



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**MEDIOS AUXILIARES DE DIAGNÓSTICO PARA
DETERMINAR EL CRECIMIENTO OSEO.**

TRABAJO TERMINAL ESCRITO DEL DIPLOMADO DE
ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL QUE PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:

CIRUJANA DENTISTA

P R E S E N T A:

NORMA ANGELICA ARCINIEGA RAMOS

TUTOR: C.D. MAURICIO BALLESTEROS LOZANO
ASESOR: C.D. ANTONIO FERNÁNDEZ LOPEZ
ASESOR: C.D. GUILLERMO OROPEZA SOSA

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Norma Angelica Arciniega Ramos', written in a cursive style.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

A mi mamá, Camelia Ramos Radilla de Arciniega, por ser mi amiga, mi ejemplo y mi guía; gracias por estar conmigo siempre en los momentos importantes, por tus palabras de aliento y por tus consejos.

A mi papá, Antonio Arciniega Cervantes, por el apoyo que siempre me has brindado, por motivarme y enseñarme que para triunfar en la vida se requiere de esfuerzo, entusiasmo, disciplina y dedicación.

A mi hermano José Antonio, a quien tanto quiero, por ser un complemento tan importante en mi vida.

A Mario, gracias por todo tu cariño, tu compañía y tu motivación para tratar de siempre ser mejor.

A todos mis amigos, a Marco y Adriana, por el afecto y por los consejos que de manera oportuna siempre me han dado. A Silvia, Ana, Karla e Itzel por su amistad que mucho me enorgullece y que ha contribuido para mi formación personal y profesional.

A mis compañeros, especialmente a Berenice, por compartir durante todos estos años ilusiones, preocupaciones, desvelos, trabajos y satisfacciones. Para Itzel, Marisol y Alejandro gracias por todo el apoyo recibido durante el tiempo que permanecemos en la licenciatura.

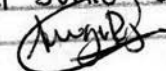
A los miembros de las familias Arciniega y Ramos, presentes y ausentes; a todos los agradezco su apoyo y sus palabras de aliento que me motivaron para concluir mis estudios de licenciatura y este trabajo el cual comparto con todos.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Norma Angelica

Arciniega Ramos

FECHA: 21 JUNIO 2009

FIRMA: 



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	6
Capítulo I	
ANTECEDENTES	10
Capítulo II	
ESTRUCTURA NORMAL DEL SISTEMA ÓSEO	14
Capítulo III	
CRECIMIENTO Y MADURACIÓN	
3.1 Centros primarios de osificación	17
3.2 Centros secundarios de osificación	18
3.3 Modelado óseo	19
3.4 Estadios epifisarios	20
Capítulo IV	
MÉTODO DE EVALUACIÓN DE MADUREZ ESQUELETAL DESCRITO POR FISHMAN	
4.1 Estadios de maduración	21
4.2 Indicadores de madurez esquelética	23



4.3 Niveles de maduración	25
---------------------------	----

Capítulo V

METODO DE BJORK, MODIFICADO POR GRAVE Y BROWN

5.1 Primer estadio de maduración	28
5.2 Segundo estadio de maduración	28
5.3 Tercer estadio de maduración	29
5.4 Cuarto estadio de maduración	30
5.5 Quinto estadio de maduración	32
5.6 Sexto estadio de maduración	33
5.7 Séptimo estadio de maduración	34
5.8 Octavo estadio de maduración	34
5.9 Noveno estadio de maduración	35

Capítulo VI

LAS VERTEBRAS CERVICALES COMO INDICADORES DE MADURACIÓN ESQUELETAL

6.1 Maduración ósea	37
6.2 Variaciones normales en la columna vertebral	37
6.3 Desórdenes en niños y adolescentes	38
6.4 Método de evaluación	39
6.4.1 Periodo de Iniciación	39



6.4.2 Periodo de Aceleración	40
6.4.3 Periodo de Transición	40
6.4.4 Periodo de Desaceleración	41
6.4.5 Periodo de Maduración	42
6.4.6 Periodo de Terminación	43
CONCLUSIONES	45
FUENTES DE INFORMACIÓN	47
ANEXO 1. CORRELACIÓN DE ESTADIOS DE MADURACIÓN ESQUELETAL	51



INTRODUCCIÓN

Durante el tratamiento ortopédico es muy importante la evaluación del crecimiento del individuo, ya que la mayoría de los pacientes que requieren tratamiento de maloclusiones se encuentran en un período de crecimiento.

Es importante conocer el estado de maduración del paciente, evaluarlo y determinar si el crecimiento se ha completado. Estos datos tienen influencia en el diagnóstico, objetivos y plan de tratamiento.¹

Durante la vida, los individuos pasan por diferentes estadios de maduración que implican un grado de creciente maduración. Cada individuo tiene su propio ritmo o tiempo de crecimiento y de acuerdo a esto su crecimiento puede ser rápido, promedio o tardío.²

El medio más útil de valorar la madurez biológica es la estimación de la edad esquelética; debido a que los cambios que experimentan los huesos en su maduración son muy similares en todos los individuos y cada centro de osificación pasa por un número de cambios morfológicos que se pueden identificar fácilmente.³

La edad cronológica no siempre coincide con la edad ósea o esquelética, ya que varios factores contribuyen para esta variación como: genéticos, raciales, condiciones climáticas, circunstancias nutricionales, condiciones socioeconómicas y alteraciones de maduración cada vez más precoz del hombre a través del tiempo.⁴

De todos los indicadores de la edad de desarrollo la edad dental es la que menos correlación guarda con otros índices. El grado de crecimiento físico también se desvía de la edad cronológica. Al ortodoncista realmente le



interesa más la edad ósea que la edad cronológica, ya que la primera representa con más fidelidad el desarrollo físico del individuo.⁵

La secuencia en el desarrollo de los huesos es esencialmente la misma para todos los individuos. Cada uno de los elementos óseos del esqueleto inicia su desarrollo en un centro de osificación a partir del cual logra el crecimiento progresivo y la diferenciación morfológica. En consecuencia, la maduración del esqueleto se puede apreciar por el número de centros de osificación y por el nivel de desarrollo que cada hueso va alcanzando⁶

El crecimiento óseo y las señales de pubertad traducen mejor el desarrollo del individuo que su edad cronológica. De esta forma el crecimiento de los huesos de la mano puede ser utilizado como representativo de crecimiento físico general del individuo⁷

La determinación de la madurez esquelética a través de la radiografía digitopalmar forma parte de la lista de exámenes complementarios utilizados para el diagnóstico y la planificación del tratamiento ortopédico.

La técnica para evaluar la madurez esquelética consiste en una inspección visual del desarrollo de los huesos, su apariencia inicial y su subsecuente osificación, la cual va relacionada con cambios en forma y tamaño. Se pueden usar varias áreas del esqueleto como el pie, tobillo, cadera, codo, mano, muñeca y las vértebras cervicales.⁸

La radiografía digitopalmar es la más usada para evaluar el desarrollo esquelético. ¹ Se utiliza de forma convencional para calcular la edad esquelética debido a que hay una gran proporción de huesos largos y redondos en un área que podemos observar fácilmente.³



Los estudios han demostrado que dos tercios de los casos tratados ortodónticamente incluyen tipos de maloclusiones donde el crecimiento y desarrollo desempeñan un papel preponderante en el éxito o el fracaso de la terapia.⁹

La ortodoncia contemporánea se preocupa cada vez más de la corrección a edades tempranas de las maloclusiones, dando gran importancia a la armonización de las bases óseas disminuyendo importancia a las discrepancias y posicionamientos dentarios, que pueden ser corregidos en cualquier época de la vida. Para esto, es necesario que se utilicen los momentos de mayor pico de crecimiento individual. La edad cronológica, altura y peso, edad dentaria y edad ósea son indicadores del nivel de madurez de un individuo. Observando los niveles de madurez de un niño, es posible hacer una estimativa de cuándo alcanzará la pubertad e incluso el pico de crecimiento puberal. Esta estimativa es muy variable y diferentes individuos llegan al mismo estadio de desarrollo en diferentes edades cronológicas. Algunos niños tienen una maduración lenta y alcanzan el pico de crecimiento puberal en edades más avanzadas, mientras que otros, con maduración más rápida lo alcanzan en edades menores.¹⁰

Es importante mencionar que no podemos estimular o inhibir el crecimiento craneofacial, sin embargo, si detectamos la época donde ocurre el mayor brote de crecimiento podemos eliminar las maloclusiones ya establecidas, utilizando la aparatología adecuada.¹⁰

La determinación de la edad ósea es el procedimiento de elección para juzgar el grado de madurez biológica de un niño, ya que nos informa el progreso que tiene en su evolución hacia la madurez.³ La valoración permite establecer si el nivel de madurez corresponde con la de una muestra



promedio de niños sanos de su misma edad o bien si se encuentra acelerada o retrasada en relación a éstos, lo cual es indicativo de anormalidad.⁶

La radiografía de mano y muñeca, por lo tanto, ofrece al ortodoncista datos que, interpretados en su totalidad, proporcionan la edad ósea del paciente, traduciendo su estadio de maduración ósea. La interpretación de los datos referentes a la osificación de las piezas esqueléticas de la mano y de la muñeca, son individualizados y permiten la estimativa de desarrollo de los diferentes huesos analizados con relación al pico de crecimiento puberal.⁷

Muchas veces, la decisión sobre el inicio del tratamiento ortopédico debe ser tomada teniendo en cuenta el mayor crecimiento puberal, principalmente en casos de grandes discrepancias esqueléticas.

Agradezco al C.D. Antonio Fernández, C.D. Mauricio Ballesteros y C.D. Guillermo Oropeza por su tiempo, apoyo y disposición para la realización de este trabajo.



Capítulo I

ANTECEDENTES

Los diagramas esqueléticos de Vogt y Vickers son muy útiles porque muestran claramente el amplio margen para el desarrollo normal a todas las edades en ambos sexos. En este estudio, los niños eran un grupo sano de hasta 6 años de edad, del que se habían excluido los niños enfermos por cuidadosa investigación clínica.⁶

Stuart realiza diagramas, los cuales tienen ventajas excepcionales durante el primer año de vida, debido a la utilización del corto intervalo a los tres meses. Durante los primeros meses de vida la rodilla y el pie son más satisfactorios para la estimación de la edad esquelética porque en ellos aparecen más centros de osificación comparados con los de la mano.⁶

En 1912, Boas afirmó la íntima relación de determinados estadios de desarrollo en varias partes del cuerpo humano. Esta relación muestra que el crecimiento óseo y las señales de pubertad traducen mejor el desarrollo que su edad cronológica. Así el crecimiento de los huesos de la mano puede ser utilizado como representativo del crecimiento físico general del individuo.¹¹

El método de atlas de Greulich y Pyle se realizó en niños americanos entre 1931 y 1942, se publicó en 1950 y fue revisado en 1959.² Es una serie de radiografías secuenciales que se basan en la radiografía de digitopalmar de 1000 niños de Cleveland, Ohio. El procedimiento fue usar la mano y muñeca para evaluar la madurez esquelética, así se correlaciona con el estándar, a esto se le llama método de inspección y comparación.¹²



En 1937, Todd desarrolló un Atlas de maduración esquelética basado en una serie de radiografías de niños y niñas de distintas edades, que sirve como patrón de comparación con el individuo a estudiar.²

En muchos niños mayores existe una aceptable correlación entre la edad esquelética antes de la adolescencia y la talla adulta final. Bayley Y Pinneau publicaron en 1950 tablas útiles para la predicción de la talla adulta final por la edad esquelética determinada por radiografías de la mano. El principal error en el método reside en la dificultad de estimar con precisión la edad esquelética: Cuanto más joven es el sujeto, mayor es el error de predicción.⁶

En 1959, Garn y Rohman describieron e identificaron tales centros de osificación; afirmaron que los centros de osificación presentan el mayor valor de previsión en la evaluación esquelética. En su estudio, encontraron que hay variabilidad en el orden de aparición de los centros de osificación de los huesos de la mano y muñeca ya que la secuencia de aparición de los huesos cuneiforme, trapecio y trapecoide difería en hombres y mujeres.¹³

La fidelidad de la valoración radiográfica de la edad esquelética es estudiada detalladamente por Jhonson y colaboradores, por su parte Garn, Hertzog, Poznanski y colaboradores, presentan estándares para las longitudes metacarpianas y falángicas por línea transversal y por radio longitudinal para 19 huesos tubulares de la mano, para ambos sexos por separado, desde la infancia hasta la edad adulta en las medidas de variabilidad de estas longitudes normales.⁶ Consideran la existencia de variaciones en el orden de osificación, aun en la población normal, los cuales dependen de factores genéticos, condiciones socioeconómicas, factores ambientales y condiciones nutricionales¹¹



Buehl y Pyle con el objetivo de establecer los criterios esqueléticos para el comienzo de la adolescencia encontraron que la osificación aparecía en la cresta iliaca dentro de los 6 meses posteriores a la menarquía (12.9 años) en los dos tercios de las mujeres estudiadas. Ellos sugerían que la edad de comienzo de la osificación de la cresta iliaca en el varón representa un nivel de maduración análogo al nivel de maduración femenino en la fecha de la menarquía. En los varones, la osificación iliaca aparecía por término medio a los 14.5 años o 1.6 años más tarde que en las mujeres. En la falange proximal del segundo dedo de la mano, la fusión de las epífisis con la diáfisis se iniciaba también en las proximidades de la menarquía; en la mayoría de las muchachas esta fusión empezaba después del comienzo del flujo menstrual.¹⁴

El método numérico mas utilizado es el de Tanner y Whitehouse, realizado en niños escoceses en 1958. para estos autores cada núcleo epifisiario se considera de forma individual, atribuyéndole a cada uno determinada puntuación, que sumadas entre sí dan una puntuación de madurez ósea que se compara con los valores estándar de una tabla, lo que indica la edad ósea de niño.¹⁵

El método de Eklof y Ringertz, descrito en 1967, se basa en niños suecos y se utilizan medidas de largo y ancho de determinados centros de osificación; ellos mediante cálculos estadísticos presentaron dos tablas; una para cada sexo, en las que cada uno de los centros de osificación tiene un estándar mínimo y máximo, son para las edades desde uno hasta los quince años con intervalo de tres meses entre cada uno.¹¹

Acheson y colaboradores elaboraron un método que mide la madurez por los rasgos diferenciales de los huesos a diferentes edades y expresa la madurez en unidades de madurez (unidades Oxford) mejor que en unidades



de tiempo, promete resolver las dificultades a este problema. Realizaron estudios comparativos entre el somatotipo y la maduración esquelética y concluyeron que los individuos clasificados por Sheldon como ectomorfos presentaban una maduración esquelética lenta y alcanzaba alturas adultas mayores que los mesomorfos, los cuales presentan una maduración esquelética mas rápida.³

El sistema de evaluación de madurez esqueletal es descrito por Fishman, es un procedimiento simple y organizado para determinar el nivel de maduración. Este sistema usa 11 sitios anatómicos localizados en el tercer, y quinto dedo, el pulgar (sesamoideo) y radio. Proporciona gráficas y tablas para estimar el porcentaje de crecimiento, estos valores son independientes de la edad cronológica.¹⁶

Bjork utilizó cuatro huesos como indicadores de madurez esqueletal de acuerdo a sus estudios el crecimiento termina con la fusión de la falange distal del tercer dedo.¹⁷



Capítulo II

ESTRUCTURA NORMAL DEL SISTEMA ÓSEO

Los huesos se clasifican según su forma:

- Huesos largos, son tubulares, como el húmero.
- Huesos cortos, son cuboidales y sólo se encuentran en el tarso y carpo.
- Huesos planos, cumplen funciones defensivas, como los huesos del cráneo que protegen el encéfalo.
- Huesos irregulares, como los de la cara.
- Huesos sesamoideos, se establecen en determinados tendones, cambian el ángulo tendinoso en su tránsito hacia la inserción que le corresponde.¹⁸

La composición química de los huesos consiste en una matriz de colágeno y fibras del mismo material en las cuales se depositan los cristales de apatita. Los huesos están irrigados por un abundante complejo de arterias, venas y nervios situado en las paredes corticales y cavidades medulares así como en la epífisis y la metáfisis.³

La diáfisis forma el segmento alargado e intermedio entre las metáfisis a las que separa. La diáfisis se alarga en cada uno de sus extremos a partir del crecimiento opuesto de los cartílagos epifisarios. Durante este crecimiento, un hueso largo constituye un tubo cerrado en cada extremo por la lámina de cartílago transversal. Su cavidad central o canal medular se encuentra lleno de médula roja, grasa y de hueso elaborado en sus segmentos terminales. Sus paredes corticales están constituidas por capas periféricas y osteones de Havers dirigidos en sentido longitudinal. En los



extremos de las cavidades medulares existe un entramado de diversos grados de resistencia formado por hueso esponjoso, denominado la esponja terminal. Los espacios situados entre las ramas de este entramado comunican directamente uno con otro, así como en el espacio central principal de la cavidad medular.¹⁶

El periostio recubre el borde externo de la pared cortical, está constituido por una capa externa de fibras colágenas apretadas y densas, dispuestas paralelamente al borde cortical y con fibroblastos de disposición similar. La capa perióstica interna consta durante el crecimiento, de varias láminas de osteoblastos en un tejido conjuntivo mucho menos denso, cuyas fibras se sitúan en sentido perpendicular a la superficie articular. Esta envoltura interior o capa osteogénica va depositando progresivamente nuevas capas de hueso subperióstico en el borde exterior de la corteza.

Las epífisis (segmentos extremos de crecimiento) son unos casquetes cartilaginosos situados a ambos extremos del hueso, después de la metáfisis, en todas ellas se desarrollan centros secundarios de osificación, exceptuando algunas epífisis de falanges, metatarsianos y metacarpianos.

La lámina cartilaginosa es un disco transversal formado por cartílagos cuya función es epifisaria en su cara yuxtaarticular y metafisaria en el lado opuesto.

La metáfisis (segmento intermedio de crecimiento) no contribuye en nada al crecimiento longitudinal pero es el responsable de la supresión del cartílago, de su reconstrucción y de la formación de la esponjosa primitiva y cavidad medular.¹⁸



El aporte sanguíneo al hueso en crecimiento consiste en varios subsistemas circulatorios (Brookes). Un número elevado de arterias macroscópicas y microscópicas perforan la corteza, siguiendo luego a través de sus ramificaciones hacia la médula y trabéculas del hueso esponjoso. La compacta de las paredes corticales está perforada por vasos sanguíneos que difieren funcionalmente de los mas superficiales del lecho vascular perióstico. La irrigación medular se inicia mediante la arteria nutricia principal. La cual perfora el hueso a través de un agujero denominado nutricio y se divide luego en ramos proximales y distales que, a través de nuevas ramificaciones progresivas, irrigan la médula y las metáfisis. Cerca de los extremos de las diáfisis, se hallan unas arterias perforantes que a este nivel, atraviesan la delgada capa cortical e irrigan la médula y el segmento terminal periférico de las metáfisis.³



Capítulo III

CRECIMIENTO Y MADURACIÓN

Los huesos provienen del mesénquima (tejido conjuntivo embrionario), a través de dos procesos diferentes: osificación intramembranosa (directamente del mesénquima) y osificación endocondral (del cartílago proveniente del mesénquima).¹⁹

3.1 Centros primarios de osificación.

A finales del segundo mes de vida fetal, el esqueleto cartilaginoso embrionario se ha subdividido ya en sus principales segmentos, que constituyen los precursores de los huesos de las extremidades. Todos los centros primarios de osificación de los huesos tubulares aparecen el curso de la vida fetal.

Un centro primario de osificación se forma por depósito de un disco transversal en la matriz cartilaginosa aproximadamente a nivel del centro de la diáfisis embrionaria seguida de la hipertrofia y crecimiento de las células cartilaginosas locales. El centro de esta zona calcificada es absorbida casi inmediatamente y se transforma en la cavidad medular primitiva o cavidad medular. Esta absorción está asociada con la invasión de arterias periósticas.¹⁸

Los discos cartilaginosos calcificados en los extremos proximal y distal de la cavidad medular primitiva se transforman en las zonas preparatorias de calcificación, que siguen a los progresos del cartílago proliferante hacia las extremidades proximal y distal de la diáfisis en el curso de crecimiento. El defecto cortical resultante de la penetración de brote perióstico persiste en



forma de conducto nutricio. De forma simultánea, con estas malformaciones en el interior del cartílago se desarrolla un cilindro compacto de hueso periférico, la cortical, situado bajo el periostio y que rodea el centro primario de osificación²⁰

3.2 Centros secundarios de osificación.

Los centros secundarios suelen aparecer después del parto, a excepción de los de las epífisis distales de los fémures, y con menor frecuencia, de los de las epífisis proximales de las tibias. Al aumentar la edad, progresa la penetración ósea hacia el cartílago en todas direcciones a partir del foco inicial. Constituye una regla casi sin excepción el que la velocidad de penetración es mayor por el borde auricular del centro de osificación que por su borde diafisario. Esta penetración continúa hasta que se alcanzan los bordes del cartílago. La banda cartilaginosa interpuesta entre la diáfisis y el centro de osificación epifisiario, la placa epifisiaria, disminuye progresivamente su grosor, hasta que desaparece por completo al término del crecimiento, momento en que se unen la epífisis y la diáfisis para constituir un hueso adulto. No obstante en las caras articulares de las epífisis persisten zonas cartilaginosas hasta la edad adulta, que constituyen los cartílagos articulares.²⁰

La osificación normal del centro epifisiario no es habitualmente un proceso uniforme, en especial durante su primer fase y en los periodos de crecimiento y osificación rápidos. En lugar de un centro único pueden aparecer en un principio varios focos óseos de pequeños tamaño, que se unen más tarde y constituyen un gran centro óseo de mayor tamaño. Su densidad a veces continúa siendo irregular en sus bordes durante varios meses, hasta que por último adquiere una densidad uniforme y unos bordes lisos.³



3.3 Modelado óseo

Durante el periodo de crecimiento y además del constante desarrollo en longitud y anchura, se produce un continuo modelado o reestructuración diafisiaria, hasta dar lugar a la forma definitiva del hueso. El mecanismo responsable de estas modificaciones formales recibe el nombre de modelado o tubulación.²¹

En el proceso de aposición y resorción, el hueso no crece por igual en toda su extensión. El periostio y endosito, pueden depositar hueso en un área externa o interna y resorber en otra área contigua. Esto permite que las diferentes piezas del esqueleto modifiquen su forma espacial a medida que crecen o sufren una remodelación.¹⁰



3.4 Estadios epifisarios.

Se le denomina así al grado de osificación del cartílago de crecimiento que localiza entre la epífisis y la diáfisis y, la manera por la que la epífisis inicia y aumenta su osificación hasta que se una a la diáfisis en los huesos largos.⁹ Las falanges distales se osifican primero, después las proximales, y por último las falanges medias. Primero se osifica el pulgar y va en dirección al meñique (1 al 5).³

En huesos muy jóvenes, las epífisis no se pueden visualizar radiográficamente; primero aparece un pequeño punto de osificación que va aumentando hasta llegar a la misma anchura que la diáfisis. A partir de ahí, la epífisis comienza a emitir un prolongación lateral (a esta fase se le llama cubrimiento), después la porción central del cartílago se sustituye por la fusión ósea (unión inicial) y finalmente se observa una fusión total, visualizándose solamente una línea de unión (unión total).¹⁰ (Figura 1)

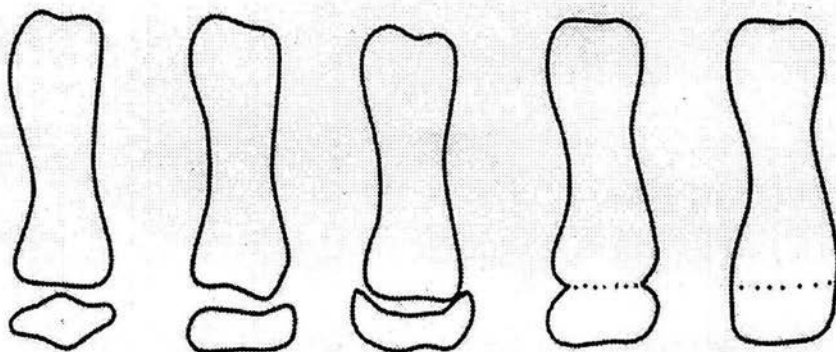


Figura 1. Estadios epifisarios



Capítulo IV

MÉTODO DE EVALUACIÓN DE MADUREZ ESQUELETAL DESCRITO POR FISHMAN

Este método de evaluación fue descrito por Leonard Fishman en 1982, desarrolló un sistema que se basa en la evaluación de once indicadores de madurez esquelética, los cuales se localizan en seis sitios anatómicos en el dedo pulgar, dedo medio, dedo meñique y radio.¹⁹

El nivel de maduración se refiere al porcentaje de desarrollo en la maduración, que puede estar avanzado, promedio o retrasado respecto a la edad cronológica.²

4.1 Estadios de maduración.

Los indicadores de madurez fueron seleccionados en base a la estabilidad secuencial de ocurrencia, con una distribución relativa, usando la identificación en radiografías. El objetivo es identificar el estadio de mayor avance de maduración que exista en la radiografía de mano y muñeca de un individuo.

Fishman describe 4 estados de osificación:

- 1.- El ancho de la epífisis es igual a la diáfisis.
- 2.-La epífisis cubre la diáfisis.
- 3.-Osificación entre la epífisis y la diáfisis.
- 4.- Fusión entre la epífisis y la diáfisis.²² (Figura 2)

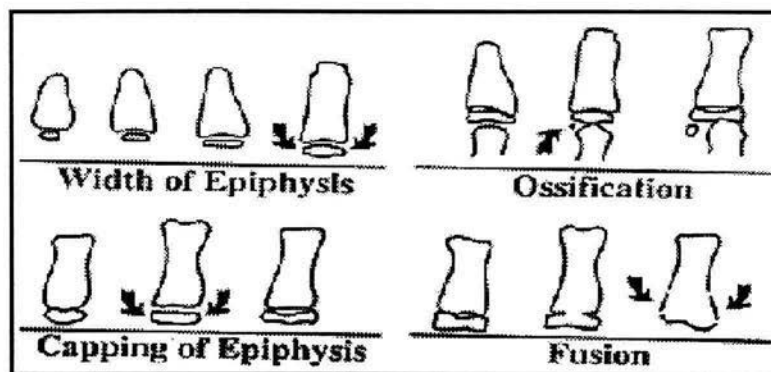


Figura 2. Estadios de osificación.

Los seis sitios anatómicos que se utilizan en este método se localizan en la falange distal, media y proximal del dedo medio, la falange media del dedo meñique, el hueso sesamoideo del dedo pulgar y el radio. (Figura 3)²²

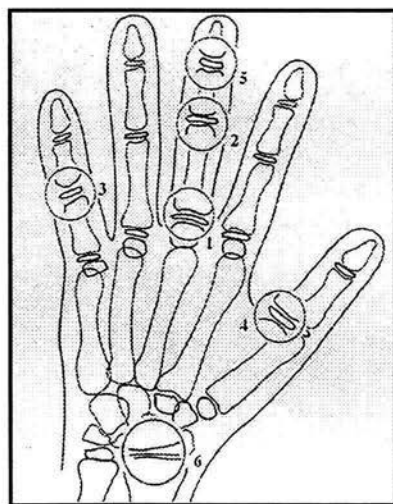


Figura 3. Sitios anatómicos de evaluación.



4.2 Indicadores de madurez esquelética

Se utilizan once indicadores de madurez esquelética en la adolescencia, son los siguientes:

SMI 1: Se observa en el tercer dedo, el ancho de la epífisis de la falange proximal es igual o más ancho que la diáfisis.

SMI 2: Se observa en la falange mesial del tercer dedo, la epífisis es igual o más ancha que la diáfisis.

SMI 3: Se observa en el quinto dedo, el ancho de la epífisis es igual o más que en la diáfisis.

SMI 4: Se observa la osificación del sesamoideo del pulgar.

SMI 5: Se observa en el quinto dedo, la diáfisis de la falange distal recubre ambos lados de la epífisis.

SMI 6: Se observa en el tercer dedo, la diáfisis de la falange mesial recubre ambos lados de la epífisis.

SMI 7: Se observa en el quinto dedo, la diáfisis de falange mesial recubre ambos lados de la epífisis.

SMI 8: Se observa en el tercer dedo, se completa la fusión de la falange distal.

SMI 9: Se observa en el tercer dedo, se completa la fusión de la falange proximal.

SMI 10: Se observa en el tercer dedo, se completa la fusión de la falange mesial.

SMI 11: Se completa la fusión del radio (Es una indicación de que el crecimiento esquelético se ha completado)²³ (Figura 4)

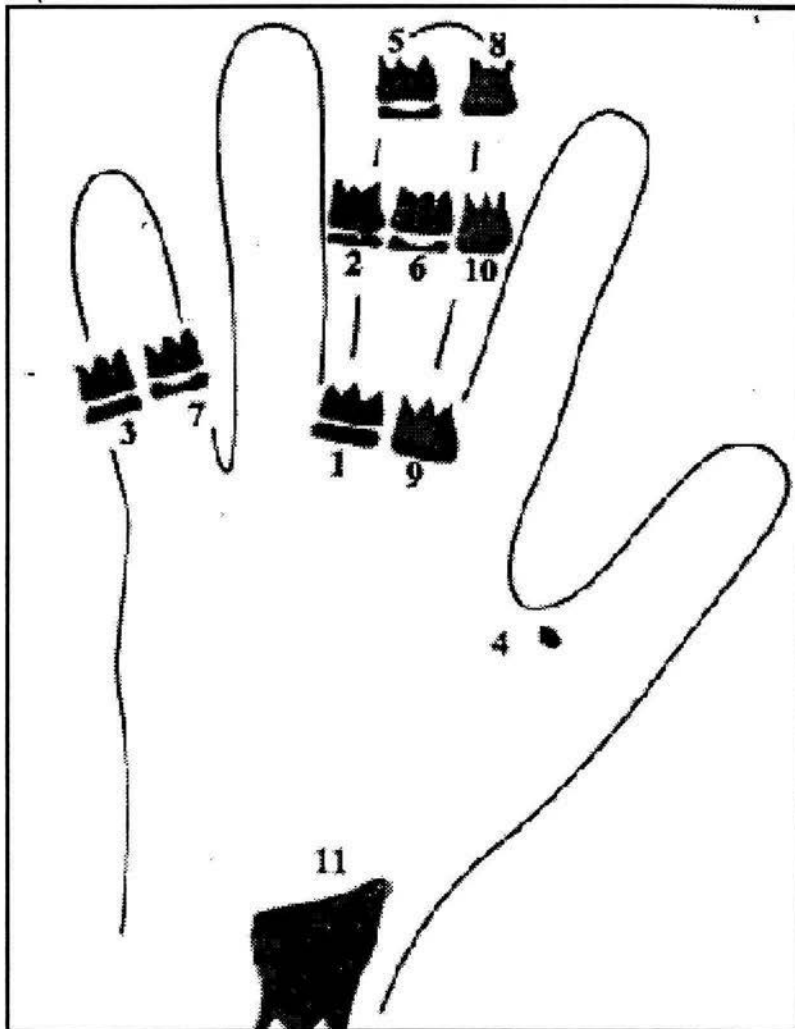


Figura 4. Indicadores de madurez esquelética



Existen seis niveles intermedios en los estadios, los cuales es importante conocer para considerar todas las opciones posibles en el tratamiento.

SMI 4+: SMI 4 existe, pero solo el lado medial del tercer dedo, la falange distal esta cubierta.

SMI 5+: SMI 5 existe, solo el lado medial del tercer dedo, la falange media esta cubierta.

SMI 6+: SMI 6 existe, pero solo el lado medial del quinto dedo, la falange media esta cubierta.

SMI 7+: SMI 7 existe, pero solo el lado mesial y central del tercer dedo, la falange distal esta fusionada.

SMI 10+: SMI 10 existe, pero solo el área central del radio esta fusionada.

SMI 10++: SMI 10+ existe, solo el área central y distal del radio esta fusionada.¹²

4.3 Niveles de maduración.

El crecimiento de individuo con el mismo SMI demostró que variaba a diferentes edades cronológicas, se considera que puede haber una desviación estándar de ± 1 de la edad cronológica

Nivel A, maduración avanzada.

Nivel B, promedio, pero más cercano a estar avanzado.

Nivel C, promedio pero más cercanos a estar retrasado.

Nivel D, maduración retrasada.¹²

El periodo de desarrollo durante la adolescencia puede ser dividido arbitrariamente en periodos de crecimiento acelerado (Indicadores de madurez esquelética 1 a 3), alto porcentaje de crecimiento que incluye el pico



de velocidad de crecimiento (Indicadores de madurez esquelética 4 a 7) y
disminución de crecimiento (Indicadores de madurez esquelética 8 a 11).²³



Capítulo V

METODO DE BJORK, MODIFICADO POR GRAVE Y BROWN

En ortopedia maxilar y ortodoncia se ha utilizado el análisis de Bjork, que divide el proceso de maduración de los huesos de la mano en 8 estadios evolutivos entre los nueve y los 17 años de edad. Más tarde Grave y Brown modificaron este método y lo aumentaron a 9 estadios. Las características de osificación se detectan a nivel de las falanges, huesos del carpo y radio. Los estados de crecimiento de los dedos se valoran según la relación entre la epífisis y la diáfisis.

Se distinguen tres estados de osificación de las falanges.

1. Primer estadio: la diáfisis tiene la misma anchura que la epífisis.
2. Segundo estadio: estadio de capuchón, donde la diáfisis rodea a la epífisis a modo de capuchón.
3. Tercer estadio: estadio de U (U = unidad) donde la diáfisis se osifica con la epífisis.

Los dedos se denominan con las cifras 1 a 5 a partir del pulgar.

El primer estadio comienza aproximadamente 3 años antes del brote de crecimiento puberal.

El segundo estadio de osificación coincide con el brote máximo de crecimiento puberal, y se corresponde con el quinto estadio de maduración del esqueleto de la mano.

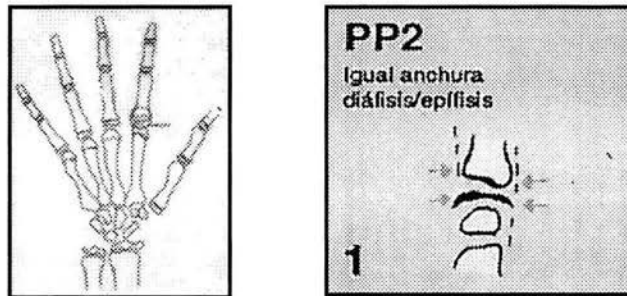


El tercer estadio de osificación significa la terminación del brote de crecimiento puberal y se corresponde con el sexto, séptimo, octavo y noveno estadios de maduración de la mano.

Según el análisis de Grave y Brown, encontramos los siguientes estadios de maduración:

5.1 Primer estadio de maduración

La diáfisis de la falange proximal del dedo del dedo índice (PP2), muestra la misma anchura que la epífisis. (Período de igualdad). (Figuras. 5.1)



Figs. 5.1 Primer estadio de maduración.

5.2 Segundo estadio de maduración

La diáfisis de la segunda falange del dedo medio (MP3) muestra la misma anchura que la epífisis. (=). (Figura. 5.2)

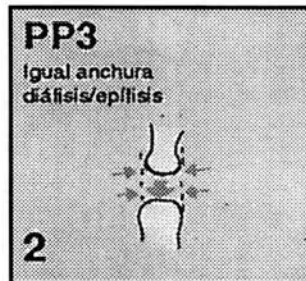


Fig 5.2 . Segundo estadio de maduración.

5.3 Tercer estadio de maduración

Se puede visualizar el hueso pisiforme. La osificación del pisiforme puede ser utilizada como indicador del inicio de la adolescencia. Está situado en una posición tal que su imagen radiográfica se confunde con el hueso piramidal y, así, el inicio de su osificación muchas veces es de difícil visualización.(Figura 5.3)



Fig. 5.3.1 Tercer estadio de maduración.



(H 1): Visibilidad de la apófisis uniforme del ganchoso. (Figura 5.3.2)

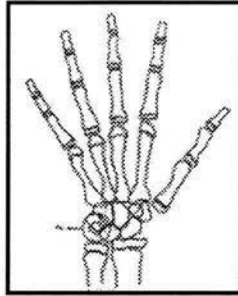


Fig. 5.3.2 Tercer estadio de maduración.

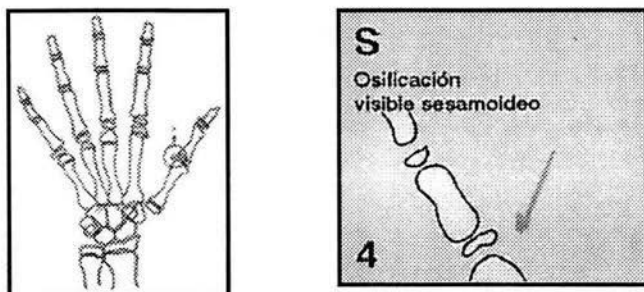
(R): Anchura equivalente de la diáfisis y epífisis del Radio.

La epífisis del radio tiene la misma anchura de la diáfisis. Según Grave y Brown, esos tres eventos en la mayoría de los individuos proceden el pico de velocidad de crecimiento puberal.

5.4 Cuarto estadio de maduración

(S): Inicio de la mineralización del sesamoideo.

- La osificación del sesamoideo aparece en forma de almendra, localizada entre la distal del metacarpo 1 y la epífisis de la falange proximal del pulgar. (Figuras 5.4.1)

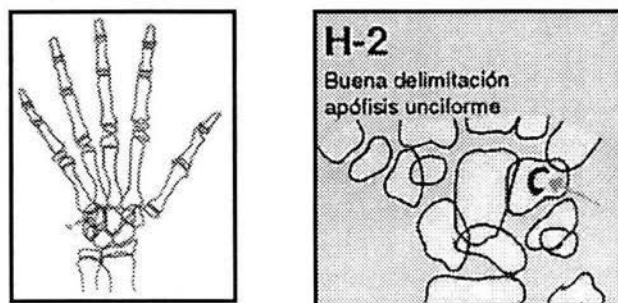


Figs. 5.4.1 Cuarto estadio de maduración

(H 2): Osificación avanzada de la apófisis. unciforme. del hueso ganchoso.

La apófisis unciforme del hueso ganchoso es radiopaco y nítidamente visible.

Este estadio se alcanza poco antes o al inicio del brote de crecimiento puberal. (Figuras 5.4.2)



Figs. 5.4.2 Cuarto estadio de maduración



5.5 Quinto estadio de maduración

(MP3 cap.): La diáfisis rodea a modo de capuchón a la epífisis, a nivel de la segunda falange del dedo medio. (Figura 5.5.1)



Fig. 5.5.1 Quinto estadio de maduración

(PPI cap.): en la falange proximal del pulgar. Recubrimiento de la diáfisis por la epífisis en la falange proximal del dedo pulgar. (Fig. 5.5.2)

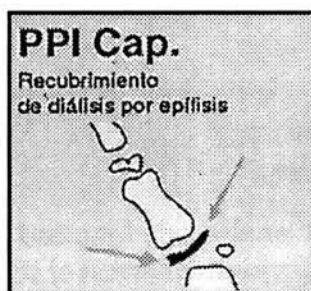
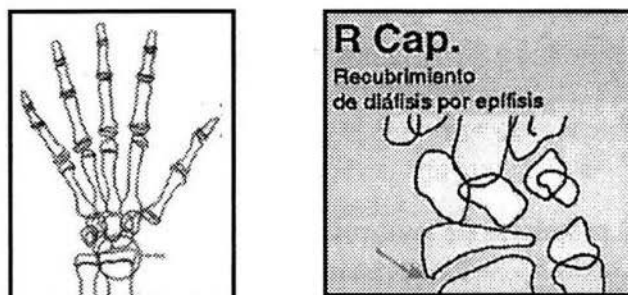


Fig. 5.5.2 Quinto estadio de maduración



(R cap.): Recubrimiento de la diáfisis por la epífisis en el Radio.

Este estadio de osificación coincide con el brote máximo de crecimiento puberal. (Figuras 5.5.3)

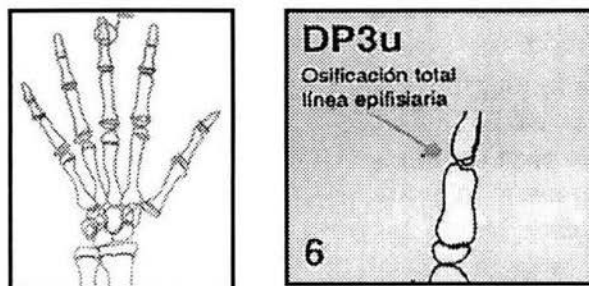


Figs. 5.5.3 Quinto estadio de maduración

5.6 Sexto estadio de maduración

(DP3 u.): Se observa fusión visible de la diáfisis y epífisis de la falange distal del dedo medio. (Figura 5.6)

Al alcanzarse este estadio evolutivo, termina el brote de crecimiento puberal.



Figs.5.6 Sexto estadio de maduración



5.7 Séptimo estadio de maduración

(PP3 u.): Se observa fusión visible de la diáfisis y epífisis de la falange proximal del dedo medio. (Figuras 5.7)



Figs. 5.7 Séptimo estadio de maduración

5.8 Octavo estadio de maduración

(MP3 u.): Fusión visible de la diáfisis y epífisis de la segunda falange del dedo medio. (Figs. 5.8)



Figs. 5.8 Octavo estadio de maduración



5.9 Noveno estadio de maduración

(R u.): Osificación completa de la diáfisis y epífisis del Radio.

Al llegar a este estadio, termina la osificación de todos los huesos de la mano y, al mismo tiempo, el crecimiento óseo. El crecimiento corporal, y de la cabeza de la mandíbula sólo cesan 1 o 2 años después de la unión total del radio. De esa manera, mientras exista la línea radiolúcida del cartilago entre epífisis y diáfisis a nivel de radio, la mandíbula continúa creciendo. (Figuras 5.9)

Es importante considerar que la osificación de los huesos de la mano está sometida a una gran oscilación individual y que la determinación de la edad ósea en la radiografía no siempre es exacta.^{10,15}



Figs. 5.9 Noveno estadio de maduración



Capítulo VI

LAS VÉRTEBRAS CERVICALES COMO INDICADORES DE MADURACIÓN ESQUELETAL

Es importante evaluar la madurez esquelética durante un tratamiento de ortodoncia u ortopedia, el cual puede valorarse por varios indicadores: talla, medidas en la radiografía de mano y muñeca, menarca, cambios en la voz y desarrollo dental.²⁴

La determinación de la edad ósea por medio de radiografía carpal es el método más común, sin embargo este método requiere de una radiografía extra. Otro método que es de gran ayuda y no requiere radiografías extra es el de la valoración de la madurez esquelética de las vértebras cervicales, este estudio se realiza en la radiografía lateral que comúnmente el ortodontista pide al inicio del tratamiento.

El estudio de las vértebras cervicales no requiere radiografía carpal y puede ser usado para evaluar el crecimiento, esta técnica no va a evaluar en detalle, ya que no se cuenta con un atlas, en el cual se pueda comparar, pero es un método muy útil en la determinación del grado de madurez ósea.²⁵

En 1972 Lamparski publicó un atlas que simulaba los cambios morfológicos de los cuerpos de las vértebras cervicales en la pubertad y utilizó esos cambios para evaluar la madurez esquelética.⁹ Estudió los cambios de tamaño y forma para crear parámetros de maduración. Determinó que los indicadores en las vértebras cervicales eran los mismos para hombres y mujeres, pero que las mujeres desarrollan estos cambios antes que los hombres.



Durante el crecimiento, cada hueso va sufriendo una serie de cambios que pueden ser vistos radiográficamente. La secuencia de estos cambios es diferente en cada persona, ya que cada quien tiene su propio reloj biológico. Aun cuando hay sus excepciones, estos eventos son reproducibles y nos dan una base de comparación entre personas diferentes.²⁶

6.1 Maduración ósea.

Las primeras vértebras cervicales constituyen la espina cervical. Las primeras dos, el atlas y axis, son únicas, de la tercera a la séptima son muy similares. Los cambios en cuanto a maduración se pueden observar desde el nacimiento a la pubertad.²⁰

El crecimiento vertebral se lleva a cabo por el cartílago que se encuentra en la capa superior e inferior de cada vértebra. Los núcleos de osificación secundaria están en la extremidad de los procesos espinosos bifidos y en el proceso transversal que aparece durante la pubertad. Los núcleos de osificación secundaria se unen con el proceso espinoso cuando se completa el crecimiento vertebral.¹¹

Después de la osificación endocondral, el crecimiento vertebral se lleva a cabo por aposición ósea al frente y a los lados de la vértebra.

6.2 Variaciones normales en la columna vertebral.

Cattel y Filtzer estudiaron 160 niños y encontraron que las siguientes variaciones son normales:

1) Variaciones debido al desplazamiento de las vértebras semejante a una subluxación.



2) Variaciones de la curvatura que semeja un espasmo y un daño de los ligamentos.

3) Variaciones relacionadas con los centros de crecimiento semejantes a fracturas.²⁶

Bailey reportó el desplazamiento anterior de la segunda y tercera vértebras cervicales semejante a subluxaciones en niños menores de 8 años.²²

6.3 Desórdenes en niños y adolescentes.

Los ortodoncistas no tienen que ser expertos en anomalías de las vértebras cervicales, pero deben saber la anatomía normal de la espina cervical en las cefalografías laterales. Algunas anomalías de la espina cervical no se manifiestan sintómicamente por sí mismas hasta la adolescencia o edad adulta, el ortodoncista tiene la oportunidad de detectar esas anomalías. Si los efectos degenerativos pueden ser identificados tempranamente la severidad y las consecuencias pueden ser disminuidas.²⁷

La mayoría de las anomalías vistas en la espina cervical de niños y adolescentes son fracturas, infecciones, poliartritis, anquilosis y espondilitis anquilosante. Son comunes los defectos posteriores del arco, las anomalías del odontoides y los defectos congénitos de la espina cervical.²⁷



6.4 Método de evaluación

El estudio de las vértebras cervicales se lleva a cabo por el método de Hassel y Farman, con modificación de los criterios de Lamparski los cuales toman en cuenta la segunda, tercera y cuarta vértebras cervicales. Los seis estadios de crecimiento se relacionan con los índices de maduración esquelética descubiertos por Fishman.²²

6.4.1 Periodo de Iniciación.

Los bordes inferiores de la segunda, tercera y cuarta vertebral cervical son planos.

La tercera y cuarta vértebra tienen forma de prisma triangular y el borde superior de las vértebras se angosta de posterior a anterior.

Hay un remanente de crecimiento de 100%. (Figura 6.4.1)

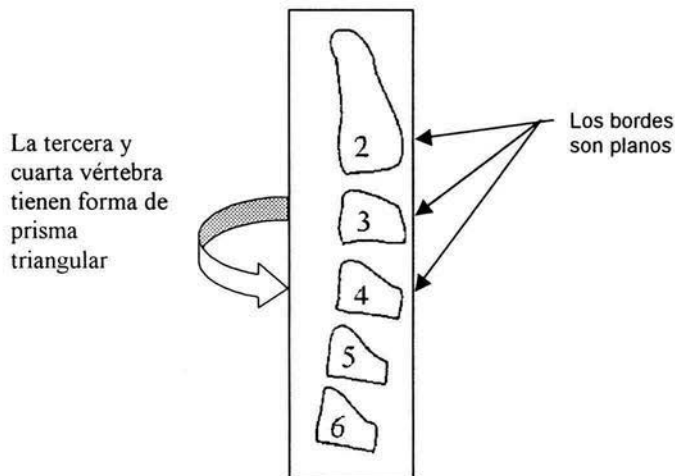


Fig. 6.4.1 Periodo de iniciación



6.4.2 Periodo de Aceleración.

Comienzan a desarrollarse las concavidades del borde inferior de la segunda y tercer vértebra.

El borde inferior de la cuarta vértebra permanece plano.

El cuerpo de la tercera y cuarta vértebra tienen forma más rectangular. Hay un remanente de crecimiento de 65 a 85%. (Figura 6.4.2)

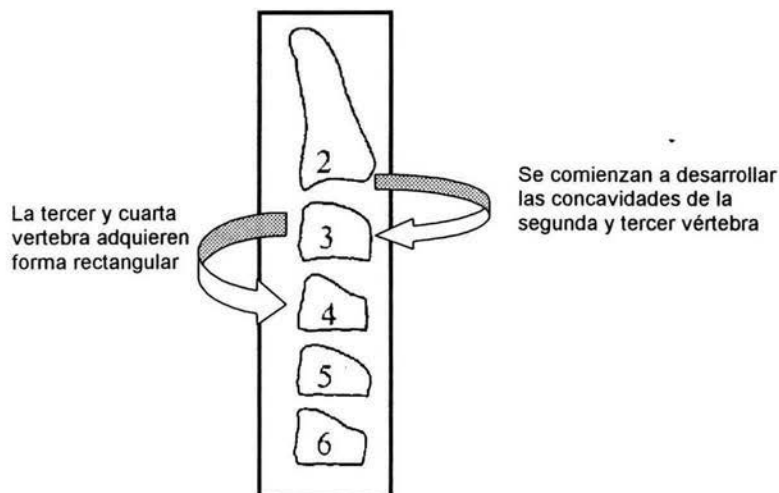


Fig. 6.4.2 Periodo de aceleración.

6.4.3 Periodo de Transición.

Claramente se observan concavidades en el borde inferior de la segunda y tercer vértebra.

Comienza a desarrollarse la concavidad del borde inferior de la cuarta vértebra.

El cuerpo de la tercera y cuarta vértebra tienen forma rectangular.



Hay un remanente de crecimiento del 25 al 65%.

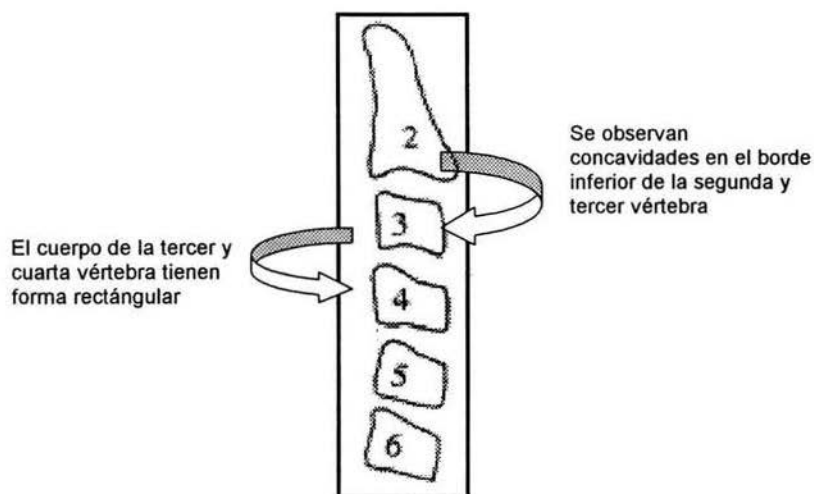


Fig. 6.4.3 Periodo de transición

6.4.4 Periodo de Desaceleración.

Se distinguen concavidades en el borde inferior de la segunda, tercera y cuarta vértebra cervical.

El cuerpo vertebral de la tercera y cuarta vértebra comienzan a tener una forma mas cuadrada.

Hay un remanente de crecimiento del 10 al 25% (Figura 6.4.4)

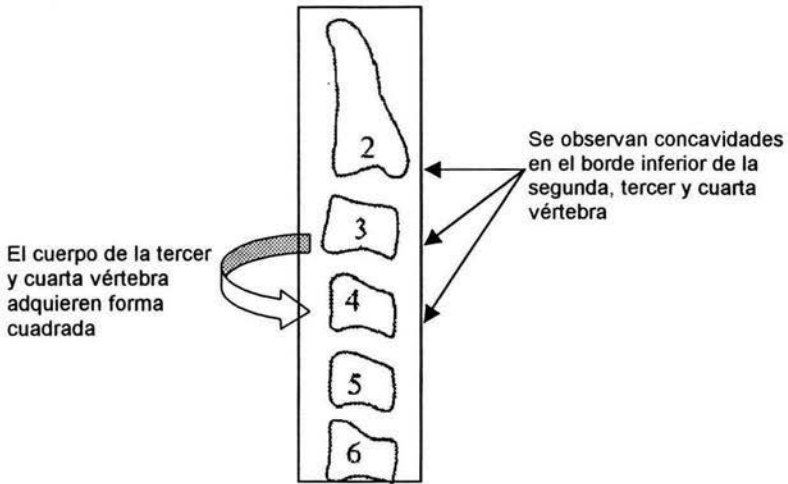


Fig. 6.4.4 Periodo de Desaceleración

6.4.5 Periodo de Maduración.

Las concavidades de los bordes inferiores de la segunda, tercer y cuarta vértebra cervical se observan marcadamente.

El cuerpo de la tercera y cuarta vértebra casi tienen una forma cuadrada.

Hay un remanente de crecimiento del 5 a 10%. (Figura 6.4.5)

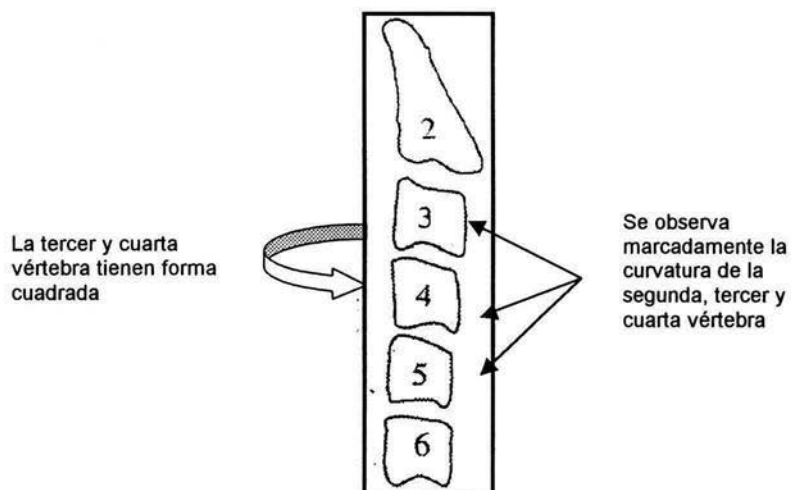


Fig. 6.4.5 Periodo de maduración

6.4.6 Periodo de Terminación.

Se observan concavidades profundas en la segunda, tercera y cuarta vértebra cervical. Los cuerpos de la tercera y cuarta vértebra son más anchos que altos.

El crecimiento se ha completado. (Figura 6.4.6)

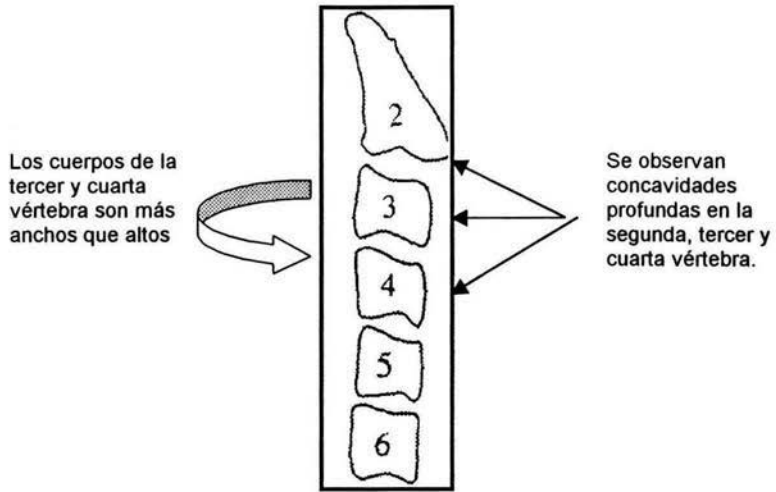


Fig.6.4.6 Periodo de terminación

Se pueden relacionar los 6 estadios de maduración esquelética de las vértebras cervicales, descritos por Hassel y Farman con los 11 estadios de mano y muñeca descritos por Fisher. (Anexo 1)



CONCLUSIONES

Clínicamente los estadios adicionales de desarrollo maduracional, son muy útiles, particularmente durante los periodos de crecimiento alto y durante la última adolescencia. Un tiempo apropiado de tratamiento y las decisiones acerca de una cirugía son ejemplos comunes del beneficio de su uso. Si se inicia un tratamiento durante un periodo de rápido crecimiento esto significará mejores resultados en comparación con un periodo de crecimiento lento. La cirugía puede ser planeada de acuerdo al desarrollo maduracional del paciente.

La edad cronológica, no es un buen indicador del nivel de maduración ósea de un individuo.

El nivel de maduración ósea de un individuo, al compararlo con otro de la misma edad, tiene diferentes grados de desarrollo, por lo que se deben utilizar métodos efectivos para determinarlo en un momento dado.

La edad ósea, determinada por el análisis y comparación de la radiografía de la mano, es el método más usado y aceptado para determinar el nivel de maduración ósea de un individuo.

Es importante considerar que la osificación de los huesos de la mano está sometida a una gran oscilación individual y que la determinación de la edad ósea en la radiografía no siempre es exacta.

El nivel de maduración ósea, ayuda a determinar cuál es el tipo de tratamiento que se debe aplicar (ortodóncico, ortopédico o quirúrgico) y cuál es el momento más oportuno para realizarlo.



De acuerdo al nivel de maduración ósea, el tratamiento ortodóncico puede influir en el crecimiento, y ayuda a determinar el pronóstico de las maloclusiones Clase II, Clase III, casos límites, como también la evaluación en las recidivas de maloclusiones tratadas.

La capacidad de determinar la madurez esquelética de las vértebras cervicales, sin la necesidad de radiografías adicionales, le da al ortodoncista la posibilidad de mejorar su diagnóstico y sus decisiones terapéuticas. La simplicidad de la técnica y su facilidad deben fomentarse entre los ortodoncistas a usar este método de análisis de maduración esquelética.



FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Suleekorn K, Anuwongnukroh N, Dechkunakorn S. Relationship between Dental Calcification Stages and Skeletal Maturity Indicators in Thai individuals. *Angle Orthod.* 2001;72:155-166.
2. Subtenly J. *Early Orthodontic Treatment*. U.S.A Ed. Quintessence Publishing Co Inc. 2000, págs:265-267,269-270.
3. Cruz M. *Tratado de pediatría*. 8º ed. Volumen 1. España. Ed. Ergon. 2001, págs:72,781-783,789-792.
4. Rossi M. *Ortodoncia Práctica*, Colombia. Ed. Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica, C.A. 1998, pág:12.
5. Proffit W. *Ortodoncia Teoría y Práctica*. 2º ed. España. Ed. Mosby. 1998, págs: 25,26,29,91,92.
6. Caffey J. *Diagnóstico radiológico en pediatría*. 3º ed. Tomo II. España. Ed. Salvat. 1982, págs:1001,1007,1009,1013 .
7. Houston W. *A Textbook of Orthodontics*. 2º ed. Gran Bretaña, Ed. Wright 1997, págs:13,41,42.
8. Silveira AM, Fishman LS, Subtelny JD, Kassebaum DK. Facial growth during adolescence in early, average and late maturers. *Angle Orthod.* 1992; 62:185-190.
9. Bishara S. *Textbook of Orthodontics*. U.S.A. Ed. Harcourt. 2001, págs:34-39,51-52.



10. Vellini F. Ortodoncia Diagnóstico y Planificación Clínica. Brasil. Ed. Artes Médicas Latinoamérica. 2002, págs:33,41,42,189-204.
11. De Freitas. Radiología Odontológica. Brasil. Ed. Artes Médicas Latinoamérica. 2002, págs: 583-587.
12. Langland. Textbook of dental radiology. 2° ed. E.U.A. Ed. Charles C Thomas Publisher. 1984, págs:604-609 .
13. Enlow D. Crecimiento maxilofacial. 3° ed. México. Ed. Interamericana-Mc Graw Hill. 1992, págs:429-431.
14. Demirjian A. Buschang PH. Tanguay R, Patterson DK. Interrelationships among measures of somatic, skeletal, dental, and sexual maturity. American Journal of Orthodontics. 1985, 88: 433-438
15. Jordan J. El crecimiento del niño. España. Ed. Jims. 1988, págs:71-74.
16. Fuentes S, Corpus Anatomía humana general. México. Ed. Trillas 1997, págs: 121-123,125-130.
17. Hagg U Taranger J. Maturation indicators and the pubertal growth spurt. Am J Orthod. 1982, 4: 299-309.
18. Moore K. Anatomía con orientación clínica. 4° ed. España. Ed. Médica Panamericana. 2002, págs:12-17,616-618.
19. Fishman LS. Maturational patterns and prediction during adolescence. Angle Orthod.1987; 57: 178-193.



-
20. Moore K, Persaud. The Developing Human: Clinically Oriented Embriology. 6° ed. Philadelphia. Ed. WB Saunders. 1998, págs :309,310
21. Rouviere. Compendio de Anatomía y Disección. España. Ed. Salvat.1989, págs: 4-6,29-36.
22. García-Fernández P, Torre H, Flores L, Rea J. The cervical vertebrae as maturational indicator. J Clin Orthod 1998;32:221-5.
23. Quirós O. Manual de Ortopedia funcional de los maxilares y ortodoncia interceptiva. Colombia. Ed. Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica. C-A. 1993, págs: 33-38.
24. Mito T, Sato K, Mitani H. Cervical vertebral bone age in girls. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics 2002; 122: 380-385.
25. Franchi L, Baccetti T, Mc Namara J. Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics 2000;118:335-340.
26. Hassel B, Farman AG, Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae, American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics 1995; 107:58-66.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA



-
27. Vastardis H, Evans C. Evaluation of cervical spine abnormalities on cephalometric radiographs. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1996;109:581588.



ANEXO 1

CORRELACIÓN DE ESTADIOS DE MADURACIÓN ESQUELETAL

Estadios de mano y muñeca. (Según Fishman)	Estadios de vértebras cervicales.	Porcentaje de remanente de crecimiento.
1-2	1.- Iniciación	85-100%
3-4	2.-Aceleración	65-85%
5-6	3.-Transición	25-65%
7-8	4.-Desaceleración	10-25%
9-10	5.-Maduración	5-10%
11	6.-Terminación	0%