



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

INTERPRETACIÓN RADIOGRÁFICA DIGITO PALMAR
COMO AUXILIAR EN EL DIAGNÓSTICO PARA
TRATAMIENTO DE ORTOPEDIA EN EL PACIENTE
PEDIÁTRICO.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A:

ANAKAREN RETANA MILÁN

TUTOR: Esp. ROBERTO DE JESÚS MORA VERA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Quiero agradecer principalmente a Delia Milán y José Retana que sin su apoyo incondicional su amor y sus consejos no sería quien soy, tuve la fortuna de pertenecer a su familia y gracias a ellos he logrado uno de mis sueños, los amo porque es un orgullo tenerlos como padres.

Además quiero mencionar a mis hermanos Fer y Lety que han hecho que mi vida se diferente y gracias a ellos somos una gran familia a Ricardo que siempre a permaneciendo junto a mí en las buenas y en las malas compartiendo sueños.

Al Dr. Roberto Mora por su paciencia y su enseñanza que fue el que me inicio en mi gusto por el área de odontopediatría, es una persona que valoro y un ejemplo a seguir.

A todos los amigos que forman parte de mi vida desde la preparatoria, la facultad, el servicio, la periférica y el seminario, especialmente a Isa, Karen, Karla, Brig, Hugo, Gerson, Adolfo, y Cesar, que han compartido mi locura, mi felicidad, mis metas y mis derrotas

Y también a todos los profesores, que me formaron un criterio y me brindaron sus conocimientos a lo largo de mi carrera, ya que es un orgullo formar parte de la UNAM.

A todos ellos,

GRACIAS



INTRODUCCIÓN	2
1. ANTECEDENTES	4
2. CRECIMIENTO Y DESARROLLO	9
2.1 Embriología general.....	12
2.2 Determinación de la edad ósea	13
2.3 Tipos de crecimiento óseo	15
2.3.1. Crecimiento maxilar	19
2.3.2. Crecimiento mandibular.....	20
3. FISIOLOGÍA Y ANATOMÍA DE LA MANO	22
3.1 Descripción de las estructuras de la radiografía digito palmar.	26
4. RADIOGRAFIA DIGITO PALMAR	27
4.1 Técnica de radiografía digito palmar.....	27
4.2 Método de interpretación radiográfica	29
4.2.1 Análisis de Björk y Helm	29
4.2.2 Análisis de Grave y Brown	35
4.3 Indicadores de maduración ósea.....	37
4.4 Software de interpretación radiográfica.	38
4.5 Concordancia entre edad carpal y cronológica.....	47
5. ORTOPEDIA	49
5.1 Diagnóstico Oportuno.	52
CONCLUSIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	57



INTRODUCCIÓN

En 1895 el físico alemán Wilhelm Conrad Röntgen, hizo el descubrimiento de los rayos x permitiendo ver el interior del cuerpo humano y revolucionando la historia. Estos fueron los inicios de una investigación hasta llegar a lo que se conoce actualmente como radiografía carpal o digito palmar. Autores como Tanner, Nolla y Demirjan, Hurm; realizaron estudios sobre el crecimiento y desarrollo e indicadores dentarios, para utilizar estos datos como auxiliar en el diagnóstico con la radiografía digito palmar para un tratamiento oportuno en ortopedia u ortodoncia.

Björk y Helm. En 1967 realizaron un estudio con radiografías de mano donde relacionan las etapas de osificación, ubicados en las falanges, fundamentalmente en las epífisis con sus diáfisis y la relación que existe entre el momento en que estas aparecen con respecto al PIC de crecimiento puberal.

El desarrollo de la región de la mano y muñeca se lleva a cabo al mismo tiempo que otras regiones del cuerpo. Dado que es fácil la obtención de la radiografía carpal es posible observar las estructuras detalladamente y hacer un cálculo de la maduración ósea.

La edad cronológica no siempre permite valorar el desarrollo de la edad biológica, lo cual se calcula a partir de la edad ósea (índice carpal), dental y morfológica (talla y peso) o del momento de maduración sexual.

La interpretación de la radiografía carpal contempla un gran número de huesos y patrones de osificación, cuya calcificación sucesiva se prolonga desde el nacimiento a lo largo de la infancia y la adolescencia. Estos patrones de osificación son los indicadores del comienzo del desarrollo prepuberal y cuándo llega el pico máximo, así como cuándo disminuye, ya que los brotes de crecimiento dependen del sexo y varían con la edad cronológica. Estas variaciones determinan la velocidad y la duración del proceso de crecimiento,



en general el brote de crecimiento puberal en niñas se inicia entre los 10 y 12 años, y en los varones entre los 12 y 14 años de edad con un margen de variación de entre los 3-6 años.



1. ANTECEDENTES

En 1895 el físico alemán Wilhelm Conrad Röntgen, hizo el descubrimiento de los rayos x permitiendo ver el interior del cuerpo humano y revolucionando la historia. El 8 de noviembre del mismo año, tomó una radiografía de la mano de su esposa colocando una placa fotográfica y la expuso a los rayos desconocidos durante 15 minutos, cuando reveló la lámina fotográfica se podía observar el contorno del hueso de la mano, siendo ésta la primera radiografía de la historia. Posteriormente el 23 de enero de 1896 en la universidad de Würzburg (Alemania), realizó el mismo acto con un prestigioso anatomista llamado Albert Von Koelliker y se presentó esta radiografía en España (1)¹. Estos fueron los inicios de una larga investigación hasta llegar a lo que se conoce actualmente como radiografía carpal o dígito palmar, un auxiliar de diagnóstico de la maduración ósea (2)².

Autores como Tanner, Nolla, Demirjan y Hurm; realizaron estudios sobre el crecimiento y desarrollo e indicadores dentarios, para utilizar estos datos como auxiliar en el diagnóstico con la radiografía dígito palmar para un tratamiento oportuno en ortopedia u ortodoncia.

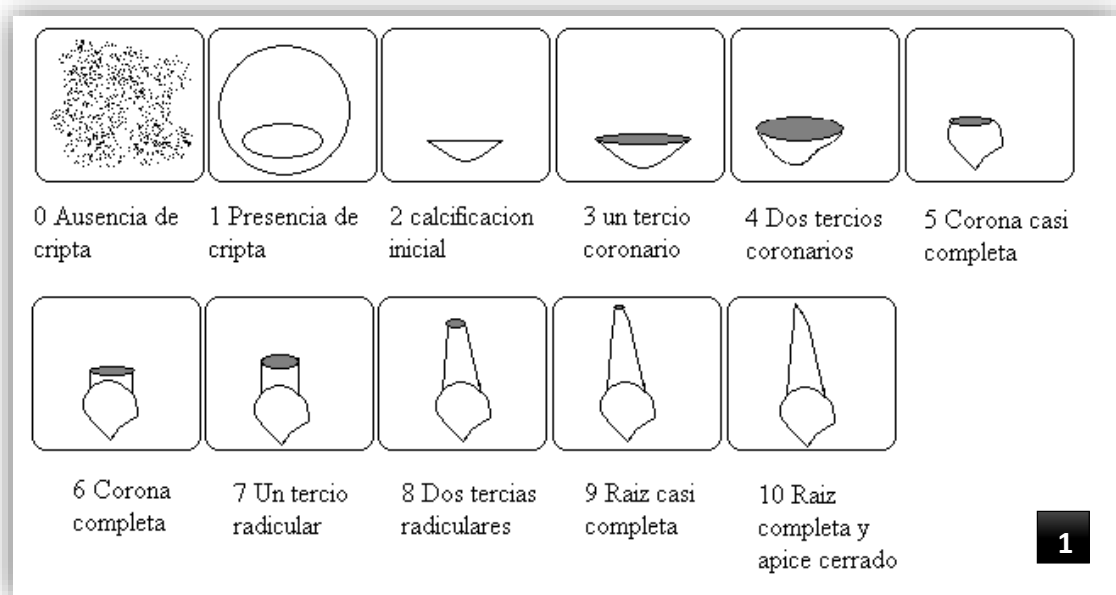
Para James Mourilyan Tanner, los promedios de la velocidad del crecimiento corporal general son aplicables durante la infancia, ya que al aproximarse a la pubertad la velocidad del crecimiento es distinta para cada individuo y la edad cronológica perderá su relevancia. También describió clínicamente 5 grados de desarrollo puberal, que en la mujer ocurren en mama y vello púbico y en el hombre se manifiestan como crecimiento testicular y de vello púbico.

¹Gonzalez PM. XC Aniversario del primer premio Nobel de Física Roentgen y los Rayos X. España, Sevilla: Real Academia de Medicina; 1991.

²Haring JL. Radiología dental principios y teoría. Mexico: Haring-Lind; 1996.

Explicó que el signo más precoz del desarrollo sexual en hombres, es el crecimiento testicular y en mujeres la presencia del botón mamario, (así como que la menarquía se presenta a los 12 años y 9 meses en promedio)(3)³.

También se han determinado indicadores dentarios para establecer una relación con el estado de maduración dental, como los estudios de Nolla que se basan en un estudio de niños y niñas de 5 a 17 años de edad, estableciendo estadios de calcificación del 0 al 10. (Fig. 1) ⁴



(Fig. 1) Esquema de estadios de Nolla.

Demirjan en 1973, realizó un estudio sobre el grado de longitud radicular de la dentición permanente. Uno de los autores más relevantes en esta investigación, es Björk, él relacionó a los órganos dentales permanentes con la curva de crecimiento corporal general estableciendo fases dentarias(3)⁵.

³Urzua R. Radiografía de Hueso de la mano y Edad Osea. In Tecnicas Radiograficas Dentales y Maxilofaciales.: Amolca; 2005. p. 221 - 234.

⁴Metodo, d. t. (26 de septiembre de 2013). <http://bg.convdocs.org/docs/index-103833.html?page=32>.

⁵Urzua R. Op. Cit. P. 221



Hurme clasifica la edad cronológica con valores promedio de la aparición de los diferentes órganos dentales en maxila y mandíbula según el sexo, considerando tres periodos:

1. Erupción precoz.
2. Erupción normal.
3. Erupción tardía.

Por otra parte Nanda, relaciona el PIC (pico máximo de crecimiento) puberal con la presencia en el plano de oclusión de premolares en mujeres y segundos molares en hombres.

El indicador dentario es fácil de constatar ya sea clínica o radiográficamente, hay factores genéticos, ambientales y hormonales que pueden alterar la relación en la formación de órganos dentales y su erupción con respecto a la edad cronológica (3)⁶.

La edad ósea o esquelética es uno de los estudios más utilizados para evaluar el crecimiento y desarrollo. Prior en 1904 investigó sobre la aparición de los centros de osificación de los huesos del cuerpo humano, estableciendo que:

- Los huesos de las niñas se osifican antes que los de los niños.
- Las variaciones de osificación constituyen un fenómeno hereditario.
- Si no se consideran las variaciones normales, la osificación es simétrica.

Estas observaciones las confirmó analizando radiografías de mano.

Hellman en 1928 realizó un estudio de la osificación de los cartílagos epifisarios de la mano. Flory en 1936 indica que el comienzo de la calcificación del sesamoideo carpal, es una buena guía para determinar el periodo

⁶Urzua R. Op. Cit. P. 222



inmediato antes de la pubertad, un año después Todd realiza una recopilación de radiografías de mano con las cuales elabora un atlas que posteriormente fue usado como base por Greulich y Pyle en 1959 que es el que se utiliza hasta la actualidad. Björk y Helm. S en 1967 realizaron un estudio con radiografías de mano donde relacionan la maduración esquelética de ésta, con el crecimiento puberal máximo y con la altura corporal (3)⁷.

⁷Urzua R. Op. Cit. P. 222



2. CRECIMIENTO Y DESARROLLO

El odontopediatra tiene la posibilidad de observar cambios estructurales, cuantitativos y cualitativos a través del tiempo, puede detectar y prevenir alteraciones como disgnacias (deformación dentofacial) y disfunciones en niños. El crecimiento y la maduración son atributos biológicos que diferencian fundamentalmente al niño del adulto (4)⁸.

Crecimiento: Se refiere al aumento de tamaño de una célula, órgano o tejido; es una multiplicación celular.

El crecimiento se expresa en tres formas:

- Aumento de líquido intracelular
- Hipertrofia
- Hiperplasia

Desarrollo: Es un proceso que se da a lo largo de la vida. Comienza con un incremento por diferenciación progresiva, morfológica y funcional hacia la maduración de tejido (4).⁹

Por otra parte los siguientes conceptos son necesarios para entender la relación de la maduración ósea con el individuo.

Patrón: Conjunto de elementos que forman un unidad diferenciada y que se repiten a lo largo del tiempo, por lo que pueden tomarse como modelo o punto de referencia(5)¹⁰.

Maduración: Son cambios cualitativos que se producen con la edad mediante un incremento en el tamaño y en el desempeño particular de cada órgano(6)¹¹

⁸Biondi, A. M., & G. Cortece, S. (2011). *Fundamentos y practicas para la atencion integral personalizada*. Argentina: Alfaomega. P.141

⁹ Ib.

¹⁰Proffit, W. R. (1995). *Ortodoncia Teoria y Practica*. España: Mosby/Doyma.

¹¹Uribe, R. G. (2010). *Ortodoncia: Teoria y Clinica*. Colombia: Corporacion para investigaciones biologicas.



Adaptación: Se refiere al potencial de desarrollo y plasticidad. Es el crecimiento compensatorio en estructuras esqueléticas sometidas a estrés(6)¹².

Edad cronológica: Se define como la fecha de nacimiento o la edad calendario de un individuo (se basa en tiempo real).

Edad biológica: Registro progresivo del individuo hacia la madurez. Es una edad variable y tiene diversas categorías:

- La edad morfológica: Corresponde a la altura y peso de un individuo.
- La edad esquelética: Es un registro del aumento progresivo en la masa ósea.
- La edad dental: Es un registro de maduración dental y se subdivide:
 - Edad de calcificación.
 - Edad de erupción.

Los procesos generales de la ontogenia no son otra cosa que la historia de la vida celular y genética de una persona e involucra la coordinación e integración de todos los procesos de crecimiento, desarrollo y adaptación (6)¹³.

La edad circumpuberal: Es un registro de la madurez sexual marcado por la aparición de los caracteres sexuales secundarios, debido a la velocidad del crecimiento y desarrollo, durante este proceso los individuos pasan por diferentes estadios, que implican un grado creciente de maduración y cada uno se caracteriza por tener un ritmo propio que se ha denominado: “Tiempo de crecimiento” (6)¹⁴. Se considera que es necesario tomar en cuenta los patrones habituales de la variabilidad y cuantificarla es posible hacer el comparativo con algún niño y buscar las semejanzas mediante una tabla de crecimiento estandarizada representada por las líneas continuas de las

¹²Uribe, R. G. Op. Cit P.216.

¹² Ib.

¹³ Ib. P. 213



gráficas, que sirven para determinar si el crecimiento es normal o anormal, para seguir el crecimiento a lo largo del tiempo a efectos de valorar si se produce un cambio inesperado en el patrón de crecimiento.

Las variaciones cronológicas en el crecimiento y desarrollo son evidentes, especialmente en la adolescencia, algunos crecen rápidamente y maduran antes, otros crecen y se desarrollan con lentitud, esto se puede apreciar mejor en las mujeres con el comienzo de la menarquía y en el hombre con el aumento de tamaño de los testículos ya que estos son indicadores de madurez sexual y ésta va acompañada de una aceleración del crecimiento. Aunque en algunos casos la maduración puede ser precoz, normal o tardía tendríamos que evaluar en qué nivel puberal están. Debido a esta variabilidad y al tiempo es importante mencionar que William R. Proffit dice que la edad cronológica no suele ser un buen indicador del grado de crecimiento del individuo⁽⁵⁾¹⁵.

Así como hay una variación individual en los patrones de crecimiento, también la hay en la tasa de crecimiento de los diferentes tejidos en un mismo individuo y este problema se complica cuando se considera la interacción entre factores genéticos y ambientales como son⁽⁶⁾¹⁶:

- Antecedentes genéticos
- Nutrición
- Niveles hormonales
- Estado socioeconómico (alimentación y deporte)
- Hábitos
- Antecedentes de traumas y enfermedades sistémicas.

Crecimiento y desarrollo son procesos dinámicos que una sola radiografía no puede dar, sino solamente un punto de partida considerando una evaluación

¹⁵Proffit, W. R. Op. Cit P.21

¹⁶Uribe, R. G. Op. Cit. P 213



radiografía anterior y posterior, ninguna decisión sin estas consideraciones tendrá validez diagnóstica ni pronóstica(3)¹⁷.

2.1 Embriología general

La gestación de un ser humano dura casi 9 meses y comienza cuando el espermatozoide del padre fertiliza al óvulo materno. Cuando el espermatozoide penetra la pared del óvulo libera en su interior 23 cromosomas; el ovulo libera también 23 propios, a partir de un núcleo de disolución, el ser humano comienza la vida con estos 46 cromosomas, la célula fertilizada comienza a crecer mediante mitosis, su primera división en dos células ocurre al cabo de 24 a 36 horas(7)¹⁸.

El intervalo desde la concepción hasta el nacimiento se describe en tres fases:

1. El periodo del óvulo, es a partir de la fertilización hasta la implantación y dura casi 14 días hasta que el óvulo en división o blastocito se fija en la pared uterina.
2. Periodo de Embrión, dura de 2 a 8 semanas es muy importante por la diferenciación celular que ocurre, aparecen todos los órganos importantes.
3. Periodo fetal, va desde la octava semana hasta el nacimiento y se caracteriza por la maduración de los órganos recién formados(7)¹⁹.

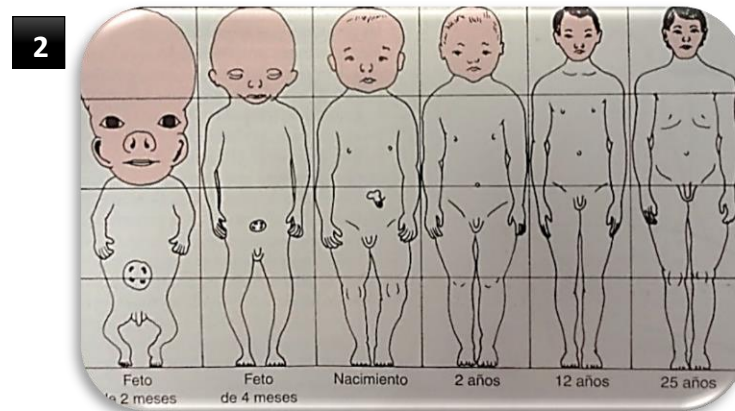
Durante la vida fetal en el tercer mes de desarrollo intrauterino la cabeza representa casi el 50% de longitud del cuerpo, las extremidades son rudimentarias y el tronco está poco desarrollado, hasta el momento de nacer, el tronco y las extremidades crecen más rápido que la cabeza y la cara de manera que proporcionalmente la cabeza disminuye hasta representar el 30% del total del cuerpo y el patrón general de

¹⁷Urzua, R. Op. Cit. P. 233

¹⁸Castillo, M. R. (2011). *Estomatología pediátrica*. Madrid: RIPANO, S.A. P. 16

¹⁸ Ib. P.16

crecimiento, sigue posteriormente esas mismas pautas con una reducción progresiva del tamaño relativo de la cabeza hasta llegar al 12% en el adulto aproximadamente, todos estos cambios forman el “Gradiente cefalocaudal de crecimiento” (Fig. 2).²⁰. Otro aspecto del patrón normal de crecimiento es que no todos los órganos y tejidos del cuerpo crecen al mismo ritmo(2)²¹.



(Fig.2). Representación esquemáticamente de los cambios en las proporcionales corporales generales que se produce durante el crecimiento y desarrollo normales.

2.2 Determinación de la edad ósea

El hueso está formado por cuatro tipos de células:

Células osteogénicas, son células madre no especializadas derivadas del mesénquima que experimentan división celular y las células hijas se transforman en osteoblastos, las células osteogénicas se encuentran a lo largo del endostio y la porción interna del periostio.

Los osteoblastos son células formadoras de hueso que sintetizan y secretan fibras colágenas y otros componentes orgánicos necesarios para construir la matriz osteoide, además inician la calcificación.

²⁰Proffit WR. Op. Cit P 22

²⁰Haring JL. Op. Cit P.19.

²¹ Ib



Los osteocitos son células óseas maduras y son las células principales del hueso, mantienen su metabolismo regular a través del intercambio de nutrientes y productos metabólicos en sangre, los osteocitos también se encargan del mantenimiento del hueso. Por otro lado los osteoclastos son células gigantes derivadas de la fusión de por lo menos 50 monocitos y se agrupan en el endostio en la cara proximal de la superficie ósea liberando enzimas lisosómicas y ácidos que dirigen los componentes minerales y proteicos de la matriz osteoide subyacente, esta descomposición de la matriz osteoide es denominada resorción(8)²².

El hueso se conforma por:

- Diáfisis (*día-*, de día, a través de, y *fisis*, de *phyeim*, crecer), es el cuerpo del hueso.
- Epífisis (*epi-* de epi, sobre), son los extremos proximal y distal del hueso.
- Metáfisis (*meta-* de meta, después), son las regiones del hueso maduro, en las que la diáfisis se une a la epífisis.
- Periostio, es la vaina de tejido conectivo denso que junto con los vasos sanguíneos acompañantes, recubren la superficie ósea protegiéndolo
- Cavidad medular es un espacio vacío dentro de la diáfisis que en adultos contiene médula ósea amarilla adiposa y numerosos vasos sanguíneos
- Endostio es una fibra membranosa que reviste la cavidad medular.

En el hueso en crecimiento, cada metáfisis contiene una placa epifisiaria (placa de crecimiento), y una capa de cartílago hialino que permite a la diáfisis crecer en longitud.

²²Tortora GJ. Principios de Anatomía y Fisiología España: Panamericana; 2013. P.185



Cuando el hueso deja de crecer longitudinalmente (entre los 18 y 21 años), el cartílago de la placa epifisiaria se reemplaza por hueso; la estructura ósea remanente se conoce como línea epifisiaria ⁽⁸⁾²³.

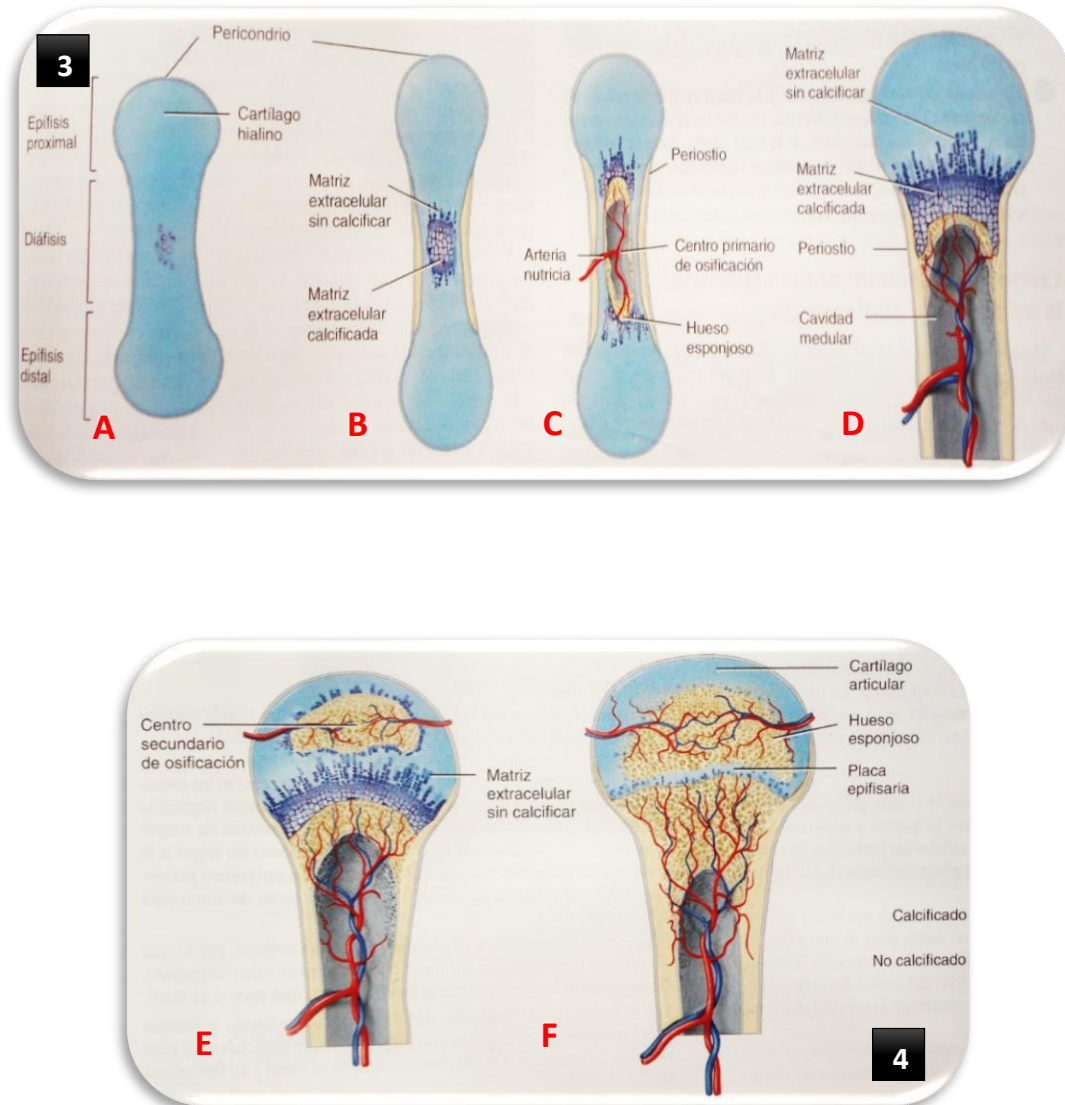
2.3 Tipos de crecimiento óseo

Crecimiento endocondral: El tejido mesenquimatoso primario se transforma en cartílago, sus células se convierten en condrocitos los cuales crecen maduran y se hipertrofian por lo que la matriz entre ellos empieza a calcificarse, las células degeneran y los tejidos ontogénicos invaden el cartílago hasta reemplazarlo en su totalidad, este proceso se inicia en los llamados centros de osificación, cuya secuencia comienza con la hipertrofia de los condrocitos para continuar con los depósitos de hidroxapatita en la matriz existente entre ellos. Posteriormente ingresan vasos sanguíneos provenientes del pericondrio llevando células mesénquimas indiferenciadas, las cuales formarán tanto las células hematopoyéticas como los osteoblastos, quienes van a depositar hueso sobre la superficie de la matriz calcificada formando espículas óseas.⁽⁸⁾²⁴

²³Castillo, M. R. Op. Cit. P. 21

²⁴Tortora GJ Op. Cit. P. 189

Existirá crecimiento óseo endocondral en todas las partes donde exista presión(7)²⁵.(Fig. 3 - 4)²⁶



(Fig.3 - 4) Osificación endocondral (Modificada) **A.** aparición del molde cartilaginoso. **B.** crecimiento del molde cartilaginoso. **C.** aparición del centro primario de osificación. **D.** aparición de la cavidad medular. **E.** aparición del centro secundario de osificación. **F.** formación del cartilago articular y la placa epifisaria

²⁵Castillo, M. R. Op. Cit. P. 22

²⁶Tortora, G. J. Op. Cit. P. 191



Crecimiento intramembranoso: Se origina en zonas donde existió inicialmente un mesénquima, dentro del cual aparecen series de fibras que le proporcionan el aspecto del que recibe su nombre. Las células mesenquimales se van a diferenciar en osteoblastos los cuales van a producir sustancia osteoide y luego quedaran atrapados por los depósitos cristalinos de hidroxapatita, recibiendo en este momento el nombre de osteocitos, posteriormente penetran vasos sanguíneos que van a nutrir el nuevo hueso, de esta forma el tejido óseo sustituye de manera progresiva al tejido conectivo. Un crecimiento óseo intramembranoso existirá en todas las partes donde exista tensión(7)²⁷

Crecimiento aposicional: Es el crecimiento que se produce por aposición de tejido óseo nuevo en un lado y reabsorción en el otro, el primero a expensas de células osteoblásticas y el segundo por la acción de las células osteoclasticas originando así crecimiento en una zona del hueso. Existe por lo tanto un mecanismo de aposición-reabsorción en las superficies internas y externas del hueso, de esta manera puede ser el hueso esponjoso o compacto según la intensidad y disposición de las trabéculas. Este tipo de crecimiento es considerado el más importante en el desarrollo de la cara y de los maxilares, tras los primeros años de vida y una vez que decrece el crecimiento sutural y cartilaginoso (7)²⁸

Crecimiento sutural: Es el crecimiento de aposición que se realiza en las superficies de las suturas de dos huesos contiguos por el que se produce un ensanchamiento de dichas suturas. Es el responsable de la calota craneal que se adapta al aumento del tamaño del cerebro. Las suturas cráneo faciales son puntos de crecimiento importantes que facilitan tanto el crecimiento del cráneo como el del tercio medio facial.

²⁷Castillo, M. R. Op. Cit. P. 22

²⁸ib.



Las suturas craneales cierran aproximadamente a los 5 años de edad, sin embargo algunas suturas faciales siguen manifiestas hasta la pubertad.

Se producen dos clases de movimientos durante el crecimiento:

1. Una deriva cortical por remodelación del hueso (aposición - reabsorción)
2. Un desplazamiento por el cual los huesos se apartan unos de otros, creando un espacio dentro del cual ocurre un aumento de tamaño por crecimiento de cada una de sus superficies de forma independiente.

El proceso de aposición en un área ósea y de resorción en el área opuesta, provoca un movimiento conocido como desplazamiento primario, proviene por lo tanto del aumento del tamaño del mismo hueso y de su contacto con estructuras vecinas.

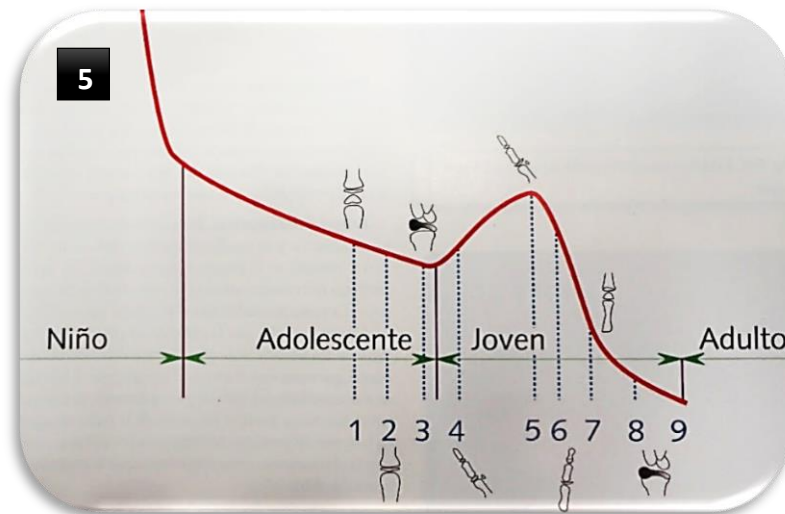
Durante el crecimiento, cualquier hueso puede sufrir un movimiento espacial denominado desplazamiento secundario, producto del crecimiento de estructuras distantes que provocan así el desplazamiento de estructuras óseas a distancia (7)²⁹.

Se puede determinar la edad ósea mediante la evaluación de la calcificación de las vértebras cervicales en una telerradiografía de perfil, que permite observar la apófisis odontoides y los diferentes estadios que suceden en el cuerpo de las vértebras cervicales 3, 4, 5 y 6. Dada la correlación que existe entre las edades provenientes de la calcificación de las vértebras cervicales y los huesos de la mano y la muñeca, la edad ósea puede determinarse también por el grado de mineralización de los huesos del carpo, el metacarpo y las falanges de los dedos. (7)³⁰. (Fig.5)³¹

²⁹Castillo, M. R. Op. Cit. P.19

³⁰. Biondi, A. M., & G. Cortece, S. Op. Cit. P. 145

³¹Ib. P. 146



(Fig.5) Curva de crecimiento de Björk y estadios de maduración esquelético. **1)** Los diámetros de epífisis y diáfisis tienen el mismo ancho. **2)** Igual ancho de epífisis y diáfisis (3 años antes del brote de crecimiento puberal). **3)** Osificación visible del hueso pisciforme y apófisis unciforme. **4)** Inicio de mineralización del hueso sesamoideo (en esta etapa se produce el brote de crecimiento). **5)** Se produce el recubrimiento de la diáfisis por epífisis (en esta etapa se produce el brote máximo de crecimiento puberal). **6,7, 8 y 9)** Osificación total de la línea epifisaria (termina el brote de crecimiento puberal y finaliza la osificación de todos los huesos).

2.3.1. Crecimiento maxilar

El maxilar en la etapa post-natal se desarrolla por osificación intramembranosa sin precursores cartilaginosos. La maxila crece tanto por remodelación superficial, aposición y reabsorción en casi toda su extensión y por la proliferación del tejido conjuntivo sutural en los puntos en los que este hueso se une a estructuras vecinas. Así el maxilar tiende a alejarse de la base del cráneo y desplazarse hacia adelante y abajo a lo largo del proceso de desarrollo. Al producirse este desplazamiento antero – inferior, el espacio en las suturas se va rellenando por proliferación ósea a estos niveles.(7)³²

³²Castillo, M. R. Op. Cit P 24



La aposición ósea se produce en ambos lados de las suturas, de esta forma los hueso adyacentes al maxilar también van aumentando de tamaño. El crecimiento a nivel de la tuberosidad del maxilar superior se da por aposición en la superficie posterior, desplazándose el maxilar hacia adelante y permitiendo de esta manera que los molares permanentes tengan espacio para la erupción. La dirección primaria de crecimiento del maxilar es posterior y superior pero el desplazamiento de las suturas que están en contacto con la base craneal mueven el complejo nasomaxilar hacia abajo y adelante.^{(7)³³Fig. 6³⁴}

2.3.2. Crecimiento mandibular

La mandíbula crece por actividad cartilaginosa y periostal/endostal. El cartílago de la sínfisis mandibular es remplazado por hueso rápidamente durante el primer año de vida, el crecimiento periostal y endostal del cuerpo y la rama ascendente cambia el tamaño y la forma de la mandíbula a lo largo del desarrollo. Hacia el tercer y cuarto mes de vida postnatal hay una aposición ósea en la cara externa y una reabsorción ósea en la cara interna de la parte anterior del cuerpo; la mandíbula crece para acomodar los primeros dientes que componen la dentición primaria. La aposición ósea perdura durante los 4-5 años y luego la zona de la cara externa del cuerpo se convierte en reabsortiva. Es a partir de ese momento que cesa la posibilidad de crecimiento anterior en el cuerpo mandibular. El cartílago que une ambas hemimandíbulas permite el desarrollo trasversal para acomodar la dentición, al hacer erupción los anteriores inferiores la sincondrosis continua proliferando y se mantiene abierta hasta los 8 meses en que se suelda definitivamente.

³³Castillo, M. R. Op. Cit P 25

³⁴ Boj, J. R. (2011). *Odontopediatria, evolucion del niño al adulto joven*. España: Ripano editorial medica. P.55

El crecimiento condíleo, crece hacia arriba y atrás, el cual es contrarrestado por la base craneal y se transforma por consiguiente en un movimiento hacia adelante y abajo del cuerpo mandibular.

El cóndilo crece sin perder contacto con la base craneal y este completa su crecimiento en anchura hacia los 3 años, el crecimiento lateral del cóndilo cesa pronto aunque continúa la actividad proliferativa hacia atrás y arriba hasta la edad adulta. El desplazamiento hacia adelante y abajo que sufre la mandíbula por crecimiento condilar genera que alcance la posición sagital del maxilar superior. (7)³⁵ Fig. 7 ³⁶

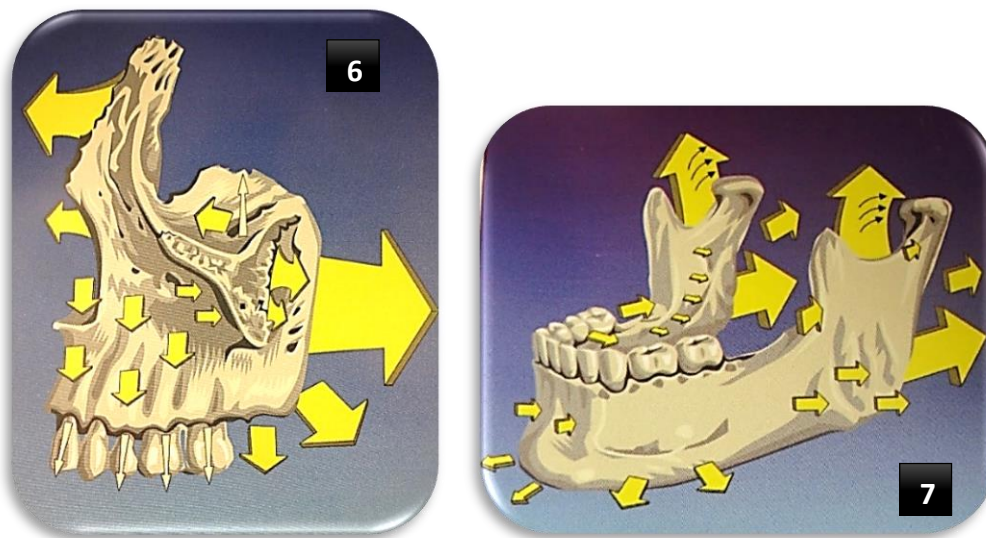


Fig. 6. Movimientos regionales de crecimiento y remodelado de la maxila. 7. Movimientos regionales de crecimiento y remodelado de la mandibula.

³⁵Castillo, M. R. Op. Cit. P.26

³⁶Boj, J. R. Op. Cit. P.55



3. FISIOLOGÍA Y ANATOMÍA DE LA MANO

La mano es una herramienta fundamental en la vida y la evolución del hombre debido a su gran movilidad, fuerza y destreza tanto en trabajos de gran fineza como el de carga. Su formación anatómica tiene una complejidad elevada, debido a la cantidad de pequeños huesos que la conforman, unidos por ligamentos y músculos, en los cuales desembocan las fuerzas y movimientos de todo el brazo.(9)³⁷

La mano se compone de un total de 27 huesos que se distribuyen en tres zonas:

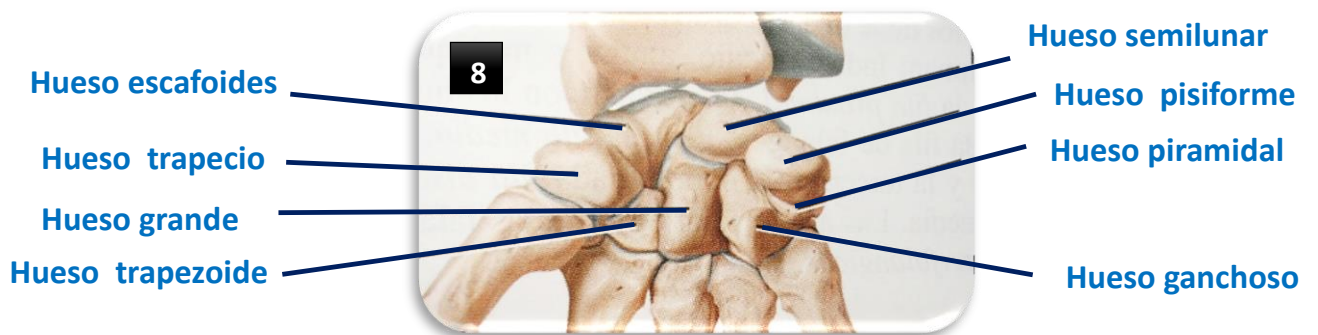
- Carpo
- Metacarpo
- Las falanges, según su posición de interior a exterior. (8)³⁸

El carpo está formado por dos hileras de cuatro huesos cada una, unidos entre sí por ligamentos y las articulaciones entre los huesos del carpo se denominan articulaciones intercarpianas. Los huesos de fila proximal del carpo del plano lateral al medial son: El escafoides, semilunar, piramidal y el pisiforme estos se articulan con los extremos distales del cubito y el radio para formar articulación de la muñeca. Los huesos carpianos de la fila distal del plano lateral al medial son: El trapecio, trapezoide, el hueso grande y el hueso ganchoso. Todo los huesos del carpo tiene estructuras de huesos cortos, no están situados todos ellos en un mismo plano, sino que forman una superficie en forma de canal abierto en sentido distal formando lo que se conoce como túnel carpiano (Fig. 8 - 9)³⁹

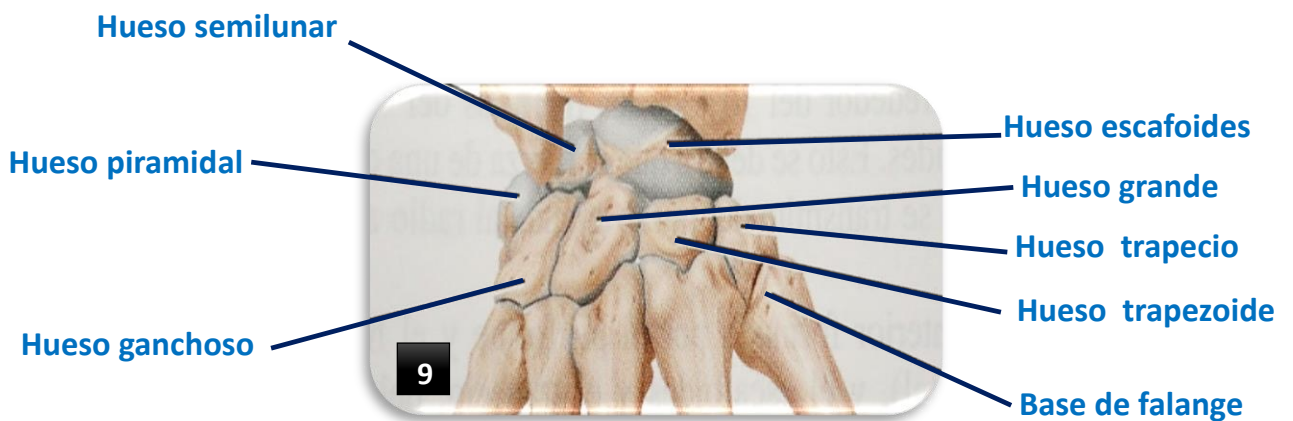
³⁷Camarero, D. A. (2011). *Estimacion automatica de la edad osea mediante procesado y segmentacion de radiografias*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid. P. 25

³⁸Tortora, G. J. Op. Cit. P. 265

³⁹Ib.



Vista anterior



Vista posterior

(Fig. 8 - 9) Huesos carpianos (Modificada).

El metacarpo está constituido por cinco huesos, conocidos como metacarpianos que parten divergentes desde el carpo. Cada metacarpiano tiene una base proximal, un cuerpo intermedio y una cabeza distal los metacarpianos se numeran del I al V comenzando con el pulgar del plano lateral al medial, la base se articula con la fila distal de hueso carpo para formar las articulaciones carpometacarpianas, las cabezas se articulan con las falanges proximales para formar articulaciones metacarpofalángicas



Todos ellos tienen la morfología de huesos largos, que se componen de dos epífisis y una diáfisis. La epífisis son los extremos de los huesos, formados por tejido óseo esponjoso, mientras que la diáfisis es la parte central del hueso, formado por tejido óseo compacto. La unión entre la diáfisis y epífisis se denomina metáfisis o línea de crecimiento y es la zona donde el hueso crece longitudinalmente(8).⁴⁰

Las falanges son los huesos que forman los dedos, hay 14 falanges y se enumeran del I al V comenzando por el pulgar del plano lateral al medial el pulgar está formado únicamente por dos falanges, mientras que el resto de los dedos tienen tres; las falanges se denominan proximal (base), media (cuerpo) y distal (cabeza), consideradas desde el metacarpo hasta el extremo de los dedos. Al igual que los metacarpianos, las falanges son huesos largos, estructurados en epífisis, diáfisis y metáfisis(9)⁴¹.

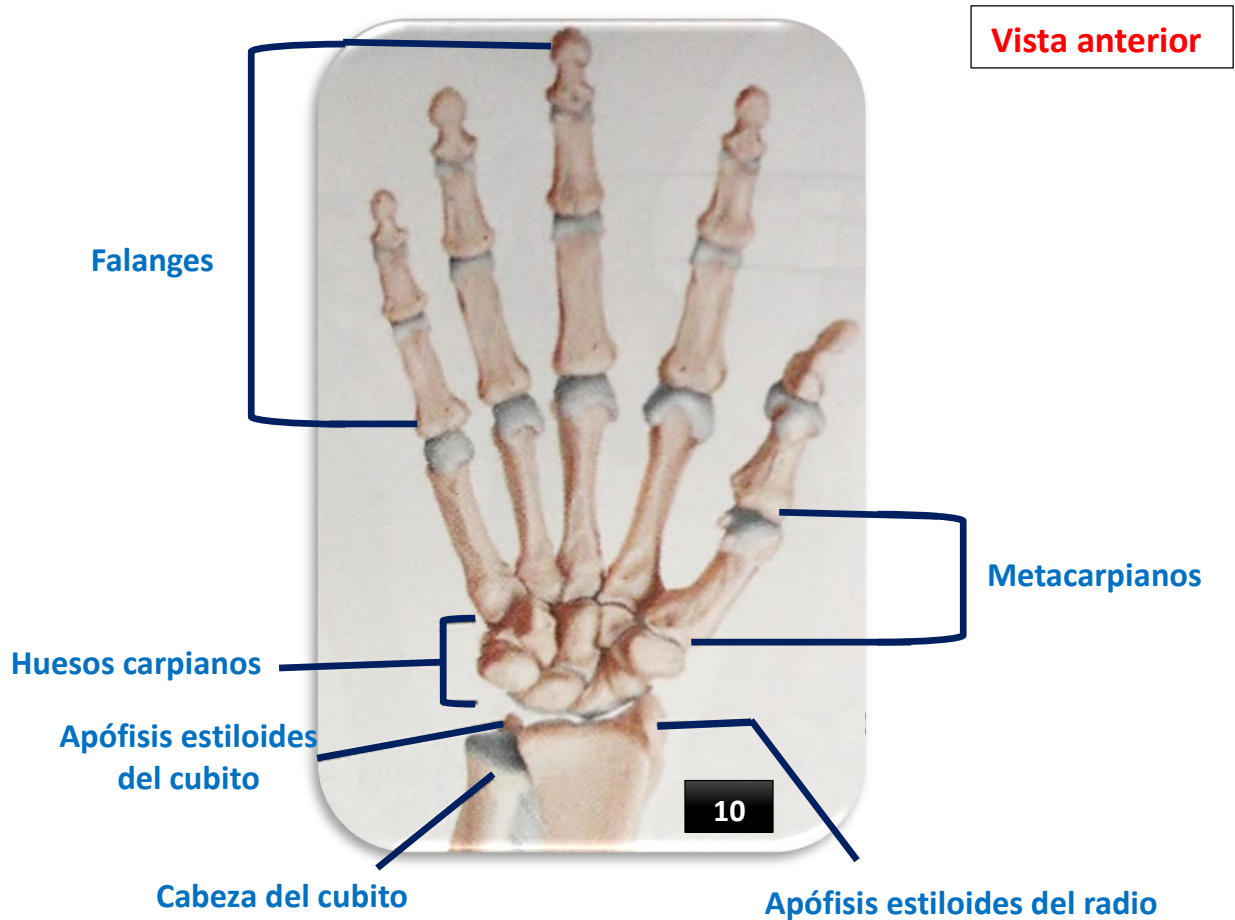
La muñeca está formada por el extremo distal del radio, la articulación radio (escafoidea) semilunar, los ocho huesos del carpo (Escafoides, semilunar, piramidal y pisciforme en la fila proximal; trapecio, trapecoide, hueso grande y ganchoso en la fila distal, y el ligamento triangular que se encuentra entre las fosas semilunar y escafoides sobre el extremo distal del radio.

La articulación radio carpiana está formada por la articulación de la hilera proximal del carpo con la superficie articular distal del radio y el complejo fibrocartilaginoso triangular, además de una prominencia interfacetaria denominada cresta fibrocartilaginosa sagital identificando la separación entre la fosa semilunar y escafoidea sobre el extremo distal del radio.

⁴⁰Tortora, G. J. Op. Cit. P. 266

⁴¹Camarero, D. A. Art. Cit. P. 26

El desarrollo de la región de la mano y muñeca se lleva a cabo al mismo tiempo que otras regiones del cuerpo. Dado que es fácil la obtención de la radiografía carpal es posible observar las estructuras detalladamente y hacer un cálculo de la maduración ósea.⁽⁹⁾⁴². (Fig. 10)⁴³



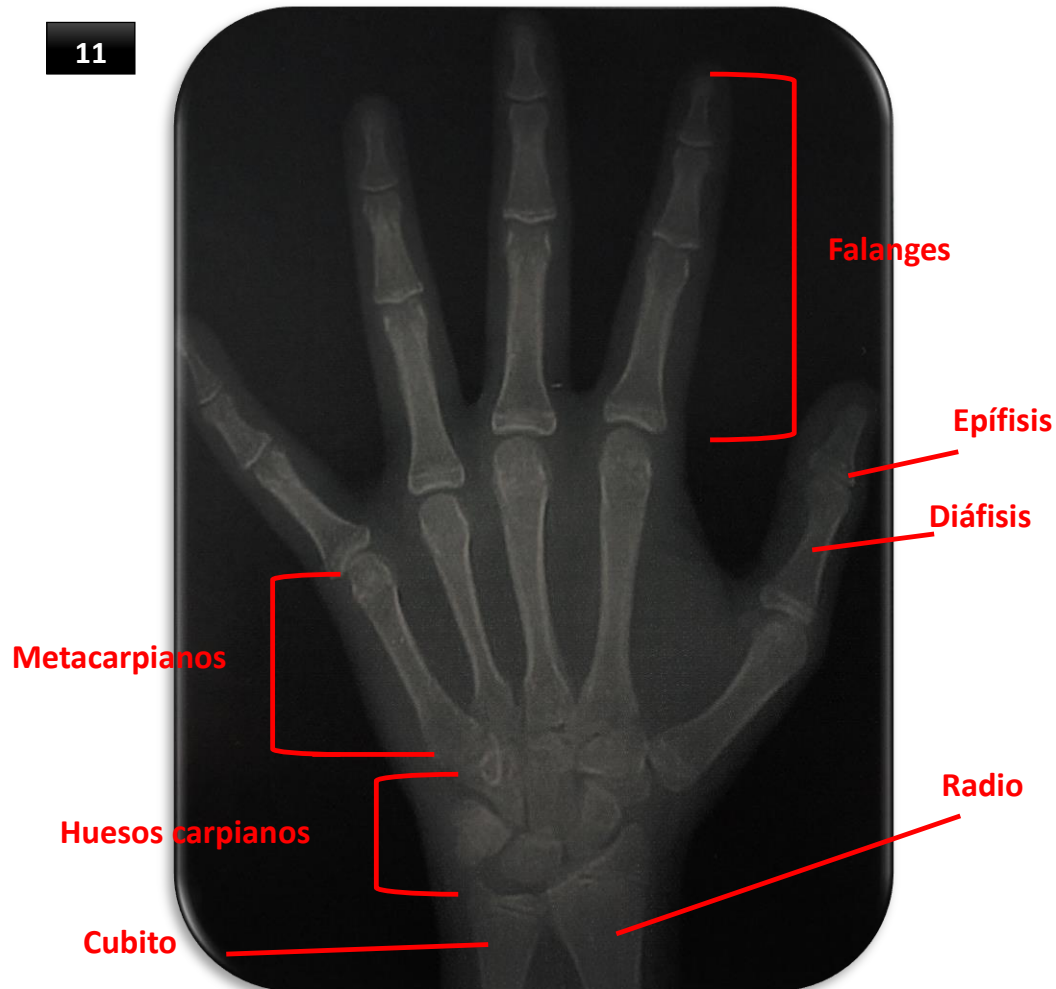
(Fig.10) Estructura ósea de mano derecha.

⁴²Camarero, D. A. Art. Cit. P. 26

⁴³Tortora, G. J. Op. Cit. P. 263

3.1 Descripción de las estructuras de la radiografía digito palmar.

(Fig. 11)⁴⁴



(Fig.11) Descripción anatómica de radiografía carpal (modificada)

La imagen radiográfica representa solo un momento del estado de maduración en que se encuentra el paciente y la etapa observada pudo haberse iniciado con meses de anterioridad(3).⁴⁵

⁴⁴Uribe, R. G. Op. Cit. P. 265.

⁴⁵Urzua, R. Op. Cit. P. 223



4. RADIOGRAFIA DIGITO PALMAR

La radiografía digito palmar es un recurso que se utiliza desde 1950 para calcular la edad ósea o maduración esquelética de un individuo en crecimiento y consiste en analizar los cambios en la forma del hueso, esto se debe a que el área del hueso depende del tamaño del individuo y no del grado de maduración(6).⁴⁶

Cada hueso largo comienza su crecimiento a partir de un centro primario de osificación, o diáfisis, que crecerá y se remodelara progresivamente y de unos centros secundarios localizados en las epífisis, que finalmente se fusionan con el cuerpo o diáfisis en la edad adulta (6)⁴⁷.

Grave, sugiere que una medida confiable del desarrollo físico de un individuo la suministran los promedios de la edad esquelética. También hay estudios que indican que hay una relación muy cercana entre determinadas edades esqueléticas y picos de crecimiento en estatura y cambios importantes en las dimensiones faciales(6)⁴⁸.

4.1 Técnica de radiografía digito palmar

Se utiliza el examen radiográfico de mano por ser esta zona del cuerpo de fácil acceso y se requiere una escasa cantidad de radiación para obtener una buena imagen y debido a la gran cantidad de huesos que se es posible observar en una zona tan pequeña, se utiliza indistintamente la mano derecha o izquierda ya que se han hecho numerosos estudios de comparación entre ambas manos y se ha llegado a la conclusión de que existen diferencias en el desarrollo entre ambos lados del cuerpo, pero estos no son significativos(3)⁴⁹.

⁴⁶ Uribe, R. G. Op. Cit. P. 216

⁴⁷ Ib.

⁴⁸ Ib. P.218

⁴⁹ Urzua, R. Op. Cit. P. 223

Esta debe ir con la palma y el antebrazo completamente adosados al chasis, los dedos ligeramente separados, siguiendo el dedo medio el eje mayor del antebrazo y el pulgar a unos 30° del índice (Fig. 12 - 13)⁵⁰

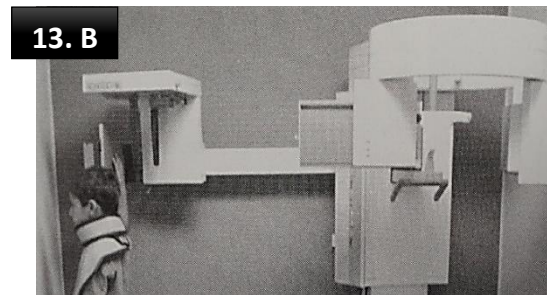


Fig. 12. Posición de la mano del paciente para toma radiográfica **A)** En equipo dental. Fig. 13. **B)** En equipo de telerradiografía.

En equipos de radiología odontológica, la dirección del rayo debe ser perpendicular a la película, pasando por la parte más distal del tercer metacarpiano la distancia entre la fuente emisora de rayos y el chasis varía según los autores entre 76 cm a 1 m, se deberá tener especial cuidado de dirigir el rayo perpendicular a la película ya que de no cumplir con este principio se obtendrá una distorsión lateral que definitivamente hará variar el resultado del examen⁽³⁾⁵¹ En los equipos de telerradiografía, la angulación del rayo central como la distancia entre éste y la película estarán establecidas.

En los dos equipos la posición del codo debe ser a la altura del hombro, ya sea con el brazo extendido en el equipo dental o con el codo en flexión en el equipo para telerradiografías.

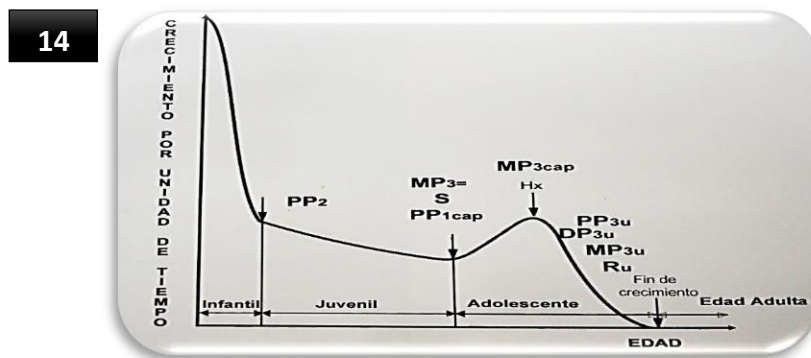
⁵⁰Urzua, R. Op. Cit. P. 233

⁵¹Ib. P. 224

El tiempo de exposición, miliamperaje y kilovoltaje estarán determinados por la edad y contextura de cada paciente, con el fin de obtener una óptima calidad en cuanto a densidad, contraste y dibujo de la imagen radiográfica(3)⁵².

4.2 Método de interpretación radiográfica

4.2.1 Análisis de Björk y Helm; Estos autores daneses realizaron un estudio longitudinal en 52 niños, 32 masculinos y 20 femeninos, en el cual se tomaron radiografías anualmente a las edades de 1 a 19 años. Este método está basado en el análisis de las etapas de osificación, ubicados en las falanges, fundamentalmente en las epífisis con sus diáfisis y la relación que existe entre el momento en que estas aparecen con respecto al PIC de crecimiento puberal; Björk y Helm seleccionaron 8 etapas de maduración de acuerdo a su orden de inicio, determinando que las fases esqueléticas de la mano suceden secuencialmente y siempre en el mismo orden, manteniendo una relación directa con los acontecimientos de la curva de crecimiento óseo corporal general (Fig.14)⁵³



(Fig.14) Curva de Björk.

Se consideró la edad del inicio de cada etapa de maduración como el punto medio del periodo del año (seis meses) antes de la observación en que esta etapa de maduración resultó evidente.

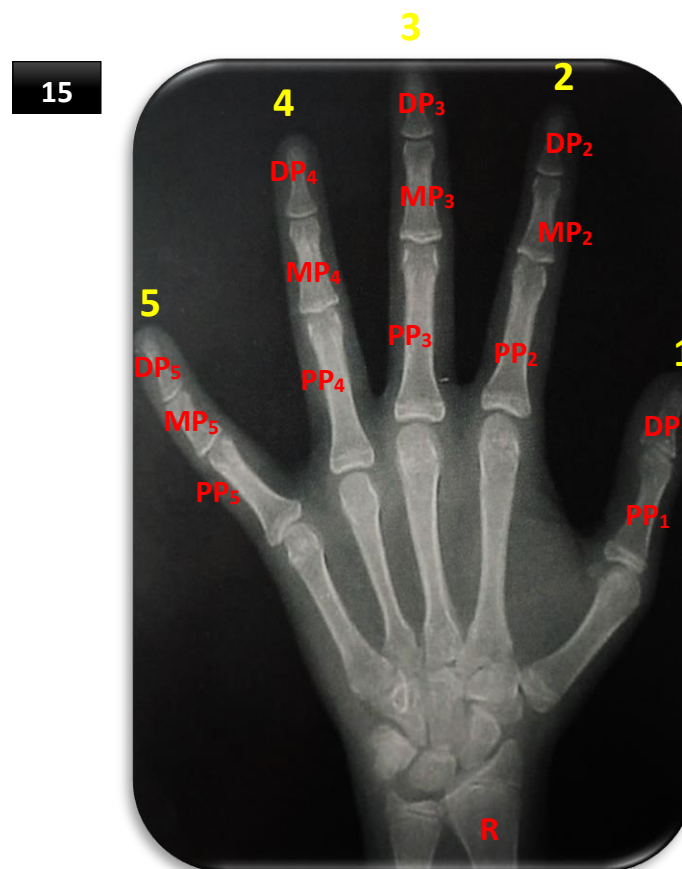
⁵²Urzua, R. Op. Cit. P. 225

⁵³ Ib. P. 228

De tal forma que a la edad cronológica el paciente se le restaron 6 meses con respecto al momento de la radiografía(3)⁵⁴.

Método

Los dedos se enumeran del 1 al 5 por el pulgar. Las falanges se designan con la letra P, y se les identifica anteponiendo la letra D (distal), M (Media) o P (proximal), según la posición que se encuentre con el metacarpo, esto ocurre en los dedos del 2 al 5 ya que el pulgar solo tiene 2 falanges proximal y distal (Fig. 15)⁵⁵.



(Fig. 15) Radiografía carpal: Los dedos se numeran del 1 al 5 partiendo de pulgar. Las falanges se designan con la letra P y se identifican con D (distal), M (mesial), P (proximal). R de radio.

⁵⁴Urzua, R. Op. Cit. P. 228

⁵⁵Ib. P. 229

Durante la etapa del crecimiento de las falanges, estas poseen en sus extremos proximales los discos epifisarios, que son los centros de osificación que se desarrollan en los extremos cartilagosos de los huesos largos y que darán origen a las epífisis óseas (3)⁵⁶.

El disco epifisario en la primera etapa en que se observa en una radiografía,

- Etapa No equivalente: es delgado y su anchura es mucho menor que el ancho de la diáfisis correspondiente. (Fig.16 ,17)⁵⁷

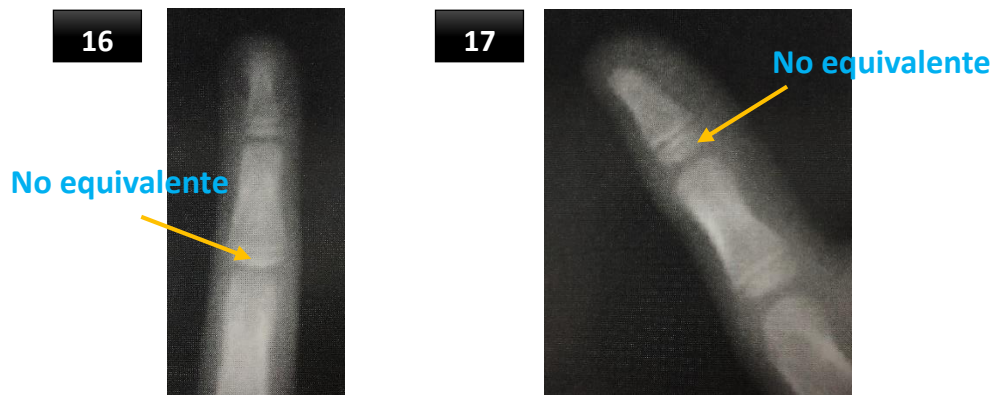


Fig. 16. Falange media del tercer dedo en etapa no equivalente
Fig. 17. Falange proximal del primer dedo en etapa no equivalente

Conforme va aumentando el grado de osificación continúa la:

- Etapa equivalente, o lenticular: el disco va aumentando su espesor y anchura, alcanzando la máxima anchura en el ángulo recto con el eje mayor del hueso (Fig. 18 - 19)⁵⁸.

⁵⁶Urzua, R. Op. Cit. P. 230

⁵⁷ Ib.

⁵⁸ Ib.

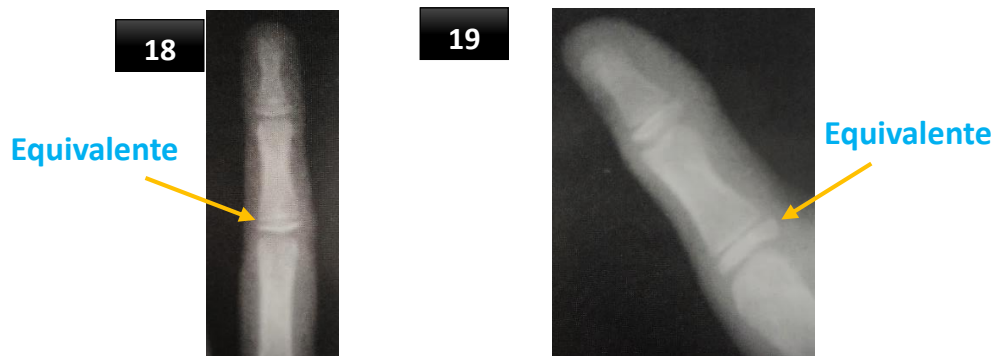


Fig. 18. Estado equivalente en la falange media del tercer dedo

Fig. 19. Estado equivalente en la falange proximal.

En relación con el hueso sesamoideo ulnar, se considera presente al observarse el primer indicio de calcificación, este hueso está ubicado inmediato a la articulación del metacarpiano y la falange proximal del pulgar en su parte interna. (Fig. 20 – 21)⁵⁹

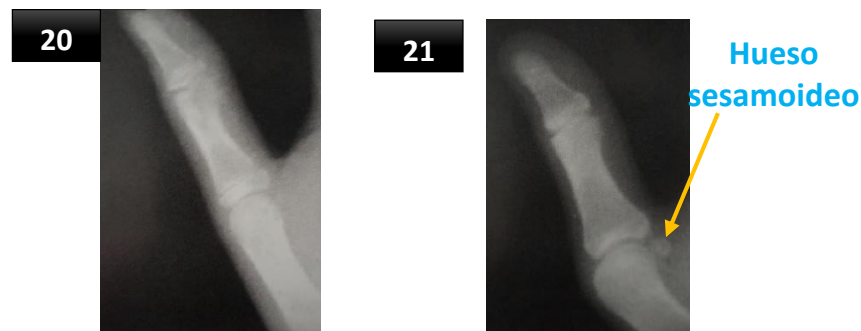


Fig. 20 – 21. Diferentes etapas de la calcificación del hueso sesamoideo, etapa inicial y calcificado.

- Etapa de recubrimiento, o capsular: Un aumento bastante lineal de altura en la periferia del disco epifisiario, formándose un borde aguzado distalmente y un ángulo redondeado proximalmente.
- Etapa de unión: Al disminuir el peso del cartílago de crecimiento, se observa el estrechamiento del espacio entre la diáfisis y el disco epifisiario, esta línea radiolúcida desaparece (Fig. 22)⁶⁰

⁵⁹Urzua, R. Op. Cit. P. 231

⁶⁰Ib. P 232



Fig. 22 Etapa de unión en la falange

Una vez iniciada esta última etapa transcurrirá aproximadamente un año antes de que se inicie la siguiente y durante este tiempo el crecimiento corporal sufrirá variaciones de velocidad, acelerándose o desacelerándose según la relación de esta etapa, con respecto a la máxima velocidad del crecimiento.

De acuerdo a la etapa de osificación observada en la radiografía correspondiente, se puede determinar la relación en años en que se encuentra el paciente de la máxima velocidad de crecimiento (PIC puberal) (Fig. 23)⁶¹

23	PP₂=	-3 a -1 años
	MP₃= S PP₁ cap	-1 a 0 años
	MP₃cap	0 a +1 años
	DP₃u	+1 a +2 años
	PP₃u	2 años
	MP₃u	+2 a +3 años
	Ru	+3 a + 4 años

(Fig. 23) Tabla que describió Björk y sirve para el análisis correcto de la radiografía, identificando las etapas de maduración ósea.

⁶¹Urzua, R. Op. Cit. P. 233



De manera que cuando se encuentra en la radiografía el radio en etapa de unión, se considera que la velocidad de crecimiento está tendiendo a cero.

En odontología es muy frecuente el estudio de las falanges determinado por Björk y Helm, debido a que permite un estudio de la maduración hasta el término del crecimiento corporal general (adulto joven), de manera que se puede establecer si los cambios morfológicos funcionales están produciéndose de acuerdo a lo esperado en cada paciente.

4.2.2 Análisis de Grave y Brown (1972): Estos autores proponen una nomenclatura para la interpretación radiográfica (Fig. 24)⁶² está basado en el análisis de Björk, en donde se encuentran los siguientes estadios de maduración:

R: Radio	M	P	3 (Dedo)	cap/=/U	=: Igual cap: capucha U: unidad
S: Sesamoideo	Distal	Falange	1 (pulgár)		
	Medial		2 (índice)		
	Proximal		3 (medio)		
			4 (anular)		
			5 (meñique)		

24

(Fig. 24) Nomenclatura para la interpretación radiográfica del Análisis de Grave y Brown

1. (PP2=): La diáfisis de la falange proximal del dedo índice(10)⁶³
(PP2) Muestra la misma anchura que la epífisis (=). Este estadio comienza aproximadamente 3 años antes del brote de crecimiento puberal.
2. (MP3=): La diáfisis de la segunda falange del dedo medio.

⁶²Boj, J. R. (2011). Op. Cit P 58

⁶³González, V. E. (2008). Determinación de los niveles de maduración y su aplicación clínica. *Revista Mexicana, Odontología Clínica*, 18-24.



(MP3) Muestra la misma anchura que la epífisis (=).

3. (PiSi): osificación visible del hueso pisiforme.

(H1): osificación de la apófisis uniforme del ganchoso.

(R=). Anchura equivalente a la diáfisis y epífisis del radio R.

4. (S): inicio de la mineralización del sesamoideo.

(H2): osificación avanzada del ganchoso. (10)⁶⁴

5. (MP3 cap): pico de crecimiento, la diáfisis rodea a modo de capuchón a la epífisis, a nivel de la segunda falange del dedo medio.

(PP1 cap) En la falange proximal del pulgar.

(R cap): En el Radio.

6. (DP3 u): fusión visible de la diáfisis y epífisis de la falange distal del dedo medio.

7. (PP3 u) Fusión visible de la diáfisis y epífisis de la falange proximal del dedo medio.

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

9. (Ru). 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 el crecimiento óseo(10)⁶⁵.

⁶⁴González, V. E. Art. Cit P.18-24

⁶⁵Boj, J. R. Op. Cit. P.58

4.3 Indicadores de maduración ósea

(Fig. 25)⁶⁶

25



Fig 25. Radiografía indicando los puntos de maduración ósea de la mano (Modificada) 1) Hueso grande. 2) Hueso ganchoso. 3) Metacarpiano 2. 4) Metacarpiano 3. 5) Metacarpiano 4. 6) Metacarpiano 5. 7) Cubito. 8) Metacarpiano 1. 9) Hueso semilunar. 10) Hueso trapecio. 11) Hueso trapecoide. 12) Hueso escafoides. 13) Hueso piramidal. 14) Hueso Sesamoideo.

Se miden a partir de la relación cambiante entre las epífisis y las diáfisis, ya que estas pasan por diferentes etapas⁶⁷:

⁶⁶Urzua, R. Op. Cit. P 226

⁶⁷Uribe, R. G. Op. Cit. P218



- La aparición de la epífisis.
- El ancho de cada epífisis, con respecto a la diáfisis.
- El aumento de tamaño de la epífisis, con respecto a la diáfisis.
- El grado de calcificación de la epífisis, con respecto a la diáfisis.
- El grado de fusión de la epífisis, con respecto a la diáfisis.

4.4 Software de interpretación radiográfica.

Es un software que automatiza una metodología para la estimación de la edad ósea, con base en el método propuesto por Eklof y Ringertz en 1967, extrae la información de las imágenes radiográficas de la mano, en busca de las dimensiones de los centros de osificación para ser utilizados como parámetros para la estimación de la edad ósea de los seres humanos en la fase de crecimiento (4)⁶⁸. Es uno de los programas informáticos que existe en el mercado para la edad ósea, su funcionamiento se lleva a cabo de una manera controlada, ubicando los centros de osificación, que son utilizados como parámetros para la estimación de los mismos, estos se identifican automáticamente utilizando vectores computacionales de localización por lo que la estimación de la edad ósea es facilitada por el programa. El método se basa en el análisis de las dimensiones de centros de osificación de la mano y la muñeca.

En este estudio, se utilizan imágenes radiográficas de la mano de la presentación de un informe médico (de 200 imágenes) desde la base de datos del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la USP (San Carlos)(11)⁶⁹.

Para desarrollar el software fue necesario obtener datos de imágenes y medidas del metacarpo y falanges. Se utiliza para almacenar toda la información de carácter general, así como las imágenes extraídas previamente

⁶⁸Rodrigues, J. E. (2009). Software automatico para la determinacion osea, basado en el metodo de Eklof y Ringertz. *Revista brasileña de fisica medica*, 15-19.

⁶⁹Rodrigues, J. E. Art. Cit. P 15



procesadas en esta base de datos, contiene una tabla que almacena la información general sobre cada imagen radiográfica como el código de la imagen de referencia, la fecha de nacimiento del paciente, el sexo, la edad ósea (informe médico), resolución de imagen.

Otras tablas de información del software son para recopilar las dimensiones de los centros de osificación de los huesos utilizados como parámetros; por el método de Eklof y Ringertz tales como las dimensiones de los metacarpianos, falanges, radio; además es posible identificar los centros de osificación delimitando el comienzo y el final de cada hueso utilizados para la estimación de la edad ósea.

El método Eklof y Ringertz nos presenta estimaciones basadas en el análisis de 10 centros de osificación, que se encuentra entre los huesos de la mano y la muñeca, que requirió la identificación de dos puntos (inicio y final) para cada centro, por un total de 20 puntos. Para facilitar la estimación, se insertan automáticamente los marcadores en el programa(11)⁷⁰.

Las imágenes se muestran en escala de grises con una resolución de 8 bits (256 niveles) y segmentados según lo propuesto por Rodríguez, que conserva las intensidades de los píxeles originales de los dedos, la muñeca y carpo, a excepción de la parte inferior, que ahora está representado por un único valor. Para seleccionar los dedos de la imagen analizada construyeron un procedimiento que realiza una exploración horizontal (columnas x líneas), a partir de la fila y la columna inicial (cero), para encontrar una intensidad de píxel de la imagen de fondo diferente, considerando que el tercer dedo (que contiene el metacarpiano III) es el más grande, el primer píxel encontrado indica el principio (columna inicial). Después de la localización de este punto es una curva dibujada de esta columna seleccionada (columna inicial metacarpiano 3) al extremo inferior de esa metacarpiano (altura total),

⁷⁰Rodríguez, J. E. Art. Cit. P 15

guiado por el promedio de los píxeles vecinos inmediatos de esta columna que tienen valores diferentes por la intensidad de fondo. Para encontrar los otros dos dedos necesarios para el método de análisis Eklof Ringertz y se utilizan los mismos procedimientos, y para encontrar el comienzo del segundo dedo (que contiene el metacarpiano II) se convierte en una exploración desde la salida de la columna como "columna inicial metacarpiano 3 " con un desplazamiento de 30 píxeles, es decir, a partir de la región inmediatamente adyacente a el tercer dedo. (Fig.26)⁷¹

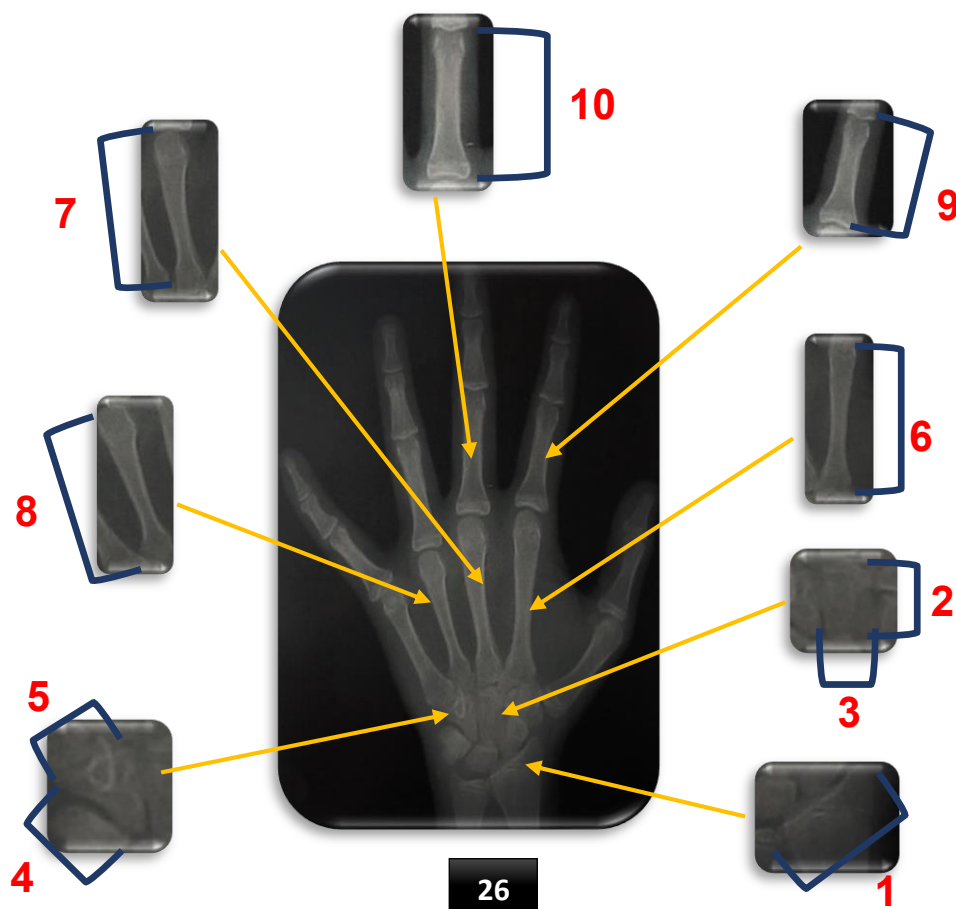


Fig. 26 El primero y el último dedo se descartan debido a que el método utiliza sólo los huesos metacarpianos de la II, III, IV y falange proximal II y III. Representado por los huesos 6, 7, 8, 9, 10.

⁷¹Rodrigues, J. E Art. Cit. P 16



Para la ubicación del cuarto dedo (metacarpiano IV), se le asigna un valor para la columna igual a columna inicial metacarpiano III, 30 píxeles, y el procedimiento se repite. Estas curvas nos sirven como referencia para aislar los centros de osificación. Después se realiza un barrido hacia arriba desde la primera curva trazada (dedo medio) desde el principio hasta el final, el análisis da un promedio de los píxeles vecinos a la derecha y la mitad izquierda de esta línea. Si el valor de intensidad que es igual a la imagen media de fondo se inserta un marcador temprano y buscar en el siguiente fondo para la inserción del marcador de final de este hueso, identificando así un centro de osificación(11)⁷².

También se lleva a cabo este paso para los otros dos dedos. La primera curva analizada (dedo medio) y la curva que pertenece a el segundo dedo metacarpiano, se tienen en cuenta los dos primeros centros de osificación obtenidos (falange distal y media), manteniendo sólo los centros de osificación de las falanges proximales y metacarpianos. Al final las posiciones de los marcadores se pueden ajustar de acuerdo con el mapa que contiene las posiciones correctas. El programa está basado en el estudio Eklof y Ringertz y es necesario saber que la unidad de medida es en milímetros, es necesario realizar la conversión de los píxeles a milímetros. La conversión se realiza en base a la resolución de la imagen. La resolución de imagen es definida por el escáner y se mide en puntos por pulgada, que indica cuántos puntos de datos que hay en una cierta distancia escaneados por la máquina. El tamaño de cada píxel se obtiene dividiendo el valor de la pulgada (25,4 mm) por la resolución con la que se escaneó la imagen. El tamaño de cada uno de los centros de osificación, se obtiene mediante la siguiente ecuación(11)⁷³:

$$Dist = \left(\left(\frac{P}{R} \right) * D \right)$$

⁷²Rodrigues, J. E. Art. Cit. P 16

⁷³ Ib. 17

Donde P es el valor de pulgada (25,4 mm), R es la resolución con la que se escaneó la imagen y la dimensión D se encuentra para el centro de osificación para el análisis, utilizando la distancia euclidiana, el programa nos da el resultado. La información establecida de los huesos se busca en una tabla de medidas en la base de datos que estará en mm identificando así lo equivalente a la edad de cada hueso. La edad final se obtiene promediando los valores obtenidos por todos los centros de osificación (Fig. 27)⁷⁴

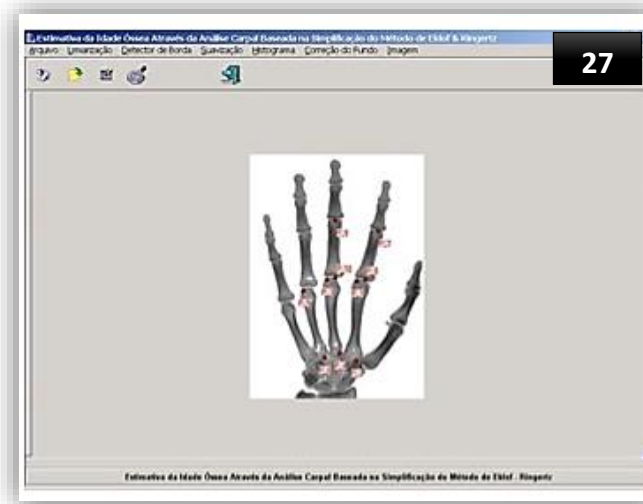


Fig. 27 Es la pantalla del programador donde nos muestra el resultado de la estimación de la edad ósea, y es posible guardar en una base de datos

Para registrar la imagen en la base de datos es necesario anotar algunos parámetros como, nombre del paciente, fecha de nacimiento, evaluación, edad, generó, resolución de imagen (Fig. 28)⁷⁵

⁷⁴Rodrigues, J. E. Art. Cit. P 15

⁷⁵ Ib. P 17

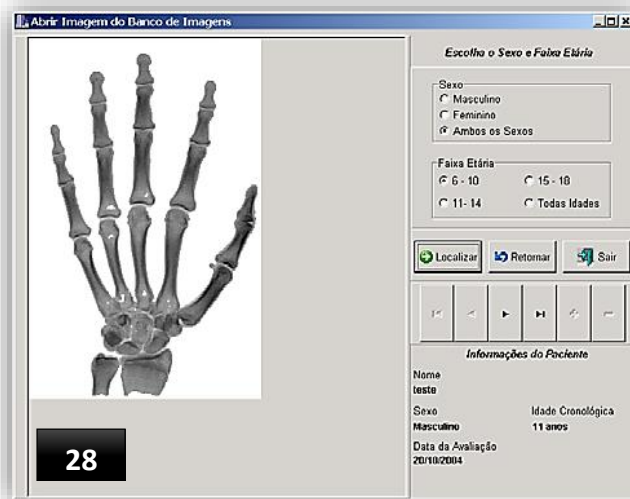


Fig. 29. Página del programador donde se introduce la imagen de la base de datos para realizar el análisis Eklof Ringertz

Para localizar las imágenes almacenadas en la base de datos es posible llevar a cabo la búsqueda de las fotografías que se restringen mediante nombre, sexo y la edad, por lo que la búsqueda más rápida y precisa (Fig. 29) ⁷⁶



⁷⁶Rodrigues, J. E. Art. Cit. P 17

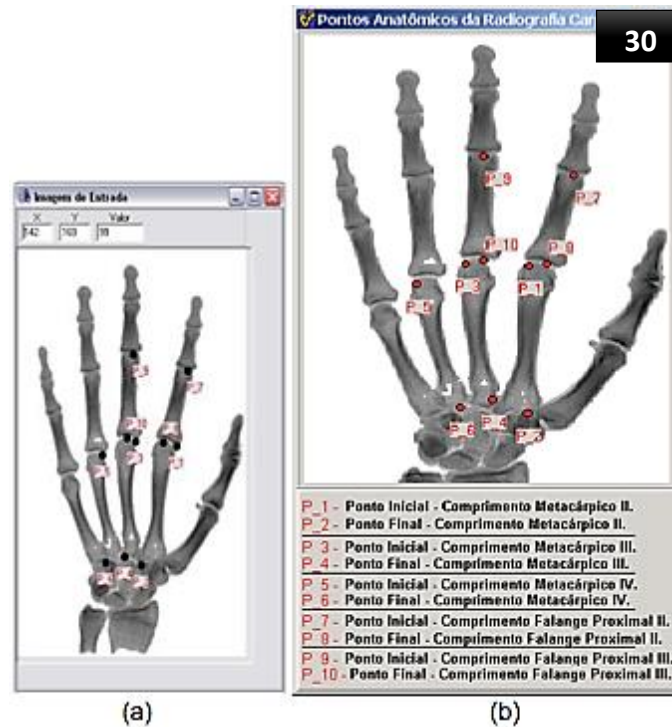


Fig. 30 a) Marcadores insertados por el operador en el software delimitando los centros de osificación b) los marcadores acomodados por el software respecto el análisis Eklof Ringertz.

Con el programa al operador se le ofrece junto con los resultados un mapa con las posiciones clásicas de los centros de osificación que utiliza el método Eklof Ringertz, por lo que el operador puede ajustar los vectores arrastrándolos con el cursor si es necesario. Después de la inserción de los marcadores para los centros de osificación se obtienen mediciones (en milímetros) por la distancia euclidiana y la edad estimada para cada centro, a través de las medidas de exploración de la tabla. La edad ósea final se obtiene promediando las edades encontradas para los 5 huesos.

31

Estimativa da Idade Óssea - Índice de Eklof & Ringertz

Paciente: Paciente A

Sexo: Masculino

Data da Avaliação: 05/01/2005

Idade Cronológica: 10 anos

Fatores Utilizados	Valor Obtido	Idade Estimada
Comprimento do Metacárpico II	59,28 mm	11,25 anos
Comprimento do Metacárpico III	52,21 mm	10 anos
Comprimento do Metacárpico IV	47,27 mm	10,5 anos
Comprimento da Falange Proximal II	34,21 mm	11 anos
Comprimento da Falange Proximal III	37,04 mm	10,5 anos

Idade Óssea Estimada = 10,64 anos

Lauda Médico = 10 anos e 9 meses

Fig. 31⁷⁷. En la tabla se puede observar que los resultados calculados por el software tienen una estimación muy cercana a la marca por el médico.

El software opera de tal manera que los puntos que definen los centros de osificación se insertan automáticamente, lo que resulta en grandes ganancias de rendimiento en la estimación de la edad ósea. La facilidad de los vectores de reposicionamiento para los de centros de osificación, ofrece una gran herramienta para el operador en la búsqueda de un diagnóstico más preciso además, el software ofrece la organización automática de las imágenes radiográficas en la base de datos, así como las características e información relevante para el análisis llevado a cabo. Por último, el software no requiere el uso de las microcomputadoras equipadas con hardware especializado(11)⁷⁸.

⁷⁷Rodrigues, J. E. Art. Cit. P 17

⁷⁸Ib.



4.5 Concordancia entre edad carpal y cronológica

La edad cronológica no siempre permite valorar el desarrollo de la edad biológica, lo cual se calcula a partir de la edad ósea (índice carpal), dental y morfológica (talla y peso) o del momento de maduración sexual.

Es por eso que es necesario la interpretación de la radiografía carpal ya que tiene un gran número de huesos y patrones de osificación, cuya calcificación sucesiva se prolonga desde el nacimiento a lo largo de la infancia y la adolescencia. Estos patrones de osificación son los indicadores del comienzo del desarrollo prepuberal y cuando llega el pico máximo, así como cuando disminuye, ya que los brotes de crecimiento dependen del sexo y varían con la edad cronológica. Estas variaciones determinan la velocidad y la duración del proceso de crecimiento, en general el brote de crecimiento puberal en niñas se inicia entre los 10 y 12 años, en varones entre los 12 y 14 años de edad con un margen de variación de entre los 3-6 años. Se habla de trastornos del ritmo de crecimiento cuando se produce una desviación de ± 2 años entre la edad cronológica y la biológica. Los patrones de osificación se dan de manera ideal a nivel de manos(10)⁷⁹.

Ningún método es totalmente satisfactorio para expresar el grado de madurez, pero el desarrollo esquelético es uno de los recursos más útiles para cuantificarlo, dado que los centros de osificación esquelética presentan un patrón de cambio de tamaño y forma, se les puede identificar y describir con la radiografía, sin embargo no siempre es exacta.

Para Greulich y Pyle (1959) existen estándares radiográficos con más de 30 valores de madurez desde el nacimiento hasta la fase adulta para niños y niñas, además de indicadores individuales de los huesos y la epífisis con

⁷⁹González, V. E. Art. Cit. P 22



descripción de sus cambios de maduración, por lo que se le puede asignar edad ósea a cada hueso, la osificación se da de la siguiente manera (10)⁸⁰:

- Hueso grande_____ 3 meses
- Hueso piramidal_____ 2 años
- Hueso semilunar_____ 3 años
- Hueso escafoides y trapezoide_____ 3.5 años
- Hueso trapecio_____ 4 años
- Hueso pisiforme_____ 9 años

⁸⁰González, V. E. Art.Cit. P 22



5. ORTOPEDIA

Es la explotación práctica de la teoría de adaptación funcional dentofacial, descrita por Lamark y Le Dante en Francia y W. Roux en Alemania.

“La actividad de un órgano estimula la formación de tejidos, estimula su adaptación y, como consecuencia final, condiciona su morfología”

El método funcional viene de los principios de la evolución que postulan que los cambios en la función cambian la forma y crea el órgano basándose en la teoría funcional de Melvin Moss, que dice la forma como la posición y en gran parte la existencia de las unidades esqueléticas es secundaria y dependen de su función. (6)⁸¹

La ortopedia maxilar se divide en dos áreas, con fundamentos y principios claros en el crecimiento y desarrollo craneofacial.

Ortopedia mecánica con fuerzas grandes: Se utiliza para producir cambios morfológicos y redirigir, modular o inducir el crecimiento óseo en el maxilar y la mandíbula, por medio de fuerzas pesadas (mayores de 40 g), producidas por sistemas mecánicos, como tornillos de expansión, mentoneras, máscaras faciales y tracciones extraorales.

Ortopedia funcional: Se refiere al postulado ya antes mencionado por Lamark y Le Dante en Francia y W. Roux en Alemania, donde nos explica que el método funcional viene de uno de los principios de la teoría de la evolución que dice: Los cambios en la función cambian la forma y crean el órgano, teniendo como base la matriz funcional del crecimiento y desarrollo humano, la ortopedia funcional utiliza la fuerza muscular para cambiar la forma de los huesos, con ayuda de aparatos intraorales rígidos o elásticos, confeccionados en acrílico y alambres de acero que inducen cambios en la posición

⁸¹Uribe, R. G Op. Cit. P.17



mandibular y los músculos, para que a través de los cambios funcionales, se logre disminuir, aumentar o modular el crecimiento del hueso basal y alveolar.

Cuando el estímulo sufre modificaciones en magnitud, intensidad, frecuencia y dirección, transforma los tejidos y produce cambios significativos y estables y los adapta a las nuevas condiciones de trabajo. La actividad de los músculos masticatorios, la lengua, los carrillos y los labios, provee la fuerza que se produce al estímulo repetitivo que influye sobre el crecimiento y produce un balance más favorable entre las estructuras rígidas, que son los huesos y las dinámicas, que son los músculos. La consecuencia del estímulo funcional durante el movimiento constante y repetitivo cambia el patrón de oclusión en individuos en etapas de crecimiento y desarrollo activo(6)⁸².

No todos los estímulos inducen formación de tejidos, solo se presentan en algunos con características especiales como el cartílago secundario condilar, la articulación alvéolo dentaria, el periostio y algunas suturas. Si el cambio de postura es excesivo se producen cambios inflamatorios desfavorables. Nunca podrá haber formación de nuevo tejido y cambios en la función sin una adaptación funcional fisiológica. La naturaleza de la adaptación debe de ser de tal magnitud que el tejido maduro sea capaz de adaptarse y resistir, sin recidiva, la nueva función.

La nueva era de la Ortopedia mecánico – quirúrgica, se refiere a un tratamiento combinado con cirugía (osteotomía) y aparatos mecánicos de tracción ósea, denominados distractores histogénicos u osteogénicos, que permiten el crecimiento del callo óseo y de los tejidos circunvecinos en el sitio de la fractura quirúrgica logrando aumentos de tamaño, neoformación, transporte y moldeado del hueso (efectos que antes se consideraban imposibles).(6).⁸³

⁸²Uribe, R. G Op. Cit. P.19

⁸³ Ib.



El término disgnasia, fue introducido por Andresen en la ortopedia funcional, e incluye todas las maloclusiones y disfunciones en el órgano de la masticación y los efectos sobre la forma facial. La clasificó en tres planos del espacio, sagital, transversal y vertical. Se relacionan factores causantes genéticos y medioambientales, como la deglución atípica, la respiración oral o mixta, los hábitos de succión, la masticación deficiente, el bruxismo, entre otros, que son susceptibles de ser modificados terapéuticamente.(6)⁸⁴ Función y forma están íntimamente relacionadas, una función alterada traerá como consecuencia alteraciones en la forma. Pero si interviene un elemento reorganizador o regulador de funciones en ese desequilibrio, se podrá lograr una forma adecuada.

5.1 Diagnóstico Oportuno.

Luego del diagnóstico, el plan de tratamiento es quizás la etapa más importante de un tratamiento ortopédico, donde deben ser tomados en cuenta factores diversos como: posiciones dentarias, relaciones interoclusales, anclaje, edad y expectativas del paciente para el tratamiento, su higiene bucal y sus posibilidades económicas y la retención final de los dientes en posición (12)⁸⁵

Para dar un correcto diagnóstico es necesario tomar en cuenta tres fases:

1. Consiste en la recolección de la información que será reflejada en la historia clínica del paciente: la anamnesis, antecedentes familiares, antecedentes personales, estudio visual y fotográfico extraoral e intraoral, estudio y análisis de los modelos, estudio radiográfico y los análisis cefalométricos requeridos y ocasionalmente algunos otros estudios necesarios en determinados pacientes, como estudio de la

⁸⁴Uribe, R. G Op. Cit. P.19

⁸⁵Quiros, C. J. (Febreo de 2010). Plan de etratamiento en ortodoncia y ortopedia maxilar. *Ortodoncia WS. Revista latinoamericana de ortodoncia y odontopediatria*, 103-106.



radiografía digito palmar para la determinación de la edad ósea o estudio de las vértebras cervicales para determinación de etapa de maduración esquelética del paciente. La lista de problemas, se debe jerarquizar en orden de severidad y prioridad de tratamiento, esto nos permitirá establecer un adecuado plan de tratamiento.

2. Los requerimientos de espacio, aceleración o desaceleración del crecimiento y cambio de la posición de la mandíbula, una vez obtenidos los datos necesarios debemos procesar esta información de manera coherente que nos permita agrupar las características encontradas en cada uno de los estudios realizados de manera que nos oriente a determinar con exactitud el tipo de maloclusión que presenta el paciente y sus características particulares y cuál es la etiología de las mismas(12)⁸⁶
3. Edad del paciente: La edad del paciente es un factor de importancia en la implementación de un plan de tratamiento, los dientes en pacientes jóvenes responden por regla general más rápido a los movimientos, además si están en una edad de crecimiento responden más favorablemente a las terapias miofuncionales que los pacientes con poco o ningún potencial de crecimiento(12).⁸⁷

Los objetivos de un tratamiento temprano son:(6)⁸⁸

- Prevenir o interceptar maloclusiones esqueléticas y dentales.
- Reducir el tiempo y la complejidad del tratamiento futuro
- Modificar el tamaño de los maxilares
- Obtener cambios funcionales
- Utilizar el crecimiento y desarrollo activo
- Eliminar o reducir la complejidad de una cirugía ortognática

⁸⁶Quiros, C. J Art. Cit P. 103

⁸⁷ Ib. P 104

⁸⁸Uribe, R. G Op. Cit. P.210



- Interceptar hábitos que producirán problemas deletéreos
- Interceptar problemas funcionales, como la obstrucción de las vías aéreas altas.

Ventajas del tratamiento temprano:

- Modificar tempranamente, el crecimiento esquelético
- Mejora el autoestima del paciente
- Obtener resultados estables
- Disminuir la complejidad y el tiempo del tratamiento
- Eliminar hábitos
- Detectar y eliminar factores etiológicos

Tratamiento temprano y valoración del crecimiento y desarrollo: La posibilidad de modificar el crecimiento está directamente relacionado con la edad dental, edad que se mide de acuerdo con la cantidad de formación radicular y con la edad esquelética que se mide con predictores específicos de maduración esquelética, por medio de radiografía carpal o radiografías cefálicas para evaluar las vértebras.

Se dice que en ortopedia cambiando la función de un órgano, cambia su forma, de acuerdo a su límite biológico, tomando en cuenta cuatro factores principales(6):⁸⁹

1. Los procesos generales de la ontogenia: La historia de la vida celular y genética de una persona e involucra la coordinación e integración de todos los procesos de crecimiento, desarrollo y adaptación.

Desarrollo: Proceso que se da a lo largo de la vida, comienza con una diferenciación y termina con una maduración de tejidos, con incremento de tamaño y el desempeño particular de cada órgano.

⁸⁹Uribe, R. G Op. Cit. P.213



Adaptación: Se refiere al potencial del desarrollo y plasticidad. Es el crecimiento compensatorio en estructuras esqueléticas sometidas a estrés.

2. Los principios de la ontogenia: Son el potencial de crecimiento de las suturas y del cóndilo mandibular, y pueden presentar cambios inducidos por factores medioambientales, como la intervención mecánica con ortopedia u ortodoncia, que puede alterar con el tiempo la forma de las estructuras esqueléticas afectadas.
3. Los factores que modifican el crecimiento dentofacial
4. Las aplicaciones clínicas: con base en investigación científica se ha comprobado la capacidad de las células, los tejidos y los órganos para adaptarse a cambios funcionales, cambiando su masa y forma con estabilidad, determinar la capacidad del esqueleto craneofacial para responder en forma positiva a tratamientos tempranos en ortopedia depende de varios factores, tales como:
 - La habilidad de las células del mesénquima a diferenciarse
 - La capacidad de expresión de factores del crecimiento y desarrollo
 - El medio ambiente local manifestado y el tiempo de tratamiento y su mecánica.

La genética, la biología celular y molecular son los que determinan los mecanismos específicos del crecimiento y desarrollo de un individuo, y no se sabe aún, con certeza, cómo cambiar con factores locales como la ortopedia, este mecanismo tan complejo, para que los resultados sean estables.(6)⁹⁰

⁹⁰Uribe, R. G Op. Cit. P.213



CONCLUSIONES

La radiografía digito palmar es un auxiliar de diagnóstico que sirve para detectar en qué etapa de maduración ósea se encuentra el paciente pediátrico.

En el método de Björk y Helm se manejan 8 etapas de maduración de acuerdo a su orden de inicio, suceden de manera secuencial y siempre en el mismo orden: PP2, MP3, S, PP1 cap, MP3 cap, PP3u, DP3u, MP3u, Ru. La etapa más favorable para el tratamiento temprano de ortopedia, comienza cuando en la radiografía es posible observar que se encuentra entre PP2 y MP3 cap.

En el análisis de Grave y Brown, se manejan 9 estadios y la fase más favorable para el tratamiento de ortopedia es del estadio 3 hasta el estadio 5.

Es posible el análisis de la radiografía digito palmar, para interpretar en que estadio se encuentra y saber si un tratamiento de ortopedia sería favorable para el paciente antes de llegar al descenso del PIC puberal y que comience la osificación ósea.



Bibliografía

1. Gonzalez PM. XC Aniversario del primer premio Nobel de Fisica Roentgen y los Rayos X. España, Sevilla: Real Academia de Medicina; 1991.
2. Haring JL. Radiología dental principios y teoria. Mexico: Haring-Lind; 1996.
3. Urzua R. Radiografía de Hueso de la mano y Edad Osea. In Tecnicas Radiograficas Dentales y Maxilofaciales.: Amolca; 2005. p. 221 - 234.
4. Biondi AM, G. Cortece S. Fundamentos y practicas para la atencion integral personalizada Argentina: Alfaomega; 2011.
5. Proffit WR. Ortodoncia Teoria y Practica. España: Mosby/Doyma; 1995.
6. Uribe RGA. Ortodoncia: Teoria y Clinica Colombia: Corporacion para investigaciones biologicas; 2010.
7. Castillo MRea. Estomatologia pediatria Madrid: RIPANO, S.A; 2011.
8. Tortora GJ. Principios de Anatomia y Fisiologia España: Panamericana; 2013.
9. Camarero DA. Estimacion automatica de la edad osea mediante procesado y segmentacion de radiografias. Madrid; 2011.
10. González VEI. Determinacion de los niveles de maduracion y su aplicacion clinica. Revista Mexicana, Odontologia Clinica. 2008;; p. 18-24.
11. Rodrigues JELL. Software automatico para la determinacion osea, basado en el metodo de Eklof y Ringertz. Revista brasileña de fisica medica. 2009;; p. 15-19.
12. Quiros CJ. Plan de etratamiento en ortodoncia y ortopedia maxilar. Ortodoncia WS. Revista latinoamericana de ortodoncia y odontopediatria. 2010 Febreo;; p. 103-106.
13. Boj JR. Odontopediatria, evolucion del niño al adulto joven España: Ripano editorial medica; 2011.
14. Metodo dtJ. <http://bg.convdocs.org/docs/index-103833.html?page=32>. [Online].; 2013.