

Indicadores de maduración esquelética y dental

Natalia Bernal,¹ María Isabel Arias²

Resumen

A través de los años se han realizado diferentes estudios en donde evalúan los indicadores de maduración utilizados para determinar el pico de crecimiento esquelético como son: la osificación de la falange media del tercer dedo, de las vértebras cervicales y la formación del canino mandibular. Sin embargo se ha creado una gran controversia entre la existencia o no de una alta correlación entre estos tipos de indicadores de maduración esquelética y dental, y al mismo tiempo su relación con el pico de crecimiento mandibular. El propósito de este artículo es presentar una revisión crítica acerca de los diferentes indicadores de maduración presentados a través en la literatura.

Palabras Clave: Crecimiento, indicadores de maduración, etapa puberal, P.V.E Pico de velocidad de estatura, pico de crecimiento mandibular.

Skeletal and dental maturation indicators

Abstract

Different methods such as ossification of mid-falange of the middle finger, ossification of cervical vertebrae and mandibular canine formation have been studied as skeletal maturation indicators. There is however controversy regarding the correlation between said indicators as well as with peak mandibular growth. The purpose of this article is therefore to present a critical review of the literature on the different type of maturation indicators. **Key words:** growth, maturation indicators, prepuberty, peak height velocity, peak mandibular growth.

Introducción

Los términos crecimiento y desarrollo en muchas ocasiones se utilizan como sinónimos, sin embargo cada uno de ellos tiene un significado diferente. Crecimiento se refiere a un incremento de las dimensiones de la masa corporal. Se da como resultado de hiperplasia (aumento de cantidad de células) e hipertrofia (aumento en el tamaño de la célula) de los tejidos del organismo; mientras que el desarrollo es un proceso en el que ocurren cambios en el tamaño y forma del cuerpo, en la complejidad de las funciones fisiológicas y en la maduración biológica.^{1,2}

Crecimiento puberal

Se entiende como pubertad aquel período del crecimiento y desarrollo del ser humano en donde este adquiere la capacidad de procrear y pasa de la etapa de la niñez para convertirse en adulto. Se dan por lo tanto grandes cambios en las características neuro-endocrinas, que se traducen en el desarrollo de los órganos sexuales y caracteres secundarios en conjunto con el incremento de la velocidad del crecimiento.¹

Es sabido que desde la fecundación hasta la madurez plena, el crecimiento se mantiene aunque variando sus relaciones, donde en las etapas pre o postnatales existen diferentes ritmos de crecimiento.¹

Al analizar la curva de velocidad del crecimiento total se observa que se manifiesta muy rápido en los primeros meses de vida y disminuye progresivamente, ya que los incrementos anuales de crecimiento se hacen cada vez menores. Existe un ligero incremento en la curva de velocidad, llamado "el brote medio de crecimiento"¹ el cual ocurren en algunos niños entre los 6 y 8 años de edad.

Posteriormente, de los 13 a 15 años en hombres y 11 a 14 en mujeres, hay una aceleración marcada de crecimiento, llamada "el brote de crecimiento de la pubertad", "empujón de la pubertad" ó "pico de velocidad de estatura (PVE.)", en el que se observa una etapa de máximo crecimiento denominada "pico de velocidad de crecimiento (PVC.)"^{1,2}

Se han encontrado diferencias en las edades del crecimiento puberal entre los dos sexos. Taranger y Hägg³ en 1982 reportaron un estudio longitudinal de la población sueca encontraron que en promedio el brote de crecimiento puberal comenzaba a los diez años y finalizaba a los 14.8 en mujeres, mientras que en los hombres comenzaba a los 12.1 y finalizaba a los 17.1 años. En ambos sexos el P.V.E. ocurrió dos años después del inicio, a los 12 años en las mujeres y a los 14.1 en hombres.

1. Ortodoncista CES.

2. Odontopediatra CES.

Indicadores de maduración

En la adolescencia existen muchas diferencias fisiológicas en el desarrollo de los individuos de la misma edad cronológica. Por esta razón las medidas de la madurez fisiológica son usadas en vez de la edad cronológica para la evaluación del desarrollo.²

Los indicadores mas importantes de la etapa puberal son:²

- El pico de crecimiento puberal (Talla o estatura)
- El desarrollo gonadal y los caracteres sexuales secundarios
- Los cambios en la posición corporal (masa muscular, grasa)
- Edad de maduración ósea
- Edad de maduración dental

Talla

La talla se utilizó como un método que valoraría el grado de maduración alcanzado por un individuo. La dificultad del uso de la talla como indicador de maduración es que se necesita un seguimiento continuo y longitudinal del paciente, lo cual no siempre es posible lograrlo, puesto que muchos de ellos llegan en una etapa puberal y no se tienen los registros de las alturas anteriores para determinar en que momento se da el máximo incremento anual que corresponde al pico en altura.³

Desarrollo gonadal y caracteres secundarios

El brote de crecimiento puberal está estrechamente relacionado con un rápido desarrollo del sistema reproductivo.¹ El primer signo de pubertad en los hombres es la aceleración del crecimiento de los testículos, pene y escroto.¹

El cambio en la voz se produce paulatinamente a través de un período cuya duración puede estar entre 1 y 3 años. Cuando este cambio de voz comienza, el joven se encuentra en la fase ascendente del pico de crecimiento puberal y ocurren en promedio 0.2 de año antes del máximo del pico puberal y la voz de hombre ocurre 0.9 años luego del pico de crecimiento.³

En las mujeres el primer signo de pubertad es el desarrollo de las mamas, aunque la apariencia del vello púbico algunas veces lo precede. El útero y la vagina se desarrollan simultáneamente con el desarrollo de las mamas.¹ La menarca, primer período menstrual, es un evento tardío. De acuerdo al estudio de Hagg y Taranger

en 1982, la menarca ocurre 1.1 años luego del P.V.E., ninguna mujer tuvo su menarca antes de dicho pico de crecimiento, todas la experimentaron al final del pico.³

Aunque estos indicadores se pueden utilizar clínicamente es difícil para el odontólogo implementarlos. En algunos casos porque los pacientes pueden sentir que el odontólogo no tiene razón para invadir su vida sexual, otros pueden sentirse cohibidos para contestar las preguntas al respecto y otros tal vez ni están seguros en que momento del desarrollo del sistema reproductivo se encuentran. Por todo lo anterior es preferible utilizar otros indicadores diferentes al desarrollo sexual.

Cambios en la concepción corporal (masa muscular y grasa)

Es conocido que las mujeres tienen mas grasa que los hombres, incluso antes de la pubertad y a partir de ese momento se hacen mas intensas esas diferencias. Mientras que en los hombres sucede lo contrario, la proporción de masa muscular activa es mayor que la de grasa.² Sin embargo este tipo de indicador no es usualmente estudiado en nuestra área porque los odontólogos no utilizan en su práctica los instrumentos para poder determinarlo.

Edad de maduración ósea

Edad biológica, edad esquelética y maduración esquelética son sinónimos usados para describir los estadios de maduración de los individuos. La maduración esquelética se refiere al grado de desarrollo de osificación de un hueso. Durante el crecimiento cada hueso sufre una serie de cambios que pueden ser evaluados radiográficamente. Por lo tanto la maduración esquelética está determinada por la evaluación de radiografías de una o mas áreas del cuerpo.⁴

Teóricamente cualquiera de las partes del cuerpo puede ser empleada en la valoración de la edad ósea. Sin embargo por facilidad, estandarización y reproducibilidad se han determinado ciertas radiografías como las más adecuadas para hacer esta valoración ósea; entre ellas están la radiografía de la mano, radiografía de las vértebras cervicales y de la falange media del dedo medio.^{2,5}

Radiografía de la mano

El método estándar para evaluar la madurez esquelética ha sido el uso de una radiografía de mano y muñeca,

ya que poseen un gran número de huesos y epífisis en desarrollo y por lo que resulta posible el seguimiento de los cambios a través de los años a medida que el individuo crece.²

En 1895 Roentgen demostró su nuevo descubrimiento radiográfico y luego Roland en 1896 introdujo la idea de usar el tamaño y forma comparativos de las sombras radiográficas de los huesos en crecimiento como un indicador de la tasa de crecimiento y maduración.⁶

En 1904 Pryor estableció tres importantes principios:²

- Los huesos de la mujer se osifican antes que los del hombre.
- Independientemente de las variaciones (dentro de la normalidad) la osificación es simétrica.
- La variación en la osificación de los huesos es un rasgo hereditario.

En 1909 Pryor⁷ en colaboración con Rotch⁸ y Crampton⁹ empezaron a tabular indicadores de maduración en radiografías de mano y muñeca y concluyeron que la muñeca puede aceptarse como un testimonio fidedigno del desarrollo general.

Hellman¹⁰ en 1928 publicó sus observaciones en la osificación de los cartílagos epifisarios de la mano. Mas tarde siguieron otros estudios, entre los que merece ser destacado el atlas preparado por Todd¹¹ (1937), predecesor del atlas de Greulich y Pyle¹² (1959) al que han seguido una serie de métodos de evaluación ósea con técnicas elaboradas para lograr un mayor grado de precisión y objetividad, entre otros los de Taranger¹³ (1976) y Tanner y Whitehouse¹⁴ (1962,1975).

En el estudio de Grave y Brown¹⁵ en 1976, evaluaron tanto la osificación de huesos individuales de la mano y muñeca como los cambios epifisarios con el P.V.E en una población australiana de 88 aborígenes (52 hombres y 36 mujeres) que hacían parte de un estudio longitudinal desde 1961, dando como resultado que hay una relación de 67% para los hombres y 44% para las mujeres entre este pico máximo de estatura con el estadio G de la falange media del dedo medio, concluyendo que el carpograma es un buen indicador de maduración. Fishman¹⁶ en 1982 desarrolló un sistema de evaluación de maduración esquelética (SMA), tanto en un grupo longitudinal de 170 mujeres y 164 hombres durante 25 años aproximadamente, como en un grupo transversal que incluía 1100 radiografías de la mano de pacientes tratados ortodóncicamente y no encontraron mayores diferencias en los picos de crecimiento de ambos grupos, sin embargo para llegar a esto usaron solo edades de maduración promedio.

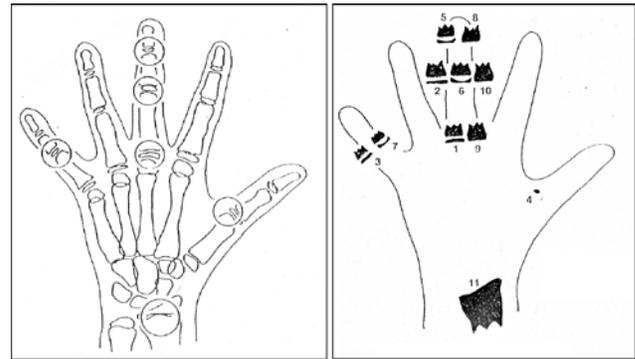
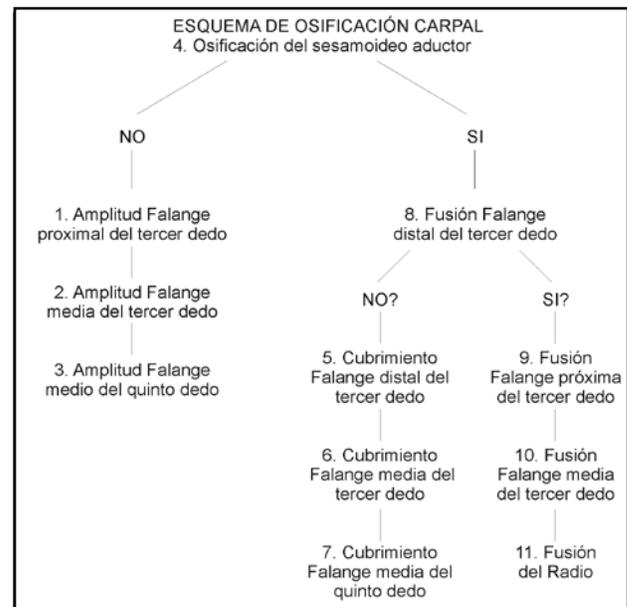


Figura 1. Análisis Carpál de Fishman

El análisis carpál de Fishman usa cuatro estadios de maduración ósea encontrados en seis sitios anatómicos localizados en el dedo pulgar, tercer y quinto dedo y el radio. Once indicadores de maduración esquelética en la adolescencia son encontrados en estos seis sitios. La secuencia de los cuatro estadios de osificación incluye amplitud epifisaria, osificación del sesamoideo, cubrimiento de las epífisis sobre las diáfisis y por ultimo la fusión de dichas epífisis sobre las diáfisis. Una observación sistemática del esquema a continuación puede facilitar dicha evaluación. Un primer paso es determinar si es posible observar o no la osificación del sesamoideo. Si no es posible el paso a seguir esta asociado más con la amplitud epifisaria que con la fusión, mientras que si el sesamoideo es visible el sistema se guía más por el cubrimiento o fusión epifisaria.¹⁶



Tomado de Fishman¹⁶

Radiografía de la falange media del dedo medio

El método descrito por Hagg y Taranger³ sólo determina la maduración esquelética de la falange media del dedo medio de la mano derecha en cinco estadíos:

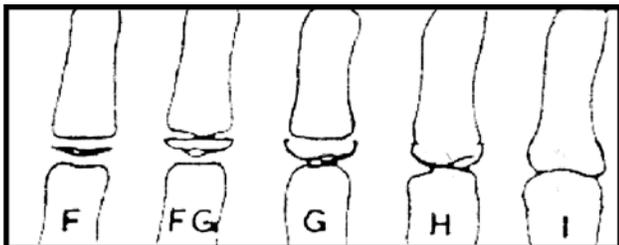


Figura 2 . Estadíos de osificación de la falange media del dedo medio descrito por Hagg y Taranger³

F: la epífisis es tan ancha como la metáfisis.
FG: la epífisis es tan ancha como la metáfisis pero su borde interno y/o lateral han cambiado formando una línea de demarcación en ángulo recto al borde distal.
G: los lados de la epífisis se han engrosado y tienden a cubrir la metáfisis, formando un borde agudo en uno o ambos lados.
H: la fusión de la epífisis y la metáfisis ha iniciado.
I: la fusión de la epífisis y la metáfisis está completa.

Hagg y Taranger³ en 1982 realizaron un estudio longitudinal prospectivo de crecimiento y desarrollo de 212 individuos (90 mujeres y 122 hombres) que empezó en 1955 en Suecia donde evaluaron la talla, la erupción dental, el desarrollo puberal y radiografías de la mano hasta los 22 años aproximadamente. Encontraron en esta población que en el comienzo del brote puberal cerca de un 40% de mujeres y 25% de hombres tenían el Sesamoideo osificado. En el pico de crecimiento el 90% de los sujetos estaban en estadíos MP₃-FG ó MP₃-G. (estadio FG y G de la falange media del dedo medio de la mano).

Al analizar los estudios de Grave y Brown¹⁵ en 1976 y Hagg y Taranger³ en 1982 se encuentra que el porcentaje de relación del primero en realidad no supera ni el 70% que se requiere para poder hablar de correlación y el segundo compara las edades promedio pero no estudia la concordancia individual, como lo hace la investigación de Bernal y col¹⁷ de 2005, que encontraron concordancias muy bajas entre todos los indicadores de maduración estudiados: falange media del dedo medio, vértebras cervicales y formación del canino inferior.

Osificación de las vértebras cervicales

El indicador de la maduración de las vértebras cervicales es un método que ha probado ser efectivo y clínicamente confiable para la evaluación de la maduración esquelética. Los cambios de maduración pueden ser observados desde el nacimiento hasta la madurez completa.⁴

Todd y Pyle,¹⁸ Lanier¹⁹ y Taylor²⁰ hicieron medidas de radiografías laterales de las vértebras inferiores. Lamparski²¹ en 1972 estudió cambios en el tamaño y forma de las vértebras cervicales para crear estándares de maduración para estas vértebras y concluyó que ellas vistas en la cefálica lateral de rutina eran estadística y clínicamente tan confiables como la técnica de la radiografía de mano y muñeca para la evaluación de la edad esquelética. Además encontró que el indicador de la vértebra cervical era el mismo para los hombres y mujeres, pero que en la mujer se desarrollaban los cambios más temprano.

La efectividad de las vértebras cervicales como indicador de maduración ha sido también corroborada por Hassel y Farman⁴ en 1995, quienes estudiaron en la radiografía de mano la maduración esquelética con el sistema de Fishman y al mismo tiempo el estado de maduración de las vértebras cervicales determinado en la radiografía cefálica en una muestra de 220 sujetos (11 grupos de 10 hombres y 10 mujeres) entre los 8 y 18 años.

Por otro lado García-Fernández y col⁵ en 1998 estudiaron en 113 pacientes (50 hombres y 63 mujeres) entre los 9 y 18 años, usando la misma metodología del estudio anterior, obteniendo resultados similares. Ambos estudios encontraron una alta correlación entre la maduración de las vértebras cervicales y la maduración esquelética de la mano y muñeca para ambos sexos, sin embargo no sustentaron estadísticamente la existencia de dicha correlación por lo cual el resultado que arrojan es poco confiable. En el estudio de Bernal y col 2005 se encontró una concordancia de 21.05% en mujeres y 0% en hombres, lo cual no mostró relación entre los indicadores de la falange media del dedo medio y vértebras cervicales. Si todos dicen que hay concordancia por que no se encuentra en este último estudio?

Una gran ventaja que se tiene con este tipo de indicador es que no se requiere de una exposición radiográfica adicional, ya que la radiografía cefálica lateral es necesaria para el diagnóstico ortodóntico y planteamiento del tratamiento.⁵

El método descrito por Lamparski²¹ y posteriormente modificado por Hassel y Farman,⁴ en donde evalúan los cambios de maduración de la segunda, tercera y cuarta vértebra cervical en seis estadios se puede relacionar con el sistema de Fishman (SMI) de la siguiente manera:

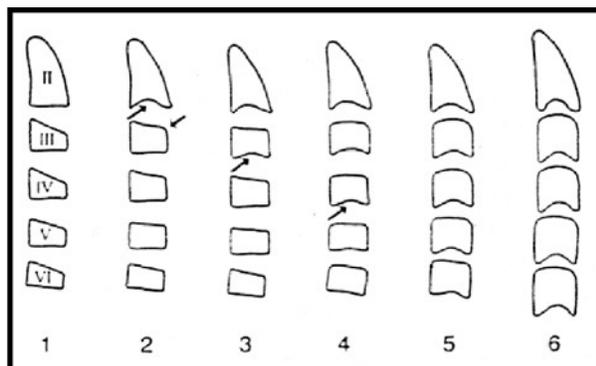


Figura 3. Estadios de osificación de las vértebras cervicales descrito por Lamparski.²¹

Estadios de osificación de vértebras cervicales²¹

1. Iniciación
2. Aceleración
3. Transición
4. Desaceleración
5. Maduración
6. Completación

1. **Iniciación (SMI 1-2):** Los bordes inferiores de la C2, C3 y C4 están planas. La C3 y C4 se encuentran en forma de cuña y sus bordes superiores están afilados desde posterior a anterior. Del 80 al 100% de crecimiento puberal no se ha presentado en este estadio.
2. **Aceleración (SMI 3-4):** Se empiezan a desarrollar concavidades en el borde inferior de la C2. Los cuerpos de la C3 y C4 están casi rectangulares. El 65-85% del crecimiento puberal está por darse.
3. **Transición (SMI 5-6):** Se ven notables concavidades en los bordes inferiores de C2 y C3. Los cuerpos vertebrales de la C3 y C4 son rectangulares. El crecimiento adolescente se acelera hacia la velocidad del pico de crecimiento y solo resta un 25-65% de crecimiento puberal.

4. **Desaceleración (SMI 7-8):** Se ven concavidades muy claras en los bordes inferiores de C2, C3 y C4. Los cuerpos vertebrales de C3 y C4 son mas o menos cuadrados. Solo queda el 10-25% del crecimiento puberal por expresarse.
5. **Maduración (SMI 9-10):** En este estadio se presenta la maduración final con un 5-10% restante de crecimiento puberal. Se observan concavidades acentuadas en los bordes inferiores de C2, C3, C4, C5 y C6. Los cuerpos vertebrales de C3 y C4 son casi de forma cilíndrica.
6. **Completación (SMI 11):** Se ven concavidades profundas en los bordes inferiores de C2 a C6. Los cuerpos vertebrales son mayores verticalmente que horizontalmente. El crecimiento puberal ha terminado.

Se concluye que el pico de crecimiento esquelético ocurre en el intervalo de los estadios 3 y 4, en un 100% para los hombres y 87% para las mujeres.²²

Edad de maduración dental

Catell²³ en 1928 fue el pionero en proponer una solución basada en el número de dientes erupcionados. Se considera que para establecer la edad dentaria con un margen de confiabilidad es necesario evaluar los estadios de mineralización por los que ha de pasar el diente y no por la simple observación clínica de su brote puesto que el puede estar afectado por factores tales como: pérdida temprana de dientes deciduos, infecciones, apiñamientos entre otras.

Estadios de mineralización (calcificación)

Gleiser y Hunt en 1955, citado por Aguila,² establecieron que la calcificación de los dientes puede ser un mejor indicador de la maduración somática que su emergencia clínica.³ Por otra parte, la evaluación radiográfica del desarrollo de las denticiones fue utilizada por primera vez por Hees y col en 1962, quienes evaluaron la maduración fisiológica a partir de los criterios de Gleiser y Hunt (1955) y aplicando la técnica radiográfica, surgieron variantes en la evaluación de los estadios de mineralización de los dientes, teniendo en cuenta también que al igual que los huesos, los dientes siguen un patrón de formación.

En la evaluación radiográfica del desarrollo dentario se prefiere el estudio de los dientes mandibulares, por su

fácil definición, ya que no presentan la superposición de imágenes como si ocurre en el maxilar.²

Dentro de los métodos mediante estudio radiográfico que aparecen en la literatura, el de Demirjian y col²⁴ (1973) parece ser el más sencillo y el de mayores posibilidades de reproducibilidad y está basado en los mismos principios que el método sugerido por Tanner y col¹⁴ (1975) para el estudio de la maduración ósea.

Los estudios que evalúan la edad dental de acuerdo al número de dientes presentes en la cavidad oral y los estudios basados en la calcificación dental de múltiples dientes, usualmente muestran una pequeña o no muestran correlación entre la madurez dental y otros indicadores de maduración. Sin embargo, solo se han reportado ciertas relaciones entre la madurez dental y la edad ósea, al igual que la correlación entre las etapas de calcificación de dientes individuales y la madurez esquelética.²⁵⁻²⁷

Garn y col²⁸ mostraron una débil relación entre el tercer molar y el desarrollo esquelético, mientras que Engstrom y col²⁹ reportaron una fuerte correlación. La relación entre las etapas de maduración del canino mandibular parecen asociarse mejor con las etapas de osificación que con los otros dientes.²⁷

Dada la relación bien establecida entre la madurez somática y esquelética, las etapas de calcificación del canino mandibular podrían ser usadas como herramienta de diagnóstico para estimar el tiempo de iniciación del crecimiento puberal.²⁵

El fácil reconocimiento de las etapas del desarrollo dental, junto con la disponibilidad de radiografías intraorales o panorámicas en la práctica ortodóncica, son razones prácticas para intentar evaluar la madurez fisiológica de una persona sin recurrir a múltiples radiografías de la mano.²⁵

Chertkow y Fatti²⁶ en 1979 encontraron que la relación entre la formación del canino inferior y la osificación de la falange media del dedo medio fue de 36% para los hombres y 58% para las mujeres, concluyendo que el estadio G del canino inferior se puede usar como indicador de maduración del crecimiento puberal, con un grado de confiabilidad similar al indicador de la mano y muñeca, sin embargo los porcentajes de relación son muy bajos para dar dicha conclusión.

Demirjian y col³⁰ en 1985 evaluaron en 50 mujeres canadienses entre los 6 y 15 años la relación entre la menarca, el pico de velocidad de la estatura (PVE), aparición del sesamoideo, desarrollo esquelético de la mano y muñeca y el desarrollo dental, encontrando que los mecanismos que controlan el desarrollo dental son independientes de la madurez somática y/o sexual. Mostrando que no existe una relación significativa entre el desarrollo dental y los demás indicadores evaluados.

Autores como Coutinho y col²⁵ en 1993 encontraron que la falange media del tercer dedo muestra la más alta relación con la maduración del canino para ambos sexos, seguido por la quinta falange proximal y la tercera falange distal, sin embargo dichos resultados demuestran que solo se da una relación de 25.5% en hombres y 44% en mujeres, siendo en realidad porcentajes muy bajos y además usando solo edades promedio.

Ossa y col²⁷ en 1996 evaluaron los estadios de formación del canino y segundo molar inferior de acuerdo a Nolla, por medio de radiografías periapicales y las compararon con la osificación de la falange media del dedo medio de la mano derecha, concluyendo que cuando el canino inferior está en un estadio 9 de Nolla, existe un 95.3% de posibilidades para que esté en el pico máximo de crecimiento esquelético, pero al desglosar dicho porcentaje se encuentra que la relación entre el estadio 9 de Nolla del canino inferior y el estadio G de la falange media del dedo medio es de solo 33.8% y con el estadio FG de 61.5%; sin embargo concluyen que el canino es un buen indicador de maduración como también lo hicieron Chertkow y Fatti.²⁶ Bernal y col¹⁷ en el 2005 concluyen que la concordancia entre el pico de la falange y la formación del canino fue de 42.10% para las mujeres y 11.76% para los hombres, en otras palabras no hay buena concordancia entre estos dos indicadores.

Se puede concluir que aunque ciertos hallazgos indican que el desarrollo del canino podría utilizarse como indicador de maduración,²⁵⁻²⁷ otros autores^{17,30} encontraron concordancias muy bajas por lo que se recomienda que el desarrollo del canino se puede utilizar como indicador de maduración secundario en otras palabras, el desarrollo del canino no debe ser usado como el único criterio para predecir el crecimiento.

Crecimiento facial

Una evaluación certera del crecimiento es importante en la práctica ortodóncica para determinar un buen diagnóstico y plan de tratamiento. El conocimiento del tiempo del pico de crecimiento a nivel facial y una evaluación sobre su magnitud y dirección puede ser útil para complementar los tratamientos.¹⁵ Lo ideal sería poder ser precisos en determinar la edad esquelética del paciente para coordinar esta información con el tratamiento ortodóncico maximizando así el efecto terapéutico.⁵ Muchos autores han estudiado el pico de velocidad de crecimiento mandibular encontrando que la intensidad, el comienzo y la duración del pico del crecimiento mandibular están caracterizados por una gran variación individual. Algunas investigaciones clínicas han demostrado que los mayores efectos de la aparatología funcional ocurren cuando el pico en el crecimiento mandibular está incluido en el período del tratamiento.³¹⁻³² Se ha demostrado que el crecimiento mandibular es mayor cuando los pacientes con maloclusión Clase II división 1 son tratados con un Herbst³³ o un activador modificado cerca del período del pico de crecimiento puberal, que en aquellos pacientes tratados antes o después del pico. Estos resultados son corroborados con los encontrados por Hagg y Taranger³ y Hagg y Pancherz,³³ donde el mayor crecimiento mandibular fue observado en los niños tratados en el intervalo del pico de crecimiento.

La madurez esquelética mandibular puede ser evaluada por promedios de una serie de indicadores biológicos: el aumento en la estatura, maduración esquelética de la mano y muñeca, el desarrollo dental, menarca y cambios de voz y la maduración de las vértebras cervicales. En cuanto a la osificación del sesamoideo, este precede al promedio de velocidad del pico de crecimiento mandibular en 0.72 años en hombres y 1.04 años en mujeres. Además las mujeres tienen primero que los hombres la aparición del Sesamoideo (2.34 años) y el pico de velocidad mandibular (1.97 años).³⁴

En la mayoría de los sujetos, el pico de crecimiento en los tamaños mandibulares ocurren al mismo tiempo que lo hacen el pico de crecimiento esquelético^{35,36} o ligeramente luego de él.³⁷ Por lo tanto, se puede pensar en realizar tratamientos para el manejo de pacientes con discrepancias faciales, especialmente Clase II, que se encuentren durante el tiempo del pico de crecimiento esquelético, utilizando ayudas clínicas comunes para detectar este pico de crecimiento.

De acuerdo a Bjork³⁸ (1972), la curva de velocidad de la estatura es un indicador que valora el crecimiento facial, ya que hay relación estrecha entre el crecimiento maxilar y mandibular.

Sin embargo, muchos autores³⁹⁻⁴¹ han encontrado una correlación comparativamente baja entre la velocidad de crecimiento puberal esquelético con las dimensiones faciales.

Hunter⁴² en 1966 evaluó la relación entre el crecimiento facial y el P.V.E y encontró un 57% de los máximos incrementos de las medidas faciales coincidieron con el P.V.E, 14% antes y 29% después y concluyó que el máximo crecimiento facial coincidió con el máximo crecimiento en estatura en la mayoría de los sujetos y que al mismo tiempo la longitud antero-posterior de la mandíbula exhibió la mayor relación con el crecimiento esquelético (talla) durante la adolescencia, pero cabe anotar que utilizó para llegar a estos resultados edades promedios y además no comparó el desarrollo facial con los demás indicadores de maduración.

Fishman¹⁶ (1982) estudió también la relación entre la maduración esquelética con el crecimiento facial y concluyó que el crecimiento facial (maxilar y mandibular) demuestra una asociación muy cercana entre las variaciones de los promedios del crecimiento y maduración esquelética. Además encontró que las mujeres tienden a alcanzar un mayor porcentaje de su crecimiento durante el inicio de la adolescencia que los hombres, y luego de un tiempo de la máxima velocidad de crecimiento ambos sexos mostraron porcentajes similares de crecimiento alcanzado.

Lewis y col⁴³ en 1985 estudiaron las relaciones entre el crecimiento de las dimensiones de la base del cráneo y mandíbula con PVE, la edad esquelética de la mano y muñeca y la menarca y encontraron en su trabajo con base en edades promedios de la muestra, que la edad del pico puberal de la base craneal o mandibular no tiene relación con el inicio de la osificación del sesamoideo ulnar, la edad del pico de velocidad de estatura (PVE) o la edad de la menarca. Este pico facial (base de cráneo y mandíbula) ocurrió luego de la osificación del sesamoideo, pero antes del PVE y la menarca. Mientras que Franchi y col²² en el 2000 encontraron una coincidencia entre el pico de crecimiento mandibular con PVE y con los estadios de la osificación de las vértebras cervicales 3 y 4 al comparar sus edades promedio. Bernal y col¹⁷ no encontraron concordancias

superiores al 47% entre los picos de los diferentes indicadores de maduración esquelética y dental con el pico de crecimiento mandibular.

Baccetti y col⁴⁴ en el 2005 evaluaron en 30 sujetos un método modificado de análisis de la osificación de las vértebras cervicales y su relación con el crecimiento mandibular y de esta manera obtuvieron el momento adecuado para el tratamiento de maloclusiones en los tres planos del espacio: transversal, sagital y vertical, encontrando que el pico mandibular ocurre entre los estadios C3 y C4. Sin embargo para llegar a estos resultados la relación se debió llevar a cabo teniendo en cuenta las concordancias individuales entre los diferentes estadios y el pico de crecimiento mandibular y en este estudio no especifican como llegaron a esta conclusión.

Bernal y col¹⁷ en el 2005 realizaron un estudio ciego descriptivo longitudinal retrospectivo a 10 años en 36 individuos, para determinar el pico de crecimiento esquelético de la muestra por medio de varios indicadores de maduración: calcificación dental, osificación de vértebras cervicales y de la falange media del dedo medio, y al mismo tiempo evaluar su concordancia con el pico de crecimiento mandibular. De los 36 individuos se obtuvieron tres radiografías: Panorámica, Cefálica Lateral y Falange media del dedo medio de la mano derecha, de forma bianual. Así se pudieron analizar los estadios de maduración de toda la muestra por sexo y edad cada 2 años, desde los 6 hasta los 17.

Se encontró una baja concordancia entre los indicadores de maduración y el pico de crecimiento mandibular para ambos sexos al analizar individualmente. Sin embargo al evaluar las edades promedio de los picos de crecimiento de los tres indicadores, en las mujeres se comportaron similar la panorámica, la falange y el pico de crecimiento mandibular se presentó 2 años después. En los hombres la falange y el pico mandibular fueron 2 años después de la panorámica.

La radiografía cefálica lateral y la panorámica no fueron unos indicadores confiables para evaluar el crecimiento, mientras que la falange media del dedo medio fue la radiografía que presentó mayor confiabilidad al evaluar los picos de crecimiento óseo en hombres y mujeres.¹⁷

Cabe anotar que una de las grandes fortalezas de este estudio es haber evaluado cada uno de los indicadores de maduración bajo concordancia individual, sujeto por

sujeto, diferente a los demás estudios analizados, en donde usaron edades promedio que sólo muestra una tendencia en el comportamiento de dichos indicadores más no propiamente su concordancia.¹⁷

Conclusiones

Al analizar detalladamente todos estos estudios se puede concluir que no existen pruebas confiables que demuestren la existencia de una alta correlación entre los indicadores de maduración esquelética cuando se comparan la osificación de la mano y muñeca, las vértebras cervicales y la maduración dental.

De igual manera se podría concluir que no existen estudios que demuestren que haya relación entre los indicadores de maduración esquelética y/o dental con el pico de crecimiento mandibular de forma precisa entre cada uno de los individuos estudiados, generando gran controversia a través de los años sobre el método preciso para llegar a predecir el pico mandibular y así aprovechar al máximo los beneficios del tratamiento ortopédico, especialmente para maloclusiones clase II.

Referencias

1. Tanner JM. Normal Growth and techniques of growth assessment. *Clin Endocrinol Metab.* 1986;15:411-451.
2. Aguila FJ, Berdasco A. Pubertad y maduración biológica. Hagg U, Pancherz H, Taranger J. Crecimiento puberal y tratamiento ortodóncico. In: Santa Cruz G.C. Crecimiento Craneofacial Ortodoncia y Ortopedia. Barcelona: Editorial Aquiram S.L. 1993;21-86.
3. Hägg U, Taranger J. Maturation Indicators and the Pubertal Growth Spurt. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1982;82:299-309.
4. Hassel B, Farman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995;107:58-66.
5. García-Fernández P, Torre H, Flores L, Rea J. The Cervical Vertebrae as Maturation Indicators. *J Clin Orthod.* 1998;32:221-225.
6. Pyle SI. Skeletal maturation: hand-wrist radiographic assessment. In Broad bent BH Sr. Broad bent BH Jreds. Bolton standards of dentofacial developmental growth. St. Louis. CV Mosby, 1975:45-79.

7. Pryor JW. The hereditary nature of variation in the ossification of bones. *Anat Rec.* 1907;1:84-88.
8. Rotch TM. Chronologic and anatomic age in early life. *J Am Med Assoc.* 1908;51:197-203.
9. Crampton CW. Anatomic or physical age versus chronological age. *Pediatr Sem.* 1908;15:230-237.
10. Hellman M. Ossification of epiphysial cartilages in the hand. *Am J Phys Anthropol.* 1928;11:221-243.
11. Todd TW. Atlas of skeletal maturation. Part I Hand. London: Kimpton. 1937.
12. Greulich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal development of the hand-wrist. Stanford University Press. 1959.
13. Taranger J. A new method for the assessment of skeletal maturity (mean appearance time of bone stages). *Acta Pediatric. Scand Suppl.* 1976;29-35.
14. Tanner JM, Whitehouse R. H, Marshall A, Healy M, Goldstein H. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW-2 method). London. Ed Academic Press. 1975:71-88.
15. Grave KC, Brown T. Skeletal ossification and the adolescent growth spurt. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1976;69:611-619.
16. Fishman LS. Radiographic Evaluation of Skeletal Maturation – A Clinically Oriented Method Based on Hand-Wrist Films. *Angle Orthod.* 1982;52:88-112.
17. Bernal B, Arias M, Botero L. Correlación entre los indicadores del pico de crecimiento esquelético y el pico de crecimiento mandibular. [tesis doctoral]. Medellín, Colombia. CES:2005, 84pp.
18. Todd T, Pyle SI. Quantitative study of the vertebral column. *AM J Phys Anthropol.* 1928;12:321.
19. Lanier R. Presacral vertebrae of white and negro males. *Am J Phys Anthropol.* 1939;25:341-417.
20. Taylor JR. Growth of human intervertebral discs and vertebral bodies. *J Anat.* 1975;120:49-68.
21. Lamparski D. Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae. [thesis]. Pittsburg, University of Pittsburg: 1972.
22. Franchi L, Baccetti T, McNamara JA. Mandibular Growth as Related to Cervical Vertebral Maturation and Body Height. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;118:335-340.
23. Cattell P. Dentition as a measure of maturity. Harvard Monographs in education. No 9 Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass 1928; 91-96.
24. Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM. A new system of dental age assessment. *Human Biol.* 1973;45:211-227.
25. Coutinho S, Buschang P.H, Miranda F. Relationships between Mandibular Canine Calcification Stages and Skeletal Maturity. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993;104:262-268.
26. Chertkow S, Fatti P. The relationship between tooth mineralization and early evidence of the Ulnar sesamoid. *Angle Orthod.* 1979;49:282-288.
27. Ossa JA, Puerta A, Cortes N. Calcificación dentaria como indicador del crecimiento prepuberal. *Rev. Fac. Odont. Univ. Ant.* 1996;8(1):16-21.
28. Garn SM, Lewis AB, Bonne B. Third molar formation and its developmental course. *Angle Orthod.* 1962;44:270-276.
29. Engstrom C, Engstrom H, Sagne S. Lower third molar development in relation to skeletal maturity and chronological age. *Angle Orthod.* 1983;53:97-106.
30. Demirjian A, Buschang PH, Tanguay R, Kingnorth D. Interrelationships among measures of somatic, skeletal, dental, and sexual maturity. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1985;88:433-438.
31. Malmgrem O, Omblus J, Hagg U, Pancherz H. Treatment with an appliance system in relation to treatment intensity and growth periods. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987;91:143-151.
32. Petrovic A, Stutzmann J, Lavergne J, Shaye R. It is possible to modulate the growth of the human mandible with a functional appliance?. *Inter J Orthod.* 1991;29:3-8.
33. Hagg U, Pancherz H. Dentofacial orthopedics in relation to chronological age, growth period and skeletal development: an analysis of 72 male patients with Class II Division I malocclusion treated with the Herbst appliance. *Eur J Orthod.* 1988;10:169-176.
34. Pileski R, Woodside D, Gavin A. Relationship of the Ulnar Sesamoid Bone and maximum mandibular growth velocity. *Angle Orthod.* 1973;43:162-169.
35. Bjork A, Helm S. Prediction of the age of maximum pubertal growth in body height. *Angle Orthod.* 1967;37:134-143.
36. Bjork A, Skieller V. Facial development and tooth eruption: an implant study at the age of puberty. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1972;62:339-383.

37. Nanda RS. The rates of growth of several facial components measured from serial cephalometric roentgenograms. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1955;41:658-673.
38. Bjork A. Variations in the growth pattern of the human mandible: longitudinal radiographic study by the implant method. *J Dent Res.* 1963;42:400-411.
39. Totani MI. Mandibular growth at puberty. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1972;62:179-195
40. Linder-Aconson S, Woodside DG, Dougle DJ. A longitudinal study of the growth in length of the maxilla in boys between ages 6-20 year. *Eur Orthod Soc.* 1975;169-179.
41. O'Reilly MT. A longitudinal growth study: maxillary length at puberty in females. *Angle Orthod.* 1979;49:234-238.
42. Hunter CJ. The Correlation of Facial Growth with Body Height and Skeletal Maturation at Adolescence. *Angle Orthod.* 1966;36:44-54.
43. Lewis A, Roche A, Wagner B. Pubertal Spurts in Cranial Base and Mandible. *Angle Orthod.* 1985;55:17-30.
44. Baccetti T, Franchi L, McNamara J. The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics. *Semin Orthod.* 2005;11:119-129.

Correspondencia:

natber@une.net.co

Recibido para publicación: Diciembre de 2006

Aprobado para publicación: Mayo de 2007

