



**UNIVERSIDAD DE OVIEDO**

**MASTER UNIVERSITARIO EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA FACIAL**

**CUANTIFICACION DE LA EDAD OSEA EN  
TELERRADIOGRAFIA**

**Rafael Nodal Juan**

**Trabajo Fin de Master  
Mayo de 2012**



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

MASTER UNIVERSITARIO EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA FACIAL

**CUANTIFICACION DE LA EDAD OSEA EN  
TELERRADIOGRAFIA**

**Rafael Nodal Juan**

Tutor. José Antonio Vega Alvarez

## INDICE

1. Introducción	5
2. Estado actual del problema	7
2.1. Edad cronológica vs edad ósea	7
2.2. Métodos para determinar la edad ósea	7
3. Objetivos	22
4. Material y Métodos	22
5. Resultados	23
6. Discusión	29
7. Conclusiones	31
8. Bibliografía y webgrafía	32

## **Resumen**

La determinación de la edad ósea es esencial para establecer de manera correcta la mayoría de los tratamientos en odontología, especialmente en ortodoncia. En el presente trabajo se realiza una revisión sobre los diferentes métodos de valoración radiológica de la edad ósea con especial interés en la utilización de las telerradiografías estándar para valorar la maduración del raquis cervical, especialmente de la apófisis espinosa del axis. Además, se realiza un estudio sobre una muestra muy corta (9 sujetos; 5 mujeres y 4 hombres de edades comprendidas entre 10 y 16 años). Los resultados demuestran que la mayoría de las telerradiografías estándar no tienen la calidad técnica que permita la valoración del raquis con los objetivos propuestos y que si se quiere utilizar este método para determinar la edad ósea son necesarios estudios de poblaciones muestrales muy amplias.

**Palabras clave:** telerradiografía, raquis cervical, apófisis odontoides, edad ósea

## **Summary**

The determination of the bony age is essential to establish the correct way for most of the treatments in odontolgy, especially in orthodontics. In the present the different methods for radiological valuation of the bony age are reviewed, with special interest in the use of standard tele-radiographs to value the maturation of cervical spine, and the odontoid process of the axis. In addition, a study is made on a very short sample (9 subjects; 5 women and 4 men, with ages ranging between 10 and 16 years). The results demonstrate that most of of standard tele-radiographs do not have the technical quality that allows the valuation of spine with the proposed objectives, and that if it is wanted to use this method to determine the bony age are necessary studies of very ample populations samples.

**Key words:** tele-radiographs, cervical spine, odontoid process of the axis, boby age

## 1. INTRODUCCION

Dos de los conceptos que cualquier dentista, y en especial el ortodoncista, maneja de forma permanente para el diseño y planteamiento de los tratamientos, son los de edad cronológica y edad ósea. La primera corresponde al tiempo transcurrido desde el momento del nacimiento; la segunda al estado de osificación de las piezas del esqueleto. El crecimiento y el desarrollo, se acompañan de grandes transformaciones en los huesos que no ocurren en todos los individuos exactamente en el mismo periodo de la vida; cada niño y adolescente tiene su propio ritmo de crecimiento que no tiene por qué ser reflejo de su edad cronológica.

Entre las referencias utilizadas clásicamente para identificar los estados de crecimiento, se encuentran la maduración sexual, la edad cronológica, el desarrollo dental, la altura y el peso; pero existen métodos más fiables para su aplicación en ortodoncia como es el desarrollo esquelético (mano, huesos largos y vértebras cervicales).

La edad cronológica es un dato simple de conocer mientras que la ósea, que es en la que deben basarse la mayor parte de las actuaciones terapéuticas, requiere de conocimientos y datos específicos. En cualquier caso, determinarla con precisión es de suma importancia. El momento óptimo de inicio de un tratamiento puede ser tan importante como la selección de un protocolo específico y está vinculado a la identificación de periodos de crecimiento acelerado o intenso que permiten contribuir, de forma significativa, a la corrección de los desequilibrios esqueléticos del paciente (Baccetti et al, 2002). Actuando en la fase óptima de maduración individual se puede anticipar la respuesta más favorable de cada paciente con la menor morbilidad potencial (Baccetti et al, 2005).

Para determinar la edad ósea se han propuesto, a lo largo del tiempo, diferentes métodos, la mayoría basados en técnicas radiológicas. Ello implica un gasto añadido al tratamiento a realizar y la exposición del sujeto a radiaciones ionizantes que deben de ser evitadas en la medida de lo posible. Para obviar ambos aspectos negativos, se ha sugerido la utilización de las radiografías que se realizan para el estudio de los dientes también para determinar la edad ósea. Si en esas radiografías

se puede encontrar algún parámetro inequívoco para determinar la edad ósea (por ejemplo por la valoración de la osificación de la mandíbula o del raquis cervical) se podrían evitar radiaciones y gastos innecesarios.

El presente trabajo se ha articulado en dos partes. La primera revisa y analiza los aspectos biológicos de la osificación y los métodos utilizados habitualmente para determinar la edad ósea. La segunda estudia la relación entre la edad ósea de un sujeto, determinada por el nivel de osificación de los huesos de la muñeca, y los hallazgos radiológicos en el esqueleto del raquis cervical que se pueden obtener de las teleradiografías realizadas con fines odonto-estomatológicos.

## 2. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

### 2.1.- Edad cronológica vs edad biológica vs edad ósea

La **edad cronológica** de un individuo puede definirse como el tiempo transcurrido desde su nacimiento y marca hechos trascendentales su vida social, como por ejemplo el cese de su actividad laboral, es decir, su jubilación. Tiene, por tanto, un valor social o legal más que biológico. Sin embargo, la edad cronológica no siempre permite valorar el desarrollo y la maduración somática del sujeto. Pero las diferencias en el desarrollo dentro de los mismos rangos de edad, entre los sexos, y aun entre los de la misma familia, han llevado al concepto de edad biológica, que define el progreso hacia la madurez del individuo.

Por **edad biológica** se entiende la que se corresponde con el estado funcional de los órganos de los individuos comparados con patrones estándar para una edad cronológica. Es por tanto un concepto fisiológico.

En estrecha relación con este concepto, y centrado en el sistema esquelético, se encuentra el concepto de **edad ósea**. A lo largo de la vida los individuos pasan por diferentes estadios que implican un grado de maduración creciente. Cada individuo tiene su propio ritmo o tiempo de crecimiento, y de acuerdo a esto puede ser rápido, promedio o tardío. En principio, cualquier parte del esqueleto puede usarse para determinar la edad ósea de un sujeto, pero en la práctica la mano y la muñeca, son las más usadas, debido a que poseen un gran número de huesos y epífisis lo que permite el seguimiento de los cambios que ocurren con los años en el crecimiento y osificación de los mismos.

### 2.2.- Métodos para determinar la edad ósea

Existen diferentes métodos y técnicas para la valoración de la maduración, que pueden agruparse según los siguientes criterios:

a) *la técnica utilizada*: habitualmente es la radiográfica. Otros autores, sin embargo prefieren la ecografía. Así, Castriota-Scanderberg y Cols. (1995) la utilizaron para medir el grosor del cartílago articular de la cabeza femoral; sin embargo, cuando lo compararon con otros métodos convencionales, encontraron una muy baja precisión y la descartaron para su utilización clínica. Schunk y Cols. (1987) y Paesano (1998) la utilizaron sobre la rodilla, observado que puede resultar útil con fines diagnósticos pero no para determinar con precisión la edad ósea.

b) *la zona anatómica*: hemicuerpo, mano, codo, hombro, rodilla, cadera, pie.

De todas ellas, la más empleada es la mano ya que es fácilmente accesible, la radiación para el sujeto es baja y se concentran en una pequeña zona un elevado número de huesos, o partes de huesos, con cronologías y secuencias de osificación diferentes.

c) *la metodología*: los **métodos planimétricos** utilizan el tamaño o superficie de determinados huesos, pero son indicativos de crecimiento y no de maduración y dependen de la utilización de atlas. Estos se basan en la comparación de una radiografía problema con una serie de radiografías estándares, tomadas de una muestra de la población general y se le adscribe la edad ósea que corresponda al estándar más parecido o a una edad intermedia entre dos estándares sucesivos. Aunque existen atlas para la rodilla, el codo y el pie, el más utilizado es el de Greulich y Pyle (1959) para la mano y muñeca. Hay dos sistemas para utilizarlo: comparando en general la mano y valorando hueso a hueso (dando la edad ósea correspondiente a cada núcleo de osificación que viene en las páginas finales del atlas). En la página contigua de cada radiografía estándar, se refleja la edad de cada núcleo de la radiografía ejemplo. La edad ósea de la radiografía problema se obtiene calculando la edad media de todos los núcleos de osificación. Hay que tener en cuenta, no obstante, que la maduración ósea está influenciada por factores genéticos, ambientales, socioeconómicos, etc., por lo que se recomienda la adaptación de los estándares a cada población, lo que ha dado origen a variantes del atlas de maduración ósea de Greulich-Pylel, como los de Hernández, Thiemann-Nitz, etc.

Para la valoración de la edad ósea existen además **métodos numéricos** que describen una serie de indicadores de maduración para cada núcleo de osificación y les asigna una puntuación a cada uno de los estadios evolutivos según el sexo. La suma de las puntuaciones da la maduración ósea. Para valorar si una radiografía tiene una maduración ósea avanzada, normal o retrasada en relación con la población general, se la compara con los estándares de la población. Por ello, cada método numérico, del cual el más representativo es el TW, tiene sus gráficas de referencia de la población general (bien sea representada en percentiles o en desviaciones estándar). Así, se puede decir que un niño tiene una maduración ósea correspondiente al P90 para su edad cronológica o bien que tiene una maduración



ósea que correspondería al P50 de una determinada edad (ésta puede ser menor o mayor que la cronológica; ver Sobradillo Ruiz, 1999).

### ***2.2.1. Determinación de la edad ósea por la radiografía de mano y muñeca***

Prior, en 1907 (citado por Greulich y Pyle, 1959) fue uno de los primeros investigadores en darse cuenta de la importancia biológica de la variable densidad ósea en la radiografía de mano infantil y estableció tres principios importantes: los huesos de las niñas se osifican antes que la de los niños; independientemente de las variaciones que ocurren dentro de la normalidad, la osificación es simétrica; y La variación en la osificación de los huesos es un rasgo hereditario.

Los patrones de osificación pueden estudiarse de una forma casi ideal a nivel de las manos, ya que de los 30 huesos que componen cada miembro superior, 29 se pueden observar en su radiografía simple: diáfisis y epífisis distal de cubito y radio, ocho carpianos, cinco metacarpianos y catorce falanges. El carpo está constituido por ocho huesos dispuestos en dos filas y son: grande, ganchoso, piramidal, pisiforme, semilunar, escafoides, trapecio y trapezoide. El metacarpo, por su lado, está formado por cinco huesos largos con sus epífisis y diáfisis. Se enumeran del uno al cinco. La epífisis 1 es proximal mientras que las demás son distales. Los dedos, en número de cinco, tienen cada uno tres falanges proximal, media y distal, con sus epífisis proximales. El dedo pulgar es el único que tiene dos falanges, la proximal y la distal. El hueso sesamoideo medial se encuentra situado en la parte interna y distal del metacarpo del dedo pulgar. En las falanges se observan la diáfisis, que es el centro primario de crecimiento y las epífisis que son los secundarios. Los estadios epifisarios son la manera en que la epífisis inicia y aumenta su osificación hasta que se une a la diáfisis en los huesos largos, ocurren primero en las falanges distales, después en la proximales y por último en las medias, apareciendo primero en el pulgar y evolucionando en dirección al meñique. Con carácter general, para realizar los estudios de maduración ósea, se recomienda utilizar la mano izquierda por considerarla menos sometida a traumas o agentes exteriores que pudieran influir en la configuración anatómica de los diferentes huesos.

Tanner y Cols. (1983, 1994) describieron tres métodos para determinar la maduración ósea, utilizando la mano y muñeca: Carpo (emplea solamente los 7 núcleos del carpo), RUS (13 núcleos: radio, cúbito y los huesos cortos de la mano) y 20 huesos (los 7 del carpo más los 13 del RUS), siendo el RUS el más empleado. En la Tabla 1 aparecen reflejados algunos de los diferentes métodos de evaluación de la maduración ósea, la zona anatómica utilizada y la edad en la cual son más útiles.

Entre todos ellos cabe destacar que: a) el método FELS se basa en el umbral al cual los indicadores de maduración están presentes en el 50 % de la población de referencia; b) el índice metacarpiano (IMC) es la relación entre la longitud media y la anchura media de los metacarpianos segundo al quinto, medidos en su punto medio. Fue introducido inicialmente para el diagnóstico de la aracnodactilia en los pacientes con síndrome de Marfan. Rand y Cols. (1980) estudiaron esos valores en 185 niños normales de edades comprendidas entre los 2 y los 18 años, encontrando que el índice va aumentando progresivamente hasta los 10-11 años de edad y a partir de entonces el valor es prácticamente constante. Así como la maduración ósea de la mano y muñeca es útil como índice del desarrollo del resto del esqueleto, es razonable pensar que el IMC podría ser utilizado como índice de las proporciones de los otros huesos largos del cuerpo.

Aunque se ha considerado como otro método el c) CASAS (Computer Aided Skeletal Age Scores), realmente se trata del método TW pero utilizando una lectura de la radiografía mediante ordenador. Así, se coloca la radiografía en el visor y es digitalizada por la vídeo-cámara y se reconstruye en la pantalla del ordenador. Cada núcleo de osificación a analizar se enfoca y el investigador ajusta la radiografía y los parámetros y el programa calcula las probabilidades para cada estadio de cada centro y finalmente calcula la puntuación final según los datos del método TW2.

A pesar de que tanto el atlas de Greulich-Pyle como el TW son dos métodos muy antiguos, siguen siendo los más utilizados en la clínica. Pero hay una época en la que no son válidos, como es el primer año de vida, ya que al nacimiento no existe ningún núcleo de osificación en la radiografía de la mano y éstos van apareciendo a lo largo del primer año. Por ello, se han publicado diferentes trabajos que proponen

métodos para la evaluación de la maduración ósea no solamente en el recién nacido sino en los primeros años de vida.

Un cuarto método, pero que no analiza la mano-muñeca, es el d) SHS, basado en una radiografía lateral del pie y tobillo izquierdos. Es un método numérico y valora cinco núcleos de osificación (calcáneo, cuboides, tercera cuña y las epífisis distales de tibia y peroné) a los que se les da una determinada puntuación dependiendo de los criterios madurativos que cumplan. La suma de todos ellos nos dará la maduración ósea, que es la se compara con los estándares de la población general.

Cuando se valora la maduración ósea de un niño, pueden encontrarse una serie de problemas que pueden interferir con el proceso, pudiendo dar lugar a grandes diferencias de evaluación. Entre estos problemas cabe destacar:

a) La técnica de la radiografía: la posición de la mano del paciente, la oblicuidad en el momento de realizarla, la calidad de la radiografía (si ésta está más o menos penetrada, nos puede permitir, o no, ver algunos de los indicadores madurativos, como pueden ser las carillas articulares).

b) El método utilizado:

- Atlas: los estándares de comparación van a intervalos de medio ó 1 año y, en algunas edades y algunos métodos, como el atlas de Greulich-Pyle, tiene intervalos, entre dos estándares consecutivos, de más de un año; además, no se valora la maduración ósea, sino que se compara con la maduración que presenta la media de la población a esa determinada edad cronológica.

- Numéricos (TW): peso diferente de los núcleos de osificación, siendo el de algunos de ellos tan grande que la asignación de un estadio de diferencia; por ejemplo del radio (por la visualización o no de alguna carilla articular) puede dar una diferencia en algunas edades de hasta un año. En radiografías en las que, o bien por su calidad, o porque se encuentran varios de los núcleos en estadios más o menos intermedios, las diferencias poco importantes en cada uno de los núcleos se van a magnificar al sumarse con las diferencias de los otros.

Sin embargo, hay varios trabajos en los cuales no encuentran diferencias significativas entre diferentes observadores entre el Atlas de Greulich-Pyle y el método numérico de Tanner y Cols. (1983a,b)

c) Un error habitual es considerar que la edad ósea es una característica mensurable como la talla, el peso, la glucemia, etc. y, cuando se asigna una determinada edad ósea, se está valorando la maduración ósea (que es un proceso en continua evolución) de ese individuo en un momento concreto.

d) Hay que resaltar que la mayoría de los métodos de valoración de la maduración ósea existentes han utilizado, para su elaboración, radiografías de niños normales sanos. Clínicamente, muchos individuos tienen una maduración que cae fuera de los límites de estos métodos y, por lo tanto, sus resultados deben ser interpretados con suma prudencia.

A pesar de las dificultades que plantean los diferentes métodos disponibles (calidad de la radiografía, modificaciones mínimas de la proyección, variabilidad intra e interobservador, errores en la lectura de los sistemas computerizados, población en la que se basa el método, etc.) la valoración de la edad ósea es imprescindible en la práctica clínica, ya que de momento representa el único sistema de «echar una ojeada» en el grado de los cambios madurativos que se producen a lo largo del período de crecimiento.

### ***Análisis detallado de la radiografía carpal***

Habitualmente se divide el proceso de maduración de los huesos de la mano en 9 estadios evolutivos entre los 9 y los 17 años de edad. 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 Estadios de Osificación de las Falanges:

- Primer estadio: la diáfisis tiene la misma anchura que la epífisis.
- Segundo estadio: denominado de capuchón, en el que la diáfisis rodea a la epífisis a modo de capuchón.
- Tercer estadio: llamado de U (U = unidad) cuando la diáfisis se osifica con la epífisis.

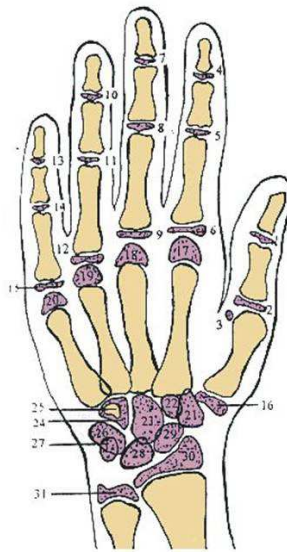
Los dedos se denominan con las cifras 1 a 5 a partir del pulgar. El primer estadio comienza aproximadamente 3 años antes del brote de crecimiento puberal. El segundo estadio de osificación coincide con el brote máximo de crecimiento

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. La secuencia de aparición de los puntos de osificación es la siguiente:

1. Diáfisis de la falange distal del pulgar (DP1)
2. Diáfisis de la falange proximal del pulgar (PP1).
3. Hueso sesamoideo en la articulación metacarpofalángica del pulgar (S).
4. Diáfisis de la falange distal del dedo índice (DP2).
5. Diáfisis de la segunda falange del dedo índice (MP2).
6. Diáfisis de la falange proximal del dedo índice (PP2).
7. Diáfisis de la falange distal del dedo medio (DP3).
8. Diáfisis de la segunda falange del dedo medio (MP3).
9. Diáfisis de la falange proximal del dedo medio (PP3).
10. Diáfisis de la falange distal del dedo anular (DP4).
11. Diáfisis de la segunda falange del dedo anular (MP4).
12. Diáfisis de la falange proximal del dedo anular (PP4).
13. Diáfisis de la falange distal del dedo meñique (DP5).
14. Diáfisis de la segunda falange del dedo meñique (MP5).
15. Diáfisis de la falange proximal del dedo meñique (PP5).
16. Diáfisis del primer hueso metacarpiano
17. Diáfisis del segundo hueso metacarpiano.
18. Diáfisis del tercer hueso metacarpiano.
19. Diáfisis del cuarto hueso metacarpiano.
20. Diáfisis del quinto hueso metacarpiano.
21. Trapecio.
22. Trapezoide.
23. Hueso grande.
24. Ganchoso.
25. Apófisis uniforme del ganchoso (H).
26. Piramidal.
27. Pisiforme (Pisi).
28. Semilunar.
29. Escafoides.

30. Diáfisis distal del Radio. (R).

31. Diáfisis distal del cúbito.



Según el análisis de la radiografía de mano de Bjork, Grave y Brown (1972), existen los siguientes estadios de maduración:

1.- primer estadio de maduración: la diáfisis de la falange proximal del dedo del dedo índice (PP2), muestra la misma anchura que la epífisis. Este estadio comienza aproximadamente 3 años antes del brote de crecimiento puberal.

2.- segundo estadio de maduración: la diáfisis de la segunda falange del dedo medio (MP3) muestra la misma anchura que la epífisis.

3.- tercer estadio de maduración:

- (Pisi): osificación visible del hueso pisiforme.
- (H 1): Osificación de la apófisis uniforme del ganchoso.
- (R): anchura equivalente de la diáfisis y epífisis del R.

4.- cuarto estadio de maduración:

- (S): inicio de la mineralización del sesamoideo.
- (H 2): osificación avanzada de la apófisis unciforme (gancho) de hueso ganchoso. Este estadio se alcanza poco antes o al inicio del brote de crecimiento puberal.

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.

- (PP1 cap.): en la falange proximal del pulgar.

- (R cap.): en el Radio. Este estadio de osificación coincide con el brote máximo de crecimiento puberal.

6.- sexto estadio de maduración:

- (DP3 u.): Fusión visible de la diáfisis y epífisis de la falange distal del dedo medio. Al alcanzarse este estadio evolutivo, termina el brote de crecimiento puberal.

7.- séptimo estadio de maduración:

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

8.- octavo estadio de maduración:

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

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.

Es de 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.

### ***3.2. La teleradiografía como alternativa***

La tendencia actual en odontología es reducir el número de radiografías a las mínimas necesarias. De ahí el intento de algunos investigadores por desarrollar unos índices de maduración esquelética en base a los perfiles de los cuerpos de las vértebras cervicales y su ritmo de osificación, aprovechando la información que se obtiene de las teleradiografías imprescindibles en el inicio de un diagnóstico o tratamiento odonto-estomatológico. Además, la información podría completarse si a esas imágenes se las puede cuantificar mediante programas de análisis de imagen. Y esta cuantificación debe de entenderse en un doble sentido: valorando la

superficie de los núcleos de osificación y/o de los segmentos de hueso osificados; y determinando la densidad del núcleo de osificación.

Las vértebras cervicales, como cualquier otra parte del organismo, sufren una serie de cambios a medida que el individuo se desarrolla. Knutsson y Cols (1961) describieron el crecimiento que tiene lugar en las vértebras humanas después del nacimiento, tanto en sentido vertical como horizontal. Las vértebras cervicales, en particular, presentan unos patrones de desarrollo y unos núcleos de osificación comparables a los huesos de la muñeca y de la mano, por lo tanto se podrían utilizar de forma fiable para valorar la edad ósea del individuo, estudiando la modificación de las vértebras en cuanto a forma y tamaño. Sin embargo, el ritmo de osificación y la morfología vertebral pueden verse modificados, o al menos influenciados, por diversos factores, especialmente el tamaño-peso de la cabeza y la acción de los músculos que se insertan sobre las vértebras cervicales. Hay zonas de la columna cervical, sin embargo, que están libres de ambas influencia ya que ni cargan ni tienen inserciones musculares. Tal es el caso de la apófisis odontoides del axis. En las otras partes del hueso se insertan, sin embargo, el musculo largo del cuello, el oblicuo posterior mayor y el recto posterior mayor de la cabeza, parte del sistema del músculo transverso espinoso, el interespinoso del cuello, el esplenio, el escaleno posterior y el angular del omoplato. Esta parte de la segunda vértebra cervical tiene la ventaja, además, de que aparece en las radiografías laterales de cráneo, normalmente utilizadas para el diagnóstico en ortodoncia. Ello la convierte en un importante blanco de estudios radiológicos alternativos para evitar tener que realizar radiografías de muñeca. Un intento de cuantificación de la edad ósea a partir del estudio de la osificación de la apófisis odontoides fue realizado como Trabajo de Fin de Master por Lucia Rodríguez Fonseca (2011). Sin embargo, la escasez de la muestra y la falta de comparación con radiografías de mano de los mismos sujetos, no permitió llegar a conclusiones.

El estudio de las vértebras cervicales como método para valorar la maduración ósea en radiografías laterales de cráneo, fue empleado inicialmente en 1972 por Lamparski. En un estudio desarrollado en la Escuela Medicina Dental de la Universidad de Pittsburg, el autor estableció una clasificación basada en los cambios que se dan en las vértebras cervicales con la edad. La muestra empleada



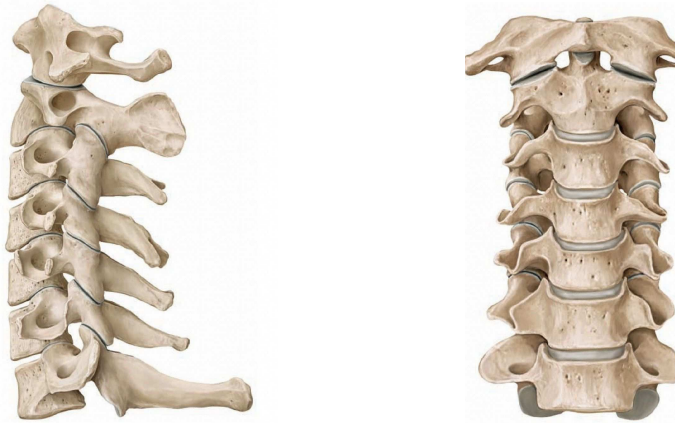
fue seleccionada del departamento de Ortodoncia, donde se examinó aproximadamente 500 archivos de pacientes, para seleccionar la muestra base de un total de 141 pacientes, 72 niñas y 69 niños entre 10-15 años de edad, caucásicos, con una oclusión de Clase I mesomórfico y sin patología previa. Para la determinación de estos períodos se utilizaron radiografías laterales de cráneos de la muestra seleccionada, observando las vértebras cervicales. Por otro lado, realizó radiografías de muñecas asignando la edad ósea a cada paciente mediante el método de Grewlich y Pyle. Entre las conclusiones del trabajo está que la valoración de la edad vertebral en las radiografías es estadísticamente fiable, válida y clínicamente tan útil como la valoración esquelética mediante la radiografía de la muñeca. Otro hallazgo fue que los indicadores de maduración vertebral de niños y niñas son los mismos, la diferencia es que en las niñas cada estado de desarrollo se observa más temprano. Por tanto, de este estudio puede concluirse que existe una gran correlación entre los cambios en la longitud de los huesos de la mano y la osificación del sesamoideo, con los cambios de las vértebras cervicales.

### 3.2.1. Anatomía y osificación de la segunda vértebra cervical

Aunque estudiar en detalle la anatomía del raquis cervical se escapa del propósito de este trabajo es necesario recordar una serie de aspectos sobre las vértebras cervicales y su osificación.

Las vértebras cervicales presentan una anatomía similar entre sí, excepto la primera y la segunda, también denominadas, atlas y axis (Figura 2). Es importante destacar que las vértebras cervicales se disponen, en conjunto, formando una curva de convexidad posterior, denominada lordosis cervical, que aparece cuando el niño empieza a levantar la cabeza.

Lo que esencialmente caracteriza al axis es la presencia, en la cara superior de su cuerpo, de una eminencia vertical, la apófisis odontoides o diente del axis. En esta apófisis se diferencian de abajo a arriba, la base, el cuello, el cuerpo y el vértice. En sus caras anterior y posterior presenta dos carillas articulares: la anterior, para el arco anterior del atlas, la posterior, para el ligamento transversal. La apófisis espinosa es muy ancha; las apofisis transversas son cortas y su vértice no está bifurcado (Figura 3).



**Figura 2.-** Visiones lateral y anterior del raquis cervical. Shunke, Shufle, Schumacher, Voll, Wesker. PROMETEUS. Texto y Atlas de Anatomía. Vol. 2. Edit. Panamerica, Madrid, 2007.

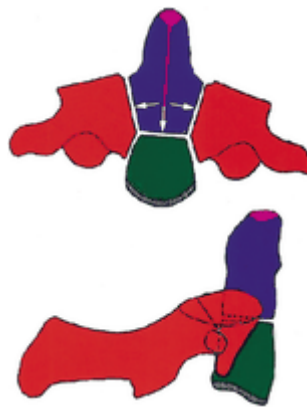


**Figura 3.-** Visiones superior (izquierda), lateral (centro) y anterior (derecha) del axis. Shunke, Shufle, Schumacher, Voll, Wesker. PROMETEUS. Texto y Atlas de Anatomía. Vol. 2. Edit. Panamerica, Madrid, 2007.

El desarrollo de la segunda vértebra cervical es complejo. La apófisis odontoides presenta dos centros de osificación primarios que normalmente se fusionan dentro de los tres primeros meses después del nacimiento. Ambos se encuentran separados del centro de osificación primario de la columna vertebral por una región cartilaginosa llamada sincondrosis dento-central. Se trata de una fisis de crecimiento lento y bipolar, que se cierran progresivamente para completar la osificación de la vertebra entre los 10 y los 13 años (Ogden, 1984). Ante la confusión de los datos existentes hemos tomado como referencia para nuestro estudio el trabajo de Lustrin y Cols. (2003).

La evaluación del raquis cervical durante el periodo pediátrico es muy difícil por la complicada anatomía radiológica que presentan los niños. Las variantes epifisarias, la arquitectura vertebral única, la osificación incompleta de de sincondrosis y

apófisis hacen que incluso radiólogos avezados duden al interpretar una placa de raquis cervical. Respecto al axis, que es la vértebra propuesta por nosotros como posible alternativa a la placa de muñeca para determinar la edad ósea de un sujeto, Lustrin y Cols. (2003) afirman que es la que tiene el desarrollo más complejo de todas las vértebras. En el momento del nacimiento presenta cuatro centros de osificación: uno por cada arco neural, uno para el cuerpo y uno para la apófisis odontoides.



**Figura 4.-** Patrón de osificación de la segunda vértebra cervical. Tomado de Lustrin et al. (2005)

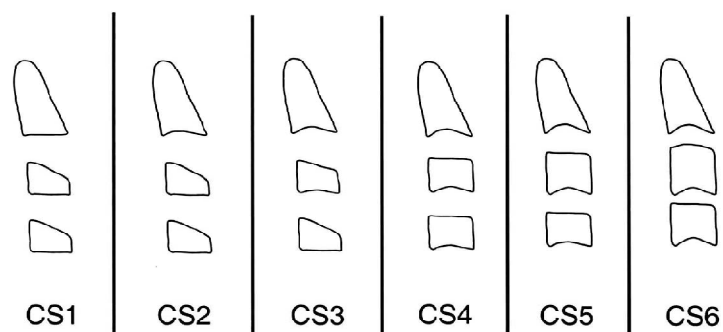
A su vez, la apófisis odontoides se forma in utero a partir de dos puntos de osificación separados que se unen en la línea media en el 7º mes fetal. Un punto de osificación secundario aparece en el ápex de la apófisis (os terminale) entre los 3 y 6 años de edad y se fusiona con el resto hacia los 12 años. Por otro lado, el cuerpo de la vértebra se fusiona con la odontoides entre los 3 y los 6 años, pero la línea de fusión (sincondrosis subdental) se puede observar hasta los 11 años. Los arcos neurales se fusionan al cuerpo a los 2-3 años de edad, y con el cuerpo de la apófisis odontoides entre los 3 y 6 años.

### 3.2.2. Cuantificación de la edad ósea por la maduración cervicovertebral (MCV)

Una de las principales características del método MCV es que vértebras cervicales estudiadas son posibles de analizar en radiografías laterales de cráneo, utilizadas normalmente en la planificación de tratamientos de ortodoncia y que el intervalo de crecimiento en CVM coincide con el pico puberal tanto en crecimiento mandibular como estatura (Baccetti y Cols., 2000, 2002, 203, 205). El método incluye en su análisis las vértebras C2-C3-C4.

El método de determinación del grado de maduración esquelética por medio de las radiografías cervicales esquelética fue propuesto inicialmente por Lamparski y luego modificado por Hassel y Farman (1995). El método establece 6 etapas en función de la morfología vertebral:

- a) etapa 1 (iniciación): las vertebrae tienen forma de cuña, los bordes inferiores de todos los cuerpos vertebrales cervicales son planos;
- b) etapa 2 (aceleración): los bordes cervicales de C2 y C3 presentan concavidades inferiores, y los cuerpos cervicales de C3 y C4 son rectangulares, el borde inferior de C4 es plano, la altura anterior de los cuerpos cervicales aumenta.
- c) etapa 3 (transición): aumentan las concavidades en C2 y C3, aparece la concavidad en el borde inferior de C4, y los cuerpos vertebrales de C3 y C4 son rectangulares.
- d) etapa 4 (desaceleración): los bordes inferiores de C2, C3 y C4 son cóncavos y con los cuerpos vertebrales de C3 y C4 casi cuadrados. Los cuerpos de todas las vertebrae cervicales son rectangulares.

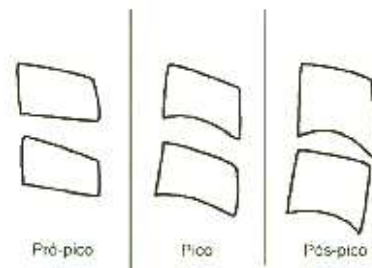


**Figura 5.-** Etapas de osificación del raquis cervical según Hasel y Faman. Tomado de Bacheti et al. (2005)

e) etapa 5 (maduración): concavidades acentuadas en los bordes inferiores de C2, C3 y C4, y los cuerpos vertebrales de C3 y C4 son prácticamente cuadrados, las concavidades se observan bien definidas en todos los bordes inferiores de las vertebrae cervicales.

f) etapa 6 (finalización): concavidades profundas en los bordes inferiores de C2, C3 y C4, los cuerpos vertebrales presentan una dimensión más vertical que horizontal.

Por otro lado, Zaror y Paniagua (2008) establecen un método más simple y valoran exclusivamente las vértebras C3-C4, con tres etapas:



**Figura 6.-** Periodos de osificación de las vértebras cervicales C3 y C4. Tomado de Zaror y Paniagua (2008)

- a) prepico: formato rectangular horizontal con borde inferior recto.
- b) pico: formato rectangular horizontal con borde inferior curvo, especialmente encontrado en C4.
- c) post-pico: formato rectangular vertical o cuadrado con borde inferior curvo.

### **3. OBJETIVOS**

El presente trabajo tiene como objetivo valorar si el nivel de osificación de la apófisis odontoides del atlas permite determinar la edad ósea del paciente, y los resultados de este método son comparables con otros utilizados normalmente.

El estudio está encaminado a eliminar en lo posible la realización de radiografías que tienen como consecuencia la radiación del paciente y un coste añadido a las actuaciones diagnósticas.

### **4. MATERIAL Y METODOS**

Para este estudio se utilizaron nueve teleradiografías de pacientes del Instituto Asturiano de Odontología. La muestra utilizada corresponde a 5 niñas y 4 niños del con edades cronológicas comprendidas entre 10 y 16 años.

El grado de osificación de la apófisis odontoides se determinó utilizando los criterios del método de maduración cervicovertebral propuestos por Baccetti y Cols. (2005).

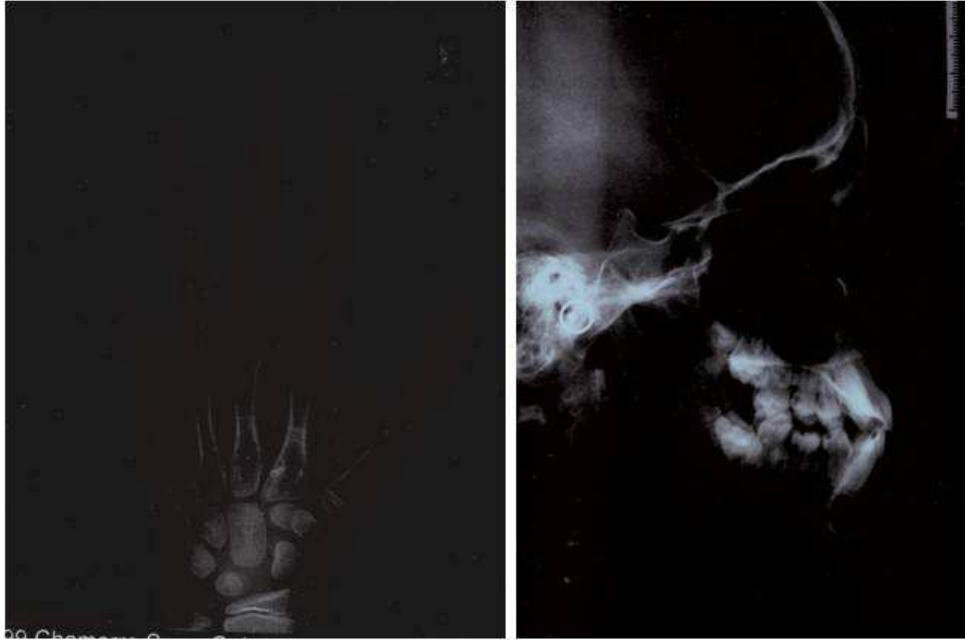
Además, a los pacientes se les hizo el mismo día un radiografía del carpo de la mano izquierda para determinar la edad ósea siguiendo los valores del atlas de Greulich y Pyle.

En cada uno de los sujetos se compararon los hallazgos con ambos métodos.

## **5. RESULTADOS**

El hallazgo más sorprendente del estudio fue, sin duda, que las telerradiografías estándar que se realizan previamente a cualquier tratamiento odonto-estomatológico no tienen la calidad de imagen adecuada para la realización del trabajo que nos habíamos propuesto. En la pequeña muestra que se ha analizado, 5 de las 9 telerradiografías no permitieron delimitar claramente la apófisis odontoides, ni siquiera el raquis cervical. En las imágenes comentadas incluidas en este apartado puede observarse como las formaciones esqueléticas cervicales raramente son bien perceptibles y consecuentemente resulta imposible su valoración con fines diagnósticos. La escasa calidad de las imágenes del raquis cervical no tiene ninguna relación con el sexo o la edad de los sujetos.

Parece evidente, pues, que si se pretende utilizar la telerradiografía en posteriores estudios que traten de mejorar y completar el presente trabajo, deben de mejorarse sustancialmente los aspectos técnicos de realización de la placas.



**Identificación:** GCS - Hombre

**Edad cronológica:** 10 años

**Análisis del carpo:** complicado, yo mismo discrepo de los resultados obtenidos basándome en el pequeño tamaño de los huesos del carpo y por consiguiente de su escaso desarrollo. Estadio 2-3; **aparente** osificación de ganchoso y pisiforme iniciada pero anchura de epífisis y diáfisis del radio son diferentes.

**Análisis cervical:** imposible valoración



**Identificación:** PCG - Hombre

**Edad cronológica:** 11 años

**Análisis del carpo:** estadio 1 ó 2. No existe osificación de la apófisis unciforme del ganchoso y del pisiforme. No se observan las falanges del dedo medio por lo que no puedo concretar entre estadio 1 ó 2.

**Análisis cervical:** imposible valoración





**Identificación:** AAP - Mujer

**Edad cronológica:** 11 años

**Análisis del carpo:** el paciente cumple todos los requisitos hasta el estadio 4, en el cual aunque no se puede ver el inicio de la formación del sesamoideo, si se aprecia la avanzada osificación de la apófisis unciforme del ganchoso

**Análisis cervical:** imposible valoración por imagen defectuosa



**Identificación:** PFF - Hombre

**Edad cronológica:** 12 años

**Análisis del carpo:** estadio 3. Inicio en la osificación de la apófisis unciforme del ganchoso y del pisiforme. Casi mismo tamaño de la epífisis y la diáfisis del radio. Huesos sesamoideos no presentes.

**Análisis cervical:** Etapa 1 ó 2 ya que los cuerpos aún no son triangulares.

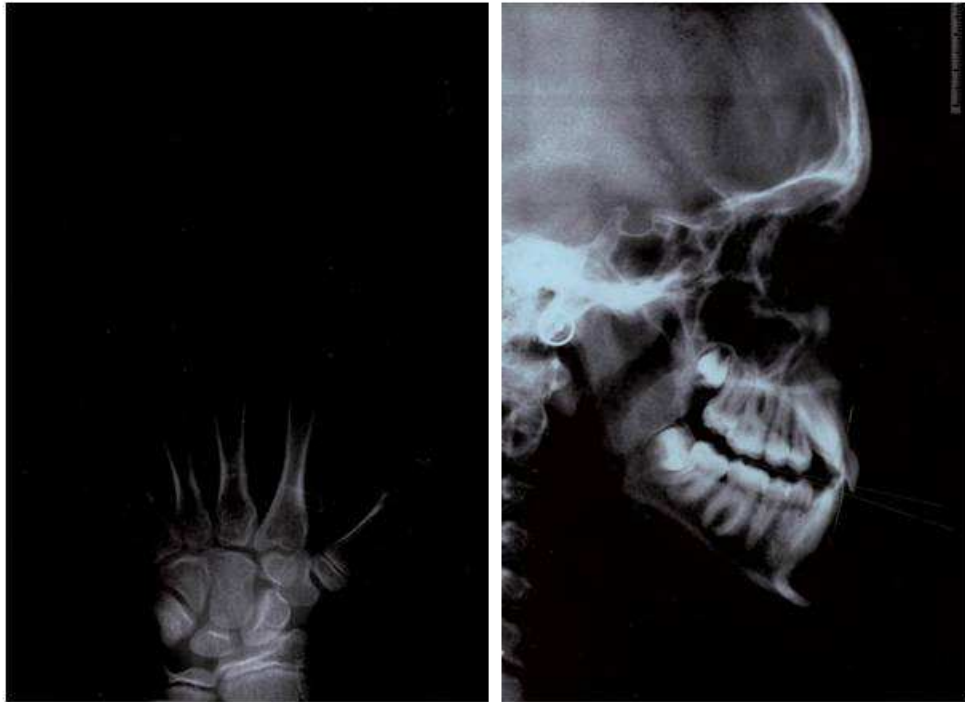


**Indetificación:** LAC - Mujer

**Edad cronológica:** 12 años

**Análisis del carpo:** estadios entre 6 y 9. Si la fusión de epífisis y diáfisis del radio está consolidada estadio 9. Desde mi punto de vista no lo está completamente por lo que por defectos de imagen no puedo dar una aproximación más exacta del estadio en el que se encuentra.

**Análisis cervical:** estadio 6 dado el tamaño de la pared anterior de las vértebras.



**Identificación:** CBE - Hombre

**Edad cronológica:** 13 años

**Análisis del carpo:** estadio 3. Se aprecia ligerísima osificación de la apófisis unciforme del gancho, y una osificación más marcada del pisiforme. Además epífisis y diáfisis del radio tienen la misma anchura

**Análisis cervical:** imposible valoración

En los cuatro sujetos en que si se pudo valorar el raquis cervical, resultó extremadamente difícil poder contornear la apófisis odontoides del axis y ver el grado de osificación en el que se encuentra.

En los 4 sujetos en los que ha sido posible la valoración los resultados son extremadamente variables, lo cual suele suceder casi siempre en las muestras pequeñas. Por ejemplo, en los dos sujetos de 12 años analizados, en el hombre el análisis de carpo corresponde a un estadio 3 y la valoración cervical a una etapa 1-2, mientras que en la mujer el carpo puede valorarse entre los estadios 6 y 9, y el raquis cervical en la etapa 6.

Lo mismo sucede en las dos mujeres de 3 años en las que ha sido posible realizar la valoración. En una de ellas el carpo se encuentra entre los estadios 6 y 9 y el raquis cervical en etapa 4-6; en la otra el estadio carpal corresponde a 4 y la estimación de la etapa cervical a 2.



**Identificación:** LGD - Mujer

**Edad cronológica:** 13 años

**Análisis del carpo:** Dada la osificación de la falange proximal del 1er dedo afirmamos que la paciente ya ha pasado el brote de crecimiento. Por defectos en la imagen no es valorable si se encuentra en el estadio 6, 7, 8 ó 9.

**Análisis cervical:** A priori se encuentra en los estadios 4, 5 ó 6 ya que las partes anteriores de las vértebras son rectas.



**Identificación:** JRR - Mujer

**Edad cronológica:** 13 años

**Análisis del carpo:** estadio 4. Aunque no se aprecia la aparición de los sesamoideos por motivos de la imagen, si se puede apreciar la perfecta osificación del ganchoso, y la no fusión de la falange proximal del pulgar.

**Análisis cervical:** Etapa 2. Cuerpos prácticamente rectangulares.



**Identificación:** AMR - Mujer

**Edad cronológica:** 16 años

**Análisis del carpo:** Paciente con crecimiento óseo finalizado; estadio 9: unión completa de la epífisis y la diáfisis del radio.

**Análisis cervical:** imposible valoración

## 6. DISCUSION

Cuando se realiza un trabajo de investigación y los resultados no son para nada acordes con lo que el investigador estaba esperando casi siempre cunde el pánico y la desesperación por lo que suele catalogarse como un trabajo mal hecho. Sin embargo, los resultados negativos de una investigación, la imposibilidad de obtener “algo” del esfuerzo realizado debe de interpretarse de forma positiva porque de los errores también se aprende.

De este trabajo se desprenden varias consideraciones generales. La primera es que no siempre resulta adecuado utilizar para investigación materia que no haya sido generado para ese fin. En nuestro caso las radiografías estudiadas sirvieron para la realización de un diagnóstico dental, pero se han demostrado inútiles para valorar el raquis cervical.

La segunda, y consecuencia de la anterior, que cuando se trate de realizar investigación sobre material utilizado también en clínica, los técnicos deben de poner el máximo esfuerzo para que el material se encuentre en condiciones idóneas para ambos requisitos. Seguramente es posible obtener excelentes imágenes de la columna vertebral cervical a la vez que se pueden valorar los dientes.

Y tercero, en el tipo de estudios del tipo del que se ha planteado en este trabajo es necesario realizar series muy amplias de pacientes para poder llegar a alguna conclusión extrapolable a la población general y que pueda ser aplicable con fines prácticos.

Un trabajo previo de fin de máster (Rodríguez Fonseca, 2011) y el actual han abordado en nuestro entorno el estudio de la utilización de la apófisis odontoides como modelo para determinar la edad ósea de sujetos a los que se les realiza una telerradiografía. En ambos casos se ha encontrado la dificultad de obtener un material adecuado, y en los dos casos la muestra ha sido muy escasa. A pesar de ello el tema sigue teniendo vigencia, es importante de cara a evitar radiaciones innecesarias y abordado de la forma adecuada puede proporcionar resultados interesantes. De todas formas, otros autores (Gabriel y Cols., 2010) ya han observado la escasa reproducibilidad de este método.

Aunque existen varias alternativas para utilizar el raquis cervical en la determinación de la edad ósea, los parámetros que consideran (concurvidades en los perfiles del cuerpo, forma de los cuerpos de las vértebras) son poco precisos y están sometidos a numerosos factores que no tienen nada que ver con la edad. Por ejemplo, el peso de la cabeza del sujeto y sobre todo el grado de desarrollo de la musculatura cervical con inserciones vertebrales. Es bien conocido que los factores mecanobiológicos influyen la osificación y regulan los cambios en la geometría y densidad de los huesos durante la ontogenia (ver Carter et al., 1996).

A apófisis odontoides, sin embargo, no está sometido a esos factores ya que no tiene carga y en ella no se inserta ningún músculo. Por otro lado, aunque existen algunas discrepancias, se conoce con bastante exactitud su osificación y ésta cubre periodos de tiempo relativamente largos (ver Lustrin y Cols., 2003).

La edad ósea de un sujeto, así como el maduración esquelética individual, pueden evaluarse utilizando marcadores biológicos tales como la altura corporal, desarrollo y erupción dentaria, menarquia y cambios en la voz y, también, la maduración de las vértebras cervicales (Baccetti y Cols., 2005). No cabe duda de que actualmente el método más utilizado, y el mejor conocido por los odontoestomatólogos, es el de la evaluación de la edad esquelética es el análisis de la radiografía mano-muñeca, pero ello implica una radiación añadida a la necesaria para la realización de las radiografías necesarias de los pacientes odontoestomatológicos. El estudio de Flores-Mir y Cols. (2008) es un buen ejemplo a seguir, pero centrado en la apófisis odontoides.

Consideramos que si se salvan los obstáculos tanto técnicos como de tamaño de muestra que se han comentado en los párrafos precedentes, el método que proponemos puede aportar resultados de utilidad.

## **7. CONCLUSIONES**

- 1.- La mayoría de las telerradiografías estándar con fines diagnósticos odontostomatológicos no permiten la valoración del raquis cervical a efectos de determinar la edad ósea de los pacientes por el método de maduración cervico-vertebral.
- 2.- Por las características anatómicas y de osificación que tiene, la apófisis odontoides puede presentar notables ventajas sobre el conjunto del raquis cervical a la hora de hacer valoraciones de la edad ósea.
- 2.- Para los objetivos que se propone el presente estudio son necesaria series muy amplias de sujetos, de ambos sexos y que cubran amplios rangos de edad.



## **8. BIBLIOGRAFÍA**

- Baccetti T, Franchi L, Toth LR, McNamara JA. Jr. 2000. Treatment timing for Twin-block therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 118:159-170.
- Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr. 2002. An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assesment of the mandibular growth. *Angle Orthod.* 72: 316-323.
- Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr. 2003. The cervical vertebrae maturation method: some need for clarification. *Am J Orthod and Dentofacial Orthop.* 123: 19A-20A.
- Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. Jr. 2005. The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assesment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. *Semin Orthod.* 11: 119-128.
- Carter DR, Van Der Meulen MC, Beaupré GS. 1996. Mechanical factors in bone growth and development. *Bone.* 18(1 Suppl): 5S-10S.
- Flores-Mir C, Burgess CA, Champney M, Jensen RJ, Pitcher M, Major PW. 2006. Correlation of skeletal maturation stages determined by cervical vertebrae and hand-wrist evaluations. *Angle Orthod.* 76: 1-5.
- Gabriel DB, Southard KA, Qian F, Marshall SD, Franciscus RG, Southard TE. 2010. Cervical vertebrae maturation method: Poor reproductibility. *Am J Orthod and Dentofacial Orthop* 137 (4): 446-447.
- Gandini P, Mancini M, Andreani. F. 2006. A comparison of hand-wrist bone and cervical vertebral analyses in measuring skeletal maturation. *Angle Orthod.* 76: 984-989.
- Hassel B, Farman AG. 1995. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 107: 58-66.
- Lustrin ES, Karakas SP, Ortiz AO, Cinnamon J, Castillo M, Vaheesan K, Brown JH, Diamond AS, Black K, Singh S. 2003. Pediatric Cervical Spine: Normal Anatomy, Variants, and Trauma. *RadioGraphics.* 23: 539-560.

Ogden JA. 1984. Radiology of postnatal skeletal development. XII. The second cervical vertebra. Skeletal Radiol. 12: 169-177.

Tanner JM, Gibbons RD. 1994. J Pediatr Endocrinol 7: 141-145

Tanner JM, Landt KW, Cameron N, Carter BS, Patel J. 1983. Prediction of adult height from height and bone age in childhood. A new system of equations (TW Mark II) based on a sample including very tall and very short children. Arch Dis Child 58: 767-776.

Zaror QR, Paniagua BH. 2008. AROR, Skeletal maturation determination by cervical vertebral assessment method and its relationship with dentoskeletal Class II treatment opportunity. Int J Odontostomat. 2: 27-31.

## WEBGRAFÍA

[www.slideshare.net/guestbdd5cf/columna-vertebral-3251301](http://www.slideshare.net/guestbdd5cf/columna-vertebral-3251301)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Ossification\\_of\\_axis](http://en.wikipedia.org/wiki/Ossification_of_axis)

[http://issuu.com/anmagach/docs/edad\\_sea\\_atlas\\_greulich\\_y\\_pyle\\_download](http://issuu.com/anmagach/docs/edad_sea_atlas_greulich_y_pyle_download)

<http://www.cienciared.com.ar/ra/revista.php?wid=5&articulo=236&tipo=A&eid=1&sid=Reseñas&NombreSeccion=Articulos&Accion=Completo>

[http://bvs.sld.cu/revistas/est/vol\\_47\\_03\\_10/est06310.pdf](http://bvs.sld.cu/revistas/est/vol_47_03_10/est06310.pdf)

[http://bvs.sld.cu/revistas/ord/vol13\\_2\\_98/ord09298.pdf](http://bvs.sld.cu/revistas/ord/vol13_2_98/ord09298.pdf)