

hormonal. La menarca puede ocurrir muy temprano (9 años) o muy tarde (17 años), por lo tanto la edad cronológica no es buena indicación de maduración biológica individual. Un año antes de la menarca hay un brote de crecimiento somático y facial. Una de las mejores maneras de valorar la "edad de maduración del individuo" es por medio de un estudio de la formación y crecimiento de los huesos de la mano.³

Otro de los conceptos que es importante definir es el de *desarrollo* ya que éste es un fenómeno que va a la par con el crecimiento y es la rama de la biología que se preocupa del estudio de la descripción y comprensión del proceso mediante el que un huevo fecundado, una espora o una yema se convierten en un organismo adulto. Además, los biólogos están interesados en la relación entre los procesos de desarrollo y los de envejecimiento.⁴

Los estados de desarrollo usualmente se valoran con relación a los eventos físicos que tienen lugar durante el proceso de crecimiento, sin embargo, se sabe que cada individuo presenta su propio patrón de crecimiento, el cual no siempre se refleja en su edad cronológica, sino que la edad biológica (edad ósea, dental, y morfológica) es la que nos dictamina el estado de madurez somática del individuo.

Tanner describe también el concepto de *maduración*, el cual comenta, difiere de forma importante con respecto a otras medidas como la estatura, en las que el proceso de crecimiento normal conduce al individuo desde un estado de inmadurez hasta otro de madurez completa. Ello requiere de medir la maduración. Por lo cual es necesario que se produzcan una serie de fenómenos definidos que suelen tener lugar en el proceso de crecimiento de todos los individuos normales. Tales fenómenos son, por ejemplo, el crecimiento de un diente en particular, o en las niñas la menarquia. Así como la aparición de caracteres sexuales secundarios y así tener un parámetro de madurez comparativo entre un individuo y otro.⁵

Es muy importante que el patrón maduracional facial sea evaluado en comparación al crecimiento del resto del cuerpo, el crecimiento es una ventaja que podemos tomar para conocer *magnitud, dirección y momento*. Como ya se mencionó, la edad cronológica no tiene relación con la edad maduracional.

No hay una manera perfecta para valorar el desarrollo de un niño, pero la determinación de la edad esquelética ha probado ser la más confiable.

Debido a esta aparente variabilidad entre las personas con relación al momento de crecimiento se han hecho múltiples estudios longitudinales, por este hecho desde 1929 Gruelich y Pyle prepararon los prime-

ros estándares de desarrollo maduracional usando radiografías carpales (*Figura 1*).⁵

Desde hace ya varios años el hombre ha tratado de conocer cómo, cuándo y hacia dónde crece el cuerpo humano, así como establecer parámetros que nos permitan identificar la maduración ósea del individuo por diferentes métodos. Uno de ellos sin duda alguna es la radiología, debido a que nos permite analizar y observar fenómenos que no pueden verse a simple vista.⁶

A partir de entonces diversos investigadores se interesaron en analizar cada una de las estructuras del cuerpo humano para conocer o correlacionar el crecimiento con éstas. Es por ello que descubrieron la alta relación existente entre el crecimiento somático y la mano y muñeca del mismo individuo.

Hunter encontró que la mandíbula acompaña el crecimiento en estatura a lo largo de toda la adolescencia, es posible debido a que la mandíbula crece como un hueso largo, también *reportó* que los huesos carpales y estructuras adyacentes proveen los sitios más satisfactorios para estudiar la maduración ósea.⁷

Björk ilustró con su técnica de implantes que el pico máximo de crecimiento que el maxilar estuvo creciendo a la par que la mandíbula pero el maxilar terminaba antes de crecer.⁸

Tanner se basó principalmente en los llamados *fenómenos secuenciales invariables*. Lo cual quiere decir que debemos tener secuencias constituidas por



Figura 1. Radiografía carpal.

menos de 10 fenómenos. Los huesos de la mano y muñeca proporcionan una serie de secuencias más largas que la erupción dentaria por ejemplo. El radio y el cúbito, los huesos del carpo y los metacarpianos y falanges de la mano proporcionan en total 28 secuencias de este tipo con fenómenos en una u otra que pueden observarse en casi todos los estadios del desarrollo.

Desde 1904 Prior se interesó en el análisis de la radiografía camal identificando las diferentes densidades óseas. Roch en 1909 describió: "La muñeca puede aceptarse como un testimonio bastante fidedigno del desarrollo general".

La primera guía que se realizó para el análisis del grado de maduración ósea fue *el atlas de mano y muñeca* (realizado por T Wingate) 1937 a partir de entonces diversos autores han escrito sobre el tema (Figura 2).⁵

Uno de los métodos más conocidos para determinar la maduración a partir de los huesos de la mano y muñeca es el desarrollado por Greulich y Pyile en 1959. Su atlas contiene una serie de radiografías típicas de niños en unos 30 puntos de la escala de maduración.

Durante el crecimiento, cada hueso sufre una serie de cambios que pueden ser vistos radiográficamente. El momento de los cambios varía debido a que cada persona tiene su propio reloj biológico. En la práctica diaria es común utilizar la radiografía de mano debido a que es una radiografía pequeña, fácil de tomar y que requiere un mínimo de radiación para el paciente, además de que se presentan en una sola área del esqueleto varios centros disponibles que están sujetos a cambio en diferente rango y tiempo.

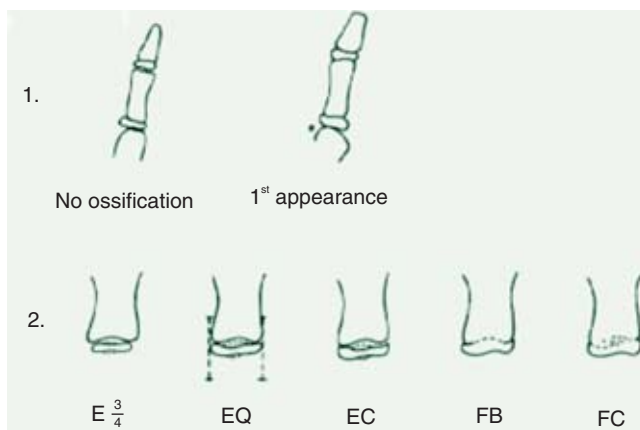


Figura 2. Esquema tomado de AJO-DO 1987 Dec (492-498): Leite, O'Reilly, and Close Skeletal age assessment with first, second, and third fingers.

ANATOMÍA MANO Y MUÑECA

Está formado por 8 huesos cortos, cuyo conjunto constituye el esqueleto de la muñeca o carpo, 5 huesos largos que forman el metacarpo y por último 14 huesos llamados falanges que constituyen el esqueleto de los dedos. Los estadios de crecimiento de los dedos se valoran según la relación epífisis-diáfisis que son 3 diferentes:

- La epífisis tiene la misma anchura que la diáfisis.
- La diáfisis rodea a la epífisis como capuchón.
- La epífisis osifica con la diáfisis.

Cada hueso endocondral empieza en un centro primario de osificación. Que cambia en forma, tamaño y contorno hasta su fusión total.

Fishman divide los estadios de maduración ósea carpal en 11. Demostró la aceleración y desaceleración del crecimiento.^{18,19}

En 1972 Björk en su estudio también basado en radiografía carpal divide el proceso de maduración en 8 estadios evolutivos, sin embargo Grave y Brown lo clasifican en 9 estadios en 1976, el cual es el que se utiliza en este estudio (Figura 3).¹²⁻¹⁴

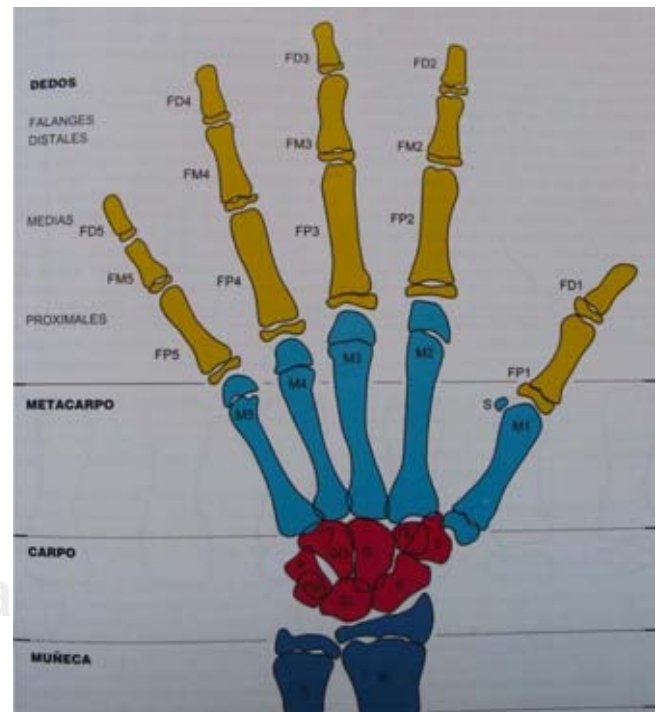


Figura 3. Anatomía de la mano y de la muñeca.

JUSTIFICACIÓN

En el Hospital Infantil de México, a los pacientes que son remitidos al Departamento de Estomatología, sobre todo en el Servicio de Ortodoncia, se les realiza un expediente que consta de: historia clínica, fotografías, modelos de estudio, radiografía lateral de cráneo, radiografía panorámica y una radiografía carpal con el fin de formar un expediente, diagnosticar y dar el tratamiento más oportuno a cada uno de nuestros pacientes. Nuestra población prácticamente es de niños y adolescentes de ambos sexos que pueden estar en pico máximo de crecimiento por las edades en las que están llegando a consulta. La importancia de poder predecir con una mayor exactitud la etapa de maduración en la que se encuentran nuestros pacientes radica en la obtención de un diagnóstico precoz y así mismo la realización de un plan de tratamiento adecuado, sobre todo si el tratamiento va a ser ortopédico o quirúrgico. El interés de estudiar las vértebras cervicales se debe a que puede darnos una información muy valiosa, debido a que el factor crecimiento es crítico porque de éste depende nuestro diagnóstico y plan de tratamiento. En nuestra práctica siempre tendremos a la mano una radiografía lateral de cráneo para nuestro estudio cefalométrico, en la cual se pueden analizar las primeras vértebras cervicales y por lo tanto estimar la etapa de crecimiento en que se encuentra el paciente de una manera bastante aproximada a la información que podría darnos una radiografía carpal, es decir un acercamiento diagnóstico manejado como un indicador de primer nivel que nos diga que por lo menos tenemos de 6-8 meses más de crecimiento, y si es así podremos prescribir un método de diagnóstico más certero, y así, podamos prescindir de tomar la radiografía carpal o sólo tomarla en casos en los que sea estrictamente necesario. Y así maximizaríamos el uso del cefalograma lateral. Porque si bien la radiación a la que se expone el paciente es mínima le evitaremos una nueva exposición, así como un nuevo gasto.

Existen varios estudios en los cuales se analiza la relación de las vértebras con los estadios de maduración ósea carpal según el método de *Fishman*, el cual es un método confiable, sin embargo en el Departamento de Estomatología se han hecho varias investigaciones sobre análisis carpal siguiendo el método de *Björk*, con las modificaciones de *Grave* y *Brown*, obteniendo resultados muy confiables debido a que en este método se utilizan más estructuras óseas de la mano y el carpo que en el descrito por *Fishman*.

Además el estudio puede realizarse con bastante confiabilidad, porque la población que se utilizará para la muestra es una población cautiva con diferentes grupos de edad que incluye también ambos sexos.

MATERIAL Y MÉTODOS

En el Hospital Infantil de México los pacientes que llegan a consulta en el Dpto. de Estomatología son remitidos de algún servicio de los múltiples que éste presta a la población, por lo tanto en la selección de la muestra se tuvieron al alcance los expedientes médicos llenados por el médico remitente en la cual fue posible descartar enfermedades sistémicas o de malnutrición, y así poder incluirlos en nuestro estudio. Se obtuvieron las radiografías laterales de cráneo y carpales de todos los pacientes de nuevo ingreso en el año 1998 de ambos sexos de acuerdo a los siguientes criterios:

El cefalograma y la radiografía carpal se tomaron en la misma sesión, corroborado por el investigador.

Todas las radiografías mostraron nitidez, claridad, es decir las características adecuadas para poder ser medidas.

En los cefalogramas se observaron vértebras cervicales C2, C3 y claramente delimitadas (*Figura 4*).

En las radiografías carpales se observaron las estructuras óseas de mano y carpo y fueron obtenidas de la mano izquierda (*Figura 1*).⁴

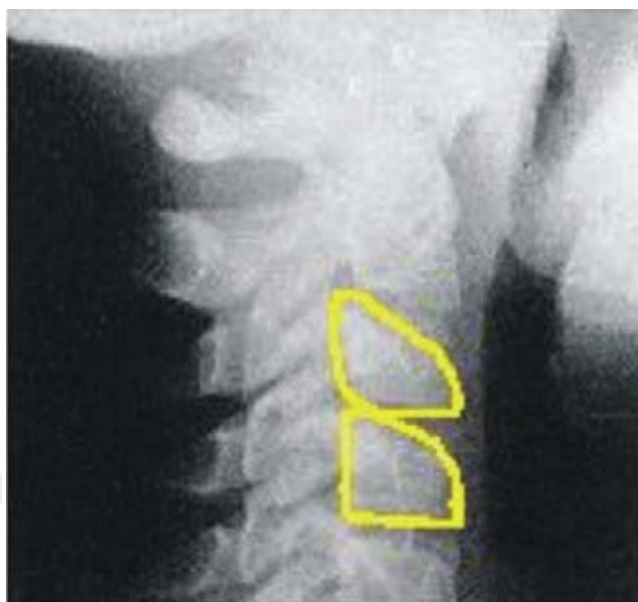


Figura 4. Cefalograma de vértebras cervicales.

Las radiografías fueron de pacientes de ambos sexos entre los 8 y los 16 años de edad.

Todas las radiografías fueron de pacientes que ingresaron al Servicio de Ortodoncia del HIM en el año 1998.

Se eliminaron las radiografías que tuvieron una o más de las siguientes características de acuerdo a la historia clínica realizada en estomatología y el expediente médico del hospital.

Radiografías de pacientes con alteraciones congénitas o adquiridas.

Radiografías de pacientes con anomalías en vértebras cervicales.

Radiografías de pacientes con reporte de traumatismos severos en cara o manos.

Radiografías de pacientes en los cuales no existen sospechas de pubertad precoz verdadera, así como alteraciones en el desarrollo somático.

Radiografías de pacientes con labio y paladar fisurados asociados a síndromes o no.

Todas las radiografías fueron tomadas por el mismo técnico radiólogo y con el mismo aparato, el cual pertenece al Servicio de Estomatología del HIM marca Cranex 3 Ceph. modelo PT-11 SNC Soredex.

Todas las películas radiográficas fueron marca Agfa de 8 X 10.

Se utilizó un chasis para película radiográfica Marca Kodak-X Omatic.

Las radiografías se etiquetaron por número sin especificar nombre, edad o sexo.

Se realizó un análisis ciego de las radiografías laterales de cráneo y carpales por dos ortodontistas del Departamento de Estomatología del Hospital Infantil de México.

Se dieron por escrito los métodos de identificación de estadios óseos carpales según Björk, Grave y Brown y vertebrales según Lamparski y con las instrucciones por escrito.

Se observó la periferia de las vértebras cervicales C2, C3 y C4.

Se registró el estadio en la que se encuentran las vértebras cervicales.

En la radiografía carpal se analizó el estadio de crecimiento según los 9 estadios de Björk y también se registró.

Se dio un primer grupo de radiografías laterales y carpales a cada uno de los ortodontistas y se archivaron los resultados.

A la semana se dio otro grupo de radiografías y se comparó la discrepancia con el primer grupo, si hubieran existido divergencias importantes se hubiera tenido que realizar un 3er. análisis, esto es con el objetivo de eliminar sesgos en la identificación de los estadios.

Se analizó la relación existente entre el tamaño y forma de las vértebras cervicales C2, C3 y C4 y los estadios de maduración, de acuerdo a las tablas obtenidas por Mota, Pineda y Ruiz.^{12,14,15}

ÉTICA

Debido a que el estudio no se realizará en personas o individuos sino en radiografías, las cuales son tomadas de forma rutinaria para el tratamiento de ortodoncia en el Departamento de Estomatología, y la radiación a la que se expone es mínima, no es necesario hacer hincapié en este apartado.

RESULTADOS

La muestra obtenida en total fue de 200 radiografías, 100 carpales y 100 laterales de cráneo. Después de haberse analizado cuidadosamente por dos ortodontistas del Departamento de Estomatología, como ya bien dijimos, se realizó un análisis comparativo. Se clasificaron los datos primeramente por etapas, iniciación, aceleración y finalización, en las cuales se distribuyen los diferentes estadios carpales y vertebrales debido a que tenemos 9 estadios carpales y 6 vertebrales. La relación se realizó de acuerdo a las tablas obtenidas en el estudio de Mota, Pineda y Ruiz, en las cuales se relacionan las edades con el estadio carpal y anexaremos el estadio vertebral esperado y en base a esto analizaremos si existe coincidencia o no: y la prueba estadística aplicada fue "prueba de correlación simple" todos los datos fueron vaciados en el programa **ssps** del cual obtuvimos el valor de P y su significancia estadística.

En general se obtuvo una incidencia de casos con la siguiente distribución (*Cuadros I y II*).

Si analizamos los coeficientes de correlación observamos que un 0.835 entre estadios vertebrales y estadios carpales con un nivel de significancia del .000, lo cual se traduce como una alta correlación debido al valor de $p = 0.01$, así como el coeficiente de correlación debe ser lo más aproximado a 1 (*Figuras 5 y 6*).

De acuerdo a los coeficientes de correlación entre estadios carpales y vertebrales observamos de acuerdo a la edad y el sexo los siguientes resultados (*Figura 7*):

Femenino: Coef. de correlación = .816
 Nivel de significancia = .000
 Masculino: Coef. de correlación = .820
 Nivel de significancia = .000

Podemos apreciar un coeficiente bastante aproximado al 1, por lo tanto nos indica una estrecha relación en-

Cuadro I. Distribución demográfica con radiografía carpal.

Estadio carpal	No. de casos	E	M
1	12	4	8
2	10	2	8
3	20	7	13
4	7	2	5
5	22	13	9
6	5	4	1
7	5	2	3
8	13	11	2
9	6	6	0
Total	100	51	49

Cuadro II. Distribución demográfica con cefalograma vertebral.

Estadio vertebral	Total de casos	F	M
I	25	9	16
II	11	3	8
III	24	11	13
IV	21	12	9
V	18	15	3
VI	1	1	0
Total	100	51	49

tre ambas variables, y nos da un importante indicio para realizar una investigación con una muestra más grande. Si observamos detenidamente el nivel de significancia es para todos de .000, lo cual nos confirma qué tan importante es la correlación entre las variables estudiadas.

Grupo de edad 8-10.5 años
 Coeficiente de correlación = 0.72
 Nivel de significancia = 0.000
 Grupo de edad 10.6-13.5 años
 Coeficiente de correlación = 0.756
 Nivel de significancia = 0.000
 Grupo de edad 13.6-16 años
 Coeficiente de correlación = 0.724
 Nivel de significancia = 0.000

Lo cual nos refleja una *asociación lineal positiva* muy buena entre ambas variables, lo que sugiere que a medida que un individuo incrementa su edad, tanto las vértebras como los estadios carpales pasan de un

estadio de menor desarrollo a otro de mayor desarrollo y que el proceso de maduración es continuo, esto nos da una perspectiva adecuada, de acuerdo a lo esperado, y nos invita a profundizar un poco más en el tema.

Por lo tanto siempre que encontremos un valor cercano a 1.0 (valor de P) encontraremos la asociación, cabe mencionar que mientras la asociación sea positiva existe una relación, por lo tanto debemos tomar en cuenta otros factores cuando la asociación sea débil.

DISCUSIÓN

Debido a que no contamos con una distribución simétrica de los pacientes en cada uno de los estadios tanto carpales como vertebrales, tenemos una falta de representatividad, sobre todo para los estadios 2, 4 y 7 carpal, así como VI vertebral, y esto puede no reflejarnos adecuadamente el comportamiento de la unidad de estudios. Sin embargo, en los estadios 3 y 5 carpales y III y IV vertebrales tenemos una mayor frecuencia de casos (*Cuadros I y II*).

Esto nos trae como consecuencia si observamos detenidamente los resultados generales de relación (*Figura 5*), que los estadios donde mayor coincidencia hubo fueron precisamente el 3 y 5 carpales. Lo que significa que es muy probable que al aumentar el tamaño de la muestra en cada uno de los rangos tengamos una comparación más uniforme para cada estadio, por lo que sugerimos que se realizara un estudio con una muestra simétrica y más grande para cada rango.

También podemos apreciar cómo en el estadio 4 carpal con un rango de edad entre los 10.3 y 13 años se encima el estadio II vertebral y en el estadio 6 carpal se encima con el estadio VI vertebral con un rango de edad de 13.3 años, esto sucede en ambos sexos (*Figuras 6 y 7*), esto sucedió de acuerdo a nuestra predicción en cuanto a relacionar los 9 estadios carpales contra 6 vertebrales. Esto era de esperarse, porque como ya se mencionó en el marco teórico la diferencia de tiempo que existe para pasar de un estadio a otro es diferente tanto para el carpo como para las vértebras.

Lo que es indudable es que en el número de casos coincidentes para la etapa de iniciación, aceleración y finalización fue la misma con 27 casos cada una, de los cuales la etapa de finalización se observa que ningún caso no coincidió, esto nos habla de que en la etapa de finalización de crecimiento existe una estrecha relación entre los estadios carpales y los vertebrales, siguiendo la etapa de pico o aceleración con tan sólo 4 casos no coincidentes, lo cual también nos habla de una relación bastante cercana entre ambos métodos, sin embargo, a pesar de que para la etapa

de iniciación se presentaron 15 casos no coincidentes, no es muy significativa, ya que nuestra muestra es de 100 casos (Cuadros I y II).

Si analizamos los cuadros I y II apreciamos que para cualquiera de las tres etapas, la más significativa fue para el sexo masculino en iniciación con 12 casos en un rango de edad de entre los 8 y los 13 años, es decir antes del pico máximo de crecimiento, y también corroboramos lo ya descrito por múltiples autores: las niñas maduran más temprano que los niños. De hecho para la etapa de aceleración en los niños se

presentó en un promedio de edad de los 13 años y para las niñas alrededor de los 11.5 años.

Finalmente, la mayor frecuencia para los casos no coincidentes fue de 14 casos para el sexo masculino y 5 para el sexo femenino. Lo cual nos puede llevar a pensar que existe una mayor relación para las niñas que para los niños.

CONCLUSIONES

Se puede comentar que para la muestra estudiada los estadios vertebrales tienen un 81% de confiabilidad para predecir la etapa de crecimiento de nuestro paciente. Los estadios vertebrales pueden ser un gran apoyo si consideramos los otros indicadores de maduración existentes. Los estadios vertebrales pueden servir como indicador de primer nivel, para darnos una idea rápida e inicial de en qué estadio se encuentra el paciente. Podemos prescindir de una radiografía carpal sí y sólo sí no necesitamos una certeza del 100% (por ejemplo iniciación y finalización). En casos limítrofes en que se tenga que decidir entre ortopedia o preparación quirúrgica, su importancia radica en predecir de forma general y sencilla si el paciente crecerá los próximos 6-8 meses, y si es así se indicará una radiografía carpal. Aun cuando tenemos una coincidencia del 81% no podemos hacer afirmaciones categóricas para la población en general en cuestión de predicción, por lo tan-

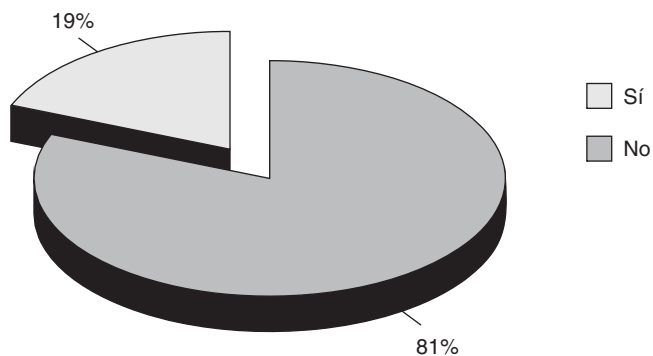


Figura 5. Porcentaje de relación entre estadio carpal y estadio vertebral esperado.

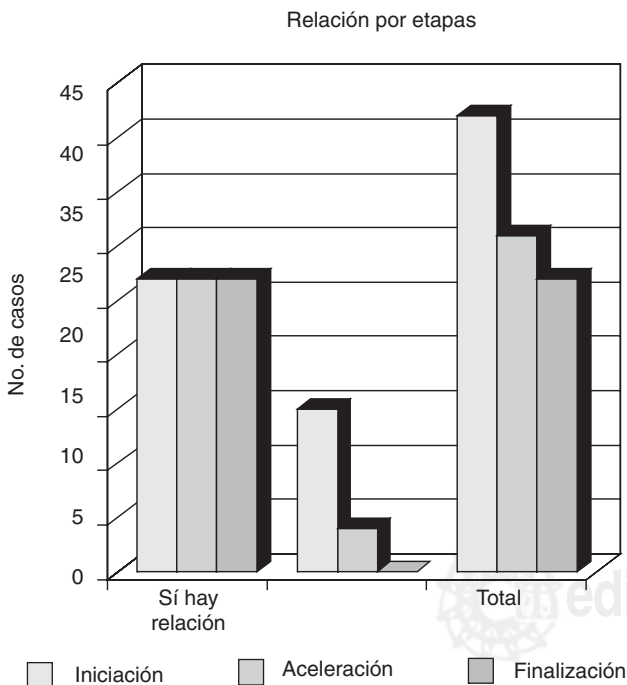


Figura 6. Relación por etapas de iniciación, aceleración y finalización.

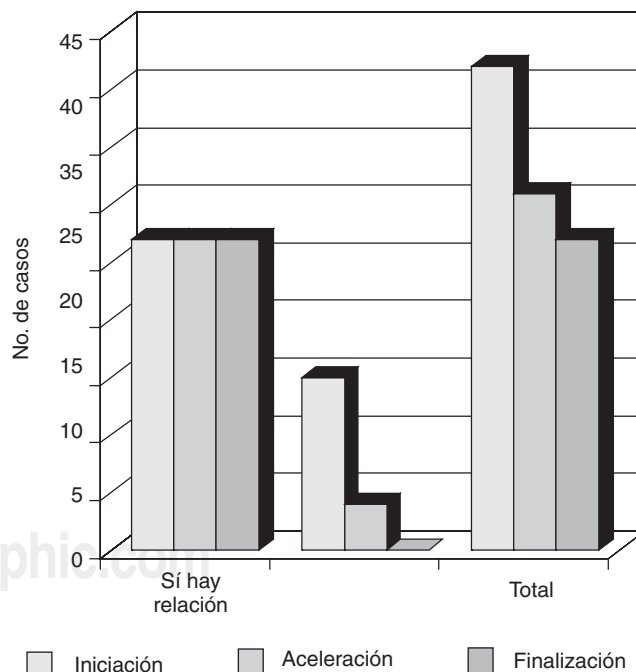


Figura 7. Relación existente por sexo.

to, se sugiere aumentar el tamaño de la muestra en los estadios que tuvieron menor frecuencia y aplicar una prueba de correlación y relación en el futuro.

REFERENCIAS

1. Águila J. *Crecimiento craneofacial ortodoncia y ortopedia*. 2ª Edición. Caracas Venezuela: Actualidades Médico Odontológicas de Latinoamérica; 1993.
2. *Artículo Microsoft Encarta 1999*.
3. Colombo R. Sesamoideo Carpal: Su Evaluación *Revista Asoc. Argentina Ortop Func Maxilares*. 1982: 16(51-52).
4. Farías P. *Relación existente entre el tamaño del seno frontal con los estadios de maduración ósea*. (Tesis del Dpto. de Estomatología Hospital Infantil de México). 1999.
5. Tanner JM. *Valoración de la maduración esquelética y predicción de la talla adulta (Método TW2) Barcelona 1988*.
6. Kopecky GR. Timing of cervical headgear treatment based on skeletal maturation. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1993.
7. Pacini AJ, Ray R. *Anthropometry of the skull*. 1922: 235.
8. Björk A. Timming of interceptive orthodontic. measures based on stages of maturation. *Eur Orthod Soc* 1972: 48-61.
9. Brent H. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1995: 107.
10. García F. Vertebrae as Maturational JCO April 1998: XXXII(4).
11. Grave KC, Brown T. Skeletal ossification and the adolescent growth spurt. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1976: 69(6).
12. Mota R. *Análisis de la radiografía carpal para evaluar los eventos de maduración ósea en Pacientes del Hospital Infantil de México*. (Tesis del Dpto. de Estomatología 1995).
13. Martínez L. *Correlación de 4 indicadores de maduración para la predicción del estirón del crecimiento puberal*. (Tesis del Dpto. de Estomatología 2001).
14. Pineda G. *Análisis de la radiografía carpal para evaluar los eventos de maduración ósea en pacientes del Hospital Infantil de México* (Tesis del Dpto. de Estomatología Parte II 1996).
15. Ruiz M. *Análisis de la radiografía carpal para evaluar los eventos de maduración ósea en Pacientes del Hospital Infantil de México* (Tesis del Dpto. de Estomatología Parte III. 1997).
16. Mc Namara FB. Growth as related to cervical vertebral maturation and body height. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2000; 118(3): 335-340.
17. Rossouw PEL. The frontal sinus and mandibular growth prediction. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1991: 542-546.
18. Pancherz RS. Frontal sinus development as an indicator for somatic maturity at puberty. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1996; 100: 476-482.
19. Fishman LS. *Radiographic evaluation of skeletal maturation angle orthodontics*. 1982; 52(2) Parte 1: 88-100.
20. Fishman LS. *Radiographic evaluation of skeletal maturation angle orthodontics*. 1982; 52(2) Parte 2: 101-112.
21. Goaz PW. *White oral radiology principles and interpretation St. Louis. Mosby 1987*.

Dirección para correspondencia:

Alma Delia Luna Mata

Calle Guerra de Reforma Núm. 1832

Manzana 162, Col. Leyes de Reforma

Del. Iztapalapa

09310

Tel: 5600-0993

Correo electrónico: almad60@hotmail.com