



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

DETERMINACIÓN DE LA EDAD ÓSEA MEDIANTE LA
EVALUACIÓN DE LA MADURACIÓN DE LAS
VÉRTEBRAS CERVICALES.

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:

ELIUD TOLENTINO SANCHEZ

TUTORA: Esp. FABIOLA TRUJILLO ESTEVES

MÉXICO, Cd. Mx.

2022



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.

DEDICATORIA

“Sabiduría, ante todo; adquiere sabiduría; Y sobre todas tus posesiones adquiere inteligencia “

Proverbios 4:7

Gracias a mi Dios por estar siempre conmigo, porque tus bendiciones son nuevas cada día, por cuidar mi camino en todos mis años de estudio, por bendecirme con sabiduría, salud, paciencia y sustento, gracias nada de esto sería posible sin ti mi Dios.

Agradezco a mi madre Edith por su apoyo, enseñanzas, por escucharme y consolarme, por su confianza en mí y su amor incondicional, sé que siempre puedo contar contigo. A mi padre Alejandro por su apoyo, por enseñarme a nunca conformarme y a trabajar duro para lograr mis metas.

A mi tía Tita por todo su apoyo desde que era niña, por tus enseñanzas y por inculcarme a siempre buscar más conocimientos. A mi tía Chapis y mi tío Rito por brindarme su apoyo y consejos, por escucharme y brindarme una segunda casa, sé que siempre puedo contar con ustedes.

A mi tía Are por sus consejos, platicas y por ser una de mis primeras pacientes. A mi tía Tere por sus atenciones, su apoyo y sus congratulaciones. A mi prima Vianey por darme ánimos y ser una de mis primeras pacientes.

A la doctora Fabiola Trujillo Esteves, gracias por ser mi tutora, por brindarme su tiempo y sus conocimientos en el área de Ortodoncia.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	6
OBJETIVOS.....	8
CAPÍTULO I. CRECIMIENTO Y DESARROLLO CRANEOFACIAL.....	9
1.1 Conceptos.....	9
1.2 Factores reguladores	11
1.3 Etapas.....	12
1.4 Consideraciones para su estudio.....	13
1.5 Importancia de la adolescencia	16
1.6 Edad cronológica y biológica	19
1.7 Maduración ósea	21
1.8 Crecimiento craneofacial.....	26
CAPÍTULO II: DETERMINACIÓN DE LA EDAD BIOLÓGICA EN ORTODONCIA	30
2.1 Antecedentes de la valoración de la edad esquelética	30
2.2 Métodos de evaluación del crecimiento mandibular y maxilar	32
CAPÍTULO III: REGIÓN CERVICAL	37
3.1 Anatomía.....	37
3.2 Maduración de las vértebras cervicales.....	41
CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN DE LA MADURACIÓN DE LAS VERTEBRAS CERVICALES.....	42
4.1 Método de Lamparski.....	42
4.2 Método de Hassel y Farman	46
4.3 Estudio de Franchi y col.....	51

4.4 Método de Baccetti y col	53
4.5 Validación del método de maduración ósea de las vértebras cervicales	73
CONCLUSIONES	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

INTRODUCCIÓN

Desde la vida intrauterina hasta la vejez ocurren cambios biológicos y funcionales, resultado de los procesos de crecimiento y desarrollo. Sin embargo, el ritmo de maduración de cada individuo es diferente (en tiempo e intensidad) debido principalmente a factores genéticos y ambientales, lo que provoca que la edad cronológica no coincida regularmente con la maduración biológica. Para el diagnóstico y plan de tratamiento en ortodoncia es necesario la determinación de la edad biológica o fisiológica de cada individuo, existen diferentes métodos y estudios para su estimación, los cuales son: edad ósea, dental, morfológica, características sexuales y somáticas (estatura y peso). La maduración ósea es el método más aceptado y con mejores resultados para determinar la edad biológica.

Para el estudio del crecimiento de cualquier parte del organismo, es necesario comprender, las zonas o lugares de crecimiento, Los huesos presentan centros de osificación; el primero es la diáfisis (en el centro) y el segundo es la epífisis (cada extremo). Cuando el cartílago se convierte en hueso, se le denomina osificación endocondral, la formación de hueso a partir de la secreción de matriz ósea sin presencia de un cartílago se le denomina osificación intramembranosa.

El análisis radiográfico de la mano y muñeca es el método más utilizado para determinar la maduración ósea, pero existe otro método, que utiliza las vértebras cervicales, su primer antecedente fue el estudio de Lamparski (1972), donde estableció ciertas características para mujeres y varones para relacionar la edad cronológica y los cambios de forma en el cuerpo de las vértebras (C2-C6). Posteriormente Hassel y Farman (1995) desarrollaron seis estadios de maduración esquelética basándose en las vértebras C2, C3 y C4. Actualmente el método más aceptado es el de Baccetti y

colaboradores (2005), que consiste en la evaluación de las vértebras cervicales para la determinación del pico de crecimiento mandibular. Este trabajo busca una mayor exposición del método de maduración ósea de las vértebras cervicales (CVM), demostrar su eficacia, con el fin de que el clínico pueda tener más auxiliares de diagnóstico para determinar la edad ósea individual.

OBJETIVOS

Revisar el método de maduración de las vértebras cervicales (CVM) para identificar las características morfológicas de las estructuras vertebrales asociadas a las diferentes etapas de crecimiento de cada individuo

Verificar la validez y la exactitud del método de maduración de las vértebras cervicales (CVM) para la determinación de la edad ósea.

Capítulo I. Crecimiento y desarrollo craneofacial.

1.1 Conceptos.

El crecimiento facial es un factor clave para el manejo de las maloclusiones y deformidades dentofaciales. Su evaluación es fundamental para determinar el momento y tipo de tratamiento.¹

Proffit² menciona en lenguaje coloquial: el crecimiento suele referirse a un aumento de tamaño o número, en ocasiones el aumento será de complejidad. En términos generales, el desarrollo implica un grado de organización cada vez mayor. El crecimiento es fundamentalmente un fenómeno anatómico, mientras que el desarrollo es un fenómeno fisiológico y conductual.

Moyers³ definió el crecimiento como los cambios normales en cantidad de sustancia viviente. El crecimiento es el aspecto cuantitativo del desarrollo biológico y se mide en unidades de aumento por unidades de tiempo (pulgadas por año o gramos por día). Puede ser el resultado directo de la división celular o el producto indirecto de la actividad biológica (huesos y dientes). El crecimiento enfatiza los cambios dimensionales normales durante el desarrollo, puede resultar en aumentos o disminuciones de tamaño, cambio de forma o proporción, complejidad, textura, etc.

Moyers³ definió el desarrollo como a todos los cambios que ocurren naturalmente en forma unidireccional en la vida de un individuo desde su existencia como células germinales hasta su elaboración como unidad multifuncional que termina en la muerte. Los términos de desarrollo y crecimiento no son sinónimos. Por lo tanto:

Desarrollo = crecimiento + diferencia + traslocación.

La diferenciación es el cambio desde células o tejidos generalizados a tipos más especializados durante el desarrollo. Mientras que la translocación es el cambio en la posición. Por ejemplo; la mayor parte del crecimiento está ocurriendo en el cóndilo y la rama mientras toda la mandíbula es translocada ventralmente.³

El término de maduración es a veces utilizado para expresar los cambios cualitativos que ocurren con la edad, por ejemplo; la pubertad es un período de rápida maduración al igual que un crecimiento físico acelerado.³

Para Vellini², el crecimiento representa un aumento permanente e irreversible del volumen, aunque limitado en el tiempo, espacio, duración y magnitud, el desarrollo es esencialmente un proceso hacia la madurez. Tenemos un ejemplo claro de estos dos fenómenos en el crecimiento del cerebro que se completa tempranamente en la vida posnatal; en cambio, el desarrollo de sus funciones psíquicas sólo se completará mucho tiempo después, esto nos demuestra que crecimiento y desarrollo son acontecimientos prácticamente inseparables.

La velocidad de crecimiento se modifica con la edad. A pesar de que el crecimiento es un proceso ordenado, hay momentos en que se intensifica y otros en que mantiene una relativa estabilidad.²

1.2 Factores reguladores.

Si las células pudiesen vivir sin soportar las influencias ambientales su capacidad de multiplicación sería inagotable y el crecimiento infinito.²

Ustrell y Duran³ mencionan la siguiente clasificación:

- Factores genéticos intrínsecos (FGI): heredados. Carga genética propia de los tejidos del cráneo.
- Factores epigenéticos locales (FEL): factores determinados genéticamente pero que ejercen su acción sobre el crecimiento de una estructura de un modo indirecto ya que se origina en estructuras adyacentes (cerebro, ojos, lengua...).
- Factores epigenéticos generales (FEG): factores determinados genéticamente pero que tienen una acción indirecta y más general sobre el crecimiento. Se originan en estructuras distantes del lugar en el que ejercen su acción y son en su mayor parte de carácter hormonal.
- Factores ambientales locales (FAL): influencias generales, no genéticas, que se originan en el ambiente externo vecino (fuerzas musculares, funciones: de respiración, deglución...).
- Factores ambientales generales (FAG): influencias generales, no genéticas, que se originan en el ambiente externo (alimentación, patologías generales...).

1.3 Etapas.

Usrell y Duran³ mencionan la siguiente clasificación:

- Crecimiento prenatal
 - Blastogénesis: (desde la concepción hasta el día 14)
 - Embriogénesis (hasta el final de la 8ta semana)
 - Etapas fetal: hasta el momento del parto.

- Crecimiento postnatal
- Infancia
 - 1^{era} etapa: desde recién nacido hasta los 3 años; durante la primera parte de la infancia va disminuyendo gradualmente el ritmo de crecimiento corporal general, en comparación con el ritmo tan rápido de la lactancia.⁴
 - 2^{da} etapa: hasta los 6 años
 - 3^{era} etapa: hasta los 11 años (niñas) y 13 años (niños)

- Adolescencia:
 - Etapa prepuberal: de 11 a 13 años (niñas), de 13 a 15 años (niños).
 - Etapa puberal: de 13 a 15 años (niñas), de 15 a 17 años (niños).
 - Etapa postpuberal: de 15 a 18 años (niñas), de 17 a 20 años (niños).

- Juventud: de los 18-20 años hasta los 25 años.
- Edad adulta: de los 25 a los 60 años.
- Senilidad: a partir de los 60 años.

1.4 Consideraciones para su estudio.

El crecimiento físico está en estrecha relación con la altura, peso, velocidad de crecimiento, pubertad.²

Es importante explicar algunas nociones epidemiológicas para entender el estudio del crecimiento físico, Ustrell y Duran³ mencionan lo siguiente:

- Curva de crecimiento total: relación de la talla con la edad.
- Tasa de crecimiento o curva de incremento del crecimiento: relación entre la cantidad de crecimiento y un espacio de tiempo determinado (equivaldría a la “velocidad” de crecimiento durante una etapa). Esta medida nos indica los períodos de mayor crecimiento general del individuo (primera etapa de la infancia y época prepuberal). También nos permite diferenciar entre individuos con crecimiento precoz y crecimiento tardío.

Hay que tener en cuenta que no todos los tejidos del organismo crecen por igual ni al mismo tiempo³:

- El tejido neural tiene su crecimiento máximo en el período fetal.
- El tejido gonadal (genital) tiene el máximo crecimiento en la pubertad.
- El tejido linfático tiene su crecimiento máximo en las primeras etapas de la infancia e involuciona a partir de la pubertad.
- El esquelético (equivalente al crecimiento general) tiene dos picos de crecimiento: en la época perinatal (inmediatamente antes y después del nacimiento) y en la época prepuberal.

En las figuras 1 y 2 se pueden observar dos gráficas que representan las velocidades de crecimiento para las mujeres y los hombres.²

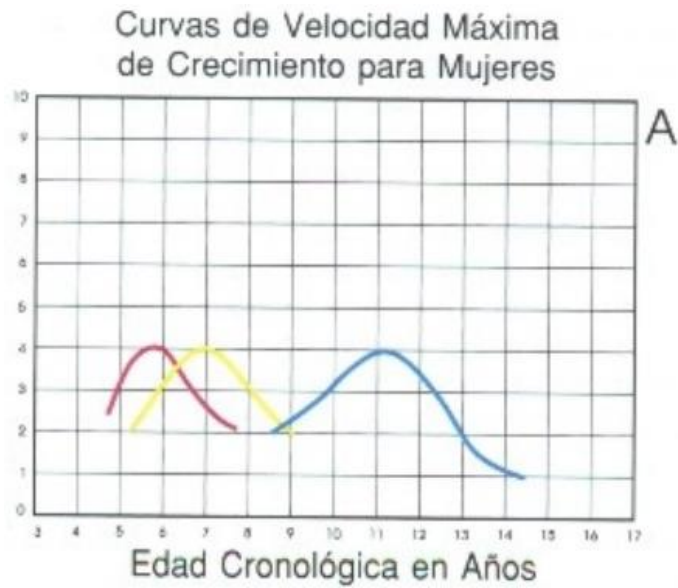


Fig. 1. Se muestran los tres periodos de aceleración del crecimiento: a los 3 años (primer periodo), a los 6 y 8 años (segundo periodo), desde los 11 a los 12 años (tercer periodo).

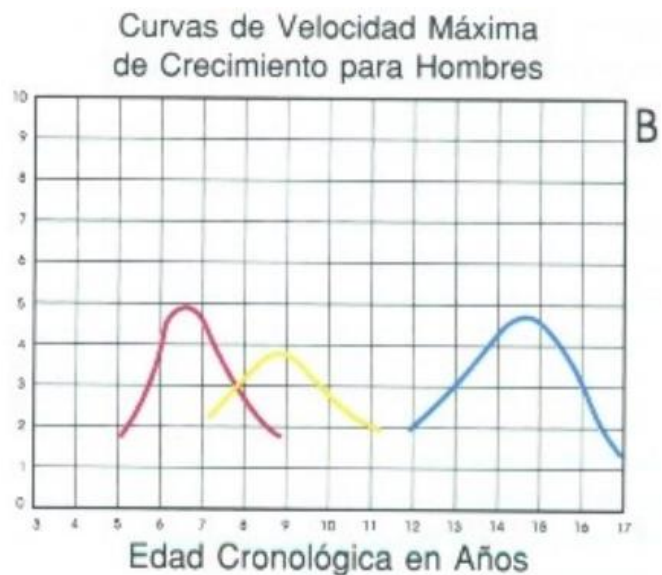


Fig. 2. Se muestran los tres períodos de aceleración del crecimiento: a los 3 años (primer periodo), a los 7 y 9 años (segundo periodo) y desde los 14 a los 15 años (tercer periodo).

Pico intermedio del crecimiento esquelético: es un tercer pico de crecimiento entre los dos ya mencionados, poco constante y de expresión variable. Aparece entre 6 y 8 años en las niñas y entre 7 y 9 años en los niños. Es de interés porque acostumbra a coincidir con la época de dentición mixta sin recambio dentario y puede usarse para la detección precoz de las maloclusiones ortopédicas (cuando aún podremos recurrir a la aparatología removible o funcional).³

El pico prepuberal, por el contrario, suele señalar la limitación a tratamientos de ortodoncia fija, ya que corresponde cronológicamente al final del recambio dentario (dentición permanente).³

1.5 Importancia de la adolescencia.

La adolescencia puede definirse como el período de transición entre la etapa infantil y la edad adulta, durante la cual aparecen los caracteres sexuales secundarios, podemos considerar que los cambios en las curvas de crecimiento de los maxilares, el cuerpo en general, los tejidos linfoides y genitales se deben a los cambios hormonales que acompañan a la maduración sexual.⁴

Este período es especialmente importante en lo referente al tratamiento odontológico y ortodóncico, los hechos más destacados en el desarrollo dentofacial ocurren durante la adolescencia; el paso de la dentición mixta a la permanente, la aceleración del ritmo general de crecimiento facial y el crecimiento diferenciado de los maxilares.⁴

Existen grandes variaciones entre unos individuos y otros, la pubertad y el estirón de la adolescencia se producen, por término medio, casi 2 años antes en las mujeres que en los hombres. Se debe tener en cuenta que la edad cronológica guarda escasa relación con el grado de desarrollo individual.⁴

La adolescencia femenina se puede dividir en tres fases (en función del grado de desarrollo sexual): la primera fase, que coincide aproximadamente con el comienzo del estirón físico; implica la aparición de los brotes mamarios y el comienzo del desarrollo del vello púbico, la mayor velocidad de crecimiento físico se alcanza aproximadamente 1 año después de iniciarse esta primera fase. La tercera fase en las chicas se produce 1-1,5 años después de la segunda y viene marcada por el comienzo de la menstruación. En esos momentos, casi ha finalizado el estirón puberal.⁴

Las fases del desarrollo sexual en los chicos están menos definidas. La

pubertad comienza más tarde y se prolonga más, unos 5 años, en comparación con los 3,5 años de las chicas.⁴

Las hormonas sexuales estimulan al cartílago para que crezca más rápido, lo que da lugar al estirón puberal. Sin embargo, esas hormonas también aceleran el ritmo de maduración esquelética, que en los huesos largos corresponde al ritmo en que el cartílago se convierte en hueso. Durante el crecimiento acelerado de la adolescencia se consume más cartílago que lo que se repone. Hacia el final de la adolescencia, lo que queda de cartílago se transforma en hueso y se cierran las placas epifisarias. Como es lógico, en ese momento se pierde el potencial de crecimiento y el individuo deja de crecer en estatura.⁴

En la adolescencia se produce un aceleramiento del crecimiento longitudinal mandibular. En la pubertad es muy patente el gradiente cefalocaudal de crecimiento; crecen más las extremidades inferiores que las superiores y en la cara crece más la mandíbula que el maxilar. Esto da lugar a la diferencia de crecimiento entre ambos huesos. Al ir madurando, la cara va perdiendo convexidad al aumentar la prominencia de la mandíbula y el mentón como consecuencia de esa diferencia en el crecimiento.⁴

Esta tendencia a que se acelere el crecimiento mandibular antes del estirón puberal, sobre todo en las chicas, tiene gran utilidad clínica y es una razón importante para valorar la edad biológica en la planificación del tratamiento ortodóncico. Si se demora demasiado el tratamiento, se perderá la oportunidad de aprovechar la aceleración del crecimiento. En las chicas que maduran precozmente, el estirón puberal suele preceder a la transición final de la dentición, de forma que para cuando erupcionan los segundos premolares y los segundos molares casi se ha completado el crecimiento físico. Para muchas chicas, si reciben tratamiento (mientras están creciendo

rápidamente), se debe iniciar durante el período de la dentición mixta, no cuando han erupcionado todos los dientes sucedáneos. Por otra parte, en los chicos que maduran tardíamente puede haberse completado relativamente la dentición y restar todavía una cantidad considerable de crecimiento físico.⁴

1.6 Edad cronológica y biológica.

- Edad cronológica: es la edad civil, es decir, la edad que corresponde según la fecha de nacimiento. Sin embargo, desde el punto de vista biológico, sólo es una medida anecdótica.³
- Edad biológica: se puede caracterizar de diferentes maneras:³
 - Edad estatural: equivale a la altura. Es fácil de medir, guardar y controlar (usando medidas seriadas de un individuo podemos saber en qué punto de la curva de crecimiento está). Según Björk existe sincronismo entre las curvas de crecimiento estatural, condilar y sutural de la cara. Para Hunter se trata de una correlación entre crecimiento facial y talla.
 - Edad ósea: es muy fiable. Se estudia por medio de radiografías de columna cervical y/o carpo.
 - Índice vertebral: valorable en la radiografía lateral de cráneo de pacientes entre 10 y 16 años. Se basa en la aparición de una concavidad en los cuerpos vertebrales que va progresando con la edad, en dirección craneocaudal.
 - Índice carpal: su indicador más importante es la calcificación del sesamoideo del pulgar justo antes del pico de crecimiento puberal. Incluye también la valoración de las epífisis del radio, falange media del tercer dedo y falange proximal del pulgar.
 - Edad morfológica: se trata de índices pediátricos más especializados.
 - Edad sexual: muy unida al desarrollo biológico, pero limitada ya que sólo podemos conocer los datos después de la aparición de los signos clínicos (telarquía, pubarquía, etc.). Además, es más evidente en las niñas que en los niños y existe un ligero retraso del pico puberal respecto al pico estatural.

- Edad dental: podemos determinar la etapa de crecimiento por medio de los periodos de erupción dentaria. El método más usado es el estudio de los estadios de Nolla, diente por diente, a partir de una ortopantomografía.

1.7 Maduración ósea.

A nivel celular, solo existen tres posibilidades de crecimiento, la primera es la hipertrofia que consiste en un aumento de tamaño de cada una de las células, la segunda es la hiperplasia que es un aumento en el número de células. La tercera es la secreción de sustancia extracelular, que contribuye a un incremento de tamaño, independientemente del número o del tamaño de las propias células. Estos tres procesos ocurren en el crecimiento esquelético. La secreción de sustancia extracelular es de vital importancia en el sistema esquelético porque termina por mineralizarse.⁴

Dentro del sistema esquelético, cuando se produce la mineralización y se forma tejido duro, sigue siendo posible la hiperplasia, la hipertrofia y la secreción de sustancia extracelular, pero en los tejidos mineralizados esos procesos solo pueden darse en la superficie y no en el seno de la masa mineralizada.⁴

Se puede producir la adición directa de hueso neoformado a la superficie del hueso existente, gracias a la actividad de las células del periostio (la membrana de tejido blando que recubre el hueso). Las nuevas células se forman en el periostio y la sustancia extracelular secretada allí se mineraliza y se convierte en nuevo tejido óseo. Este proceso se denomina aposición superficial o directa del hueso. El crecimiento intersticial es un aspecto relevante porque el sistema esquelético se modela originalmente a partir de cartílago. Esto incluye a la base del cráneo, así como al tronco y a las extremidades.⁴

En los huesos largos de las extremidades aparecen centros de osificación en el centro y en los extremos, lo que da lugar a un eje central denominado diáfisis, y a un capuchón óseo en cada extremo denominado epífisis. Entre la

epífisis y la diáfisis queda una zona remanente de cartílago no calcificado conocida como placa epifisaria.⁴

Al nacimiento, todas las diáfisis deben estar osificadas, mientras que la mayoría de las epífisis son cartilaginosas. Posteriormente, tras el nacimiento, las epífisis comienzan a osificarse siguiendo un patrón bastante predecible hasta la edad adulta.⁵

Los distintos centros de osificación no tienen el mismo valor predictivo de maduración en las distintas edades, por esta razón se debe elegir aquellos que reflejen mejor la madurez ósea en cada grupo de edad.⁵

Hacia el final del período normal de crecimiento, el ritmo de maduración supera al ritmo de proliferación de los condrocitos, el cartílago restante es sustituido por hueso y desaparece la placa epifisaria. En ese momento se ha completado el crecimiento óseo, excepto en lo referente a los cambios superficiales en su espesor, que dependen del periostio.⁴

La formación de hueso nuevo a partir de un predecesor cartilaginoso o formación ósea directa en el seno del mesénquima se denomina habitualmente modelación; los cambios en la forma de ese hueso neoformado como consecuencia de la reabsorción y la sustitución se denominan remodelación.⁴

No todos los huesos del esqueleto adulto están representados en el modelo cartilaginoso embrionario; se puede formar hueso por secreción de matriz ósea directamente en el tejido conjuntivo, sin la formación intermedia de cartílago. A este tipo de formación ósea se le conoce como osificación intramembranosa. Este tipo de formación ósea se observa en la bóveda craneal y en ambos maxilares.⁴

Las células óseas provienen de dos familias principales de células madre. Los osteoblastos representan aproximadamente el 5% de las células óseas y su función es construir la matriz ósea, después inician su mineralización.⁶

Los osteocitos representan más del 90% de las células, son capaces de controlar la remodelación ósea secretando factores que regulan la diferenciación y la función de los osteoblastos.⁶

Los osteoclastos, se derivan de célula circundantes de los monocitos y macrófagos.⁶

La secuencia de un ciclo de remodelación ósea incluye una fase de reabsorción ósea que dura más de 3 semanas y una fase de formación ósea que dura alrededor de 3-4 meses, la figura 3 representa gráficamente este ciclo. El primer paso comienza con la retracción de las células de revestimiento y la degradación de la matriz de colágeno subyacente a la superficie del hueso viejo, lo que tiene el efecto de atraer a los pre-osteoclastos; está es la fase de activación. Luego se fusionan para formar osteoclastos que luego degradan la matriz ósea: está es la fase de reabsorción, con la formación de una laguna (de Howship). A esto le sigue la fase de inversión que ve el reemplazo de los osteoclastos por células macrófagas, separando el hueso viejo del recién formando y preparándose para la llegada de los osteoblastos, colocando el nuevo hueso (osteona) mediante el depósito de tejido osteoide que luego es mineralizado: ésta es la fase de formación. La duración de un ciclo de remodelación es de aproximadamente 3-6 meses. La última fase, conocida como fase de inactividad, consiste en una mineralización secundaria, es decir una acumulación de hidroxapatita en la matriz, en ausencia de osteoblastos.⁶

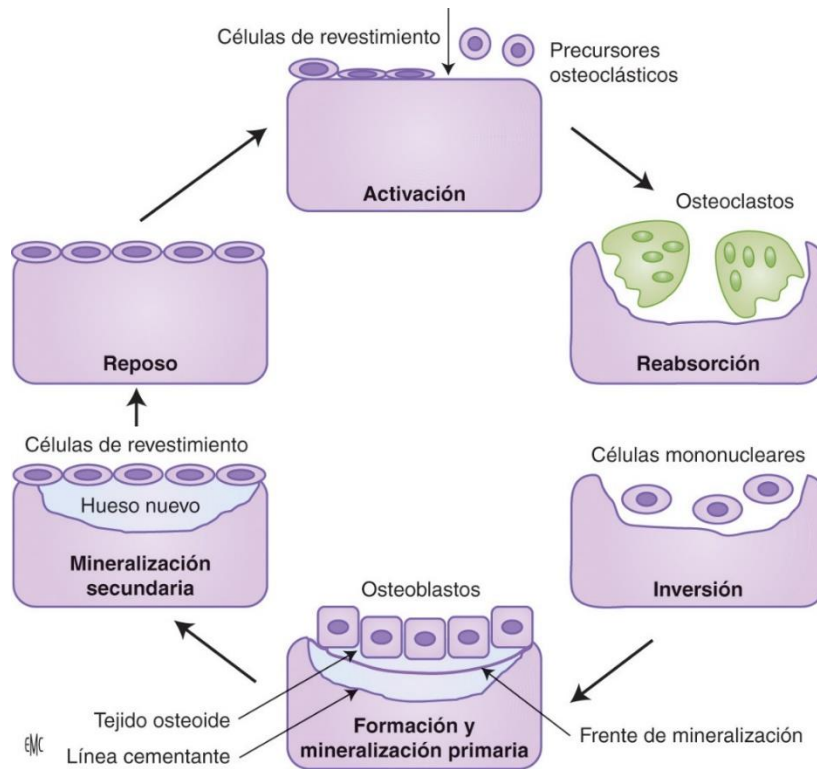


Fig. 3. Esquema de la remodelación ósea.

Existen factores sistémicos que regulan la remodelación ósea, por ejemplo: las hormonas sexuales (estrógenos y andrógenos) disminuyen la tasa de remodelación ósea y mantiene el equilibrio entre la reabsorción y la formación ósea, principalmente al disminuir la formación de osteoclastos y osteoblastos. La hormona de crecimiento (GH) favorece la aceleración de la remodelación ósea, sobre todo durante el crecimiento, actuando directamente sobre los condrocitos y osteoblastos de la placa de crecimiento al facilitar su proliferación y diferenciación.⁶

Las hormonas sexuales tienen una influencia doble sobre el crecimiento del hueso endocondral; en primer lugar, las hormonas sexuales estimulan al cartílago para que crezca más rápido, lo que da lugar al estirón puberal,

también aceleran el ritmo de la maduración esquelética, que en los huesos largos corresponde al ritmo en que el cartílago se convierte en hueso (esta aceleración de la maduración es aún mayor que la del crecimiento).⁷

Durante el crecimiento acelerado de la adolescencia, se consume más cartílago que lo que se repone. Hacia el final de la adolescencia, lo que queda de cartílago se transforma en hueso y se cierran las placas epifisarias, por lo cual en ese momento se pierde el potencial de crecimiento y el individuo deja de crecer.⁷

1.8 Crecimiento craneofacial.

El crecimiento del esqueleto facial es extremadamente complejo, no sólo por los factores que lo controlan y modifican, sino también por los mecanismos que rigen este proceso.²

El maxilar se desarrolla por completo tras el nacimiento por osificación intramembranosa. Dado que no se produce sustitución de cartílago, el crecimiento se produce de dos formas: 1) por aposición de hueso en las suturas que conectan el maxilar con el cráneo y su base, y 2) por remodelación superficial, esto puede ser observado en la figura 4. Además, el maxilar es empujado hacia adelante por el crecimiento de la base del cráneo detrás de él.⁴

El área principal o centro de crecimiento de la maxila se sitúa en la región de la tuberosidad.²

El patrón de crecimiento de la cara implica un crecimiento <<hacia fuera desde debajo del cráneo>>, lo que significa que el maxilar debe recorrer en su crecimiento una distancia considerable hacia abajo y hacia afuera en relación con el cráneo y su base. Esto se lleva a cabo de dos maneras: 1) por un empuje posterior creado por el crecimiento de la base del cráneo, y 2) por el crecimiento en las suturas. Por el hecho de que el maxilar esté unido al extremo final anterior de la base del cráneo, el alargamiento de la base del cráneo, lo empuja hacia delante. Hasta la edad de 6 años el desplazamiento producido por el crecimiento de la base del cráneo. Aproximadamente a los 7 años, el crecimiento de la base del cráneo se para, y el crecimiento de las suturas es el único mecanismo que lleva el maxilar hacia delante.⁴

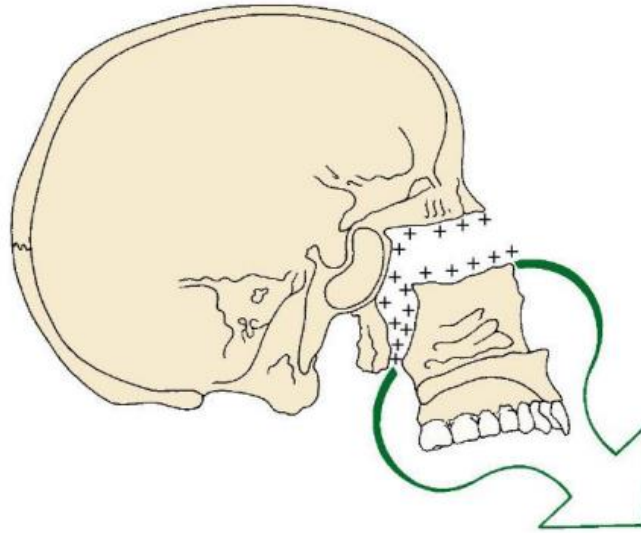


Fig. 4. A medida que el crecimiento de los tejidos blandos circundantes desplaza al maxilar hacia abajo y hacia adelante, abriendo hueco en sus fijaciones sutúrales superiores y posteriores, va añadiéndose hueso neoformado a ambos lados de las suturas.

Las superficies frontales del maxilar van remodelándose al tiempo que crece en sentido anteroinferior y se va eliminando hueso de gran parte de su superficie anterior. Casi toda la superficie anterior del maxilar es una zona de reabsorción, no de aposición.⁴

En la figura 5 se explica la remodelación superficial del hueso con una comparación análoga a la construcción de una pared.⁴

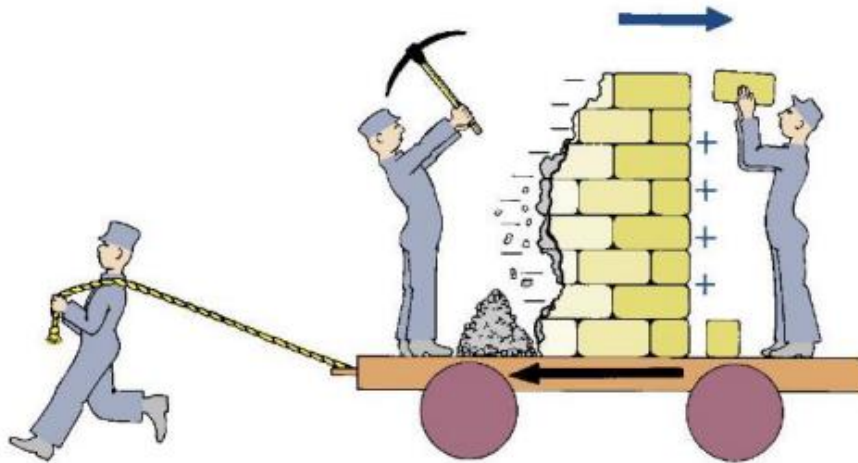


Fig. 5. La remodelación superficial de un hueso.

El crecimiento de la mandíbula está representado en la figura 6. Son importantes la actividad endocondral, la perióstica. El desplazamiento creado por el crecimiento de la base del cráneo que mueve la ATM desempeña un papel mínimo.⁴

Los principales puntos de crecimiento de la mandíbula son la superficie posterior de la rama mandibular, la apófisis condilar y coronoides. Se produce muy pocos cambios en la parte anterior de la mandíbula.⁴

El cuerpo de la mandíbula se alarga por aposición perióstica de hueso solo en su superficie posterior, mientras que la rama mandibular crece en altura por reposición endocondral en el cóndilo y por remodelación superficial. Conceptualmente, podemos considerar que la mandíbula se desplaza hacia abajo y hacia delante, al tiempo que aumenta de tamaño al crecer hacia atrás y hacia arriba. Al mismo tiempo, se va eliminando grandes cantidades de hueso de la superficie anterior de la misma.⁴

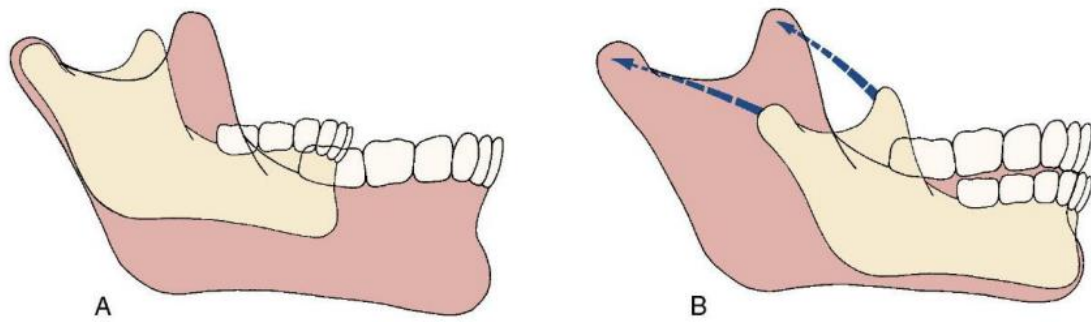


Fig. 6. A. Crecimiento de la mandíbula, visto desde la perspectiva de una base craneal estable: el mentón se desplaza hacia abajo y hacia adelante. B. Crecimiento mandibular, visto desde la perspectiva de los estudios de tinción.

Algunos autores consideran que el cóndilo es el principal centro de crecimiento mandibular, porque en esa área existe un cartílago hialino que <<genera>> hueso de forma similar al cartílago hialino está recubierto por una gruesa capa de tejido conjuntivo fibroso, que a su vez favorece un crecimiento por aposición.²

El crecimiento del maxilar y de la mandíbula se «completa» (es decir, disminuye hasta alcanzar el ritmo lento que caracteriza a los adultos normales) siguiendo una secuencia definida en los tres planos del espacio. Primero se completa el crecimiento en anchura, a continuación, el crecimiento en longitud y, por último, el crecimiento en altura.⁴

Capítulo II. Determinación de la edad biológica en Ortodoncia.

2.1 Antecedentes de la valoración de la edad esquelética.

Existen diferentes características para poder identificar los estadios de crecimiento de un paciente como lo son: la maduración sexual, el peso y la altura, la edad cronológica, el grado de desarrollo dental y el grado de maduración esquelética (valorado principalmente en huesos de la mano, muñeca, huesos largos y vértebras cervicales).⁸

Varios métodos han sido utilizados para evaluar la edad ósea radiológica a lo largo del tiempo. Los métodos más comúnmente usados son el atlas de Greulich y Pyle (GP) y el método de Tanner-Whitehouse (TW), ambos realizados a través de la evaluación de radiografías de la mano izquierda. La razón de usar la mano izquierda se debe a que la mayoría de las personas son diestras y es más probable que la mano derecha sufra más lesiones que la mano izquierda.⁹

Todd (1937) elaboró el primer Atlas de maduración esquelética.¹⁰

El método de Greulich y Pyle consiste en un atlas en el cual la edad ósea es evaluada por comparación de la radiografía de la mano izquierda de un paciente con una de las radiografías estándar más cercanas del atlas. Este método fue desarrollado usando las radiografías de niños caucásicos en Cleveland Ohio, Estados Unidos de Norteamérica durante el periodo de 1931 a 1942.⁹

En 1962 Tanner, Whitehouse y Healy, basados en las radiografías de mano y muñeca izquierdas, obtenidas en niños y jóvenes británicos, propusieron un

método innovador (TW1) para estimar la edad ósea de menores en crecimiento. En 1975 realizaron modificaciones a su técnica nombrándola el método TW2, en el cual se podía elegir entre varios sistemas: a) el estudio de 20 hueso de la muñeca, b) el estudio del hueso cúbito, radio y cárpales (técnica CAR) y c) el estudio de los huesos radio, cúbito, metacarpianos y falanges I, III y V (técnica RUS).¹⁰

En 1972, Björk divide el proceso de maduración de los huesos cárpales en nueve estadios entre las edades de 9 a 17 años. Los indicadores de madurez del esqueleto según Björk se detectan a nivel de los dedos (se valoran según su relación entre epífisis y la diáfisis), huesos del carpo y radio.⁷

El método de maduración ósea cervical vertebral (CVM) ha ganado aceptación en los últimos años. Se basa en las características morfológicas de los cuerpos vertebrales asociadas con las diferentes etapas del crecimiento de las estructuras somáticas y faciales.⁸

El uso de las vértebras cervicales como método para valorar la maduración ósea en radiografías cefálicas laterales fue empleado inicialmente en 1972 por Lamparski; en un estudio desarrollado en la Escuela Medicina Dental de la Universidad de Pittsburg se estableció una clasificación basada en los cambios que se observan en las vértebras cervicales.¹¹

Posteriormente modificado por Hassel & Farman (1995) (Altan et al.). Más recientemente, Baccetti et al. (2005) confirmaron la validez del método original de Lamparski como un adecuado indicador biológico para la maduración esquelética mandibular y somática.⁸

2.2 Métodos de evaluación del crecimiento mandibular y maxilar.

En Ortodoncia, el potencial de desarrollo y crecimiento del paciente determina el momento fundamental de los tratamientos ortopédicos maxilares y la eficacia del tratamiento.¹²

Un ejemplo; es el manejo de una clase III esquelética con prognatismo, se requiere verificar el cese del crecimiento para minimizar el riesgo de recaída del crecimiento mandibular latente después de la corrección quirúrgica.¹³

Los métodos utilizados para evaluar el crecimiento mandibular son:

- Radiografías de mano y muñeca: basándose en los cambios de osificación de 7 puntos anatómicos, Björk distinguió 9 etapas de madurez. El "atlas radiográfico del desarrollo esquelético de la mano y la muñeca" de Greulich y Pyle, incluye patrones de referencia de la mano y muñeca izquierda hasta los 18 años para mujeres y 19 años para hombres. Fishman desarrolló un sistema de indicadores de maduración esquelética de la mano y muñeca, usando cuatro etapas de maduración ósea en seis sitios anatómicos, lo cual englobaba a 11 estadios de maduración ósea carpal. Posteriormente en 1972, Björk (figura 7) divide el proceso de maduración de los huesos cárpales en nueve estadios entre las edades de 9 a 17 años. Los indicadores de madurez del esqueleto según Björk se detectan a nivel de los dedos (se valoran según su relación entre epífisis y diáfisis) del hueso del carpo y radio. Por último, está el método de Tanner Whitehouse (TW) se basa en el nivel de madurez de 20 regiones de los huesos de la mano y la muñeca. El nivel de desarrollo de cada región se clasifica en etapas específicas y se le otorga una puntuación numérica para cada hueso individual. Se calcula un puntaje total de madurez sumando

todos estos puntajes, que luego se correlaciona con la edad ósea específica del sexo. Además, se encontró que, en el caso de las niñas, los picos de crecimiento son siempre 1-2 años más tempranos en cuanto a la edad cronológica, Sin embargo, la principal desventaja de este método es el requerimiento de radiografías adicionales de la mano, por lo que implican una mayor exposición a la radiación.^{9 12 14}

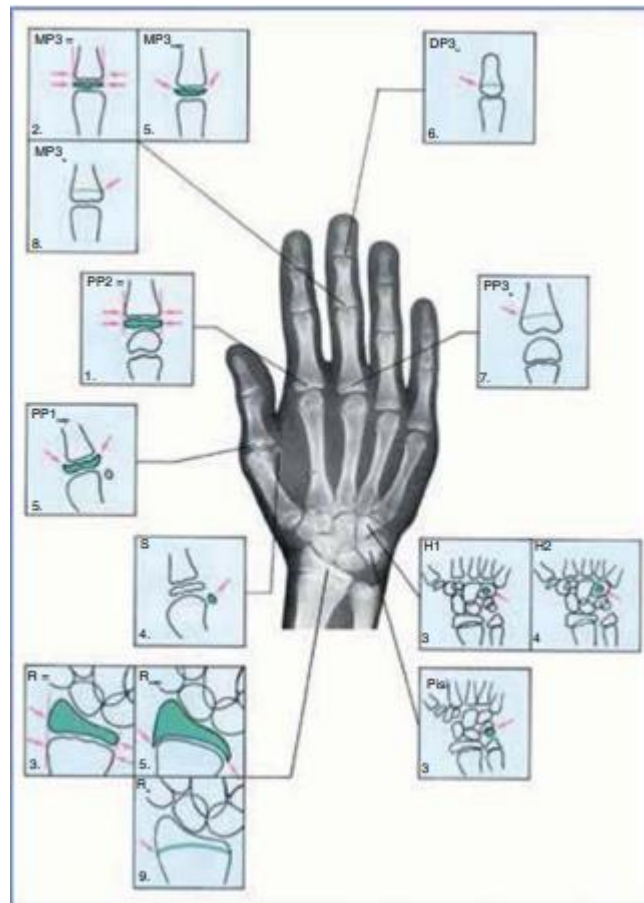


Fig. 7. Análisis de Björk.

- Maduración de las vértebras cervicales: en base a las diferencias morfológicas en 5 vértebras cervicales (C2 – C6), en la figura 8 se observan los seis estadios descritos por Lamparski.¹²

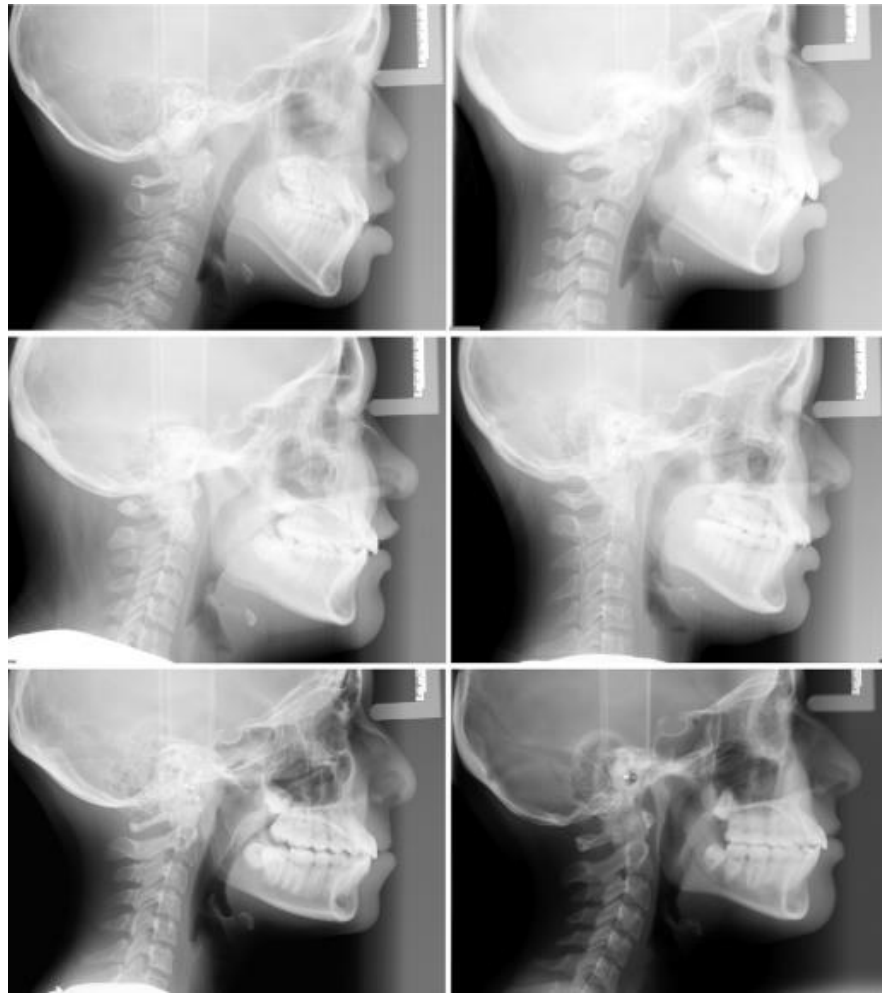


Fig. 8. Ejemplos de la evaluación de las vértebras cervicales, estadios 1 a la 6.

- Desarrollo dental: momento de la exfoliación del diente primario y erupción del diente permanente, la maduración dental (calcificación y desarrollo radicular).¹³ Los estudios también muestran claramente que ni el orden de aparición de los dientes ni la pérdida de dientes temporales (segundo molar) ni las etapas dentales (dentición temporal, mixto y residual) están asociados con la madurez

esquelética. El examen de las muelas del juicio inferiores observado en la figura 9, los segundos molares inferiores y los caninos inferiores hasta ahora han demostrado ser los más fiables.¹²

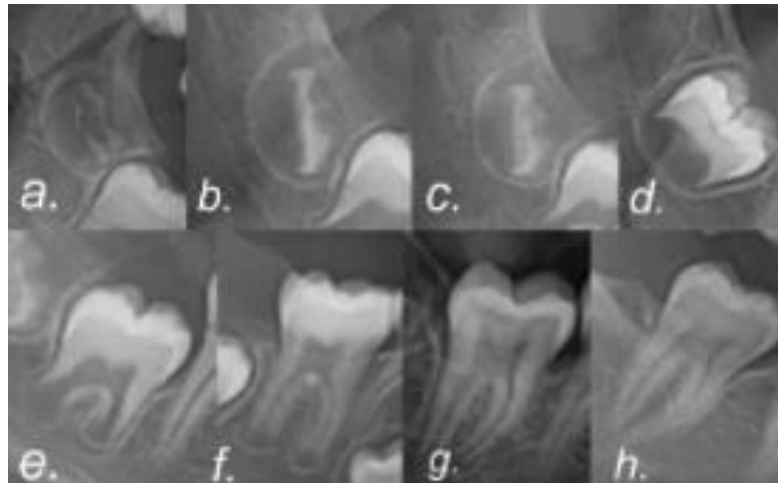


Fig. 9. Clasificación y etapas de Demirjian, que distinguen ocho etapas de desarrollo desde la calcificación del ápice inicial hasta el cierre del ápice completo de la raíz.

- Estatura y características sexuales; la menarca en las mujeres y cambios de voz en los hombres. No existe evidencia que estos métodos sean adecuados para evaluar el crecimiento mandibular, pueden ser utilizados como una herramienta complementaria.¹³
- Biomarcadores; incluyen a IGF-1, IGFBP-3 (obtenidos de las pruebas de sangre y orina) y el fluido crevicular gingival. Los estudios realizados mostraron relaciones estadísticamente significativas con los estadios de maduración de las vértebras cervicales (CVM), pero no con el crecimiento mandibular. Sin embargo, aún tienen mucho potencial de estudio para la determinación de la madurez esquelética, por lo que no es de extrañar que se estén convirtiendo en un área de

investigación cada vez más popular.^{13 12}

- Imágenes especiales; la gammagrafía ósea ha sido descrita como un método de evaluación del crecimiento mandibular porque permite analizar el flujo sanguíneo y la actividad metabólica en diferentes zonas de la mandíbula. Su aplicación se limita a circunstancias especiales, como: hiperplasia hemimandibular o hiperplasia condilar, donde el estado de crecimiento es anormal y es esencial determinar el momento óptimo y el método para su corrección quirúrgica.¹³

Los métodos para monitorear el crecimiento sagital del maxilar se limitan en gran medida al examen clínico y análisis cefalométricos de rutina.¹³

Los más comúnmente utilizados son:

- Edad cronológica: se basa en la observación del cese del crecimiento de la sutura palatina y la posterior aposición, ocurre en grupos de edad predecibles para cada sexo. La edad cronológica es quizás la estrategia de evaluación más utilizada para el manejo transversal maxilar.¹³
- Tomografía computarizada (TC) de haz cónico: algunos autores la han sugerido para evaluar la madurez de la sutura medio palatina en una forma más precisa y específica para el paciente. Es considerada como una herramienta complementaria.¹³

Capítulo III: Región cervical.

3.1 Anatomía.

El armazón óseo del cuello está compuesto por las siete vértebras cervicales. Se caracterizan por poseer: cuerpos pequeños, apófisis espinosas bífidas, apófisis transversas que contienen un agujero (agujero transverso), observadas en las figuras 10 y 11.¹⁵

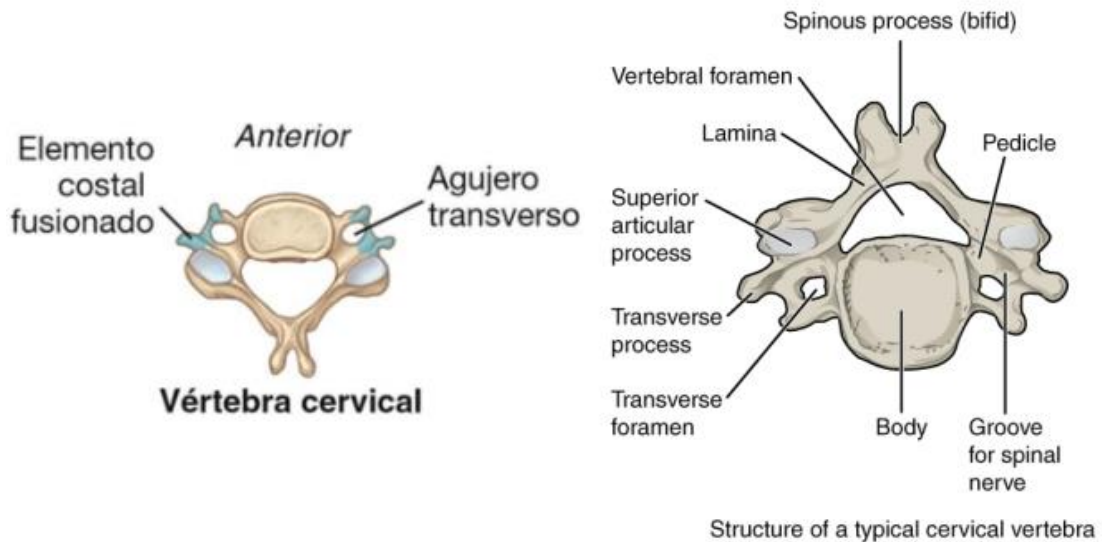


Fig. 10 y 11. Anatomía de la vertebra cervical.

El cuerpo de las vértebras cervicales tiene un diámetro transversal mayor al diámetro anteroposterior. En los extremos laterales de su cara intervertebral superior se encuentra dos pequeñas eminencias, las apófisis unciformes (con forma de gancho) que están dispuestas como una elevación semilunar de los bordes laterales. En los extremos laterales, de la cara inferior del cuerpo, hay dos pequeñas escotaduras que sirven para la articulación con

las apófisis (procesos) unciformes de la vértebra subyacente. Estas escotaduras laterales le dan a esta cara una forma convexa.¹⁶

Las apófisis articulares se ubican a cada lado del arco vertebral y en la columna articulada están dispuestas exactamente una encima de la otra. Sus carillas articulares, orientadas en un plano oblicuo de aproximadamente 45°. Las vértebras C3, C4 (figura 12) y C5 comparten el mismo patrón anatómico.¹⁶

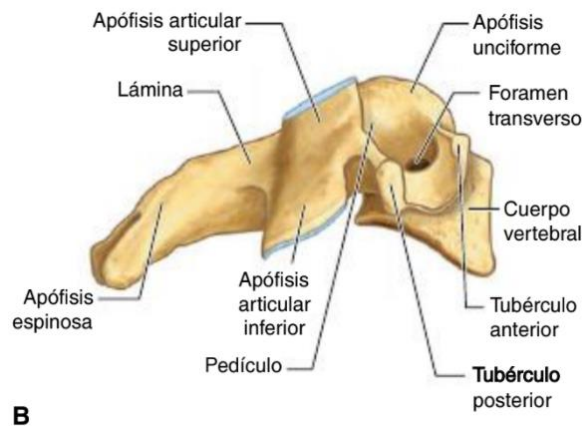


Fig. 12. Vista lateral derecha de la cuarta vértebra cervical (C4).

La primera vértebra cervical (C1), figura 13, también llamada “atlas” es única entre todas las vértebras porque carece tanto de un cuerpo vertebral (ocupado por el diente del axis), como de una apófisis espinosa. Está constituida por dos masas laterales, unidas entre sí por un arco anterior y un arco posterior.¹⁶

El Atlas tiene el soporte de carga más bajo de todas las vértebras, lo que explica su pequeño tamaño y la falta de cuerpo vertebral.¹⁷



Fig. 13. Vista lateral derecha del atlas (C1).

El axis es la segunda vértebra cervical (C2), figura 14; su nombre significa eje. Tiene una eminencia vertical que se dirige hacia arriba desde el extremo superior de su cuerpo denominada “diente del axis” (apófisis odontoides). En su extremo superior presenta el vértice del diente. En su cara anterior se encuentra la carilla articular anterior, para articularse con el arco anterior del atlas, y en su cara posterior, la carilla articular posterior, para el ligamento transversal. El axis presenta dos carillas, articulares superiores, para el atlas, y dos carillas inferiores, para la tercera vértebra cervical.^{15 16 17}

Es importante destacar que no hay disco intervertebral, se desarrolla entre el atlas y la segunda vértebra cervical (C2).¹⁸

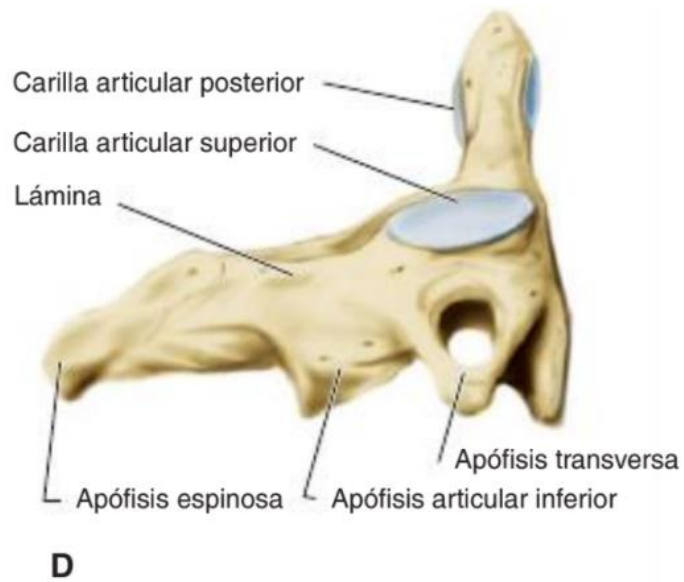


Fig. 14. Vista lateral derecha del axis (C2).

La apófisis odontoides es un elemento óseo superior, sobresaliente del cuerpo de la segunda vértebra cervical (C2), el atlas (C1) gira alrededor de la apófisis odontoides para proporcionar el componente más grande de rotación de la columna cervical.¹⁹

3.2 Maduración ósea de las vértebras cervicales.

Knutsson y Cols en 1961 describieron el crecimiento de las vértebras cervicales después del nacimiento, tanto en sentido vertical como horizontal; 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 pueden utilizar de forma más confiable para valorar la edad ósea del individuo, estudiando la modificación de las vértebras en cuanto a forma y tamaño.¹¹

Todas las vértebras comienzan la osificación en el período embrionario de desarrollo alrededor de las 8 semanas de gestación. Existen tres centros de osificación primarios: uno en el centro endocondral (que se desarrollará en el cuerpo vertebral) y uno en cada proceso neural (que se desarrollará en los pedículos). Comienza en la unión toracolumbar y continúa en las direcciones craneal y caudal. Los procesos neurales se fusionan con el centro entre los tres y los seis años. Durante la pubertad, se desarrollan cinco centros de osificación secundarios en la punta de la apófisis espinosa y en ambas apófisis transversas, y en las superficies superior e inferior del cuerpo vertebral. Los centros de osificación del cuerpo vertebral son los responsables del crecimiento superior-inferior de las vértebras. La osificación termina alrededor de los 25 años.¹⁷

Capítulo IV: Evaluación de la maduración ósea de las vértebras cervicales.

4.1 Método de Lamparski.

El uso de las vértebras cervicales como método para valorar la maduración ósea en radiografías cefálicas laterales fue empleado inicialmente en 1972 por Lamparski; en un estudio desarrollado en la Escuela Medicina Dental de la Universidad de Pittsburg.¹¹

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.²⁰

Lampaski identificó y utilizó características morfológicas que presentaban las vértebras en cada uno de los períodos estudiados, para crear el "Atlas descriptivo de radiografías estándares". Por otro lado, utilizó radiografías de muñecas para asignar la edad ósea a cada paciente, con el método de Grewlich & Pyle.¹¹

Determinó los estándares de edad y sexo en base a las diferencias morfológicas en 5 vértebras cervicales (C2 – C6). Con los resultados obtenidos, Lamparski estableció los "estadios vertebrales cervicales (CVS)". Son 6 estadios (CVS 1–6) donde se describen los cambios que ocurren en el cuerpo y los bordes inferiores de cada vértebra. Además, se encontró que el pico de crecimiento durante la pubertad está entre el estadio CVS 3 y el estadio CVS 4. Otro hallazgo fue que los indicadores de maduración

vertebral de mujeres y hombres son los mismos, la diferencia es que en las mujeres cada estado de desarrollo se observa más temprano.^{11 12}

Las diferentes características de cada estadio se describen en las siguientes tablas 1 y 2²¹ y son representados gráficamente en las figuras 15 y 16²¹:

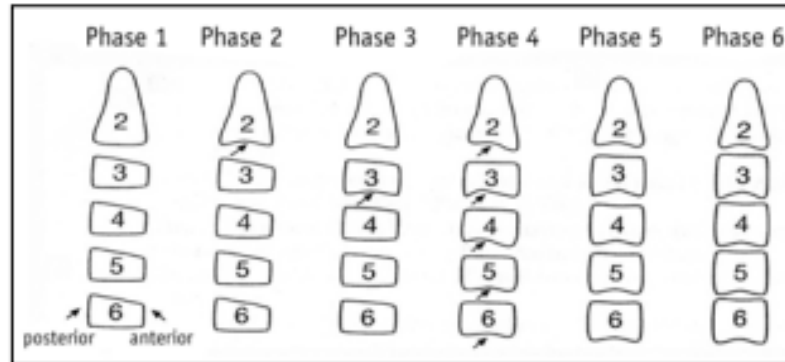


Fig. 15. Estadios de la madurez esquelética vertebral femenina de acuerdo con Lamparski y Nanda.

Tabla 1. Estadios descritos por Lamparski & Nanda para mujeres	
Primer estadio	Todos los bordes inferiores de las vértebras son planos y presentan un estrechamiento de posterior a anterior.
Segundo estadio	Desarrollo de una concavidad en el borde inferior de la segunda vértebra. Aumento de la altura vertebral anterior.
Tercer estadio	Desarrollo de una concavidad en el borde inferior de la tercera vertebra. Los bordes inferiores restantes aún son planos.
Cuarto estadio	Aumento de la concavidad de la tercera vertebra y desarrollo de una concavidad en la cuarta vertebra. Inicio de la formación de las concavidades en la

	quinta y sexta vértebra. Ahora todas las vértebras tienen forma rectangular.
Quinto estadio	Los espacios entre las vértebras son más pequeños. Presencia de concavidades en las seis vértebras. Ahora las vértebras tienen una forma casi cuadrada.
Sexto estadio	Aumento en la altura de todas vértebras y disminución en la anchura. Profundización de todas las concavidades.

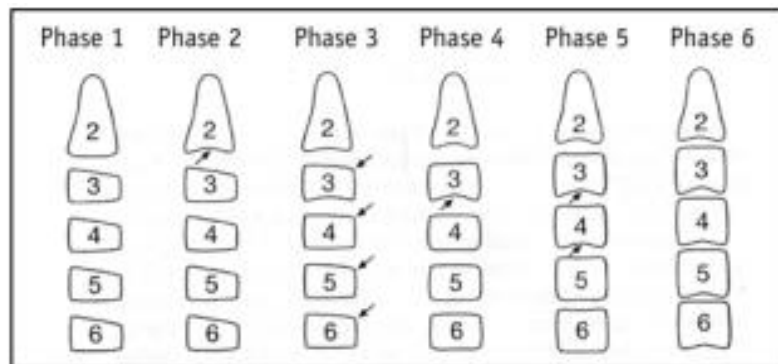


Fig. 16. Estadios de la madurez esquelética vertebral masculina de acuerdo con Lamparski y Nanda.

Primer estadio	Todos los bordes inferiores de las vértebras son planos y sus cuerpos estrechos.
Segundo estadio	Desarrollo de una concavidad en el borde inferior de la segunda vértebra.
Tercer estadio	Profundización de la concavidad de la segunda vértebra y todas las vértebras presentan un aumento

	de su altura anterior.
Cuarto estadio	Desarrollo de una concavidad en el borde inferior de la tercera vértebra. Aumento más significativo de la altura vertebral anterior
Quinto estadio	Profundización de la concavidad de la tercera vertebra y comienzo del desarrollo de la concavidad en la cuarta vertebra. Todas las vértebras tienen forma rectangular.
Sexto estadio	Los espacios entre las vértebras son más pequeños. Profundización de la concavidad en la cuarta vertebra y desarrollo de concavidades en la quinta y sexta vertebra. Todas las vértebras tienen forma casi cuadrada.

La edad esquelética determinada por este método esta un año adelantado con respecto a la obtenida en la radiografía de la mano y muñeca. Una desventaja de este estudio es la necesidad de observar hasta la sexta vértebra en la radiografía cefálica lateral, requerimiento difícil de cumplir ya que por lo general se visualiza solo hasta la quinta.²⁰

4.2 Método de Hassel y Farman.

Las aportaciones de la investigación de Hassel y Farman (1995) fueron: los cambios observados en el estrechamiento del espacio intervertebral relacionado con el aumento de edad, la diferencia en la forma de la vértebra en cada nivel de desarrollo esquelético, con lo anterior se logró determinar la madurez esquelética de cada persona y el potencial de crecimiento.²²

La maduración de las vértebras cervicales ocurre en la capa cartilaginosa de la superficie superior e inferior de cada vértebra. Los núcleos de osificación secundaria localizados en la apófisis espinosa bífida y transversa, aparecen en la pubertad. La osificación endocondral se completa cuando los núcleos se unen a la apófisis espinosa, el crecimiento vertebral continúa por aposición perióstica en la zona anterior y lateral del cuerpo vertebral.²²

Para obtener las etapas de maduración de las vértebras cervicales (CVMI), se trazó la apófisis odontoides del cuerpo de C3 y C4 en el cefalograma lateral, los trazados obtenidos se emparejaron con los 11 indicadores de maduración carpal de Fishman. También se observó la presencia o ausencia de una curvatura en el borde inferior de C3 y C4, se evaluó los cuerpos de C3 y C4 y se visualizó el espacio intervertebral. Se obtuvieron seis estadios de maduración ósea de las vértebras cervicales representados gráficamente en la figura 17.²²

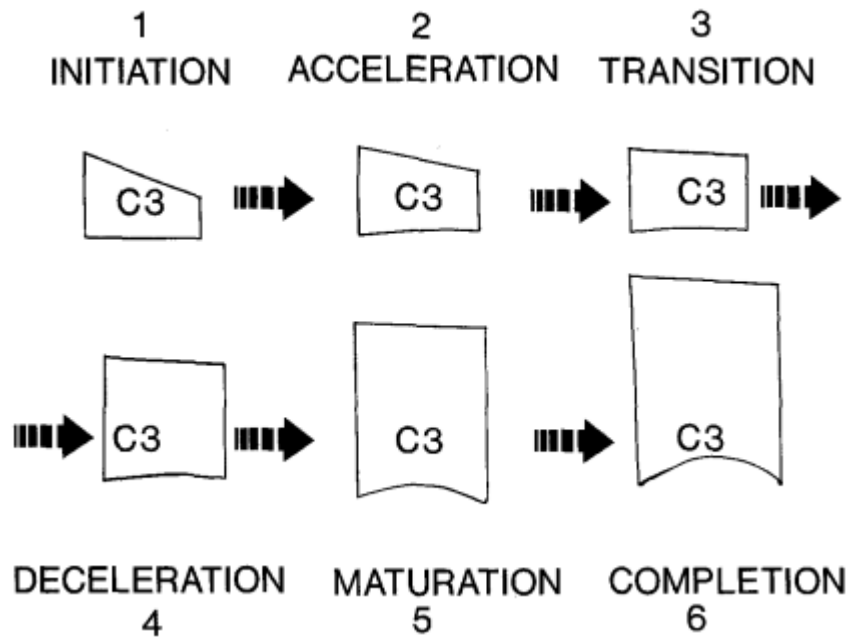


Fig. 17. Estadios de la maduración de vértebras cervicales utilizando C3 como guía.

Las figuras 18 y 19 son algunas radiografías obtenidas en el estudio de Hassel y Farman:²²



Fig. 18. Estadio CVMI 1: A. Radiografía de mano y muñeca. B. Cefalograma lateral.



Fig. 19. Estadio CVMI 2: A. Radiografía de mano y muñeca. B Cefalograma lateral.

Las características de cada estadio se explican en la tabla 3.²²

Tabla 3. Estadios de maduración ósea de las vértebras cervicales de acuerdo con Hassel y Farman.

<p>Estadio 1 “Iniciación” Corresponde a SMI 1 y 2 del método de Fishman</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Comienzo del crecimiento puberal • Los bordes inferiores de C2, C3 y C4 son planos • Los bordes superiores son estrechos en dirección postero anterior
<p>Estadio 2 “Aceleración” Corresponde a una combinación de SMI 3 y 4 del método de Fishman</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento del crecimiento puberal • Los bordes inferiores de C2 y C3 desarrollan concavidades • El borde inferior de C4 es plano • C3 y C4 tienen forma rectangular
<p>Estadio 3 “Transición” Corresponde a una combinación de SMI 5 y 6 del método de Fishman</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento puberal moderado • Los bordes inferiores de C2 y C3 presentan concavidades distintas • El borde inferior de C4 desarrolla una concavidad • C3 y C4 tienen forma rectangular
<p>Estadio 4</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución del crecimiento puberal

<p>“Desaceleración” Corresponde a una combinación de SMI 7 y 8 del método de Fishman</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los bordes inferiores de C2, C3 y C4 presentan concavidades distintas • C3 y C4 tienen forma casi cuadrada
<p>Estadio 5 “Maduración” Corresponde a una combinación de SMI 9 y 10 del método de Fishman</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento puberal casi inexistente • Las concavidades de los bordes inferiores de C2, C3 y C4 están acentuadas • C3 y C4 tienen forma cuadrada
<p>Estadio 6 “Terminación” Corresponde a SMI 11 del método de Fishman</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento puberal completado • Los bordes inferiores de C2, C3 y C4 tienen concavidades profundas • La altura de C3 y C4 es mayor que la anchura

4.3 Estudio de Franchi y colaboradores.

En el año 2000 Franchi, Baccetti y McNamara publicaron un estudio donde su objetivo fue validar el método de maduración ósea de las vértebras cervicales para evaluar el crecimiento mandibular.²³

Para el tratamiento ortopédico dentofacial es importante la valoración del crecimiento mandibular, la eficacia de esta terapia depende en gran medida de la respuesta de los centros de osificación endocondral (en el caso de la mandíbula, la respuesta del cartílago condilar). El comienzo, la intensidad y la duración del pico del crecimiento puberal presenta variaciones en cada individuo, las investigaciones han concluido que los mayores efectos obtenidos con los aparatos funcionales ocurren en el pico de crecimiento mandibular.²³

Para determinar la edad ósea se utilizó el método de Lamparski (Cvs 1 a Cvs 6), los planos cefalométricos que se utilizaron para medir el cuerpo mandibular fueron: Ar-Gn, Ar-Go, Go-Gn y para la medición de la posición mandibular en relación con las estructuras craneofaciales, se utilizaron los planos: S-Gn, S-Go, N-Me, ANS-Me.²³

Los planos y puntos descritos anteriormente se representan en la figura 20²³:

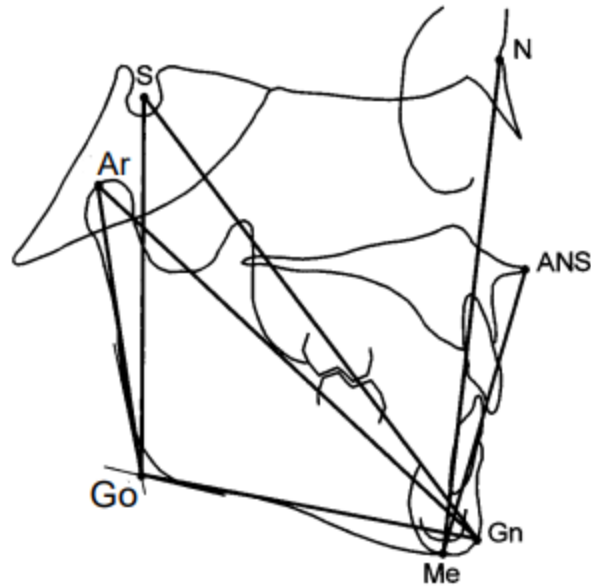


Fig. 20. Puntos de referencia y medidas cefalométricas.

Los resultados del estudio son: la altura y longitud mandibular total (Ar-Gn) mostraron incrementos de crecimiento en el intervalo Cvs3 a Cvs4 y se presentó un cese en el intervalo Cvs4 a Cvs5. La altura de la rama mandibular (Ar-Go) y (S-Gn) mostraron un cese del crecimiento durante el intervalo Cvs 4 a Cvs 5.²³

El pico de crecimiento mandibular ocurre en el intervalo de Cvs 3 y Cvs 4 (los mayores incrementos en la estatura del individuo y en las medidas cefalométricas que involucran a la mandíbula se presentan en este momento).²³

La aportación del estudio de Franchi y colaboradores fue confirmar la validez del estado de la sexta vértebra como indicador biológico tanto para el crecimiento mandibular como para la maduración somática esquelética.²⁴

4.4 Método de Baccetti y colaboradores.

En 2005, Baccetti, Franchi y McNamara publicaron una versión modificada del método de Hassel y Farman, es el método que se acepta en la actualidad.²⁵

El estudio proporciono algunas mejoras al análisis CVM original, dando como resultado un método más comprensible y aplicable²⁵:

1. Se utilizó un número más limitado de cuerpos vertebrales, (C2, C3 y C4), visibles en la radiografía cuando el paciente usa un collar protector contra radiación.
2. La determinación de cada etapa se realizó en un solo cefalograma, en lugar de una evaluación comparativa entre las diferentes etapas.

Las variables que se analizaron fueron: 1) Presencia o ausencia de una concavidad en el borde inferior de C2, C3 y C4, 2) Forma del cuerpo de C3 y C4 (cuatro formas básicas fueron consideradas: trapezoidal, horizontal rectangular, cuadrada y vertical rectangular).²⁵

El análisis cefalométrico se realizó trazando y digitalizando, en los puntos de la figura 21²⁵.

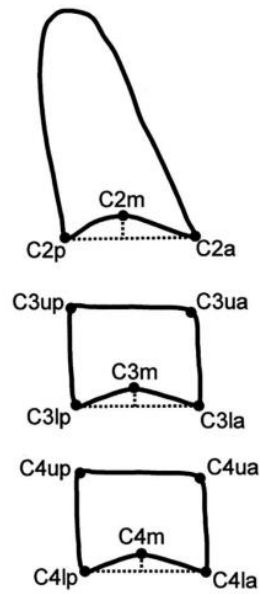


Fig. 21. Puntos de referencia cefalométricos.

Con los resultados obtenidos, se propuso el nuevo método CVM, con seis estadios de maduración ósea (CS1-CS6), representados en la figura 22. Los estadios CS1 y CS2 son etapas previas al pico de crecimiento, en los estadios CS3 y CS4 se produce el pico de crecimiento mandibular. El estadio CS6 ocurre dos años después del pico.²⁵

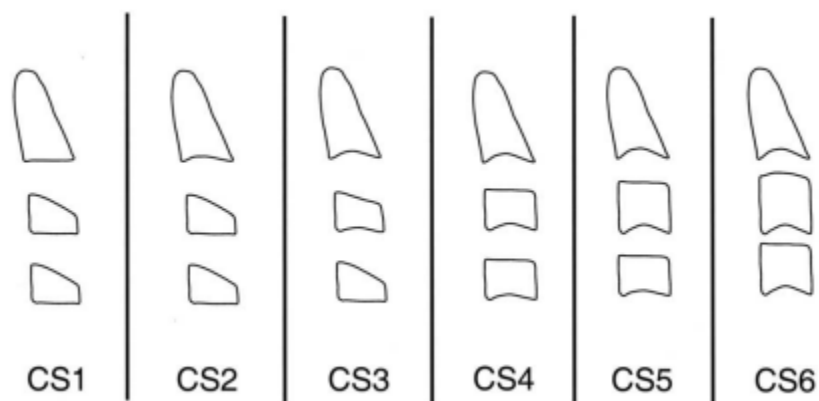


Fig. 22. Estadios de las vértebras cervicales de acuerdo con Baccetti.

A continuación, se describen las características de cada estadio:

Estadio cervical 1 (CS1), figura 23: los bordes inferiores de las vértebras (C2, C3, C4) son planos. (algunas personas pueden presentar una concavidad en el borde inferior de C2). Las vértebras C3 y C4 tienen forma trapezoidal. El pico de crecimiento mandibular ocurrirá en promedio 2 años después de esta etapa.²⁵



Fig. 23. (CS1): dos ejemplos radiográficos.

Estadio cervical 2 (CS2), figura 24: Presencia de una concavidad en el borde inferior de C2. Las vértebras C3 y C4 todavía tienen forma trapezoidal. El pico de crecimiento mandibular ocurrirá en promedio 1 año después de esta etapa.²⁵



Fig. 24. (CS2): dos ejemplos radiográficos.

Estadio cervical 3 (CS3), figura 25: Presencia de concavidades en los bordes inferiores de C2 y C3. Los cuerpos de C3 y C4 pueden tener forma trapezoidal o rectangular horizontal. El pico de crecimiento mandibular ocurrirá un año después de este estadio.²⁵



Fig. 25. (CS3): dos ejemplos radiográficos.

Estadio cervical 4 (CS4), figura 26: Presencia de concavidades en el borde inferior de C2, C3 y C4. Los cuerpos de C3 y C4 tienen forma rectangular horizontal. El pico de crecimiento mandibular ha ocurrido dentro de 1 o 2 años antes de esta etapa.²⁵



Fig. 26. (CS4): dos ejemplos radiográficos.

Estadio cervical 5 (CS5), figura 27: Presencia de concavidades en los bordes inferiores de C2, C3 y C4. Una de las vértebras C3 o C4 tiene forma cuadrada si no es así, tienen forma rectangular horizontal. El pico de crecimiento mandibular ha terminado al menos 1 año antes de esta etapa.²⁵



Fig. 27. (CS5): dos ejemplos radiográficos.

Estadio cervical 6 (CS6), figura 28: Presencia de concavidades en los bordes inferiores de C2, C3 y C4. Las vértebras C3 o C4 tiene forma rectangular vertical, si no es así, tienen forma cuadrada. El pico de crecimiento mandibular ha terminado al menos 2 años antes de esta etapa.²⁵



Fig. 28. (CS6): dos ejemplos radiográficos.

La detección de CS2 indica que se acerca la aceleración del crecimiento y comenzará en CS3 (estadio ideal para comenzar la ortopedia funcional, porque el pico de crecimiento mandibular ocurrirá durante el año siguiente). El crecimiento activo se completa cuando se alcanza CS6.²⁵

De acuerdo con la etapa de desarrollo y la velocidad de crecimiento esperada en un paciente, se pueden considerar diferentes modalidades de tratamiento. La figura 29 presenta una gráfica para explicar mejor la relación de la velocidad de crecimiento y el tipo de tratamiento en Ortodoncia.²⁶

Los efectos de las terapias ortodónticas y ortopédicas destinadas a mejorar/restringir el crecimiento mandibular parecen ser de mayor magnitud en el período circumpuberal durante el cual se produce el crecimiento, mientras que los efectos de las terapias dirigidas a alterar ortopédicamente el maxilar (protracción maxilar/expansión maxilar) son mayores en etapas prepuberales. El método CVM también puede ser útil para evaluar la

finalización del crecimiento activo para ver los efectos a largo plazo del tratamiento ortodóncico/ortopédico. De igual forma, el método puede ser utilizado para identificar clínicamente el momento adecuado para la intervención en pacientes que necesitan cirugía para la corrección tardía de desarmonías faciales.²⁵

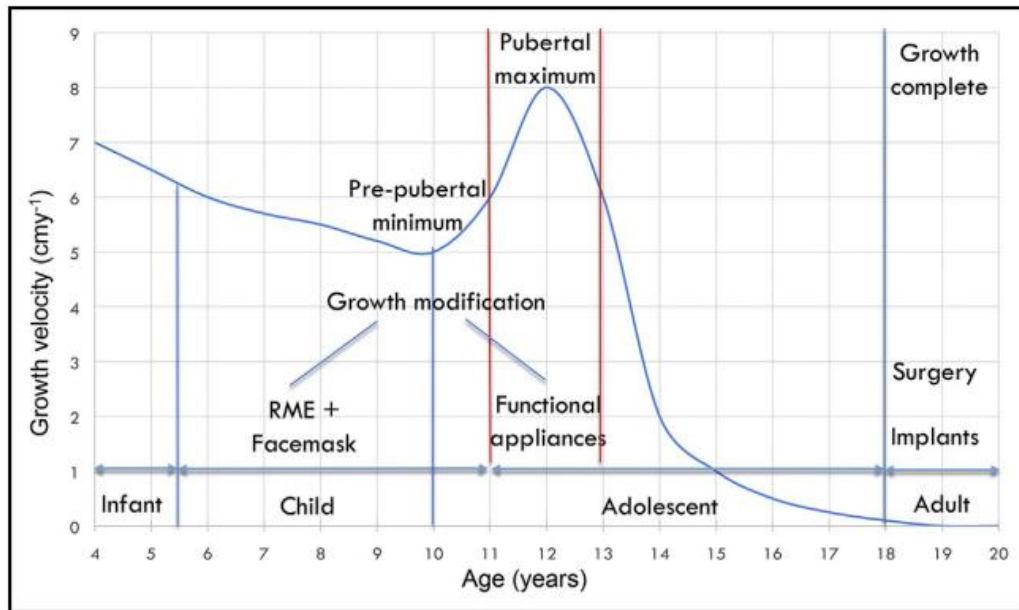


Fig. 29. Cambios en la velocidad de crecimiento desde la infancia hasta la edad adulta (modificado de McNamara).







En el año 2018, McNamara y Franchi, basados en sus 20 años de experiencia en la estadificación de las vértebras cervicales, publicaron una "guía del usuario", el objetivo fue proponer pautas fáciles de usar para mejorar la confiabilidad del método CVM y facilitar su uso en la práctica clínica diaria.²⁷

Guía para el CVM²⁷:

1. El primer paso es evaluar el borde inferior de las vértebras C2, C3 y C4, un aspecto importante es que la concavidad que aparece en CS2 en la vértebra C2 se vuelve más evidente conforme avanza la madurez.
2. El segundo paso en el análisis es evaluar la forma de C3 y C4. La secuencia típica es trapezoide, rectangular horizontal, cuadrada y rectangular vertical. En algunas ocasiones en CS3, C3 y C4 pueden tener forma rectangular horizontal.
3. Por lo general, CS1 y CS2 se consideran etapas prepuberales, CS 3 y CS 4 son etapas circumpuberales, CS 5 y CS 6 son etapas postpuberales

Lo anteriormente descrito se explica de mejor forma en la tabla 4 y puede ser un elemento práctico en la aplicación clínica del método CVM²⁷:

Tabla 4. Los seis estadios de maduración ósea de las vértebras cervicales.

Presentación esquemática	CS1	CS2	CS3	CS4	CS5	CS6
						
Bordes inferiores de C2, C3, C4	P, P, P	C, P, P	C, C, P	C, C, C	C, C, C	C, C, C

Morfología de C3	T	T	T	RH	Cu/RH	RV/RH
Morfología de C4	T	T	T/RH	RH	Cu/RH	RV/RH
Implicación Clínica	Etapa Pre-puberal	Etapa Pre-puberal	Etapa Circum-puberal	Etapa Circum-puberal	Etapa Post-puberal	Etapa post-puberal
P= Plano; C= Concavidad; T= Trapezoide; RH= Rectangular Horizontal; Cu= Cuadrada; RV= Rectangular Vertical						

En esta guía también se propuso relacionar la forma de las vértebras en cada estadio, con diferentes objetos para que al clínico le sea más fácil recordarlos.²⁸

Estadio CS1, figura 30: la forma de C3 y C4 es trapezoide, la cual se asemeja a una cuña de queso como la figura 30.²⁷



Fig. 30. C3 y C4 pueden tener una forma semejante a una cuña de queso (la altura vertical posterior es más larga que la altura vertical anterior).

El estadio CS1 se produce aproximadamente desde el momento de la erupción de la dentición temporal hasta unos 2 años antes del pico de

crecimiento esquelético craneofacial. En algunos individuos jóvenes, las vértebras C3 y C4 (figura 31) se pueden presentar con forma rectangular vertical (de altura corta), que recuerdan a la forma de un disco de hockey.²⁷



Fig. 31. Cuatro ejemplos del CS1. Obsérvese que los bordes inferiores de los tres cuerpos cervicales no están dentados sino que son planos o ligeramente convexos.

Estadio CS2, figura 32: se puede considerar la etapa de "preparación" prepuberal, porque el intervalo máximo de crecimiento mandibular debe comenzar un año después de que este estadio sea evidente.²⁷



Fig. 32. Cuatro ejemplos del CS2. Hay una concavidad a lo largo del borde inferior de la apófisis odontoides (C2). Los cuerpos vertebrales de C3 y C4 tienen forma de cuña o trapecoide.

Estadio CS3, figura 33: En algunos casos, C3 o C4 tienen una forma rectangular horizontal. Hay que recordar que la diferencia entre estadios es gradual, no brusca, por lo que es apropiado decir que alguien es un CS3 tardío o un CS4 temprano, dependiendo de la morfología de transición de la tercera y cuarta vértebra. En este estadio, se anticipa la velocidad máxima de crecimiento craneofacial.²⁷



Fig. 33. Cuatro ejemplos del CS3. Hay concavidades distintas en el borde inferior de C2 y C3. Una o ambas vértebras cervicales C3 y C4 todavía tienen una forma trapezoide.

Estadio CS4, figura 34: el factor más importante ahora es la forma de C3 y C4. En este estadio ambas vértebras tienen forma rectangular horizontal en lugar de forma trapezoide. Una forma más fácil de recordar este estadio es asociándolo con la "barra de jabón" (figura 35) o con la forma de "tarjeta de crédito" (figura 36). Durante CS4 se puede anticipar un crecimiento craneofacial acelerado continuo.²⁷



Fig. 34. Cuatro ejemplos del CS4. Hay concavidades en todas las vértebras C2-4. Las vértebras C3 y C4 tienen forma rectangular horizontal.



Fig. 35. Las vértebras C3 y C4 en CS4 tienen forma de una barra de jabón.



Fig. 36. La forma de tarjeta de crédito es otra alternativa para recordar las vértebras C3 y C4 en CS4.

Estadio CS5 figura 37: Otra forma de recordar este estadio, es nombrarlo la etapa de "malvavisco" (figura 38) porque la forma de las vértebras C3 y C4 ahora se asemejan a la forma hinchada y cuadra del malvavisco. Las tres vértebras cervicales tienen concavidades, por lo que su presencia ya no es importante en el diagnóstico diferencial. Cuando se alcanza este estadio, se ha logrado el crecimiento craneofacial más sustancial.²⁷



Fig. 37. Cuatro ejemplos del CS5. Las vértebras C3 y C4 ahora tienen forma cuadrada, con la altura posterior igual que el ancho.

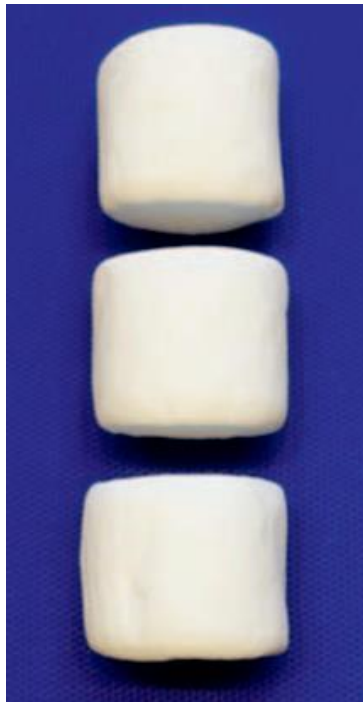


Fig. 38. C3 y C4 en CS5 tienen forma de una pila de malvaviscos.

Estadio CS6, figura 39: El hueso cortical aparece mejor delimitado en el CS6 que en el CS5. Se tienen informes que el 17% de las mujeres nunca alcanzan CS6.²⁷



Fig. 39. Cuatro ejemplos del CS6. Las vértebras C3 y C4 ahora tienen forma rectangular vertical (es decir, mayor altura que anchura).

El proceso de crecimiento es continuo, por lo que los cambios de tamaño son graduales y la forma de cada vértebra se produce con el tiempo (no de la noche a la mañana). Por lo tanto, existe alguna combinación de las características de los estadios.²⁷

En la figura 40-A, se muestra una radiografía, donde podemos observar una transición de CS2 a CS3. Hay una concavidad en el borde inferior de C2 y el comienzo de la formación de una concavidad en C3. Esta etapa puede ser descrita como CS 2-3 o CS2 tardío.²⁷



Fig. 40. (A–D). Cuatro ejemplos de etapas intermedias en las que se observan características morfológicas de dos estadios CVM.

En la figura 40-B, las vértebras son más altas de lo normal en CS3 pero C4 todavía tiene forma trapezoide. Se observa una concavidad en el borde inferior de C4. Esto podría describirse como un CS3 tardío o CS3–4.²⁷

En la figura 40-C podemos observar que la vértebra C3 tiene forma cuadrada, pero C4 tiene forma rectangular-horizontal. Esto podría considerarse como CS 4–5, CS4 tardío o CS5 temprano.²⁷

En la figura 40-D, se puede observar que la vértebra C3 tiene forma rectangular vertical y C4 tiene forma cuadrada, otro ejemplo de los intermedios que pueden presentar los estadios.²⁷

En la guía también se mencionó algunos aspectos técnicos y biológicos, como; la colocación inadecuada de la cabeza dentro del cefalostato puede

provocar problemas de rotación y elevación en la radiografía de la cabeza, de modo que las vértebras no se puedan visualizar, la imagen también puede estar subexpuesta o sobreexpuesta.²⁷

Otro tema a consideración es la aparición de puntas a lo largo del borde inferior de las tres vértebras cervicales. En la figura 41 se puede observar estas islas de hueso, se pueden confundir con el proceso de osificación porque parecen extensiones del borde inferior, lo que lleva a la apariencia errónea de una concavidad o muesca temprana. Estas islas óseas, sin embargo, no están conectadas a los cuerpos vertebrales, sino que son áreas aisladas de hueso.²⁷

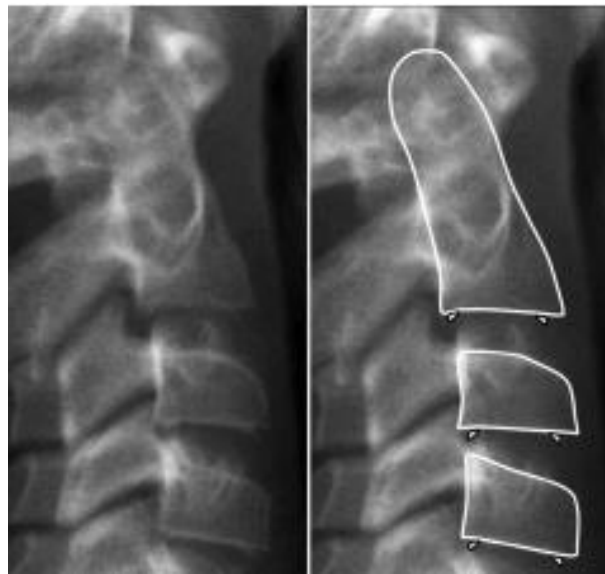


Fig. 41. Se pueden observar picos o islas de hueso a lo largo del borde inferior de las vértebras cervicales en las regiones anterior y posterior. Los picos deben ignorarse al clasificar las vértebras cervicales.

4.5 Validación del método de maduración ósea de las vértebras cervicales

En la literatura aún existen controversias sobre la confiabilidad del método CVM. Se les ha atribuido a los niveles de capacitación, la experiencia clínica y los métodos de evaluación.²⁸

Morales y colaboradores publicaron un estudio en el año 2015, en el cual se utilizó los métodos de Fishman y Lamparski en niños y niñas mexicanos en un rango de edad de 9 a 16 años del Hospital Infantil de México “Federico Gómez”, con los resultados obtenidos se pudo concluir que el porcentaje para predecir la maduración el método de CVM va más allá del 50% y se halló una alta correlación entre el análisis carpal y cervical.²⁹

Bedoya y colaboradores publicaron un estudio en 2016, donde participaron 130 niños entre la edad de 8 y 14 años de la ciudad de Cali, Colombia, se utilizó el método Baccetti, con los resultados obtenidos se determinó que la edad cronológica y la maduración ósea muestran relación moderadamente positiva. Aunque la población femenina presento un estadio de maduración más avanzado que los varones (las diferencias se presentaron solo en los primeros 3 estadios y a partir del 4 estadio no existen diferencias significativas).³⁰

Alvarado y colaboradores publicaron un estudio en 2016, su objetivo fue comparar la maduración ósea de las vértebras cervicales utilizando los métodos de Baccetti y Lamparski en una población nayarita. La muestra fue de 298 radiografías laterales de cráneo, se clasificaron por edades y género con los resultados obtenidos se pudo concluir que los dos análisis mostraron una marcada diferencia en sus interpretaciones, siendo el análisis

de Lamparski más confiable como método diagnóstico de la maduración ósea.¹¹

Montasser y colaboradores publicaron un estudio en 2016, la población de estudio consto de 60 participantes de tres grupos raciales: blancos, afroamericanos e hispanos. Cada grupo se subdividió en femenino y masculino. El rango de edad de los sujetos fue entre 7 y 18 años. Se utilizo el método de Hassel y Farman, con los resultados obtenidos los autores concluyeron que, en ambos sexos, las diferencias raciales no fueron evidentes entre los blancos y los afroamericanos, pero las diferencias fueron evidentes entre los hispanos en comparación con los blancos y los afroamericanos. Las diferencias fueron evidentes entre los sexos en cada uno de los 3 grupos étnicos en los estadios 2 y 3 de CVM. No se detectaron diferencias entre sexos en los estadios 4, 5 o 6 en ninguno de los 3 grupos raciales. Por lo que se recomienda considerar las diferencias raciales y de sexo al utilizar los estadios de CVM como indicador de maduración esquelética.³¹

Cunha y colaboradores publicaron un estudio en el año 2018, donde el objetivo fue comparar el método de Greulich y Pyle (mano-muñeca) y el método de Baccetti (CVM). La población de estudio fue de 15 individuos (8 masculinos y 7 femeninos) de Rio de Janeiro, Brasil en el rango de edad 9 y 16 años. En la figura 42 se pueden observar algunas radiografías laterales de cráneo de este estudio. Con los resultados obtenidos se pudo concluir que no se presentaron diferencias significativas al comparar el método de HW y CVM, ambos representan una buena reproducibilidad para la determinación de la maduración ósea.³²

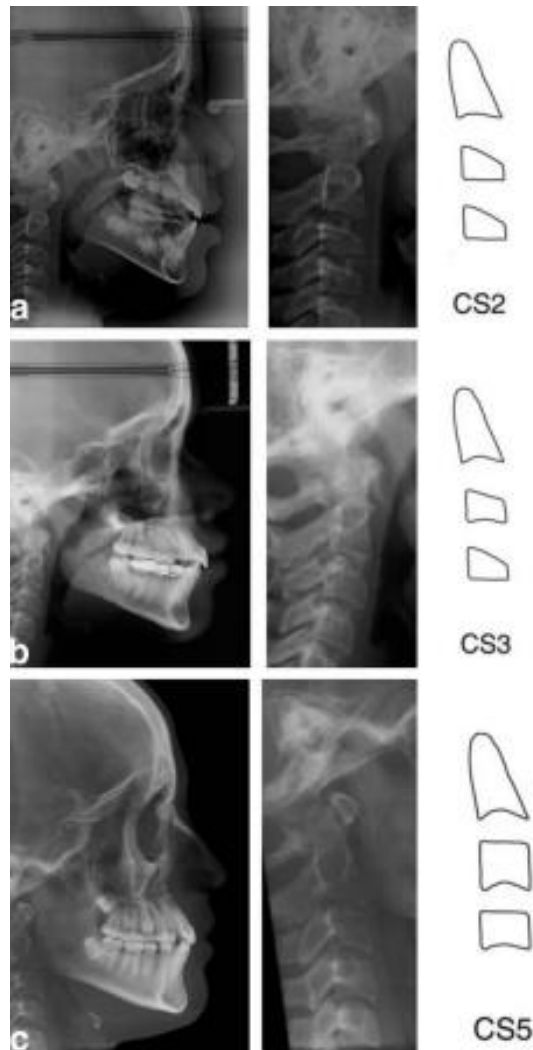


Fig. 42. Radiografía cefalométrica lateral (tamaño completo y vista más cercana) con el estadio esquemático correspondiente de Baccetti. (a) sujeto de 9 años, (b) sujeto de 12 años, (c) sujeto de 15 años.

Szemraj y colaboradores publicaron una revisión sistemática en 2018, se revisaron 10 artículos publicados entre 2006 y 2016. En ocho artículos, los investigadores admitieron que los estadios de CVM podrían reemplazar al método HWM, conocido como el "método estándar de oro". En dos estudios, los investigadores sugirieron considerar al método CVM como un método

adicional a pesar de su compatibilidad y utilidad. Por lo que se puede concluir que el método CVM tiene un alto nivel de correlación con el método HWM.³³

Hosni y colaboradores publicaron un estudio en 2018, el objetivo fue evaluar si existe una correlación entre el estadio CVM y la velocidad de crecimiento en la estatura. La población de estudio fue de 108 participantes, con un rango de edad entre 8 y 18 años (de ambos sexos), del Hospital Dental de la Universidad de Liverpool, Reino Unido. Los resultados fueron; el pico en la velocidad de crecimiento en la estatura ocurrió en el estadio 3 de CVM. Las niñas tuvieron su pico de crecimiento puberal en promedio de 1 a 2 años antes que los niños. Los autores concluyeron que existe una relación significativa entre los estadios CVM y la velocidad de crecimiento en la estatura.²⁶

Ligia y colaboradores publicaron un estudio en 2019 (figura 43), la población de estudio consistió en 215 pacientes, de los cuales 69 eran varones y 146 eran mujeres, del noroeste de Rumania. Con los resultados obtenidos los autores pudieron concluir que la evaluación de la edad ósea mediante el método de CVM de Baccetti y correlacionarla con la edad dental es de gran utilidad para determinar un plan de tratamiento ortodóntico.³⁴



Fig. 43. Análisis de CVM utilizando el software OnyxCeph.

Ferrillo y colaboradores publicaron una revisión sistemática en 2021, se analizaron 12 artículos, publicados en los últimos 19 años (de 2002 a 2017). La mayoría (58,3%) se realizaron en Asia (2 en India, 2 en Turquía, 1 en Irán, 1 en Hong Kong, 1 en Qatar), (33,3 %) en Europa (2 en España, 1 en Italia, 1 en Polonia) y un estudio (8,3 %) de Canadá. Ocho estudios informaron una correlación significativa entre el CVM de Baccetti y diferentes métodos HWM. Los autores concluyeron que CVM podría considerarse un método de evaluación de la maduración ósea confiable en comparación con HWM en sujetos en crecimiento. Sin embargo, se necesitan más estudios para confirmar estos hallazgos.³⁵

Jeon y colaboradores publicaron un estudio en 2021, la población de estudio fue de 1017 pacientes coreanos (403 hombres y 614 mujeres) con rango de edad de 11 a 14, con radiografías de mano y muñeca y cefalograma lateral adquiridos al mismo tiempo. Con los resultados obtenidos los autores pudieron concluir que los puntajes de madurez esquelética SMI, RUS (puntuaciones de maduración ósea de radio-cúbito-huesos cortos) y el CVM

(indicadores de maduración vertebral cervical) pueden usarse de manera efectiva para la determinación de la edad ósea. Sin embargo, los estadios de CVM tienen una precisión limitada, la cual debe mejorarse utilizando el puntaje de maduración ósea RUS, preferiblemente en casos que requieran la estimación del crecimiento residual. Por lo tanto, se recomienda que se obtengan una radiografía de la mano y muñeca, y realizar una evaluación detallada según lo exijan las circunstancias.³⁶

Recientemente se ha propuesto, el uso de IA (inteligencia artificial) en los softwares para ser utilizados como herramientas informáticas en el proceso de toma de decisiones clínicas del CVM, los beneficios que aportan son; aumentar la precisión, disminuir la variabilidad y el error cuadrático en la evaluación de la edad ósea radiológica.^{37 38}

Amasya y colaboradores publicaron un estudio en 2020, donde demostraron que el modelo ANN que desarrollaron, funcionó de cerca, si no mejor, que las observaciones de los clínicos, en el análisis CVM. Y que la AI puede ser de ayuda para el análisis CVM.³⁸

Zhou y colaboradores también desarrollaron un sistema de inteligencia artificial (IA), para determinar automáticamente el estado de CVM. Los puntos de referencia anatómicos y medidas de referencia se muestran en la figura 44. Se concluyó que el algoritmo de IA descrito es preciso y fiable en la identificación de la morfología de las vértebras cervicales y en la determinación de CVM, con alta precisión y concordancia.³⁹

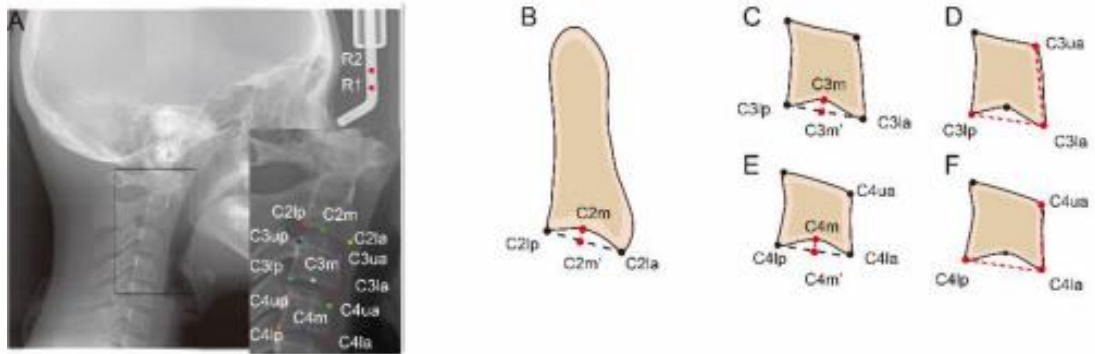


Fig. 44. Trece puntos anatómicos de referencia de C2, C3 y C4.

Conclusiones

El ritmo de maduración ósea no coincide con la edad cronológica, el indicador más aceptado para determinar la maduración es la edad ósea que refleja la edad biológica.

El análisis radiográfico de mano y muñeca es el más aceptado para evaluar el nivel de maduración ósea de un individuo, pero requiere de otra radiografía adicional, lo que presenta una doble exposición a los rayos X para el paciente. Esta es la razón principal para elegir el análisis de maduración ósea de las vértebras cervicales porque solo requiere la radiografía lateral de cráneo.

Las características anatómicas y morfológicas que se observan en las vértebras cervicales durante los seis estadios de maduración ósea son concretas y breves, lo que hace al CVM más factible de entender para el clínico. El nivel de maduración ósea es un auxiliar de diagnóstico que nos permite determinar el tipo de tratamiento ortodóntico que se debe aplicar (ortodóntico, ortopédico o quirúrgico) y cuál es el momento más oportuno para comenzar.

Aún existe discusión sobre la efectividad del CVM porque en algunos estudios la etapa de maduración ósea en la que se encuentran los pacientes no coincide con la morfología descrita en los estadios de CVM, pero en estos estudios no utilizan los estadios intermedios descritos en la guía de Franchi y McNamara publicada en 2018, cuyo propósito es facilitar la aplicación clínica del método y manejar las variaciones morfológicas que se puedan presentar. Por lo que podemos concluir que el CVM es una opción aceptable para determinar la edad ósea y los picos de crecimiento mandibular de un individuo.

Con la búsqueda de información para validar la aplicación de CVM, se pudo concluir que existe una falta de estudios realizados en poblaciones latinoamericanas, por lo que se necesita una mayor exposición de este método en esta población

Recientemente se ha propuesto el uso del software para el análisis de la morfología de las vértebras cervicales, creados por medio de inteligencia artificial que permiten localizar puntos cefalométricos en el cuerpo y los bordes de las vértebras cervicales dando resultados más precisos. Estos sistemas pueden ser usados como una herramienta coadyuvante para el clínico.

Referencias Bibliográficas

1. Moyers R. Manual de ortodoncia. 4a ed. Buenos Aires: Panamericana; 1998. 7–68 p.
2. Vellini F. Ortodoncia: Diagnóstico y Planificación clínica. 1era ed. Sao Paulo, Brasili: Editora Artes Médicas Latinoamericana; 2002. 31–56 p.
3. Ustrell, J Duran J. Ortodoncia. In: 2da ed. Barcelona, España: Ediciones Universidad de Barcelona; 2002.
4. Proffit W., Fields H., Sarver D., Ackerman J. Ortodoncia Contemporánea. 5th ed. Elsevier España, S.L. Barcelona, España; 2014. 21–50 p.
5. Navarro MM, Tejedor BM, López Siguero JP. El uso de la edad ósea en la práctica clínica. An Pediatría Contin [Internet]. 2014 [Consultado 28 Feb 2022] Nov;12(6):275–83. Disponible en : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1696281814702045>
6. Levasseur R. Fisiología del tejido óseo. EMC - Podol [Internet]. 2019. [Consultado 01 Mar 2022] Aug;21(3):1–25. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1762-827X\(19\)42712-0](https://doi.org/10.1016/S1762-827X(19)42712-0)
7. Domínguez EIM, López CM, Ramírez EG, Jiménez JC, Ruidíaz VC. Relación existente entre el tamaño y forma de las vértebras cervicales con los estadios de maduración ósea carpal. Parte II. Rev Mex Ortod [Internet]. 2014. [Consultado 03 Mar 2022] Jan;2(1):24–31. Disponible en: doi: 10.1016/S2395-9215(16)30013-7
8. Reverte-Salazar MG, Rosales-Berber MÁ, Pozos-Guillén A de J, Garrocho-Rangel JA, Torre-Delgadillo A, Esparza-Villalpando V. Correlación entre la Edad Cronológica y Dental con los Estadios de Maduración Vertebral en Pacientes de 5 a 15 Años. Int J Morphol [Internet]. 2019. [Consultado 03 Mar 2022] Jun;37(2):548–53. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022019000200548>.

9. Pose Lepe G, Villacrés F, Silva Fuente-Alba C, Guiloff S. Correlación en la determinación de la edad ósea radiológica mediante el método de Greulich y Pyle versus la evaluación automatizada utilizando el software BoneXpert. *Rev Chil pediatría* [Internet]. 2018. [Consultado 04 Mar 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062018005000705>
10. Ramos Rodríguez RM, Del Ángel Escalona A, Sáenz Faulhaber ME. Edad ósea estimada por los métodos TW2 y TW3 en menores indígenas de Oaxaca, México. *Rev Argentina Antropol Biológica* [Internet]. 2019. [Consultado 04 Mar 2022]. Dec 11;22(1):015. Disponible en: doi:10.24215/18536387e015
11. Alvarado-Torres E, Gutiérrez-Rojo JF, Rojas-García AR. Comparación de la Maduración Ósea de Vértebras Cervicales Utilizando los Métodos de Baccetti y Lamparski en Pacientes de 8 a 15 Años. *Int J Odontostomatol* [Internet]. 2016. [Consultado 04 Mar 2022]-Apr;10(1):63–7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-381X2016000100011>.
12. Frank D, Rill L, Kolarovszki B, Nagy ÁK. [Classical and modern methods for the assessment of skeletal maturation and pubertal growth spurt]. *Orv Hetil* [Internet]. 2018. [Consultado 04 Mar 2022] Sep;159(35):1423–32. Disponible en: doi: 10.1556/650.2018.31151
13. Caplin J, Han MD, Miloro M, Allareddy V, Markiewicz MR. Interceptive Dentofacial Orthopedics (Growth Modification). *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* [Internet]. 2020. [Consultado 05 Mar 2022] 32(1):39–51. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.coms.2019.08.006>
14. Subramanian S, Viswanathan VK. Bone Age. *StatPearls* [Internet]. 2022. [Consultado 12 Mar 2022]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30725736>
15. Drake R, Mitchell A, Wayn A, PhD V. Gray. Anatomía para estudiantes. In: 4ta ed. España: Elsevier Inc; 2020. p. 844–6.

16. Adrián PE. Anatomía Clínica. 2da ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2014. 88–91 p.
17. Waxenbaum JA, Reddy V, Futterman B. Anatomy, Back, Cervical Vertebrae. 2022.
18. Gündüz Arslan S, Dildeş N, Devecioglu Kama J. Cephalometric Investigation of First Cervical Vertebrae Morphology and Hyoid Position in Young Adults with Different Sagittal Skeletal Patterns. *Sci World J* [Internet]. 2014. [Consultado 08 Mar 2022]. 1–8. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2014/159784>
19. Esparza Piña JA. Fractura de odontoides: tratamiento, pronóstico y morbimortalidad asociada en un Hospital de Alta Concentración. *Ortho-tips* [Internet]. 2021. [Consultado 07 Mar 2022] 17(1):18–24. Disponible en: 10.35366/99163
20. Ortiz M, Godoy S, Fuenmayor D, Farias M, Quirós O, Rondón S, et al. Metodo de maduración ósea de las vertebrae cervicales, en pacientes del Diplomado de Ortodoncia Interceptiva [Internet]. *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría Madrid, España*. 2007. [Consultado 10 Mar 2022]. Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2007/art-4/>
21. Stiehl J, Müller B, Dibbets J. The Development of the Cervical Vertebrae as an Indicator of Skeletal Maturity: Comparison with the Classic Method of Hand-wrist Radiograph. *J Orofac Orthop / Fortschritte der Kieferorthopädie* [Internet]. 2009. [Consultado 12 Mar 2022]. Jul 2;70(4):327–35. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s00056-009-9918-x>
22. Hassel B, Farman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* [Internet]. 1995. [Consultado 21 Mar 2022]. Jan;107(1):58–66. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7817962>

23. Franchi L, Baccetti T, McNamara JA. Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2000. [Consultado 22 Mar 2022] 118(3):335–40. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0889540600579414>

24. De Saturno LD. *Ortodoncia en Dentición Mixta*. 1era ed. Caracas, Venezuela: Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica, C.A (AMOLCA); 2007. 137 p.

25. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics. *Semin Orthod* [Internet]. 2005. [Consultado 23 Mar 2022] Sep;11(3):119–29. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1073874605000216>

26. Hosni S, Burnside G, Watkinson S, Harrison JE. Comparison of statural height growth velocity at different cervical vertebral maturation stages. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2018. [Consultado 02 Abr 2022] 154(4):545–53. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2017.12.016>

27. McNamara JA, Franchi L. The cervical vertebral maturation method: A user's guide. *Angle Orthod* [Internet]. 2018. [Consultado 24 Mar 2022]. Mar 1;88(2):133–43. Disponible en: <https://meridian.allenpress.com/angle-orthodontist/article/88/2/133/59164/The-cervical-vertebral-maturation-method-A-users>

28. Franchi L, Nieri M, McNamara JA, Giuntini V. Predicting mandibular growth based on CVM stage and gender and with chronological age as a curvilinear variable. *Orthod Craniofac Res* [Internet]. 2021. [Consultado 02 Abr 2022]. 24(3):414–20. Disponible en: [g/10.1111/ocr.1245](https://doi.org/10.1111/ocr.1245)

29. Fuentes AM De, López JC, Jiménez JFC, Ruidíaz VC, Romero RMD. La correlación entre el análisis cervical y carpal de maduración ósea en niños y niñas mexicanos de 9 a 16 años del Hospital Infantil de México «Federico Gomez». *Rev Mex Ortod* [Internet]. 2015. [Consultado 02 Abr 2022]. 3(4):233–8. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rmo.2016.03.061>
30. Bedoya Rodríguez A, Cesar J, Patiño O, Andrés J, Cardona T. Edad cronológica y maduración ósea cervical en niños y adolescentes Chronological age and cervical vertebral maturation among children and adolescents. *Rev Cubana Estomatol* [Internet]. 2016. [Consultado 01 Mar 2022] 51(1):43–53. Disponible en: <http://scielo.sld.cuhttp://scielo.sld.cu>
31. Montasser MA, Viana G, Evans CA. Racial and sex differences in timing of the cervical vertebrae maturation stages. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2017. [Consultado 02 Abr 2022]. 151(4):744–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2016.09.019>
32. Cunha AC, Cevidanes LHS, Sant’Anna EF, Guedes FR, Luiz RR, McNamara JA, et al. Staging hand-wrist and cervical vertebrae images: A comparison of reproducibility. *Dentomaxillofac Radiol* [Internet]. 2018. [Consultado 02 Abr 2022]. 47(5):1–7. Disponible en: [10.1259/dmfr.20170301](https://doi.org/10.1259/dmfr.20170301)
33. Szemraj A, Wojtaszek-Słomińska A, Racka-Pilszak B. Is the cervical vertebral maturation (CVM) method effective enough to replace the hand-wrist maturation (HWM) method in determining skeletal maturation?—A systematic review. *Eur J Radiol* [Internet]. 2018. [Consultado 02 Abr 2022]. 102(March):125–8. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2018.03.012>
34. Ligia Vaida L, Moca A, Todor L, Țenț A, Ioana Todor B, Negruțiu B, et al. Correlations between morphology of cervical vertebrae and dental

- eruption. Rom J Morphol Embryol [Internet]. 2019. [Consultado 02 Abr 2022]. (1):175–80. Disponible en: <http://www.rjme.ro/>
35. Ferrillo M, Curci C, Rocuzzo A, Migliario M, Invernizzi M, De Sire A. Reliability of cervical vertebral maturation compared to hand-wrist for skeletal maturation assessment in growing subjects: A systematic review. J Back Musculoskelet Rehabil [Internet]. 2021. [Consultado 02 Abr 2022]. 34(6):925–36. Disponible en: <https://10.0.12.161/BMR-210003>
36. Jeon JY, Kim CS, Kim JS, Choi SH. Correlation and correspondence between skeletal maturation indicators in hand-wrist and cervical vertebra analyses and skeletal maturity score in korean adolescents. Children [Internet]. 2021. [Consultado 02 Abr 2022]. 8(10). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/children8100910>
37. Amasya H, Yildirim D, Aydogan T, Kemaloglu N, Orhan K. Cervical vertebral maturation assessment on lateral cephalometric radiographs using artificial intelligence: Comparison of machine learning classifier models. Dentomaxillofacial Radiol [Internet]. 2020. [Consultado 02 Abr 2022] 49(5). Disponible en: <https://10.0.4.235/dmfr.20190441>
38. Amasya H, Cesur E, Yildirim D, Orhan K. Validation of cervical vertebral maturation stages: Artificial intelligence vs human observer visual analysis. Am J Orthod Dentofac Orthop [Internet]. 2020. [Consultado 02 Abr 2022]. Dec;158(6):e173–9. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0889540620306028>
39. Zhou J, Zhou H, Pu L, Gao Y, Tang Z, Yang Y, et al. Development of an artificial intelligence system for the automatic evaluation of cervical vertebral maturation status. Diagnostics [Internet]. 2021. [Consultado 02 Abr 2022]. 11(12):1–11. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/diagnostics11122200>