de Odontología, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Calle 64 n.º 52-59, teléfono: (57) 4 219 67 72, correo electrónico: oscarzapata@gmail.com

Cómo citar este artículo: Gómez AC, Zapata-Noreña OA. Caracterización de los estadios de maduración esquelética y maduración sexual en niños entre 8-13 años. Rev Nac Odontol. 2014;10(18):29-40. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/od.v10i18.719>

Resumen. *Introducción:* el objetivo de esta investigación fue estudiar las características de los estadios de maduración sexual y esquelética en un grupo de niños de Medellín. *Métodos:* estudio descriptivo longitudinal prospectivo. Se observaron 33 pacientes, 18 hombres y 15 mujeres, entre los 8 y 13 años; sanos, evaluados con parámetros de maduración esquelética, según Hägg y Taranger; de maduración sexual, según Tanner, y medidas antropométricas de talla y peso. Se realizaron mediciones cada seis meses durante treinta meses. *Resultados:* se encontraron asociaciones estadísticamente significativas entre la maduración esquelética y la sexual, con la edad, el peso y la talla; dimorfismo sexual con respecto a la edad de iniciación de la pubertad. Los incrementos de talla y peso del periodo inmediatamente anterior al inicio de la pubertad fueron iguales o mayores a los registrados en algunas etapas del periodo puberal evaluado. *Conclusiones:* el desarrollo esquelético, representado por los incrementos en talla y peso en el periodo prepuberal, es semejante a los del periodo puberal evaluado. Estas observaciones sustentan la pertinencia de instaurar la terapia ortopédica en un periodo anterior al puberal. Sin embargo, dadas las características de la muestra, se recomienda validar estos resultados con una muestra más representativa.

Palabras clave: crecimiento y desarrollo, pubertad, desarrollo óseo, maduración sexual.

Characterization of states of skeletal and sexual maturation in children aged 8-13

Abstract. *Introduction:* the aim of this research was to study the characteristics of the states of sexual and skeletal maturation in a group of children in Medellín. *Methods:* in this prospective, longitudinal, descriptive study, 33 patients were observed, 18 male and 15 female, aged between 8 and 13; the patients were healthy, and were assessed using skeletal maturation parameters, as per Hägg and Taranger, sexual maturation parameters, as per Tanner, and anthropometric measures of size and weight. Measurements were taken each six months over a period of thirty months. *Results:* statistically significant associations were found between skeletal and sexual maturation, with age, weight and size; sexual dimorphism with respect to the age when puberty begins. Increases in size and weight in the period immediately prior to the beginning of puberty were equal or greater than those registered in some stages of the pubertal period assessed. *Conclusions:* skeletal development represented by increases in size and weight in the prepubescent period, is similar to that in the pubertal period evaluated. These observations support the appropriateness of establishing orthopedic therapy in a period prior to puberty. Nevertheless, given the characteristics of the sample, it is recommended that the results be validated against a more representative sample.

Keywords: growth and development, puberty, bone development, sexual maturation.

Caracterização dos estágios de maturação esquelética e a maturação sexual nas crianças entre 8-13 anos

Resumo. *Introdução:* o objetivo desta pesquisa foi estudar as características dos estágios de maturação sexual e esquelética em um grupo de crianças em Medellín (Colômbia). *Métodos:* estudo descritivo longitudinal prospectivo. Observaram-se 33 pacientes, 18 homens e 15 mulheres, entre 8 e 13 anos; saudáveis, avaliados com parâmetros de maturação esquelética, segundo Hägg e Taranger; de maturação sexual, segundo Tanner, e medidas antropométricas de tamanho e de peso. Realizaram-se medições a cada seis meses durante trinta meses. *Resultados:* Encontraram-se associações estatisticamente significativas entre a maturação esquelética e a sexual, com a idade, o peso e o tamanho; dimorfismo sexual com respeito à idade de iniciação da puberdade. Os aumentos de tamanho e de peso do periodo imediatamente anterior ao início da puberdade foram iguais ou maiores aos registrados em algumas etapas do periodo puberal avaliado. *Conclusões:* o desenvolvimento esquelético, representado pelos aumentos no tamanho e no peso, no periodo pré-puberal, é semelhante aos do periodo puberal avaliado. Estas observações sustentam a pertinência de instaurar a terapia ortopédica em um periodo anterior ao puberal. No entanto, dadas as características da amostra, recomenda-se validar estes resultados com uma amostra mais representativa.

Palavras-chave: crescimento e desenvolvimento, puberdade, desenvolvimento óseo, maturação sexual.



Introducción

La valoración de las etapas de madurez esquelética y sexual y su relación con el crecimiento y desarrollo craneofacial es un factor determinante en la evaluación del estado de desarrollo general del individuo y ha sido ampliamente documentada [1, 2].

En la planeación del tratamiento ortopédico-ortodóncico, el conocimiento de la velocidad de crecimiento facial, así como la evaluación del crecimiento remanente, son muy importantes si se quiere hacer una intervención efectiva y oportuna [3-6]. Debido a que el crecimiento de las estructuras craneofaciales es diferencial, la intervención en estas debe hacerse en diferentes etapas del desarrollo de acuerdo con la estructura facial a intervenir [1, 7-9].

Moore puntualizó que el crecimiento facial puede ser regulado por factores diferentes a los que rigen el crecimiento de los huesos largos [10], además las estructuras craneofaciales incluyen muchas regiones funcionales, las cuales pueden responder de manera distinta a las condiciones sistémicas y ambientales locales [11].

Existe gran variabilidad de un individuo a otro, tanto en la velocidad de crecimiento, como en la de maduración, lo que se considera normal dentro del proceso del desarrollo humano [12]. Por esta razón, es importante que la determinación del momento de aplicación de las medidas ortopédicas-ortodóncicas se base en la maduración individual, más que en un promedio establecido o simplemente en la edad cronológica [4, 6].

Debido a que la edad cronológica no es un predictor válido de la madurez esquelética ni sexual y no se relaciona con los cambios en la velocidad de crecimiento, se utilizaron criterios fisiológicos para determinar el estado de desarrollo individual. Los criterios fisiológicos como los caracteres sexuales secundarios [5], que se pueden evaluar empleando métodos como la clasificación de Tanner, la orquidiometría de Prader [13] y el estado de maduración esquelética, se consideran más adecuados [1, 8-10].

A diferencia de la edad cronológica, la maduración esquelética se ajusta con mayor precisión a la maduración general y al desarrollo sexual; además, tiene relación directa con la talla [13]. Greulich y Pyle [14], Grave y Brown [15] y Fishman [16] establecieron varios métodos para determinar el estadio de maduración esquelética del individuo a partir de la observación de los cambios en el patrón de calcificación de los distintos

huesos de la mano, los cuales se correlacionaron con un rango de edad.

Hägg y Taranger [17] desarrollaron un método para la valoración del desarrollo esquelético basado en el carpograma, tomando como base los cuatro huesos escogidos por Björk en un estudio de maduración esquelética anterior. Rajagopal y Kansal [18] precisaron aun más el método de Hägg y Taranger, lo que permitió hacer una mejor clasificación.

Un estudio hecho en la población colombiana con el fin de establecer la relación entre la maduración esquelética y la maduración sexual [19] no mostró resultados concluyentes. El objetivo de esta investigación fue estudiar las características de los estadios de maduración sexual y esquelética en un grupo de niños de Medellín con desarrollo normal.

Métodos

Se realizó un estudio descriptivo longitudinal prospectivo con 33 pacientes a quienes se les tomaron registros radiográficos y clínicos cada seis meses por un periodo de 30 meses, para un total de 6 mediciones (T_1 = condiciones basales, T_2 = a los 6 meses, T_3 = a los 12 meses, T_4 = a los 18 meses, T_5 = a los 24 meses y T_6 = a los 30 meses aproximadamente). Esta muestra se realizó con un grupo de niños clínicamente sanos, inscritos en las Clínicas de Atención Integral del Niño, de la Facultad de Odontología de la Universidad de Antioquia. Fue una muestra no probabilística, seleccionada a conveniencia.

Los criterios de inclusión de los niños en la investigación fueron: estar sanos (sin patología al momento del examen médico) y con estadio de maduración de Tanner I: ausencia de indicadores mamarios, púbicos y testiculares de desarrollo puberal [14, 20].

A todos los niños les fue realizado un examen médico general en cada uno de los momentos evaluados. En la historia clínica se registraron, entre otros datos: la edad, el peso y la talla, el estadio de maduración sexual según Tanner y en los hombres el volumen testicular según Prader [14]. Por medio de la radiografía carpal, se evaluó el estadio de maduración esquelética según el método de Hägg y Taranger [17], aplicando las precisiones aportadas por Rajagopal y Kansal. La edad fue registrada en años con el sistema decimal; la estatura, en centímetros (cm) con un tallímetro (Acusat Stadiumeter, Genentech); el peso corporal, en kilogramos (kg) en una pesa mecánica (Detecto Scales, Jacobs Bross).

El estadio de maduración sexual según Tanner [14] se expresó en una escala de 1 a 5, tanto para niños como para niñas. Los valores se obtuvieron de los diferentes criterios que lo integran. Además, a los niños se les practicó la orquidiometría de Prader con rangos desde 1 hasta 25 ml [14].

Para determinar el estadio de maduración esquelética, se tomaron radiografías carpales de la mano izquierda en diestros y derecha en zurdos, según normas internacionales [14], por medio de una técnica estandarizada en el equipo Orthopantograph OP100 Instrumentarium Imagen, con un tiempo de exposición de 0,10 segundos, con 63 kilovoltios y 12 miliamperios, a una distancia focal de 1,65 metros. Para el seguimiento longitudinal se tomaron las radiografías con técnica estandarizada cada seis meses, hasta completar los seis registros planteados en el estudio. Para garantizar la confiabilidad de la evaluación radiográfica, los dos evaluadores se estandarizaron previamente en la aplicación de la técnica de medición, con un coeficiente de concordancia para la prueba de Kappa de 0,85.

El cálculo de la duración de los periodos de maduración esquelética y sexual se hizo sumando el tiempo de permanencia del sujeto en un estadio determinado. En los estadios de cambio de una fase a otra, se asumió que el cambio se daba alrededor de la mitad del tiempo transcurrido entre ambos periodos.

Durante el desarrollo del protocolo investigativo, se adoptaron los dictámenes de la Resolución 8430 del Ministerio de Salud de la República de Colombia, según la cual esta es una investigación de riesgo mínimo. El protocolo que se siguió fue revisado y aprobado por el Comité de Ética Odontológica de Antioquia y los padres de los niños dieron el consentimiento informado por escrito.

Para el análisis de los datos, se utilizó el paquete estadístico SPSS (versión 15.0) IBM, Chicago Illinois. Se evaluó la normalidad de la distribución de las variables cuantitativas mediante la prueba de Shapiro Wilk, la cual mostró que las variables antropométricas presentaron distribución normal con excepción del peso

en las niñas. Se utilizó la estadística descriptiva mediante promedios y desviaciones estándar para resumir y presentar la información. Se utilizó la prueba t de Student para comparar las variables antropométricas entre niños y niñas. Se evaluó la asociación entre la maduración sexual y esquelética a través de la prueba Chi-cuadrado de independencia (χ^2). Para establecer la relación entre los estadios de maduración esquelética y sexual con la edad, el peso y la talla, se empleó el coeficiente de correlación de Pearson o el coeficiente de correlación de Kendall. Siempre se asumió un nivel de significancia del 5%, en el que un valor de $p < 0,05$ fue considerado estadísticamente significativo.

Resultados

Se evaluaron 33 pacientes (15 niñas y 18 niños), con una edad que osciló entre 8 y 13, por un periodo de 2,5 años, con un promedio de 9,5 años al inicio del estudio y en el que el 50% de las edades estuvieron entre 9,1 y 9,8 años. Dos pacientes no terminaron el estudio, lo que corresponde al 6% de pérdida del total de la muestra.

Estado de maduración esquelética

Al inicio del estudio (T_1), los niños presentaron una maduración esquelética estadio E en un 83,3% y las niñas en un 46,6%. Un 6% de las niñas alcanzó el estadio FG en tanto que ninguno de los niños lo alcanzó. En todas las mediciones sucesivas, la maduración siguió el mismo patrón, en el cual las niñas presentaron una maduración esquelética más temprana. En la última medición (T_6), el 31% de los niños se ubicó en estadio E, el 56,2% en estadio F y el 12,5% restante en estadio FG. En las niñas, la distribución porcentual fue del 20% en estadio E, 46,6% en estadio FG, 13,3% en estadio G y el 20% restante en estadio H.

Todos los datos relacionados con los cambios durante los estadios de maduración esquelética se encuentran en la figura 1.

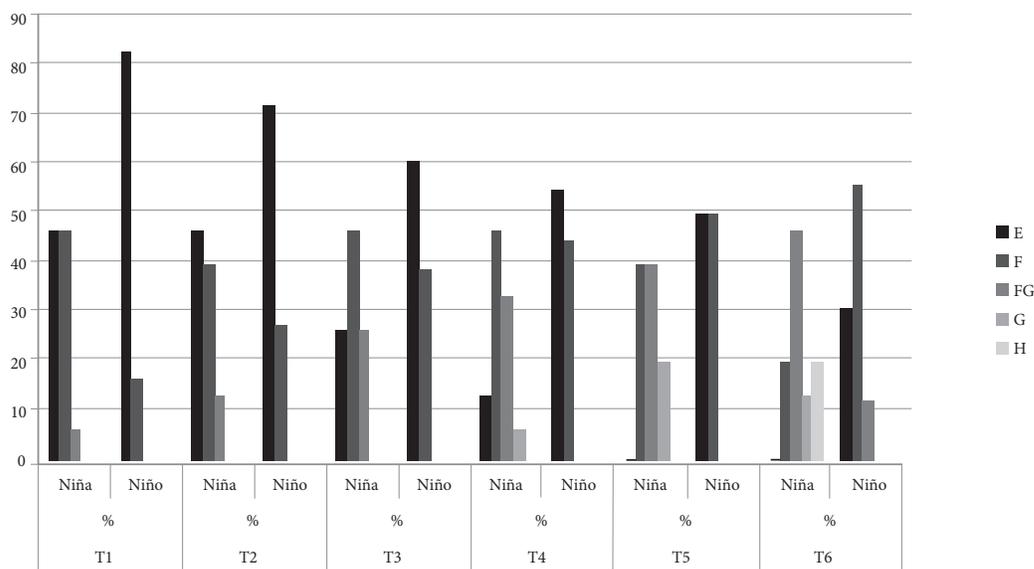


Figura 1. Cambios en la maduración esquelética según Hägg y Taranger, de acuerdo con el sexo en niños atendidos en la Facultad de Odontología de la Universidad de Antioquia, Medellín

Fuente: elaboración propia

Maduración sexual

Al inicio del estudio, y como principio de inclusión, todos los participantes estaban en un estadio de maduración sexual 1 según Tanner. Los niños tenían una edad promedio de 10,2 (10,0-10,4) años y las niñas tenían una edad promedio de 9,6 (9,3-9,8) años. Dos

años y medio después, al terminar el estudio, los niños alcanzaron un máximo de desarrollo sexual Tanner III y tenían una edad promedio de 12,2 (12,0-12,4) años, y las niñas, un máximo nivel de desarrollo sexual Tanner IV y tenían una edad promedio de 11,6 (10,7-12,6) años. Una niña alcanzó el estado de maduración sexual Tanner V, con 12,1 años (figura 2).

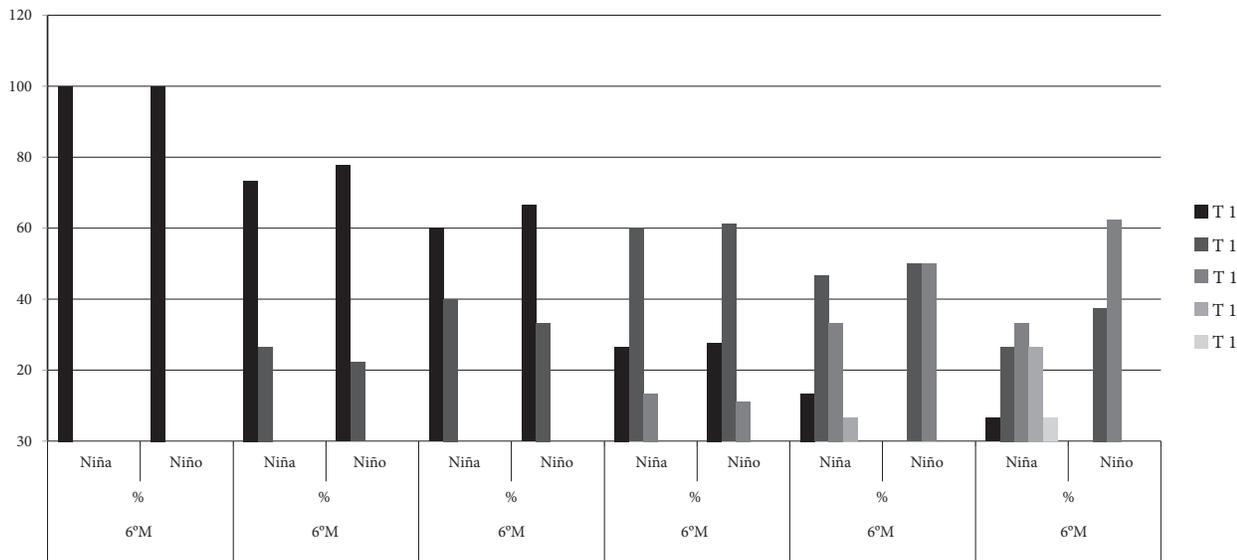


Figura 2. Maduración sexual según Tanner en 16 niños (hombres) y 15 niñas (mujeres), atendidos en la Facultad de Odontología de la Universidad de Antioquia, Medellín

Fuente: elaboración propia

Variables antropométricas y maduración esquelética

Las características antropométricas de las poblaciones masculina y femenina observadas pueden apreciarse en la tabla 1.

La variación de peso y talla en niños y niñas, según la maduración esquelética, puede observarse en la tabla 2. Para los niños sólo se observaron los periodos E y F, pues ningún niño maduró más allá del estadio FG según Hägg y Taranger [17, 18].

Tabla 1. Variables antropométricas de acuerdo con el estadio de maduración esquelética de 16 niños (hombres) y 15 niñas (mujeres), atendidos en la Facultad de Odontología de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Maduración esquelética	Edad (años)		Peso (kg)		Talla (cm)	
	Hombres $\bar{x} \pm DE$ (IC 95%)	Mujeres $\bar{x} \pm DE$ (IC 95%)	Hombres $\bar{x} \pm DE$ (IC 95%)	Mujeres $\bar{x} \pm DE$ (IC 95%)	Hombres $\bar{x} \pm DE$ (IC 95%)	Mujeres $\bar{x} \pm DE$ (IC 95%)
	10,6±0,8 (10,4 - 10,9)	9,3±0,7 (9,0-9,7)	31,2±6,0 (29,7-32,7)	25,6±2,6 (24,3-26,8)	134,3±7,3 (132,4-136,2)	128,5±5,6 (125,9-131,1)
	11,4±0,8 (11,1-11,7)	10,1±0,8 (9,8-10,4)	36,4±5,7 (34,6-38,2)	29,4±3,4 (28,4-26,8)	142,3±6,1 (140,4-144,3)	136,1±4,7 (134,5-137,7)
	13,0±0,2 (10,4-15,5)	11,0±0,8 (10,7-11,3)	44,6±0,7 (38,1-50,8)	38,0±8,3 (34,6-41,5)	151,0±2,8 (125,5-176,4)	144,8±4,7 (142,8-146,7)
	---	11,4±0,9 (10,3-12,4)	---	43,6±13,1 (29,7-57,4)	---	148,8±3,3 (145,3-152,2)
	---	11,7±0,4 (10,6-12,7)	---	53,6±15,3 (15,6-91,6)	---	156,0±2,7 (149,3-162,8)

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Incrementos en talla y peso de acuerdo con la maduración esquelética en 16 niños (hombres) y 15 niñas (mujeres), atendidos en la Facultad de Odontología de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Maduración esquelética	Peso (kg)		Talla (cm)	
	Hombres n (Max.-Min.)	Mujeres n (Max.-Min.)	Hombres n (Max.-Min.)	Mujeres n (Max.-Min.)
E - F	9,3 (2,2- 8,5)	3,8 (1,5- 9,3)	11 (7,6- 11,6)	9,1 (8,9 - 6,8)
F - FG	7,2 (-5 - 14,5)	4,0 (4,5-7,2)	11 (1,7 -19,4)	6,4 (10,8 - 5,5)
FG - G	---	6,9 (3,0-14,5)	----	5,3 (7,1- 3,0)
G - H	----	11,1 (4,5 - 12,0)	----	10,2 (7,6 -5,2)
Total	16,5	25,8	22	31

Fuente: elaboración propia

Variables antropométricas y maduración sexual

Las características antropométricas de la población masculina y femenina de acuerdo con la maduración sexual propuesta por Tanner pueden ser observadas en la tabla 3.

Las variaciones en el peso y la talla en niños y niñas, respectivamente, de acuerdo con los estadios de maduración sexual, pueden observarse en la tabla 4.

Tabla 3. Variables antropométricas de acuerdo con el estadio de maduración sexual en 16 niños (hombres) y 15 niñas (mujeres), atendidos en la Facultad de Odontología de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Maduración sexual	Edad (años)		Peso (kg)		Talla (cm)	
	Hombres $\bar{x} \pm DE$ (IC 95%)	Mujeres $\bar{x} \pm DE$ (IC 95%)	Hombres $\bar{x} \pm DE$ (IC 95%)	Mujeres $\bar{x} \pm DE$ (IC 95%)	Hombres $\bar{x} \pm DE$ (IC 95%)	Mujeres $\bar{x} \pm DE$ (IC 95%)
1	10,2±0,5 (10,0-10,4)	9,6±0,8 (9,3-9,8)	30,1±4,9 (28,6-31,5)	27,6±4,6 (26,2-29,1)	133,2±6,4 (131,3-135,0)	132,2±6,5 (130,1-134,3)
2	11,4±0,5 (11,2-11,6)	10,7±0,7 (10,4-11,0)	34,7±6,1 (32,5-36,8)	34,4±7,9 (31,4-37,3)	139,6±6,9 (137,2-142,0)	141,0±5,3 (139,0-142,9)
3	12,2±0,4 (12,0-12,4)	11,4±0,6 (10,9-11,8)	39,6±5,2 (37,2-42,1)	38,2±8,6 (32,7-43,7)	145,4±6,2 (142,5-148,4)	146,5±5,1 (143,2-149,2)
4	---	11,6±0,7 (10,7-12,6)	---	45,8±14,7 (27,5-64,1)	---	150,9±5,7 (143,8-158,0)
5	---	12,1	---	63,0	---	157,0

Fuente: elaboración propia

Tabla 4. Incrementos en talla y peso de acuerdo con la maduración sexual en 16 niños (hombres) y 15 niñas (mujeres), atendidos en la Facultad de Odontología de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Maduración sexual	Peso (kg)		Talla (cm)	
	Hombres n (Max.-Min.)	Mujeres n (Max.-Min.)	Hombres n (Max.-Min.)	Mujeres n (Max.-Min.)
T1- T2	4,4 (1,0-3,3)	4,4 (1,0 - 8,5)	6,9 (5,8-3,3)	9,0 (2,5-16,9)
T2-T3	5,0 (11,0-5,5)	3,1 (2,0-12,3)	8,6 (9,0-4,3)	5,0 (3,5-15,1)
T3-T4	-	2,5(1,8- 11,5)	-	9,0 (3,0- 9,2)
Total	9,4	10	15,5	23

Fuente: elaboración propia

Correlación entre las variables antropométricas y maduración esquelética

Las variables antropométricas de edad, peso y talla en los niños y las niñas mostraron una correlación positiva, estadísticamente significativa con los estadios de

maduración esquelética. Se encontró además correlación estadísticamente significativa entre la edad y el peso, la edad y la talla, y la talla y el peso.

Todos los datos concernientes a las correlaciones entre estas variables durante el periodo de observación se pueden apreciar en la tabla 5.

Tabla 5. Correlación entre las variables antropométricas y la maduración esquelética en 16 niños (hombres) y 15 niñas (mujeres), atendidos en la Facultad de Odontología de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Sexo	M. esquelética		Edad		Peso		Talla	
	Hombres Kendal (valor <i>p</i>)	Mujeres Kendal (valor <i>p</i>)	Hombres Kendal (valor <i>p</i>)	Mujeres Kendal (valor <i>p</i>)	Hombres Kendal (valor <i>p</i>)	Mujeres Kendal (valor <i>p</i>)	Hombres Kendal (valor <i>p</i>)	Mujeres Kendal (valor <i>p</i>)
Maduración esquelética	---	---	0,620 (0,000)	0,645 (0,000)	0,509 (0,001)	0,681 (0,000)	0,566 (0,000)	0,786 (0,000)
Edad	0,620 (0,000)	0,645 (0,000)	---	---	0,637 (0,000)	0,544 (0,000)	0,689 (0,000)	0,611 (0,000)
Peso	0,509 (0,001)	0,681 (0,000)	0,637 (0,000)	0,544 (0,000)	---	---	0,731 (0,000)	0,758 (0,000)
Talla	0,566 (0,000)	0,786 (0,000)	0,689 (0,000)	0,611 (0,000)	0,731 (0,000)	0,758 (0,000)	---	---

Fuente: elaboración propia

Correlación entre las variables antropométricas y la maduración sexual

En los niños y niñas se encontró una correlación directamente proporcional, estadísticamente significativa

entre la madurez sexual con el peso, la edad y la talla. Igualmente se encontró una correlación estadísticamente significativa entre edad y peso, edad y talla, y talla y peso (tabla 6).

Tabla 6. Variables antropométricas en relación con la maduración sexual en 16 niños (hombres) y 15 niñas (mujeres) atendidos en la Facultad de Odontología de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Sexo	Maduración sexual		Edad		Peso		Talla	
	Hombres Kendal (valor <i>p</i>)	Mujeres Kendal (valor <i>p</i>)	Hombres Kendal (valor <i>p</i>)	Mujeres Kendal (valor <i>p</i>)	Hombres Kendal (valor <i>p</i>)	Mujeres Kendal (valor <i>p</i>)	Hombres Kendal (valor <i>p</i>)	Mujeres Kendal (valor <i>p</i>)
Maduración sexual	---	---	0,765 (0,000)	0,713 (0,000)	0,474 (0,001)	0,569 (0,000)	0,500 (0,000)	0,683 (0,000)
Edad	0,765 (0,000)	0,713 (0,000)	---	---	0,513 (0,000)	0,514 (0,000)	0,569 (0,000)	0,614 (0,000)
Peso	0,474 (0,001)	0,569 (0,000)	0,513 (0,000)	0,514 (0,000)	---	---	0,687 (0,000)	0,760 (0,000)
Talla	0,500 (0,000)	0,683 (0,000)	0,569 (0,000)	0,614 (0,000)	0,687 (0,000)	0,760 (0,000)	---	---

Fuente: elaboración propia

Comparación entre las muestras de hombres y mujeres

Al momento del ingreso de la población observada al estadio F de maduración esquelética, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres en la edad, la talla y el peso. La edad promedio de los hombres fue 11,4 (9,1-12,7), mientras la edad promedio de las mujeres registró 10,1 (8,6-11,3; $p = 0,005$). Asimismo, al comparar el peso promedio de los hombres 36,4 (34,6-38,2) con el peso promedio de las mujeres 29,4 (28,4-29,8), se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,001$). Igual comportamiento se observó en la talla ($p = 0,016$), en la que se registró una talla de ingreso de 142,3 (140,4-144,3)

cm para los niños y de 136,1 (134,5-137,7) cm para las niñas.

En cuanto a la maduración sexual, se encontró que había una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0,005$), con un nivel de confianza del 95%, al comparar la edad promedio de los hombres 11,4 (11,2-11,6) con la edad promedio de las mujeres 10,7 (10,4-11,0), durante el paso de Tanner I a Tanner II. No hubo diferencias estadísticamente significativas en cuanto a los promedios de peso ($p = 0,275$), los cuales registraron 34,7 para los hombres y 34,4 para las mujeres; ni a los de talla ($p = 1,000$), los cuales registraron 139,6 cm para los hombres y 141 cm para las mujeres, en el paso de Tanner I a Tanner II.

Discusión

El periodo adolescencial se inicia con un marcado incremento en la rata de crecimiento general y termina con la finalización del crecimiento [21]. Muchos estudios han mostrado un alto grado de asociación entre el pico de crecimiento facial y el pico de velocidad de crecimiento en talla (PHV) durante la adolescencia [4, 6, 22]. El disparo de crecimiento de la adolescencia en cuanto a las dimensiones faciales es de importancia en el tratamiento ortodóncico, especialmente cuando el resultado depende, en parte, del potencial de crecimiento residual [6].

Debido a la asociación entre el pico de crecimiento facial y la talla, Bjork sostuvo que los registros longitudinales en talla pueden ser usados en la planeación del tratamiento ortodóncico [6]. Sin embargo, como se ha encontrado que la rata de maduración esquelética varía de acuerdo con factores genéticos [23, 24] y factores ambientales [24-26], esto es, que se presenta polimorfismo y dimorfismo sexual [21, 25-28], se requiere identificar un estándar para evaluar la maduración ósea en diferentes poblaciones. Por lo tanto, para una población determinada, establecer las características de los estadios de maduración sexual y esquelética en la adolescencia es importante para mejorar la capacidad diagnóstica y la determinación del tratamiento por parte de los especialistas.

El inicio de la adolescencia se ha tratado de establecer por varios métodos como, por ejemplo, métodos cronológicos, esto es, agrupando la muestra por edades y observando los cambios que se suceden durante el periodo de estudio; o métodos fisiológicos, agrupando la muestra de acuerdo con un cambio fisiológico determinado. Entre estos últimos, algunos han tratado de observar hechos fisiológicos puntuales, como cambios estaturales [4, 8, 18, 24], el cambio de la voz y la menarca [28]; otros autores han definido secuencias de cambios fisiológicos conocidos, como criterios para la evaluación de la maduración esquelética [1, 5, 6, 8, 15-19, 24] y sexual [14], con los cuales es posible ubicar el periodo adolescencial. La utilización de parámetros fisiológicos es recomendada por otros investigadores como Tofani [8] y Sato [29].

Como se ha documentado ampliamente, la edad cronológica no es un predictor válido de la madurez esquelética [1, 8-10]. Por esto, en el presente estudio, para la selección de la muestra, se eligió un criterio de maduración sexual [14] según Tanner [28] (criterio fisiológico), que garantizara la ubicación de los individuos en un periodo prepuberal.

Los individuos se agruparon de acuerdo con los criterios de maduración esquelética según Hägg y Taranger, precisados por Rajagopal y Kansal [18, 19], porque la edad ósea evaluada por medio de radiografías de la mano es útil para estimar el potencial de crecimiento individual [1, 5, 8, 16, 18, 28, 30, 31]. Aunque para la evaluación de la maduración esquelética, se han utilizado las vértebras cervicales [32-34] y el seno frontal [35, 36], la utilización de los huesos de la mano es la más utilizada generalmente, debido a la cantidad de diferentes tipos de huesos disponibles en el área [1, 5, 8, 16] y porque ha sido validada por muchos grupos raciales [8, 16, 18, 28, 30, 31].

Maduración esquelética

En el estudio se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0,005$) en cuanto al promedio de edad de los niños al ingreso del periodo puberal (11,4 años) y la edad promedio de las niñas (10,1). Este dimorfismo sexual ya había sido reportado por otros autores [24, 37, 38]. Las correlaciones encontradas entre la maduración esquelética y las variables antropométricas (edad, peso y talla) nos confirman, debido a la alta significancia estadística ($p = 0,001$), los hallazgos previamente reportados que dan cuenta de que el estadio de desarrollo puberal se puede evaluar a través del estadio de calcificación ósea [1, 5, 15, 17, 18, 35].

Maduración sexual

Los niños y las niñas iniciaron el estudio en estado Tanner I (prepuberal) de maduración sexual. A los seis meses de iniciado el estudio, se empezó a observar el ingreso de algunos niños y niñas al periodo puberal, al pasar al estadio Tanner II, con un promedio de edad para hombres y mujeres de 11,4 y 10,7 respectivamente. Se encontró que esta diferencia era estadísticamente significativa ($p = 0,005$). Este dimorfismo sexual en la edad de ingreso a la pubertad entre hombres y mujeres ya había sido reportado en otros estudios [14, 39, 40]. La edad de inicio de la pubertad en la población estudiada se corresponde con los hallazgos de Wheeler [41], que reportó una edad de inicio de 11,5 años para los niños y de 10,5 años para las niñas. También se encontró una correlación estadísticamente significativa ($p = 0,000$) entre la madurez sexual de niños y niñas con las variables antropométricas de edad, peso y talla; y del peso con relación a la talla de acuerdo con la maduración sexual. Este hallazgo también había sido reportado anteriormente [14, 23, 30, 42-44].

Los hallazgos anteriores enfatizan la importancia de la utilización de criterios fisiológicos, pues en un estudio anterior [20], trabajando sobre la misma muestra, los autores no encontraron correlación de la edad con el peso en la sexta muestra de hombres; ni las correlaciones de la edad y el peso, y la edad y la talla en las mujeres, debido posiblemente a que agruparon la muestra con un criterio cronológico.

Incrementos en talla y peso

A diferencia de los estudios realizados por otros autores [5, 6, 18], que reportan bajos incrementos en talla durante el periodo inmediatamente anterior a la pubertad y un aumento constante desde el inicio de la pubertad hasta alcanzar el pico máximo de crecimiento en talla, en el presente estudio se encontró que los incrementos en talla en el periodo prepuberal (E) en ambos sexos son de magnitudes semejantes a los presentados durante los otros estadios del periodo adolescencial (tablas 1 y 2). Con respecto a las niñas, se observa como una particularidad un notorio incremento en talla entre el periodo de G-H que contrasta notablemente con la observación de los autores antes citados [5, 6, 18], que encontraron en estos periodos una disminución de la velocidad en talla con respecto a los periodos anteriores F y FG.

Observando los aportes a la talla en el modelo infancia-niñez-pubertad, Karlberg enfatizó en la importancia del crecimiento en la niñez sobre el crecimiento puberal [45]. La observación del impacto sobre la talla final en niños que tuvieron una pubertad precoz (la cual disminuye el periodo de niñez) y en niños que no hicieron ingreso en el periodo puberal, lo llevó a afirmar que el crecimiento adolescencial originado exclusivamente en el componente puberal solo explica una pequeña parte de la talla final: 7% para las mujeres y 9% para los hombres. Por lo tanto, el brote de crecimiento puberal no contribuye tanto a la talla final como podría esperarse. Por su parte, en relación con el crecimiento facial, Malmgren, Omblus, Hagg y Pancherz [46] señalaron que se ha reportado la ocurrencia de un brote de crecimiento facial antes de los diez años, en ambos sexos, en más del 50% de los niños, y un brote de crecimiento facial adolescencial que ocurre en todos los niños, en promedio, a los 14 años en los varones y a los 12 años en las mujeres. Lo anterior y lo encontrado en el estudio nos sirve para sustentar la tesis de que el crecimiento durante la niñez es tan importante como el crecimiento puberal en el fenómeno de crecimiento humano; por lo tanto, el control de crecimiento duran-

te la fase infantil es importante en la consecución de los fines ortopédicos.

En relación con los incrementos en peso para los hombres (tabla 2), los resultados de este estudio son consistentes con la teoría de “masa corporal crítica” para la iniciación de la pubertad. Se ha demostrado que el índice de masa corporal está positivamente asociado con los niveles séricos de leptinas y que los niveles de leptinas se elevan gradualmente con la edad antes de la pubertad, lo que sugiere un efecto umbral que podría disparar la pubertad.

Cuando la talla y el peso se observan basados en los parámetros de maduración sexual en los niños (tabla 4), encontramos un incremento gradual durante el periodo observado. Este comportamiento concuerda con lo reportado por otros autores [14, 29, 32].

Implicaciones clínicas

El crecimiento de los maxilares ocurre de una forma diferencial. Distintos investigadores han encontrado que las mejores correlaciones de crecimiento facial con la maduración esquelética son más aplicables al crecimiento mandibular [4, 47], específicamente al tamaño de cuerpo y la longitud de la mandíbula [25]. En contraste con lo anterior, debido a la naturaleza sutural del maxilar [48-50], la sutura palatina media termina su crecimiento antes del pico de crecimiento puberal [37]. Esta podría ser una de las razones por las cuales el disparo de crecimiento adolescencial no se manifiesta en el desarrollo del maxilar con la suficiente intensidad para distinguirlo de los otros periodos de crecimiento [25]. Las anteriores observaciones soportan las distintas tendencias en cuanto al tiempo de iniciar el tratamiento ortopédico. Ghafari et al. [51] abogan por el inicio del tratamiento de la maloclusión clase II, en la infancia (media o tardía) específicamente, si el crecimiento maxilar es el principal factor implicado en el desarrollo de la maloclusión. Wheeler et al. [52] encontraron que el tratamiento temprano de la maloclusión clase II aumentó el número de pacientes que obtuvieron relaciones de clase I sobre los que no recibieron tratamiento temprano. El estudio demostró que ambos tratamientos evaluados (bionator y tracción extraoral) son efectivos para la obtención de las metas de la fase I de tratamiento. En un paciente que se encuentra en periodo de crecimiento y en presencia de una anomalía esquelética a nivel del maxilar superior, el tratamiento deberá iniciarse temprano y durante un periodo más corto de tiempo que en la intervención de una anomalía esquelética en

desarrollo en la mandíbula, en la cual, a su vez, la terapia ortopédica deberá ser efectuada durante un periodo más largo de tiempo [4, 53].

Von Bremen y Pancherz [54] evaluaron la eficiencia del tratamiento temprano o tardío de la maloclusión clase II división 1, basados en el tiempo de tratamiento total. Los resultados de la investigación concluyeron que el tratamiento en dentición permanente (tratamiento tardío) es más eficiente que el tratamiento temprano (en dentición mixta temprana o tardía), debido a la relación obvia existente entre el tiempo de tratamiento y el estado de desarrollo dental.

Con respecto al momento de iniciación del tratamiento, Baccetti, Franchi, Toth y McNamara [55] afirman que el momento más apropiado para el inicio de la terapia con aparatología funcional es al inicio del disparo del pico puberal, lo cual producirá “efectos más favorables”, entre los cuales se incluyen: una mayor contribución esquelética a la corrección de la relación molar, mayores incrementos en la longitud mandibular total y altura de la rama, y una dirección de crecimiento condilar más posterior, lo que aumenta la longitud mandibular.

Los resultados obtenidos en este estudio indican que es posible reconocer signos tempranos de maduración y que, además, se presentan importantes incrementos en talla anteriores al pico puberal, lo cual podría indicar que la intervención en este periodo puede contribuir significativamente a la corrección de la armonía esquelética en desarrollo. Dicho de otra manera, los resultados muestran que el crecimiento prepuberal es tan importante como el puberal y, por lo tanto, debe ser tenido en cuenta a la hora de seleccionar el momento de inicio del tratamiento.

Conclusiones

1. En el presente estudio se encontró que el desarrollo esquelético, representado por los incrementos en talla en periodo prepuberal, es semejante al observado en algunas fases del desarrollo puberal estudiadas.
2. Este hallazgo sustenta la necesidad de instaurar la terapia ortopédica en un periodo anterior al puberal.
3. Se reafirmó el dimorfismo sexual en relación con la edad de entrada al periodo puberal entre hombres y mujeres ya reportado por otros autores.
4. Además de los signos de maduración esquelética que provee la radiografía carpal, mantener un registro permanente de los cambios en la talla y el peso

es indicador confiable del estado de aceleración del crecimiento en el que se encuentra el paciente.

5. Se recomienda hacer el estudio longitudinal que abarque todo el periodo pre y puberal ampliando el tamaño de la muestra, para definir de una manera más precisa los hallazgos del presente estudio.

Referencias

- [1] Fishman LS. Chronological versus skeletal age, an evaluation of craniofacial growth. *Angle Orthod.* 1979;49(3):181-9.
- [2] Silveira AM, Fishman LS, Subtelny JD, Kasserbaum DK. Facial growth during adolescence in early, average and late maturers. *Angle Orthod.* 1992;62(3):185-90.
- [3] Flores-Mir C, Nebbe B, Major PW. Use of skeletal maturation based on hand-wrist radiographic analysis as a predictor of facial growth: a systematic review. *Angle Orthod.* 2004;74(1):118-24.
- [4] Hunter CJ. Height and skeletal maturation at adolescent. *Angle Orthod.* 1966;36(1):44-53.
- [5] Helm S, Siersbaek-Nielsen S, Skieller V, Björk A. Maduración esquelética de la mano en relación con el crecimiento puberal máximo en altura corporal. *Rev Esp Ortod.* 1978;8:111-21.
- [6] Björk A. Determinación del tiempo de aplicación de medidas ortodóncicas interceptivas basadas en la fase de maduración. *Rev Esp Ortod.* 1978;8:49-60.
- [7] Hägg U, Taranger JM. Maturation indicators and the puberal growth spurt. *Am. J. Orthod.* 1982;82(4):299-309.
- [8] Tofani MI. Mandibular growth at puberty. *Am J Orthod.* 1972;62(2):176-95.
- [9] Johnston FE, Hufham HP Jr, Morechi AF, Terry GD. Skeletal maturation and cephalofacial development. *Angle Orthod.* 1965;35(1):1-11.
- [10] Moore RN. Principles of dentofacial orthopedics. *Semin Orthod.* 1997;3(4):212-21.
- [11] Moss ML, Salentijn L. The capsular matrix. *Am J Ortod.* 1969;56(5):474-90.
- [12] Organización Panamericana de la Salud. Manual de medicina de la adolescencia. Washington: OPS; 1992.
- [13] Grumbach M, Styne D. Puberty: ontogeny, neuroendocrinology, physiology, and disorders. En: Wilson JD, Foster DW, editor. *Williams textbook of endocrinology.* 10ª ed. Philadelphia: Saunders; 2003. p. 1115-1286.
- [14] Greulich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal development of hand and wrist. 2ª ed. Stanford: Stanford University Press; 1959.

- [15] Grave KC, Brown T. Carpal radiographs in orthodontic treatment. *Am J Orthod.* 1979;75(1):27-45.
- [16] Fishman LS. Radiographic evaluation of skeletal maturation. *Angle Orthod.* 1982;52(2):88-112.
- [17] Hagg U, Taranger J. Skeletal stage of the hand and wrist as indicators of the pubertal growth spurt. *Acta Odontol Scand.* 1980;38(3):187-200.
- [18] Rajagopal R, Kansal S. A comparison of modified MP3 stages and the cervical vertebrae as growth indicator. *J Clin Orthod.* 2002;36(7):398-406.
- [19] Zapata O, Barbosa D, Giraldo M, Gómez J. Relación entre tres métodos de evaluación de maduración esquelética con la maduración sexual. *Rev Fac Odontol Univ Antioq.* 2006;18(1):17-35.
- [20] Mazzaferri E. Un análisis de endocrinología clínica. En: Mazzaferri E. *Endocrinología*. Santa Fé de Bogotá: Fondo Educativo Interamericano; 1978. p. 214-41.
- [21] Taranger J, Hägg U. The timing and duration of adolescent growth. *Acta Odontol Scand.* 1980;38(1):57-67.
- [22] Bergensen EO. The male adolescent facial growth spurt: its prediction and relation to skeletal maturation. *Angle Orthod.* 1972;42(4):319-38.
- [23] Wei C, Gregory JW. Physiology of normal growth. *Paediatrics and Child Health.* 2009;19(5):236-40.
- [24] Mappes MS, Harris EF, Behrennts RG. An example of regional variation in the tempos of tooth mineralization and hand-wrist ossification. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1992;101(2):145-51.
- [25] Borden BD. Epiphysial changes in the hand/wrist area indicators of adolescent stage. *Aust Orthod J.* 1976;4(3):87-104.
- [26] Houston WJ. Relationship between skeletal maturity estimated from hand-wrist radiographs and the timing of the adolescent growth spurt. *Eur J Orthod.* 1980;2(2):81-93.
- [27] Grarn SM, Rohmann CG, Blumenthal T. Ossification sequence polymorphism and sexual dimorphism in skeletal development. *Am J Phys Antropol.* 1966;24(1):101-15.
- [28] Hagg U, Taranger J. Menarche and voice change as indicators of the pubertal growth spurt. *Acta Odontol Scand.* 1980;38(3):179-86.
- [29] Sato K, Mito T, Mitani H. An accurate method of predicting mandibular growth potential based on bone maturity. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001;120(3):286-93.
- [30] Kimura K. Growth of the second metacarpal according to chronological age and skeletal maturation. *Anat Rec.* 1976;184(2):147-57.
- [31] Nanda RS. The rates of growth of several facial components measured from serial cephalometric roentgenograms. *Am J Orthod.* 1955;41:658-73.
- [32] Franchi L, Baccetti T, McNamara JA Jr. Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body heighth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;118 (3):335-40.
- [33] Hassel B, Farman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am. J. Orthod Dentofacial Orthop.* 1995;107(1):58-66.
- [34] Kucukkeles N, Acar A, Biren S, Arun T. Comparisons between cervical vertebrae and hand-wrist maturation for the assessment of skeletal maturity. *J Clin Pediatr Dent.* 1999;24(1):47-52.
- [35] Ruf S, Pancherz H. Development of the frontal sinus in relation to somatic and skeletal maturity. A cephalometric roentgenographic study at puberty. *Eur J Orthod.* 1996;18(5):491-7.
- [36] Ruf S, Pancherz H. Can frontal sinus development be used for the prediction of skeletal maturity at puberty? *Acta Odontol Scand.* 1996;54(4):229-34.
- [37] So LL. Skeletal maturation of the hand and wrist and its correlations with dental development. *Aust Orthod J.* 1997;15(1):1-9.
- [38] Bjork A, Helm S. Prediction of the age of maximum pubertal growth in body height. *Angle Orthod.* 1967;37(2): 134-43.
- [39] Tanner JM. *Growth at adolescence*. London: Oxford Blackwell; 1962.
- [40] Abbassi V. Growth and normal puberty. *Pediatrics.* 1998;102(2 Pt 3):507-11.
- [41] Wheeler MD. Physical changes of puberty. *Endocrinol Metab Clin North Am.* 1991;20(1):1-14.
- [42] Hamill PV, Drizd TA, Johnson CL, Reed RB, Roche AF, Moore WM. Physical growth: National Center for Health Statistics percentiles. *Am J Clin Nutr.* 1979;32(3):607-29.
- [43] Martínez L, Palacio I, De la Cruz C. Retardo pondoestatural. Guías de práctica clínica basadas en la evidencia [internet]. Convenio ISS-ASCOFAME [citado 2005 may 1]. Disponible en: <http://www.consultorsalud.com/biblioteca/Guias/Retardo%20Pondoestatural.pdf>
- [44] Conde L, Rueda A, Gracia B, Hormaza A, Agudelo JC. Edad sexual en escolares en Cali, Colombia. *Colom Med.* 2003;34(2):69-76.
- [45] Karlberg J. Secular trends in pubertal development. *Horm Res.* 2002;57(Supl. 2):19-30.
- [46] Malmgren O, Ömblus J, Hägg U, Pancherz H. Treatment with an orthopedic appliance system in relation

- to the treatment intensity and growth periods: a study of inicial effects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987;91(2):143-51.
- [47] Bambha JK, Van Netta P. Longitudinal study of facial growth in relation to skeletal maturation during adolescence. *Am J Orthod.* 1963;49(7):481-93.
- [48] Thilander B. Basic mechanisms of craniofacial growth. *Acta Odontol Scand.* 1995;53(3):144-51.
- [49] Persson M. Structure and growth of facial sutures. *Odontologisk Revy.* 1973;24(supl. 26):7-63.
- [50] Bjork A, Skieller V. Postnatal growth and development of maxillary complex. En: McNamara JA, editor. *Factors affecting the growth of the midface.* Michigan: University of Michigan; 1975. p. 61-99.
- [51] Ghafari J, Shofer FS, Jacobsson-Hunt U, Markowitz DL, Laster LL. Headgear versus function regulator in early treatment of Class II, division 1 malocclusion: a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;113(1):51-61.
- [52] Wheeler TT, McGorray S, Dolce C, Taylor MG, King GJ. Effectiveness of early treatment of Class II malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002;121(1):9-17.
- [53] Marsan G. Effects of activator and high-pull headgear combination therapy: skeletal, dentoalveolar, and soft tissue profile changes. *Eur J Orthod.* 2007;29(2):140-8.
- [54] Von Bremen J, Pancherz H. Efficiency of early and late Class II division 1 treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002;121(1):31-7.
- [55] Baccetti T, Franchi L, Toth LR, McNamara J. Treatment timing for Twin-block therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;118(2):159-70.