

Características de osificación de la mano y las vértebras cervicales y correlación entre las dos técnicas como indicadores de maduración somática en niños (as) entre 8 a 17 años

Ossification characteristics of the hand and the cervical vertebrae and correlation between the two techniques as indicators of somatic maturation in children from 8 to 17 years

Jackeline MULETT-VASQUEZ¹, Hernán PARRA-SÁNCHEZ².

1. Odontóloga, Profesora Asistente, Facultad de Salud, Universidad Autónoma de Manizales (Colombia). 2. Estadístico. Profesor Asociado, Facultad de Salud, Universidad Autónoma de Manizales (Colombia).

RESUMEN

Objetivo: Determinar las características de osificación de la mano y las vértebras cervicales y establecer la correlación entre las dos técnicas como indicadores de maduración somática en niños entre 8 y 17 años. **Materiales y métodos:** Este estudio correlacional - transversal, se realizó en 200 niños entre 8 y 17 años, que no presentaban enfermedades sistémicas que afectarán el desarrollo esquelético, ni síndromes craneofaciales. Las radiografías cefálica de perfil y carpograma fueron tomadas el mismo día. El carpograma se evaluó de acuerdo con la edad y el nivel de maduración esquelética (Skeletal maturation assesment – SMA). Se estableció la frecuencia para las variables género, índice de maduración carpal y de la columna vertebral. Se realizó una matriz de correlaciones (Coeficiente de Pearson) para las variables cuantitativas peso talla y las variables que explican los índices, y para las variables en escala ordinal, el esta-

dístico Tau-b de Kendall. Se construyeron modelos de regresión con el objetivo de predecir el SMI.

Resultados: los estadios de osificación se iniciaron más temprano en las mujeres que en los hombres (mujeres SMI₁: 8,4+0,8 años y en los hombres a los 10,3+1,5 años). Según el modelo de correlación hubo una relación directa entre la altura y la forma de las vértebras con el SMI. El coeficiente de determinación (R²) indicó que el 86% del SMI se explicó por las dos variables estudiadas.

Conclusiones: La maduración ósea establecida de acuerdo al índice de maduración esquelética de Fishman, se presentó cronológicamente más temprano. Hubo una correlación estadísticamente significativa entre la altura y la forma del cuerpo vertebral con los estadios de maduración esquelética (SMI).

Palabras clave: Maduración esquelética, vértebras cervicales, talla, peso.

SUMMARY

Objective: To determine the characteristics of hand-wrist and cervical vertebral ossification and establish the correlation between these two techniques as indicators of somatic maturation in children between 8 and 17 years old.

Materials and Methods: A cross sectional and correlational study was carried out in 200 children between 8 and 17 years old, born in the same city. Children should show no systemic diseases that affect the skeletal development or craniofacial syndromes. Lateral cephalometric radiographs and carpogram test were taken in the same day. The frequency of the variables such as gender, carpal and cervical vertebrae maturation indexes was established. A correlation matrix (Pearson's coefficient) for the quantitative variables (height and weight) and the variables that explain the indexes, and the ordinal scale variables and Kendall's Tau-b statistics were done. Regression models were developed to predict the skeletal maturation index (SMI).

Results: According to the age and level of skeletal maturation (skeletal maturation assesment - SMA), the ossification stages begin earlier in women than in men (women SMI₁: 8.4 +0.8 years and in men to 10.3 +1.5 years). Depending on the correlation model, there is a direct relation between height and shape of vertebrae with the SMI. The coefficient of determination (R²) indicated that 86% of SMI is explained by the two analyzed variables.

Conclusions: There was a statistically significant correlation between height and shape of the vertebral body with stages of skeletal maturation index (SMI).

Recibido para publicación: Agosto 01 de 2012.
Aceptado para publicación: Octubre 22 de 2012.
Correspondencia:
J. Mullett, Universidad Autónoma de Manizales.
jmullett@autonoma.edu.co

Key words: Skeletal maturation, cervical vertebrae, height, weight.

INTRODUCCIÓN

En la literatura científica, diferentes artículos corroboran el limitado uso de la edad cronológica como punto de partida para la toma de decisiones en la intervención de las maloclusiones y de otros procedimientos orales (1,2). La edad esquelética, determinada por los cambios en la forma de los huesos más que por su densidad evaluada a través de la radiografía es uno de los métodos más confiables y más usados en el momento para su análisis (3). Entre las radiografías utilizadas para evaluar la madurez esquelética se ha empleado la radiografía carpal o radiografía de mano y muñeca porque en ella se puede observar un buen número de centros de osificación en el carpo y el desarrollo de las epífisis y las diáfisis de las falanges y del radio, cambio verificados a través de los años en relación al crecimiento del individuo (4).

Varios autores han utilizado distintos métodos para describir gráficamente la osificación de los huesos de la mano y de la muñeca y establecer la predicción del crecimiento, por ejemplo: el método de Grave y Brown, desarrollado en 1976, que utiliza los huesos pisiforme, ganchoso, falanges de segundo y tercer dedo y el hueso sesamoideo en el primer dedo. Los 14 eventos de osificación pueden ser agrupados en dos categorías: osificación individual de los huesos y cambios epifisiales. Los eventos en los huesos individuales incluyen la osificación del pisiforme (Pisi), inicio y avance de la calcificación del hueso ganchoso y la aparición del sesamoideo en la articulación metacarpo-falange del primer dedo.

Los cambios epifisiales fueron registrados para el primer, segundo y tercer dedo y el radio, según las observaciones hechas por los autores, la osificación se produce antes en las niñas que en los niños, momentos de osificación que ocurren con anterioridad a que se alcance el pico de crecimiento puberal; se considera la fase de espera, en la

cual, la epífisis alcanza igual anchura que la diáfisis en los dedos y en el radio; y por la osificación del hueso pisiforme y el inicio de la delimitación de la apófisis unciforme. Se considera el pico máximo de crecimiento o de aceleración, en donde se evidencia el cubrimiento epifisial en los dedos y el radio y la osificación del sesamoideo así como la delimitación más definida de la apófisis unciforme. Y finalmente, aquellos momentos de osificación que claramente se producen en la mayoría de los sujetos una vez que el pico de crecimiento puberal ha sido alcanzado o fase de decrecimiento, en la cual la unión epifisial se ha consolidado en los dedos y en el radio (5).

Fishman en 1982, quien desarrollo un sistema para la evaluación de la maduración esquelética con base a 11 indicadores "Indicadores de maduración esquelética" (SMI) a través de todo el periodo de la adolescencia. Estos indicadores proporcionan la información para identificar los eventos progresivos de maduración mediante la identificación de 6 sitios anatómicos en el primer dedo, tercer y quinto dedo y en el radio, así mismo proporciona elementos de juicio para establecer de manera individual los niveles de maduración en cada paciente mediante el índice de maduración esquelética (Skeletal maturation assessment SMA), que clasifica los indicadores de maduración esquelética en subgrupo con características de crecimiento aceleración, estable y de maduración tardía con base a la agrupación de SMI (2).

Diferentes autores, entre los que se pueden citar Bench (1963), Taylor (1975) y Lamparki (1972) y Hellsing (1991), han estudiado los cambios morfológicos de las vértebras y específicamente las vértebras cervicales. Los hallazgos plantean que las vértebras cervicales presentan unos patrones de desarrollo y unos núcleos de osificación comparables a los huesos de la muñeca y los de la mano y por lo tanto pueden utilizarse de forma confiable para determinar la edad ósea. Lamparski en 1972, identificó las características morfológicas que presentaban las vértebras en cada una de las

edades estudiadas, y con esto consiguió crear un "atlas descriptivo de radiografías estándares" asignándoles 6 estadios. Hassel y Farman en 1995, desarrollaron el Índice de maduración cervical (cervical vertebrae maturation index CVMI) utilizando las radiografía cefálicas de perfil como medio de diagnóstico pre-tratamiento y utilizarse como herramienta para determinar la maduración esquelética. En las radiografías se estudiaron el proceso odontoides del axis y los cuerpos de la tercera y cuarta vértebra ya que eran visibles en presencia del collar protector de tiroides durante la exposición radiográfica. En las vértebras, analizaron la presencia o ausencia de la curvatura en el borde inferior del cuerpo del axis, C₃ y C₄; la forma general de los cuerpos de C₃ C₄, así como los espacios intervertebrales. En el estudio se hizo la comparación con los índices de maduración obtenidos a través de la radiografía carpal expuesto por Fishman. Con estos análisis se plantearon seis categorías descritas de acuerdo con los cambios en la vértebra, el indicador de maduración esquelética SMI y el porcentaje de crecimiento por lograr en el adolescente.

En el 2002, San Román *et al* realizan un estudio cuyo objetivo era determinar la validez de la evaluación radiográfica de la maduración esquelética mediante las vértebras cervicales. Los autores calcularon los Coeficientes de Correlación para establecer la relación entre los valores de la maduración esquelética obtenidos a través de las tres clasificaciones de maduración vertebral y de maduración esquelética obteniendo valores estadísticamente significativos. La principal fortaleza de esta investigación, es que con las tres variables morfológicas se ha elaborado una ecuación que permite estimar con exactitud el estadio de maduración esquelética del paciente y usado a cambio de la radiografía carpal. Los investigadores, llegaron a la conclusión, que el método diseñado es tan fiable como el de Hassel y Farman y más fiable que el de Lamparski ya que este último es más preciso en niñas. El mejor parámetro para estimar la maduración es la concavidad del borde inferior del cuerpo vertebral (6).

En la actualidad, la ortodoncia a progresado enormemente en relación al diagnóstico, técnicas de tratamiento, estabilidad y materiales con el fin de tener mejores resultados en la atención del paciente no solo en la posición dental final sino en la relación de esto con las bases óseas y con el crecimiento corporal general. Aunque los movimientos dentales pueden hacerse independientes de la edad, la reposición de las bases apicales con el fin de prevenir y corregir las discrepancias esqueléticas, necesita del profesional el conocimiento de los momentos de crecimiento en su paciente con el fin de implementar la técnica adecuada (7). Recientemente se ha planteado la necesidad de conocer adecuadamente la edad esquelética o somática como el mejor indicador para establecer el momento óptimo e iniciar la corrección de maloclusiones, en aquellas donde se presente deficiencias mandibulares a través del tratamiento temprano, planteado en dos fases: aparatología ortopédica funcional y ortodoncia correctiva (8).

El propósito de esta investigación fue determinar las características de osificación de la mano y las vértebras cervicales y establecer la correlación entre las dos técnicas como indicadores de maduración somática en niños (as) entre 8 a 17 años que asistieron a las clínicas odontológicas del programa de Odontología de la Universidad Autónoma de Manizales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio correlacional-transversal, en 200 niños entre 8 a 17 años que asistieron a las clínicas odontológicas del programa de odontología de la Universidad Autónoma, distribuidos de manera uniforme por género y por edad (10 niños para cada condición), que cumplieran con los criterios de inclusión: niños nacidos en la ciudad de Manizales o en municipios cercanos (Neira, Chinchiná y Villamaría), que no presenten enfermedades sistémicas que afectaran el desarrollo esquelético, ni síndromes craneofaciales, además que las radiografías (cefálica de perfil y carpograma)

Categoría	Indicador
1. Ancho de la epífisis con respecto a la diáfisis.	Cuando la epífisis ha alcanzado por su crecimiento lateral el mismo ancho de su respectiva diáfisis. Se consideran los siguientes indicadores: 1. SMI ₁ : Falange proximal del tercer dedo. 2. SMI ₂ : Falange media del tercer dedo. 3. SMI ₃ : Falange media del quinto dedo.
2. Osificación.	4. SMI ₄ : Osificación del hueso sesamoideo en el dedo pulgar. Este aparece como un centro de osificación de un tamaño relativamente pequeño, de forma redonda en la mitad de la unión de la epífisis y diáfisis de la falange proximal aún separadas (El hueso se empieza hacer más grande y denso). Cuando se tiene la primera evidencia de la osificación del hueso se aplica el criterio de indicador de maduración.
3. Cubrimiento de la epífisis a la diáfisis.	Ocurre entre la transición del crecimiento transversal o amplitud de la epífisis en relación con su diáfisis y la fusión entre ambas. En este estadio, los márgenes laterales redondeados de la epífisis empiezan a aplanarse hacia la diáfisis con un ángulo agudo en el lado frente a la diáfisis. Los sitios anatómicos correspondientes a este estadio son: 5. SMI ₅ : Falange distal del tercer dedo. 6. SMI ₆ : Falange media del tercer dedo. 7. SMI ₇ : Falange media del quinto dedo.
4. Fusión de la epífisis y la diáfisis, es posterior al cubrimiento.	Empieza en el centro y progresa lateralmente hasta que los dos huesos que se han formado separadamente se unen para formar una sola estructura. El momento en el que se completa la fusión, se observa como una suave superficie continua en el área de unión y en este momento se aplica el SMI. Esta condición se encuentra en: 8. SMI ₈ : Falange distal del tercer dedo. 9. SMI ₉ : Falange proximal del tercer dedo. 10. SMI ₁₀ : Falange media del tercer dedo. 11. SMI ₁₁ : Radio.

en las cuales se hicieron los análisis fueran tomadas el mismo días con los estándares propios de su técnica).

Para la obtención de la información en las radiografías, se hizo una calibración intra-observador mediante la aplicación del coeficiente de correlación intraclass entre las medidas hechas en las radiografías de los 30 pacientes en la primera semana y a la tercera semana, el coeficiente obtenido estuvo en un rango de 0.96 y 0.99 ($P < 0.001$), lo que significa una calibración adecuada para la obtención de la información en las radiografías.

Una vez recolectada la información, se llevó al paquete estadístico SPSS versión 19, donde se procedió a realizar su estudio. Se calculó el coeficiente de variación para ob-

servar la heterogeneidad o la homogeneidad de las mediciones entre grupos, además, se efectuó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para probar normalidad de las variables cuantitativas. Se realizó una matriz de correlaciones (Coeficiente de Pearson) para las variables cuantitativas peso talla y las variables que explican los índices, y para las variables en escala ordinal, el estadístico Tau-b de Kendall, lo cual permitió medir las asociaciones más fuertes y más débiles entre dichas variables.

Se construyeron modelos de regresión con el objetivo de predecir el SMI en función de talla, peso y las características anatómicas de los cuerpos vertebrales concavidad del borde inferior, altura y forma del cuerpo vertebral previa validación de los modelos y luego de someterlos a las pruebas de ho-

mocedasticidad, independencias residual y multicolinealidad.

Los criterios para el análisis de la información fueron:

Radiografía Carpal

Se utilizó el sistema de Fishman (2), de indicadores de maduración esquelética (SMI, Indicador of Skeletal Maturation), agrupados en cuatro categorías de maduración ósea, ubicados en seis sitios anatómicos del primer, tercer, quinto dedo y en el radio. Cada indicador se clasifica dentro de una característica específica (Tabla 1).

En la valoración radiográfica y al aplicar el método, se tiene como estadio clave la aparición de SMI₄ en el dedo pulgar. Si no es aplicable, se entendió que el paciente está en una fase de ensanchamiento de la epífisis con respecto a la diáfisis y los estadios de cubrimiento de la epífisis o fusión no son aplicables. Para hacer más fácil la aplicación del sistema propuesto por Fishman, el autor plantea el siguiente esquema para la observación de la radiografía carpal – valoración de los indicadores de maduración esquelética (SMI).

Verteograma

En el método presentado por San Román (2002), se observan los cambios anatómicos de las vértebras cervicales en la concavidad del borde inferior, altura y forma del cuerpo vertebral (Tabla 2).

RESULTADOS

Al analizar la talla, las mujeres presentaron un promedio ligeramente mayor entre los 8 y 9 años y entre los 10 a 13 años se hace más evidente la diferencia con respecto al grupo de hombres. A partir de los 14 años, el promedio de talla para los hombres es claramente mayor con respecto al promedio de la estatura en las mujeres conservando esta tendencia hasta el último rango de edad evaluado en el estudio (promedio de talla a los 17 años 172 + 9.6 cm – 157 +

Tabla 2. Criterios de análisis de las vértebras (vertebrama)	
Categoría	Indicador
1. Concavidad del borde inferior Se consideró como presente cuando en el trazo de la vértebra en el acetato, se encontró una distancia mayor a 1mm entre la mitad del borde inferior del cuerpo vertebral y la línea trazada desde el ángulo postero-inferior al ángulo antero-inferior del cuerpo vertebral.	De acuerdo con la concavidad, se definieron seis estadios: 1. Todas las vértebras tienen el borde inferior plano. 2. La concavidad está presente en el borde inferior de C ₂ . 3. La concavidad está presente en el borde inferior de C ₃ . 4. Se incrementa la concavidad de C ₂ y C ₃ y la concavidad está presente en C ₄ , C ₅ y C ₆ . 5. Se incrementa la concavidad en todas las vértebras. 6. Una concavidad profunda está presente en todos los bordes inferiores de las vértebras y los ángulos inferiores están redondeados.
2. Altura del cuerpo vertebral: se calculó en C ₃ y C ₄ . La altura se determinó desde el punto medio de la línea que une los puntos que representan los ángulos antero-inferior y postero-inferior del borde inferior del cuerpo de la vértebra hasta el punto medio del borde superior del cuerpo vertebral. El ancho de la vértebra se calculó en los puntos medios de la superficie anterior y posterior de cada cuerpo vertebral en C ₃ y C ₄ .	1. La altura es menor al 80% del ancho vertebral. 2. La altura está entre el 80 y 99% de la altura vertebral. 3. La altura y el ancho vertebral son iguales. 4. La altura es mayor que el ancho vertebral.
3. Forma del cuerpo vertebral: se calcula en C ₃ y C ₄ .	Se definen los siguientes estadios: 1. El borde inferior está inclinado de posterior al borde anterior en forma de cuña. 2. Forma de cuña en C ₃ , C ₄ tiene una forma cercana a rectángulo con ausencia del ángulo anterosuperior. 3. Forma rectangular de los cuerpos vertebrales. 4. Los cuerpos vertebrales tienen una forma cercana al cuadrado. 5. Los cuerpos vertebrales son cuadrados. 6. Los cuerpos vertebrales son rectangulares, con mayor altura que amplitud.

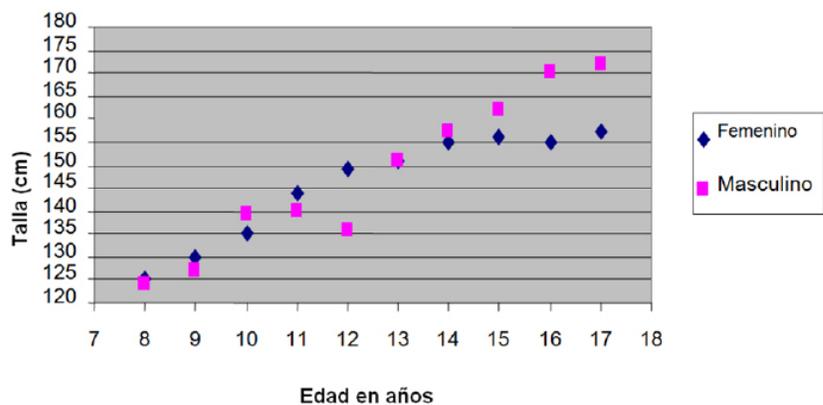


Figura 1. Talla en centímetros según género y edad.

3.5 cm) (Figura 1). Sin embargo, al aplicar la prueba para comparación de medias, se observó que no había diferencias estadísticamente significativas entre los promedio de la talla en hombres y mujeres ($T=0.761$, $p>0.05$) con excepción del grupo edad de 10 y 17 años que si mostraron diferencias significativas ($p<0.05$).

Al igual que en la estatura, las mujeres tuvieron un promedio de peso mayor que los hombres entre los 8 a 15 años de edad, pero a partir de los 16 años, el peso en los hombres fue mayor que en las mujeres (16 años, hombres: $53 + 10.9$ Kg; mujeres $48 + 7$ Kg y a los 17 años, en los hombres el peso promedio fue de $56 + 8.3$ Kg y en las mujeres de $51 + 3.6$ Kg). Al efectuar la prueba para comparación de medias, no se observaron diferencias significativas en los pesos de hombres y mujeres con excepción del grupo de 12 años cuyas diferencias si fueron significativas ($p<0.05$).

Valoración de los indicadores somáticos observados en el carpograma y el verteograma

Los indicadores de maduración somática, se valoraron a través del carpograma mediante el índice de maduración esquelética de Fishman. Con respecto a la variable género en la población observada, 6 de cada 10 hombres se encontraban en el primer estadio de maduración evaluada a través de los tres primeros indicadores de maduración esquelética – SMI_1 , SMI_2 y SMI_3 (ancho igual de la epífisis con respecto a la diáfisis, visto en la falange distal del tercer dedo, falange proximal del tercer dedo y falange proximal del quinto dedo respectivamente). Dieciséis hombres no se clasificaron en este sistema de valoración puesto que no se evidenciaron parámetros en relación de las epífisis y las diáfisis.

En las mujeres, a diferencia de los hombres, el 3% no se clasificó en ningún estadio, 2 de cada 10 se encontró en el primer estadio de maduración ósea (indicadores de maduración esquelética SMI_1 , SMI_2 , SMI_3). El 55% de la población se encontró entre

Tabla 3. Distribución de la muestra por género de acuerdo con los estadios de maduración esquelética SMI

Estadios de maduración SMI	Femenino		Masculino		Total	
	n	%	n	%	n	%
0	3	3.0	16	16.0	19	9.5
1	5	5.0	21	21.0	26	13
2	5	5.0	11	11.0	16	8
3	13	13.0	8	8.0	21	10.5
4	11	11.0	3	3.0	14	7
5	4	4.0	6	6.0	10	5
6	4	4.0	4	4.0	8	4
7	11	11.0	10	10.0	21	10.5
8	1	1.0	4	4.0	5	2.5
9	6	6.0	4	4.0	10	5
10	21	21.0	9	9.0	30	15
11	16	16.0	4	4.0	20	10
Total	100	100	100	100	200	100

los índices de maduración 7 a 11, siendo el SMI_{10} – fusión de la epífisis y la diáfisis – valorada en la falange media del tercer dedo el que más predominó en la población femenina (Tabla 3).

De acuerdo con la edad y con el fin de evaluar el nivel de maduración esquelética (Skeletal Maturation Assessment – SMA), se observó que los estadios de osificación se iniciaban más temprano en las mujeres que en los hombres (mujeres SMI_1 : $8,4+0,8$ años y en los hombres a los $10,3+1,5$ años), finalizando el proceso de crecimiento en los hombres a una edad más tardía, (en las mujeres SMI_1 a los $15,9$ años $+1,1$ y en los hombres a los 17). Para comparar los promedios de edad entre los hombres y las mujeres se utilizó la prueba no paramétrica (MANN – WHITNEY). Se observó diferencias significativas para los estadios 2 y 3. ($p<0.05$) mientras que en los estadios 0 y 1 no hubo diferencias significativas ($p>0.05$) (Tabla 4).

Para establecer las características de maduración ósea por medio de las vértebras cervicales C_2 , C_3 y C_4 , se evaluaron los cambios morfológicos del cuerpo verte-

bral tanto en hombres como mujeres y de acuerdo con la edad cronológica, según los siguientes parámetros:

Concavidad del borde inferior:

De acuerdo con los estadios que describen los cambios en el borde inferior del cuerpo vertebral, 7 de cada 10 mujeres se encontraron entre los estadios 4 al 6. El estadio más frecuente correspondió al estadio 5 con un 27%, seguido por el estadio 6 con un 20%. En los hombres el 61% se ubicó en los estadios 1 al 3, es decir el estadio 1. Los estadios que más predominaron fueron los estadios 1 y 2, 32% y 19% respectivamente.

Altura del cuerpo vertebral:

De acuerdo con los parámetros para valoración de la altura vertebral, la mayoría de las mujeres están en los estadios 3 y 4 (57%), mientras que la mayoría de los hombres están en los estadios 1 y 2 (71%).

Forma del cuerpo vertebral:

Esta característica morfológica se valoró en C_3 y C_4 . En este estudio, 6 de cada 10 mujeres estaban entre los estadios 3 al 5, siendo más común en estadio 5 donde se ubicaron 30 mujeres evaluadas. En los

hombres igual proporción de ellos (6 de cada 10) se ubicaron entre los estadios 1 y 3 de la valoración de la del cuerpo, predominando el estadio 1 con 33 hombres.

Correlación entre el índice de maduración esquelética (SMI) peso, talla y los parámetros anatómicos en las vértebras cervicales

Se relacionaron los estadios de maduración esquelética (SMI) con respecto al peso y la talla y con las características anatómicas de las vértebras cervicales que permitían determinar la maduración esquelética: concavidades del borde inferior de C₂, C₃ y C₄; la altura y forma del cuerpo vertebral analizadas en C₃ y C₄. Se observó una correlación estadísticamente significativa tanto en hombres como en mujeres (p<0.05) (Tablas 5 y 6).

Índice de maduración esquelética establecida por el peso y la talla

Se realizó un modelo de regresión lineal empleando el método de los mínimos cuadrados ordinarios (MCO) tomando como variable dependiente SMI (Índice de maduración esquelética) y como variables predictoras o explicativas las variables peso y talla, con el objetivo de estimar el índice de maduración esquelética tanto en hombres como en mujeres.

El modelo para los hombres fue:
 $SMI = -16.51 + 0.097 \text{ peso} + 0.114 \text{ talla}$
 $R^2 = 78,6\%$ $p = 0.000$ $p = 0.000$

El modelo para las mujeres fue:
 $SMI = -22.15 + 0.102 \text{ peso} + 0.170 \text{ talla}$
 $R^2 = 80,4\%$ $p = 0.000$ $p = 0.000$

Según el modelo tanto para hombres como para mujeres hubo una relación directa entre el peso y la talla con el SMI. Adicionalmente, el coeficiente de determinación (R²) indicó que en los hombres el 79% y en las mujeres el 80% del SMI era explicado por la combinación lineal de las dos variables estudiadas, se observó además, que los coeficientes del modelo eran estadísti-

Tabla 4. Promedio de la edad cronológica en años con respecto a los indicadores de maduración esquelética SMI

Estadios de maduración SMI	Femenino		Masculino		U de Mann – Whitney	P valor
	Media	DS	Media	DS		
0	8.0	0	8,8	0,9	-1,5	0,130
1	8.4	0,6	10,3	1,5	-2,66	0,008
2	8.8	0,8	11	1	-2,97	0,003
3	9.7	0,9	12,9	1,3	-3,69	000
4	10,5	0,9	13	1	-2,56	
5	12	0,8	13,7	0,8		
6	12	1,8	14,5	1		
7	12	0,7	15,4	0,7		
8	14	0	15,3	1		
9	13,5	1,2	15,8	1,5		
10	15,2	1,3	16,1	1,1		
11	15,9	1,1	17	0		

Tabla 5. Correlación entre el índice de maduración esquelética (SMI) peso, talla y los parámetros anatómicos en las vértebras cervicales

SMI – Peso y talla	Femenino	Masculino
SMI – peso	R=0.848 *	R=0.848*
SMI – Talla	R=0.872*	R=0.881*

*Significativa (p<0.05). Coeficiente correlación de Pearson.

Tabla 6. Correlación entre los índices de maduración esquelética y los parámetros anatómicos de las vértebras cervicales

SMI – Parámetros Vertebrales	Femenino	Masculino
SMI – Concavidad del borde Inferior	R=0.861 *	R=0.794*
SMI – Altura del cuerpo vertebral	R=0.800*	R=0.770*
SMI – Forma del cuerpo vertebral	R=0.806*	R=0.807*

*Significativa (p<0.05). Coeficiente correlación de Tau-b de Kendall.

camente significativos. El modelo cumplió con los supuestos de homocedasticidad de residuales, incorrelación de los errores y no se observó multicolinealidad.

Índice de maduración esquelética establecida por los parámetros anatómicos de maduración vertebral

Se realizó un modelo de regresión lineal por el método de MCO, tomando como variable dependiente SMI (Índice de maduración esquelética) y como variables predictoras o explicativas las variables que correspondían a los parámetros anatómicos vertebrales: concavidad del borde inferior, altura y forma del cuerpo vertebral, para estimar de esta manera el índice de maduración esquelética tanto en hombres como en mujeres.

El modelo para los hombres fue:
 $SMI = -1.74 + 0.502 \text{ concavidad} + 1.003 \text{ altura} + 0.824 \text{ forma}$
 $R^2 = 86.7\%$ $p = 0.176$
 $p = 0.000$ $p = 0.027$

Como se observó en la ecuación, el coeficiente de la concavidad del borde inferior no fue estadísticamente significativo ($p > 0.05$), por lo tanto, se ajustó el modelo sin esta variable, siendo significativos los coeficientes, quedando el modelo de la siguiente manera:

$SMI = -1.73 + 1.129 \text{ altura} + 1.256 \text{ forma}$
 $R^2 = 86.4\%$ $p = 0.000$ $p = 0.027$

Según el modelo hubo una relación directa entre la altura y la forma de las vértebras con el SMI. Adicionalmente, el coeficiente de determinación (R^2) indicó que el 86% del SMI era explicado por las dos variables estudiadas. Los modelos cumplieron con todos los supuestos, homocedasticidad, incorrelación en los errores y no presencia de multicolinealidad (Tabla 7).

Para las mujeres el modelo fue el siguiente:

$SMI = -2.121 + 1.335 \text{ concavidad} + 0.73 \text{ altura} + 0.345 \text{ forma}$
 $p = 0.000$ $p = 0.032$
 $p = 0.187$

Tabla 7. Modelos de regresión en los hombres para determinar SMI de acuerdo con los parámetros anatómicos vertebrales

Modelo	Coefficientes no estandarizados	Coefficientes estandarizados	T	Sig.	
	B	Beta			
(Constante)	-1.741		-6.323	.000	
1	Concavidad del borde inferior	.502	.247	1.362	.176
	Altura del cuerpo vertebral	1.003	.312	3.329	.001
	Forma del cuerpo vertebral	.824	.393	2.239	.027
(Constante)	-1.737		-6.279	.000	
2	Altura del cuerpo vertebral	1.129	.351	3.919	.000
	Forma del cuerpo vertebral	1.256	.599	6.686	.000

a. Variable dependiente: SMI $R^2 = .864$ (86.4%).

Tabla 8. Modelos de regresión en las mujeres para determinar SMI de acuerdo con los parámetros anatómicos vertebrales

Modelo	Coefficientes no estandarizados	Coefficientes estandarizados	T	Sig.	
	B	Beta			
(Constante)	-2.121		-5.631	.000	
1	Concavidad del borde inferior	1.335	.577	4.936	.000
	Altura del cuerpo vertebral	.731	.220	2.175	.032
	Forma del cuerpo vertebral	.345	.156	1.330	.187
(Constante)	-2.209		-5.935	.000	
2	Altura del cuerpo vertebral	1.556	.673	7.279	.000
	Forma del cuerpo vertebral	.917	.276	2.986	.004

a. Variable dependiente: SMI $R^2 = .870$ (87%)

Como se observó en la ecuación, el coeficiente de la forma del cuerpo vertebral no fue estadísticamente significativo ($p < 0.05$), por lo tanto, se ajustó el modelo sin esta variable, siendo significativos los coeficientes, quedando el modelo de la siguiente manera:

$$\text{SMI} = -2.209 + 1.556 \text{ concavidad} + 0.9176 \text{ altura}$$

$R^2 = 87\%$ $p = 0.000$ $p = 0.04$

Los modelos cumplieron con todos los supuestos, homocedasticidad, incorrelación en los errores y no presencia de multicolinealidad. Según el modelo hubo una relación directa entre la altura y la forma de las vértebras con el SMI. Adicionalmente, el coeficiente de determinación (R^2) indicó que el 87% del SMI era explicado por las dos variables estudiadas (Tabla 8).

DISCUSIÓN

En la valoración del crecimiento y desarrollo craneofacial y en el diagnóstico de las maloclusiones, es importante determinar el tiempo ideal para iniciar el manejo preventivo o correctivo, para establecer la terapéutica indicada de acuerdo con las características particulares del paciente (7). De rutina se tiene a primera mano la edad cronológica del paciente, parámetro poco válido para establecer la velocidad de crecimiento o la maduración esquelética (1,2), asociado al dimorfismo sexual y a las condiciones propias del individuo como lo son las características raciales, niveles de nutrición, condiciones genéticas entre otras.

El apoyo en la toma de decisiones a expensas de la talla y el peso como medida antropométrica permite establecer las condiciones de crecimiento del paciente pero con la reserva, que al analizarse estas dos condiciones se hacen en un momento determinado sin tener en cuenta las condiciones individuales del niño desde el nacimiento hasta el momento de tomar la medida y su contexto biológico familiar (1).

En este estudio se tomó la talla y el peso para cada individuo y se establecieron los

promedios de acuerdo con la edad y el género.

Al compararse con las medidas presentadas por las tablas de referencia publicadas por el Nacional Center for Health Statistics (NCHS) (9), se observó que los promedios de talla y peso para cada grupo de edad y género estaban dentro de los rangos de referencia, pero, a diferencia de estos valores en este estudio, los datos difieren en la presentación por género donde los resultados encontrados son mayores para las mujeres en las edades tempranas en comparación a los resultados en los hombres y al finalizar la adolescencia los hombres obtiene medidas para el peso y la talla mayores que los alcanzados por las mujeres pero dentro de los rangos presentados en las tablas del NCHS, esta condición posiblemente se debe al tamaño de la muestra considerado para cada rango de edad y por la variabilidad que se puede presentar en estos indicadores de acuerdo con la condición propia de cada paciente (10).

La valoración de la maduración ósea entre los indicadores biológicos y específicamente el análisis de los cambios de los huesos de la mano y la muñeca, es ampliamente usada para la toma de decisiones con el fin de determinar el cuando y el cómo iniciar el tratamiento para el manejo de las maloclusiones, aumentando una radiografía de más a las usadas de rutina para el diagnóstico (11).

En este trabajo se analizó la radiografía de la mano de acuerdo a los criterios expuestos por Fishman en 1982, se observó la aparición de el SMI_1 como indicador del proceso secuencial de osificación de los huesos de la mano, SMI_4 como indicador de la aparición del sesamoideo en el dedo pulgar, del cubrimiento lateral de la diáfisis por la epífisis en la falange media del tercer dedo y la fusión de la epífisis y la diáfisis en la falange distal de el mismo dedo (SMI_8).

La radiografía cefalométrica de perfil usada para el diagnóstico de maloclusiones, permite evaluar los cambios en el cuerpo

vertebral y los discos intervertebrales desde el nacimiento hasta la edad adulta, disminuyendo costos para el paciente (7).

En esta investigación la maduración ósea establecida de acuerdo al índice de maduración esquelética (Fishman) se presentó más temprana que las edades cronológicas registradas por fishman en 1982, posiblemente por las condiciones propias de cada individuo.

AGRADECIMIENTOS

A la odontóloga Paula Constanza Vanegas Betancourth y a las estudiantes de pregrado: Gloria Yuliana González Martínez, Erica Andrea González Márquez, Yesica Tatiana Díaz Deossa por su colaboración en el trabajo de campo de este estudio.

CONCLUSIONES

La maduración ósea establecida de acuerdo al índice de maduración esquelética de Fishman, se presentó cronológicamente más temprano posiblemente por las condiciones individuales y por el tamaño de la muestra. El parámetro de la morfología de las vértebras cervicales para estimar la maduración esquelética es la concavidad del borde inferior del cuerpo. Sin embargo en la presente investigación, se encontró que hubo una correlación estadísticamente significativa entre la altura y la forma del cuerpo vertebral, al compararse con los estadios de maduración esquelética (SMI) tanto en hombres como en mujeres.

REFERENCIAS

1. Hägg U, Taranger J. Skeletal stages of the hand and wrist as indicators of the puberal growth spurt. *Acta Odont Scand* 1980; 38(10):187-200.
2. Fishman L. Chronological versus skeletal age, an evaluation of craniofacial growth. *Angle Orthod* 1979; 49:181-9
3. Uribe GA. Fundamentos de Odontología. Ortodoncia, Teoría y Clínica. Cap 2 Corporación Para Investigaciones Biológicas: Medellín; 2004.

4. Hernández M et al. Atlas de Maduración Ósea y Predicción de Talla. ED. Díaz de Santos; 1991.
5. Grave KC et al. Skeletal ossification and the adolescent growth spurt. *Am J Orthod* 1976; 69(6):611-9.
6. San Román P, Palma JC, Oteo MD, Nevado E. Skeletal maturation determined by cervical vértebrae development. *Eur J Orthod* 2002; 24(3):303-11.
7. Almada EC et al. Skeletal maturation analysis by morphological evaluation of the cervical vértebrae. *J Clin Pediatr Dent* 2006; 30:265-270.
8. Tulloch JFC, Proffit WR, Phillips. Influence on the outcome of early treatment for class II malocclusion. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1997; 111:533-42.
9. Growth Charts for the United States 2000 CDC: Methods and Development. Vital and Health Statistics. Department of health and human service. 2002; 11(46).
10. García B. Antropometría por edad, género y estrato socioeconómico de la población escolarizada de la zona urbana de Cali. *Col Med* 2003; 34:61-8.
13. Flores-Mir C, Burgess CA, Champney M, Jensen RJ, Pitcher MR, Major PW. Correlation of skeletal maturation stages determined by cervical vértebrae and hand-wrist evaluations. *Angle Orthod* 2006;76(1):1-5.