

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA**  
**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**  
**ESPECIALIDAD EN ORTODONCIA**



**TÍTULO DE TESIS**

**ASOCIACIÓN ENTRE LA MADUREZ ESQUELETAL Y LA MADUREZ DE LA  
SUTURA MEDIA PALATINA EN ANÁLISIS DE CBCT.**

**NO. DE REGISTRO: 2023-1**

**TESIS QUE PRESENTA:**

**C.D. JAIME ARIAS MACHADO**

**PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN ORTODONCIA**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**DR. EN C. JULIO CARLOS GARNICA PALAZUELOS**

**CO-DIRECTOR DE TESIS:**

**M. C. O. TONANTZIN GONZÁLEZ ARREDONDO**

**CULIACÁN ROSALES, SINALOA, OCTUBRE DE 2023**



Dirección General de Bibliotecas  
Ciudad Universitaria  
Av. de las Américas y Blvd. Universitarios  
C. P. 80010 Culiacán, Sinaloa, México.  
Tel. (667) 713 78 32 y 712 50 57  
dgbuas@uas.edu.mx

## UAS-Dirección General de Bibliotecas

### Repositorio Institucional Buelna

#### Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial  
Compartir Igual, 4.0 Internacional



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Universidad Autónoma de Sinaloa, en especial al posgrado de ortodoncia por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios.

A mis padres Petra Machado León y Ángel Arias Valencia por su apoyo en cada una de las etapas por la que me ha tocado cursar, por acompañarme en cada uno de mis logros.

Agradezco a los docentes por todos los conocimientos brindados a lo largo de la especialidad, por dar lo mejor de ellos para compartir su conocimiento tanto en clínica como en teoría.

Le doy gracias a Dios y a la vida por haberme permitido encontrar personas valiosas en mi camino que me permitieron aprender de ellas y motivarme para alcanzar mis metas.

En especial a los docentes y tutores que se involucraron en este trabajo de investigación, por haber brindado su tiempo, conocimiento y esfuerzo para que se lleve a cabo este proyecto.

## **DEDICATORIA**

A Dios por permitir tener salud y vida, en este sueño que ahora se convierte realidad y sin él no hubiera sido posible.

Dedico este trabajo a mis padres ya que ustedes siempre estuvieron a mi lado apoyándome, por haberme inculcado valores y lograr ser la persona que ahora soy, mis logros son para ustedes por ser mi mayor motivación e inspiración, gracias por su amor, apoyo y comprensión en este largo camino que sin ustedes no hubiera podido lograr.

A mi novia ya que ella fue muy importante en este camino, por apoyarme, motivarme, tenerme paciencia, por siempre dar lo mejor de ella para alentarme a seguir y no darme por vencido.

A mis hermanos que siempre están brindando su apoyo, su sabiduría, por enseñarme con su ejemplo, la dedicación y constancia que siempre podemos lograr nuestras metas.

## ÍNDICE

1. Resumen .....	1
2. Abstract .....	2
3. Introducción.....	3
4. Antecedentes .....	5
4.1. Ortodoncia .....	5
4.2. Ortopedia .....	6
4.3. Ortopedia funcional .....	6
4.4. Ortopedia mecánica.....	7
4.5. Expansión maxilar .....	8
4.6. Maduración .....	11
4.7. Madurez bioquímica y hormonal .....	12
4.8. Madurez dental .....	13
4.9. Madurez esquelética .....	13
4.10. Madurez sutural .....	14
4.11. Osificación .....	14
4.12. Osificación Intramembranosa .....	16
4.13. Osificación endocondral .....	17
4.14. Método de maduración de vértebras cervicales .....	17
4.15. Método sutura media palatina .....	19
4.16. Imágenes diagnósticas en ortodoncia .....	20
4.17. Tomografía computarizada en ortodoncia .....	21
5. Marco teórico .....	23
5.1. Método de maduración de sutura media palatina.....	23
5.2. Indicadores de madurez esquelética.....	31
5.3. Método de maduración de vértebras cervicales .....	32
6. Planteamiento del problema .....	39
7. Justificación.....	39
8. Hipótesis .....	41
9. Hipótesis nula.....	41
10. Objetivos .....	41

10.1. Objetivo general .....	41
10.2. Objetivos específicos .....	41
11. Metodología .....	42
11.1. Tipo de estudio .....	42
11.2. Muestreo .....	42
11.3. Criterios de inclusión .....	42
11.4. Criterios de exclusión .....	42
11.5. Tamaño de muestra .....	43
11.6. Variables .....	43
11.7. Obtención de tomografías computarizadas de pacientes de la clínica de posgrado UAS .....	44
11.8. Estandarización .....	45
11.9. Evaluación de la madurez esquelética con el método de maduración de vértebras cervicales de Baccetti .....	46
11.10. Evaluación de la madurez de sutura media palatina con el método de Angellieri .....	46
12. Resultados .....	49
12.1. Muestra de estudio .....	49
12.2. Resultados de la evaluación de madurez con el método de maduración de vértebras cervicales de Baccetti .....	51
12.3. Resultados de la evaluación de madurez con el método de maduración de sutura media palatina .....	53
12.4. Diferencias entre edad y maduración dividido por sexo .....	54
12.5. Asociación de los estadios de madurez de vértebras cervicales y madurez de sutura media palatina .....	55
12.6. Asociación entre edad y maduración .....	56
12.7. Asociaciones entre edad y maduración de vértebras cervicales y sutura media palatina dividido por sexo .....	57
13. Discusión .....	58
14. Conclusiones .....	60
15. Referencias bibliográficas .....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

1. Tabla I. Descripción de la variable dependiente .....	43
2. Tabla II. Descripción de las variables independientes .....	44
3. Tabla III. Resultados de evaluaciones para estandarización .....	45
4. Tabla IV. Total, de pacientes, edad promedio, máxima y mínima, desviación estándar .....	49
5. Tabla V. Distribución de maduración de vértebras cervicales según sexo femenino y masculino.....	50
6. Tabla VI. Distribución de maduración de sutura media palatina según sexo...52	
7. Tabla VII. Distribución de las diferencias de edad dividido por sexo, maduración de vértebras cervicales dividido por sexo, maduración de sutura media palatina dividido por sexo .....	54
8. Tabla VIII. Distribución de la asociación de pacientes entre vértebras cervicales y sutura media palatina .....	55
9. Tabla IX. Distribución de las asociaciones entre edad y madurez.....	56
10. Tabla X. Descripción estadística de los métodos de maduración de sutura media palatina y vértebras cervicales .....	56
11. Tabla XI. Distribución de asociaciones divididos por sexo .....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

1. Figura 1. Ilustración de la estandarización de la posición de cabeza .....	25
2. Figura 2. Dibujo esquemático de las etapas de maduración observadas en la sutura media palatina.....	27
3. Figura 3. Etapa A de maduración de sutura media palatina .....	28
4. Figura 4. Etapa B de maduración de sutura media palatina .....	29
5. Figura 5. Etapa C de maduración de sutura media palatina.....	29
6. Figura 6. Etapa D de maduración de sutura media palatina.....	30
7. Figura 7. Etapa E de maduración de sutura media palatina .....	31
8. Figura 8. Representación esquemática de la forma de las vértebras cervicales .....	35
9. Figura 9. Representación esquemática de las etapas de las vértebras cervicales .....	35
10. Figura 10. Estadio 1 de maduración de vértebras cervicales .....	36
11. Figura 11. Estadio 2 de maduración de vértebras cervicales .....	36
12. Figura 12. Estadio 3 de maduración de vértebras cervicales .....	37
13. Figura 13. Estadio 4 de maduración de vértebras cervicales .....	37
14. Figura 14. Estadio 5 de maduración de vértebras cervicales .....	38
15. Figura 15. Estadio 6 de maduración de vértebras cervicales .....	38
16. Figura 16. Dibujo esquemático de los estadios de maduración de sutura media palatina.....	47



17.Figura 17. Diagrama de decisión para la clasificación de las etapas de maduración de sutura media palatina .....	48
18.Figura 18. Distribución de la muestra según sexo .....	49
19.Figura 19. Distribución de pacientes para el método de vértebras cervicales .....	51
20.Figura 20. Distribución de pacientes para el método de sutura media palatina .....	53

## **ABREVIATURAS**

- I. CSV: Cervical stage vertebrae, por su acrónimo en inglés.
- II. CBCT: Cone beam computed tomography, por su acrónimo en inglés.
- III. ERM: Expansión rápida del maxilar.
- IV. CVM: Cervical vertebrae method, por sus siglas en inglés.
- V. UAS: Universidad Autónoma de Sinaloa.

## 1. RESUMEN

La madurez esquelética nos ayuda a estimar el momento oportuno para el inicio de un tratamiento de ortopedia, existiendo herramientas como la madurez de vértebras cervicales y de madurez de sutura media palatina. La madurez de vértebras cervicales nos sirve como un indicador biológico para conocer el estado de madurez esquelética de un paciente. La madurez de sutura media palatina nos sirve para estimar el nivel de osificación de la sutura al momento de elegir una decisión en los tratamientos de correcciones transversales del maxilar. El objetivo de este estudio fue evaluar la asociación de las etapas de madurez esquelética de vértebras cervicales y las etapas de maduración de sutura media palatina mediante tomografía computarizada y comprobar si existe asociación entre ellas. Se analizaron 32 tomografías computarizadas 12 hombres y 20 mujeres, se llevó a cabo el análisis de maduración esquelética de Baccetti y la maduración de sutura media palatina descrito por Angelieri. Se analizó la asociación existente entre maduración de sutura media y maduración de vértebras cervicales con una correlación de Spearman. Se encontró una asociación positiva moderada entre la maduración de vértebras cervicales y la maduración de sutura media palatina ( $r=.401$ ,  $p=.023$ ). La mayor asociación de los estadios de maduración de vértebras cervicales se encontró en los estadios de maduración de sutura media palatina B (8 pacientes) y C (11 pacientes). La mayor asociación de sutura media palatina se encontró en los estadios de vértebras cervicales 4 (8 pacientes) y 5 (10 pacientes). La asociación entre las variables a pesar de ser positiva fue muy baja, por lo que la madurez esquelética medida por el método de maduración de vértebras cervicales de Baccetti no es un buen predictor de la madurez de sutura media palatina.

**Palabras clave:** Vértebras cervicales, sutura media palatina, expansión maxilar, maduración esquelética.

## 2. ABSTRACT

Skeletal maturity helps us estimate the right time to start orthopedic treatment, with tools such as cervical vertebrae maturity and middle palatine suture maturity. The maturity of cervical vertebrae serves as a biological indicator to know the state of skeletal maturity of a patient. The maturity of the mid-palatine suture helps us to evaluate the level of ossification of the suture when making a decision in the treatments of transverse corrections of the maxilla. The objective of this study was to evaluate the association of cervical vertebrae skeletal maturation stages and mid-palatal suture maturation stages by computed tomography and check if there is an association between them. 32 computed tomography were analyzed, 12 men and 20 woman, the analysis of Baccetti skeletal maturation and mid-palatal suture maturation described by Angelieri were performed. The association between middle suture maturation and cervical vertebrae maturation was analyzed with a Spearman correlation. A moderate positive association was found between the cervical vertebrae maturation and mid-palatal suture maturation ( $r=.401$ ,  $p=.023$ ). The highest association of cervical vertebrae maturation stages was found in mid-palatal suture maturation stages B (8 patients) and C (11 patients). The highest association of mid-palatal suture was found in cervical vertebrae stages 4 (8 patients) and 5 (10 patients). The association between the variables, despite being positive, was very low, so skeletal maturity measured by the cervical vertebrae maturation method of Baccetti is not a good predictor of mean palatine suture maturity.

**Keywords:** Cervical vertebrae, mid-palatal suture, maxillary expansion, skeletal maturation.

### 3. INTRODUCCIÓN

Históricamente la ortodoncia ha tratado de resolver discrepancias esqueléticas apoyándose de la ortopedia, los efectos terapéuticos de la ortopedia pueden ser verticales, transversales y/o sagitales. De acuerdo con los principios biológicos o mecánicos bajo los cuales actúa la terapéutica, esta puede clasificarse en mecánica o funcional.(1)

La madurez esquelética nos indica el nivel de osificación de los huesos, esto varía de acuerdo a cada persona en duración, tiempo y velocidad de crecimiento. Estimar la edad ósea en etapas preadolescentes y adolescentes nos sirve para diagnosticar y elaborar planes de tratamiento específicos de acuerdo a cada persona ya que el potencial de crecimiento se produce en momentos diferentes en cada persona.(2)

Las deficiencias transversales en el maxilar han sido un problema común en ortodoncia que se observa generalmente en niños. Para su tratamiento se recomienda llevar tratamiento de manera temprana utilizando diversos dispositivos para corregir las desviaciones en el maxilar. El método más utilizado es la expansión rápida del maxilar, que describió Angell y se ha utilizado durante más de 150 años.(3)

Con el paso de los años han sido propuestos diversos indicadores de madurez esquelética para poder definir el momento óptimo para realizar diversos tratamientos en ortopedia. La evidencia científica describe que el momento óptimo para ejecutar un tratamiento de ortopedia es durante los picos de crecimiento que ante un crecimiento acelerado de las bases óseas disminuye el tiempo de tratamiento y favorece la corrección ortopédica de los sujetos.(4)

Hablar del momento óptimo para realizar ortopedia va de la mano con los periodos de crecimiento acelerado los cuales pueden favorecer en gran medida la corrección de los problemas esqueléticos. Para evaluar la madurez esquelética en ortodoncia Baccetti y col. han propuesto un método el cual utiliza las vértebras cervicales y las clasifica en 6 estadios, dicho método se lleva a cabo sobre radiografía lateral de cráneo, que regularmente se solicita por los ortodoncistas de manera rutinaria para el diagnóstico y evita una radiación extra al paciente.(4)

Angelier (2013), propuso un método para evaluar la maduración de la sutura media palatina basado en imágenes de tomografía computarizada, clasificando en base a sus hallazgos que en la sutura media palatina podían encontrar cinco etapas de maduración (A, B, C, D y E) las cuales facilitarían predecir el éxito de la expansión rápida maxilar, además descubrió que se obtenían resultados esqueléticos más favorables en pacientes que se encontraban en etapas de maduración esquelética temprana o prepuberales.(5)

Para tener un resultado mucho más exacto se emplea la tomografía computarizada ya que esta ofrece imágenes en alta resolución en las 3 dimensiones del espacio. Durante los últimos años ha incrementado su uso de manera significativa. La aplicación en ortodoncia es muy amplia desde diagnósticos volumétricos de dientes impactados, vías aéreas, tamaño de estructuras, posiciones de los órganos dentales dentro de las bases óseas o planeaciones precisas de cirugía ortognática, la visión de las estructuras es más clara en comparación con la radiografía convencional.(1)

El objetivo del presente estudio es evaluar las diferentes etapas de madurez esquelética para compararlas con las distintas etapas de madurez de la sutura media palatina mediante tomografía computarizada para evaluar si existe asociación entre ellas.

## 4. Antecedentes

### 4.1. ORTODONCIA

Es una especialidad encargada de diagnosticar, prevenir e interceptar y dar tratamiento al desarrollo de la oclusión por medio de aparatología mecánica la cual ejerce fuerzas sobre los órganos dentales. Etimológicamente la ortodoncia proviene del término introducido por Defoulon (1841), procedente de los vocablos orto (recto) y odóntos (dientes).(6)

Angle (1890) se le atribuye gran influencia en la oclusión dental y su posterior corrección para lograr una oclusión armónica, inicio el desarrollo de la ortodoncia como una especialidad separada, por esto fue reconocido como el padre de la ortodoncia moderna. Angle clasificó las maloclusiones en 1890 esto dio gran salto en el desarrollo de la ortodoncia.(8)

La ortodoncia corrige las anormalidades de crecimiento de estructuras dentomaxilares, dentro de su práctica se incluye corregir cualquier forma de maloclusión de los órganos dentales, también se lleva a cabo el diseño y la aplicación de las fuerzas que se producen en la aparatología fija para mover los órganos dentales, sus objetivos principales son la función, estética y estabilidad.(9)

La ortodoncia puede clasificar sus tratamientos en ortodoncia preventiva, interceptiva, ortopedia funcional de los maxilares, ortodoncia correctiva y rehabilitación ortodóntica.(7)

La ortodoncia preventiva es llevada a cabo en los casos donde hay ausencia de la enfermedad y conlleva todas las medidas de tipo preventivas como lo son técnicas de cepillado, selladores de fosetas y fisuras, aplicaciones de flúor e instruir los correctos hábitos alimenticios.(7)

La ortodoncia interceptiva inicia cuando se presentan los primeros signos de enfermedad y pudieran desestabilizar la correcta evolución de las estructuras dentofaciales, en esta etapa se pueden llevar a cabo tratamientos como son

eliminación de dientes retenidos y supernumerarios, eliminar hábitos nocivos, mantenedores de espacio, tratamiento temprano de mordidas cruzadas.(7)

## **4.2. ORTOPEDIA**

Actualmente en el mundo se utilizan aparatos funcionales intraorales, así como extraorales para modificar o redirigir el crecimiento, se ha convertido en un objetivo primordial el poder conseguir una relación intermaxilar correcta. En Europa y E.U.A se desarrollaron los métodos de ortopedia funcional mandibular y uso de fuerza extraoral para lograr cambios esqueléticos redirigiendo o modificando el crecimiento esquelético de los maxilares.(8)

Las anomalías faciales o deformidades maxilares se presentan con bastante frecuencia, en comparación con anomalías dentoalveolares son mucho menos frecuentes. Aproximadamente un 5% de pacientes que reciben tratamiento de ortodoncia podrían clasificarse como afectados y por lo tanto necesitar un tratamiento multidisciplinario.(10)

La ortopedia está dividida en dos áreas; ortopedia funcional y ortopedia mecánica.

## **4.3. ORTOPEDIA FUNCIONAL**

La ortopedia funcional de los maxilares induce modificaciones en la posición, dinámica de los maxilares, que activan favorablemente al sistema neuromuscular, los cambios ocasionados corrigen funciones orofaciales e inciden en el sistema neuromuscular e influye en el desarrollo maxilofacial.(11)

Con el empleo de la ortopedia funcional se puede lograr una armonía oclusal eliminando interferencias no deseadas, guiando a los dientes a posiciones funcionales, alterando la dinámica oclusal y mejorando la eficiencia de la masticación.(11)

Hans P. Bimler menciona que los aparatos funcionales se realizan a través de control de acción intrínseco, esto se refiere a que los pacientes inconscientemente y mediante



el sistema de reflejos neuromusculares, activan las fuerzas que ejercen estos aparatos en los dientes, periodonto y maxilares.(12)

Se ayuda de la fuerza muscular para cambiar la forma de los huesos, con ayuda de aparatos intraorales elaborados con acrílico, para modificar posición y función de los maxilares, además ayuda a aumentar o modular el crecimiento del hueso basal y alveolar.(9)

Cuando los estímulos sufren modificaciones en magnitud, intensidad, frecuencia y dirección, hace que los tejidos sufran una transformación y produce cambios, significativos que se adaptan a las nuevas condiciones de trabajo, el movimiento de los músculos masticatorios así como la lengua los carrillos y labios ejercen la fuerza que produce el estímulo repetitivo influyendo sobre el crecimiento y produciendo un balance más favorable a las estructuras rígidas como los hueso y dinámicas como los músculos.(9)

#### **4.4. ORTOPEDIA MECÁNICA**

Esta es utilizada para producir cambios morfológicos, redirigir, modular e inducir el crecimiento esquelético en maxilar y mandíbula, se lleva a cabo utilizando fuerzas pesadas mayores a 400 gramos, que se producen por sistemas mecánicos como lo son tornillos de expansión, mentoneras, tracciones orales y máscaras faciales.(9)

Mediante la aplicación de fuerzas se crea una distracción osteogénica, la cual es un método que se basa en el desarrollo de neoformación ósea entre dos superficies óseas, en resultado a el empleo de fuerzas, las cuales se separan progresivamente los segmentos. La distracción osteogénica posibilita corregir problemas maxilares horizontales, verticales, mediante aparatos extraorales e intraorales.(13)

Las maloclusiones transversales establecen alteraciones de la oclusión, se observan a edades tempranas, producidas por múltiples causas, hay diversos tratamientos los cuales se llevan a cabo en pacientes que presentan maloclusiones transversales, la más utilizada es la expansión rápida del maxilar, este método fue descrito por Angle

en 1860, realizó el primer expansor para abrir la sutura media palatina mediante fuerzas puramente ortopédicas. La expansión rápida del maxilar es un tratamiento muy favorable para sujetos con micrognatismo transversal del maxilar, esta técnica es de las más utilizada al inicio de cualquier tratamiento ortodóncico para interceptar o corregir problemas de discrepancias transversales. Este tratamiento se utiliza en pacientes que presentan discrepancias mayores a 5mm, regularmente se utiliza para corregir mordidas cruzadas bilaterales, pacientes con hendiduras labiopalatinas, además de inhibición del crecimiento del maxilar superior, este tratamiento no está indicado para aquellos pacientes que presenten simplemente un diente cruzado, asimetría maxilar o mandibular y pacientes que no cooperen con el tratamiento.(14, 15)

Existen diferentes diseños de estos dispositivos, los más reconocidos en la literatura son los expansores de tipo dental denominado Hass y Hyrax, la principal diferencia la encontramos en expansor de tipo Hass el cual cuenta con una base de acrílico la cual tiene apoyo en las paredes laterales de la bóveda palatina y así estabilizar el anclaje para distribuir mejor de las fuerzas.(16)

#### **4.5. EXPANSIÓN MAXILAR**

Se describió por primera vez por Angell (1860), y tiempo después retomado por Hass. Se trata de un método ortopédico, el cual su historia data a mediados del siglo pasado. Angell fue el precursor y hace referencia a un tratamiento para aumentar el ancho transversal del maxilar mediante manera mecánica. El primer tratamiento lo llevó a cabo con un aparato que incluía un tornillo expansor sagital localizado a nivel de premolares en un sujeto femenino de 14 años, logró ampliar el paladar un cuarto de pulgada en dos semanas.(17, 18)

Goddard (1893), publicó su trabajo el cual titulaba "la separación del maxilar superior por la sínfisis" debido a esta publicación se ganó inmensos elogios, obteniendo la importancia clínica y académica de este procedimiento.(9, 19)

Brown (1903) hizo hincapié que la expansión maxilar rápida podría tener la capacidad terapéutica en tratamientos que incluían problemas respiratorios.(9, 19)

En 1909 Dean publicó el primer artículo sobre la expansión rápida del maxilar, y llevaba por nombre "la influencia en la nariz por la ampliación del arco palatino", fue este artículo donde se mostró la primera radiografía de la sutura media palatina abierta.(9, 19)

Hass (1950) fue de los primeros y más principales precursores de este método en estados unidos, llevó a cabo estudios experimentando en animales estudiando los efectos de la expansión rápida maxilar.(9, 19)

Dentro de los tratamientos en ortodoncia para tratar diferentes situaciones clínicas, encontramos la expansión maxilar rápida, esta terapia está indicada para tratar anomalías como lo son mordidas cruzadas, apiñamientos dentales y deficiencias transversales del maxilar. Los maxilares que presentan deficiencias transversales pueden deberse a diferentes orígenes que van desde origen esquelético, dental, o ambos combinados.(20, 21)

En la modificación del crecimiento es fundamental aumentar los cambios esqueléticos mientras que es importante limitar cambios dentales. La expansión rápida del maxilar consiste en aumentar el ancho transversal del maxilar superior.(8)

Anteriormente se pensaba que utilizar una fuerza rápida en los órganos dentales posteriores, afectaría directamente a la sutura palatina logrando abrirla. El protocolo de activación del tornillo expansor para lograr la ERM es de 1 mm por semana logra generar fuerzas de alrededor de 500 gramos, en una expansión de una vuelta cada dos días se obtiene fuerzas aproximadas de 1 kg, donde el mayor movimiento consistiría en la separación del maxilar, por otro parte si no se aplica una fuerza suficiente pesada el mayor resultado se obtendrá dentalmente.(8)

Conforme se vaya realizando la expansión rápida del maxilar se formará un diastema en los órganos dentales centrales, mientras que la apertura en la sutura va a contener en un principio líquidos tisulares y hemorragia, en este punto la expansión se encontrará en una etapa inestable, por lo tanto, se tendrá que bloquear el tornillo de

expansión para mantenerlo en retención durante un tiempo aproximado de 4 a 6 meses. Una vez que se completa el tiempo de retención el área expandida en la sutura se encontrará lleno de hueso neoformado y es en este momento cuando la expansión rápida del maxilar se habrá estabilizado, el diastema en incisivos centrales superiores reducirá su tamaño y en ocasiones puede llegar a desaparecer.(8)

La respuesta a la expansión maxilar rápida se va a diferenciar dependiendo la edad y maduración de las personas, el entrelazado de la sutura media palatina va a incrementar a medida que madura, esto va a dificultar más la expansión maxilar. Esto va a ocasionar en una expansión maxilar con sutura madura un movimiento puramente dental, por lo que se ocasiona un mayor aumento de recidiva por consecuencia de que la expansión fue menor ortopédica y mayormente dental.(22, 23)

En la expansión maxilar rápida la sutura media palatina es la región donde presenta mayor resistencia, se ha confirmado que otras regiones que también contribuyen a generar resistencia a la expansión rápida maxilar, en las que encontramos a las suturas cigomaticomaxilares, pterigoideas y cigomaticotemporales. La edad no será un método confiable para poder establecer el nivel de desarrollo de la sutura media palatina, es importante comprender la variabilidad de desarrollo de la sutura para comprender que un paciente adulto puede llevar a cabo un tratamiento de expansión maxilar rápida como alternativa a una expansión maxilar rápida asistida quirúrgicamente.(24, 25)

La madurez esquelética de los pacientes es de gran importancia para establecer el mejor momento al realizar los tratamientos de ortodoncia u ortopedia. Predecir el comienzo de crecimiento puberal es un método utilizado frecuentemente al realizar tratamientos de ortodoncia y ortopedia en sujetos en crecimiento, esto va a facilitar decidir el mejor momento para llevar a cabo tratamientos que modifiquen el crecimiento esquelético. Identificar las fases de madurez de los pacientes es necesario para llevar a cabo un diagnóstico y plan de tratamiento en aquellos sujetos que presenten problemas o desarmonías en el patrón de crecimiento facial, esto nos permite la correcta intervención y solución de tratamiento. Anteriormente se pensaba que basándose en la edad de los pacientes se podía decidir sobre realizar la expansión

rápida del maxilar, así como también basándose en la edad cronológica de cada paciente, dejando muchas dudas de cuál era el momento óptimo para realizar una expansión rápida del maxilar. El método más reciente para valorar el crecimiento puberal de los pacientes es el método de maduración de vértebras cervicales utiliza imágenes de radiografías laterales de cráneo, en donde se valoran los cambios en la forma y desarrollo en las vértebras, este método cuenta con la ventaja de no necesitar someter al sujeto a una radiación adicional ya que este análisis se realiza en radiografías solicitadas regularmente al iniciar un tratamiento de ortodoncia.(26-28)

El crecimiento se puede definir como los cambios normales en cantidad del ser humano, es de fisonomía cuantitativa del desarrollo biológico, puede ser medido de manera en cantidad de aumento por cantidad de tiempo, es un proceso resultante de procesos biológicos mediante cualquier elemento del cuerpo humano puede derivar en aumento o disminución en tamaño, así como cambios de forma y proporciones.(29)

El desarrollo relaciona todos los cambios que suceden de forma natural en una sola dirección en la vida de una persona desde el inicio como una sola célula hasta la creación de una unidad multifuncional. Es importante evaluar el crecimiento y desarrollo de cada sujeto para utilizarlo como base de paridad con lo que se establece normal, se puede utilizar como un medio para diagnosticar mal desarrollo y planificar un tratamiento, la maduración se refiere a los cambios específicos que suceden con la edad.(29)

Existe una amplia variación de los momentos de crecimiento puberal, por lo cual la edad cronológica no se considera indicador confiable para estimar el desarrollo en los pacientes, existen otros métodos en los cuales se puede evaluar la maduración sexual, la velocidad de crecimiento, el desarrollo dentario y la maduración esquelética. (30)

#### **4.6. MADURACIÓN**

La maduración es el progreso que va en sentido al estado adulto, se puede decir que la maduración es un proceso y por otro lado la madurez es un estado, por ejemplo, en el cuerpo todos los órganos y tejidos maduran en distintos tiempos y a diferente

velocidad, es por esto por lo que la evaluación de la madurez biológica es distinta dependiendo de cada sistema corporal.(31, 32)

De los métodos de evaluación de la maduración tenemos el sistema esquelético, reproductivo y somático, algunas veces también se toma en cuenta la calcificación y erupción dental, dentro de estos métodos también se pueden tener en cuenta la maduración bioquímica y hormonal. La maduración puede provenir indistintamente de la edad cronológica, está no es considerada un buen indicador para la madurez biológica.(32)

#### **4.7. MADUREZ BIOQUÍMICA Y HORMONAL**

El crecimiento y maduración de las personas depende de ejes característicos como hipotálamo, hipófisis, órgano. El desarrollo fetal no depende de modo principal del trabajo hipotálamo, hipofisario fetal, en cambio el proceso de diferenciación fetal sí. El primero y segundo año de vida solo existen pequeñas diferencias en los niveles hormonales a diferencia de los niveles de un adulto. Las hormonas tiroideas no son las encargadas del desarrollo puberal, así como tampoco de la maduración sexual, se piensa que son permisibles para estos progresos. En la infancia el crecimiento se puede observar que es de menor proporción en comparación del crecimiento puberal además de que es inconsistente respecto al tiempo, ritmo y magnitud. La variación en los niveles hormonales general pruebas relacionadas con la maduración de las estructuras y tejidos que son la base de las manifestaciones evidentes de la maduración biológica, que habitualmente suelen valorarse en los estudios de crecimiento, tales como la edad esquelética, peculiaridades sexuales y el crecimiento de la adolescencia. La mayor parte de las hormonas asociadas a la maduración se generan de forma intermitente, por lo que es necesario tomar muestras de sangre de forma seriada por tiempo largos.(32)

#### **4.8. MADUREZ DENTAL**

La madurez dental se ha evaluado de manera convencional con base en la edad de erupción dental de dientes deciduos y permanentes. Se considera la erupción como un suceso en el avance de la calcificación de los dientes el cual tiene un significado biológico escaso. También se considera mediante radiografías la calcificación dental un indicador del grado de madurez. Se considera que la madurez dental frecuentemente se encuentra separa de la madurez esquelética, sexual y somática durante la adolescencia.(32)

#### **4.9. MADUREZ ESQUELÉTICA**

La maduración esquelética se puede definir como el grado de osificación de los huesos, evaluar la madurez, así como el potencial de crecimiento es de suma importancia ya que cada paciente crece de manera y en tiempos diferentes. Estimar la maduración esquelética es imprescindible para diagnosticar y planificar de manera correcta los tratamientos, debido a la variabilidad individual de crecimiento, la maduración ósea es considerablemente reconocida como un excelente indicador de la condición de madurez, todos los bebés inician con una estructura ósea de cartílago la cual va a desarrollarse en el esqueleto totalmente osificado. Por una parte, los huesos largos alcanzarán su madurez cuando estos se unan las epífisis con sus diáfisis, en los huesos circulares y de forma irregular su madurez va a estar determinada por la forma.(32)

La mejor forma de evaluar la madurez en una persona es el método de mano y muñeca, de igual manera se han empleado la rodilla, el pie y la cadera. El avance de la maduración esquelética se observa con radiografías, y la estimación de la madurez va a estar determinada en los cambios que suceden desde la osificación inicial hasta que se ha alcanzado la forma adulta de los huesos. Las pautas en los huesos individuales se basan en particularidades detalladas que son universales y las cuales van a ocurrir comúnmente en un orden establecido y definitivo.(32)

#### **4.10. MADUREZ SUTURAL**

Con el fin de promover el desarrollo de los huesos fundamentales de la cara se desarrolla un sistema de articulaciones, donde el crecimiento facial sigue las direcciones de crecimiento de las articulaciones. Las articulaciones de los huesos de la cara se les llama suturas y se pueden determinar cómo articulaciones fibrosas mediante las cuales estarán unidas dos superficies opuestas. Los huesos cigomático, maxilar, frontal y temporal están unidos mediante suturas, en las cuales se encuentran áreas de crecimiento que van a permitir que los huesos contiguos se desarrollen y mantengan su posición. Estas suturas pueden componerse de una franja de tejido conectivo llamada sindesmosis, en el centro de esta franja se localizan células osteogénicas en toda su extensión y van a permitir el desarrollo óseo.(33)

Las suturas de la cara se pueden clasificar como simples, la cual se puede observar como una franja simple de tejido en los dos frentes, aserrada, la cual se presenta como un modelo de sutura interdigitante, y escamosa la cual va a presentar una unión de tipo biselada. Cada sutura va a contar con una zona central de células proliferantes de tejido conectivo con células formadoras de hueso a lo largo de los perfiles óseos. Una vez terminado el crecimiento facial las suturas pasarán a un estado inactivo.(33)

#### **4.11. OSIFICACIÓN**

Se realiza en la octava semana, se da por dos métodos, osificación intramembranosa y endocondral. La osteogénesis es el proceso de formación del tejido óseo, se realiza por el proceso de osificación. El cartílago y el hueso son un tejido conectivo especializado y presenta células propias denominadas osteocitos que están incluidos en una gran matriz firme que se encuentra calcificada.(34)

El comienzo de la esqueletogénesis inicia con la llegada de células mesenquimales a los lugares de los huesos que se formarán en un futuro, en estos sitios formarán concentraciones celulares de densidad alta, las cuales van a marcar el tamaño y forma posterior de los huesos. Al interior de las concentraciones las células mesenquimales



se podrán diferenciar en condrocitos, que en un futuro formarán modelos de cartílago de los huesos, a este desarrollo óseo también se le conoce como formación de hueso endocondral, también estas células podrán diferenciarse en osteoblastos los cuales se encargarán de formar hueso directamente, o también llamado formación de hueso intramembranosa.(35-37)

Es de gran importancia conocer cómo se desarrolla los huesos, el tejido conectivo es el iniciador de todo hueso, existen varios tipos entre los que tenemos cartilaginoso, endocondral e intramembranoso, el hueso está formado por osteocitos y sustancia intracelular. Los osteocitos se clasifican en células de formación de hueso llamados osteoblastos y células de reabsorción también llamadas osteoclastos.(31)

El paladar primario crece entre la quinta y sexta semana, en tanto el paladar secundario se forma en la séptima y octava semana. El paladar es el tejido encargado de la división de la cavidad nasal y bucal, se divide en paladar duro y blando, ambos se encuentran rodeados por epitelio. El paladar se encuentra de manera delgada, pero cuenta con soporte de hueso lo que hace que presente rigidez. Se forma de una a partir de una parte medial anterior también llamada paladar primario el cual tendrá forma de cuña, así como también de dos procesos palatinos laterales, los cuales progresan lateralmente creciendo hacia la línea media.(33)

Las proteínas morfogenéticas especiales influyen en el desarrollo del hueso, además de ser fundamentales en la cicatrización y reparación ósea ya que promueven que las células mesenquimatosas puedan diferenciarse en condrocitos y osteoblastos. La osteogénesis se puede estimular por diferentes causas como, por ejemplo: aumento de vascularización, tensión de oxígeno y estrés mecánico, así como también el crecimiento óseo puede verse afectado por causas mecánicas, hormonales y metabólicas.(34)

Los principales componentes celulares en el tejido óseo podemos encontrar:

Osteoblastos estos se localizan en áreas de avance y crecimiento de hueso que se encuentra desarrollándose, estas células están encargadas de formación de matriz ósea. El hueso maduro contiene células osteogénicas en el endostio y periostio, y

estas tienen la capacidad de diferenciarse en osteoblastos cuando se lleva a cabo una reparación de fracturas, estos osteoblastos se van a distribuir por el área de hueso que se encuentra en formación o espículas óseas y formarán una capa celular donde comenzarán a regenerar los componentes orgánicos de matriz ósea la cual va a consistir en fibras colágenas y sustancias amorfas.(34)

En la formación de hueso podemos encontrar 2 procesos los cuales son muy complejos y se dan casi de forma simultánea. En primer lugar, tenemos la histogénesis de tejido óseo seguido del desarrollo de hueso por mecanismo de osificación(38)

La histogénesis de tejido óseo comienza de células osteoprogenitoras que derivan de células mesenquimáticas, que, al momento de recibir estímulos de distintos factores, en los cuales se puede encontrar la proteína morfogénica ósea, se van a transformar en osteoblastos. El proceso de osificación se lleva a cabo por remoción de tejido conectivo sustituido por un tejido óseo nuevo encargado de formar los huesos(38)

En el desarrollo óseo tenemos distintos tipos de osificación:

#### **4.12. OSIFICACIÓN INTRAMEMBRANOSA**

Mediante este desarrollo se forman los huesos de membrana, entre los cuales podemos encontrar, hueso frontal, parietal, temporal, también mediante este proceso se formarán huesos del viscerocráneo tales como maxilar y mandíbula.(34)

La osificación intramembranosa se iniciará la formación de los huesos del cráneo, (frontal, occipital, parietales, temporales). El hueso que se forma al inicio será esponjoso donde en sus espacios se encontrara mesénquima, vasos sanguíneos, los cuales pasarán a formar la médula ósea, al estar depositándose hueso al interior de las trabéculas este pasará a formar huesos densos.(34, 38, 39)

Es caracterizada por contener numerosas fibras colágenas, capilares, así como osteoblastos encargados de crear la sustancia osteoide que va a formar trabéculas las cuales constituirán una red tridimensional esponjosa, entre los espacios intrabeculares presentes, el mesénquima pasará a transformarse en médula ósea, posteriormente el

tejido mesenquimatoso que se encuentra independiente a zonas osificadas va a diferenciarse en periostio, en donde van a originarse trabéculas nuevas. El tejido óseo primario no laminar va a ser reemplazado con nuevo tejido óseo laminar secundario, donde en áreas externas del hueso va a encontrarse como tejido compacto creando las tablas externas e internas. La osificación intramembranosa es común en huesos planos.(34, 38)

#### **4.13. OSIFICACIÓN ENDOCONDRALE**

La osificación endocondral dará origen a los huesos largos, este proceso se da cuando el mesénquima establecerá un patrón de cartílago hialino, que será reemplazado por tejido óseo. Este tipo de cartílago se encuentra rodeado por el pericondrio, el cual crecerá de manera intersticial, y también por aposición. El tipo de cartílago tendrá apariencia similar al hueso en el cual se formará, el futuro hueso contará con una porción larga (epífisis) y cilíndrica en el centro (diáfisis).(8, 34, 39)

Se observarán las principales variaciones en el pericondrio, esta recubre la parte interna de la diáfisis y se encontrará vascularizada por lo tanto obtendrá actividad osteogénica y recibirá el nombre de periostio. El cartílago toma una apariencia parecida a un panal, que estará constituido por matriz cartilaginosa sin vida y lagunas vacías, en las cuales más adelante se llenaran con yemas periósticas de tejido que estará constituido por células y vasos sanguíneos además de tejido osteogénico. Las yemas se transforman en odontoblastos situados sobre la matriz cartilaginosa, estos formarán tejido óseo y centros de osificación primario.(34, 40)

#### **4.14. MÉTODO DE MADURACIÓN DE VÉRTEBRAS CERVICALES**

Las variaciones en la maduración en tamaño y morfología de las vértebras son de interés durante la década del siglo XX, Todd, Lainer y Taylor, se encargaron de evaluar los cambios en la evolución de las vértebras cervicales sobre radiografías laterales. La osificación se lleva a cabo en las vértebras cervicales en el transcurso fetal de la vida

y continua durante la vida adulta. De acuerdo con investigaciones pasadas Lamsparki (1972) inició tipos de individuales del desarrollo de las vértebras cervicales para personas femeninas y masculinas relacionándolos con la edad y mediante la técnica de maduración en mano y muñeca, en esta investigación se observaron las variaciones de morfología y tamaño de los cuerpos en las vértebras cervicales a partir de la segunda a la sexta vértebra.(41)

Hassel y Farman, (1995) realizaron una investigación donde analizaron cefalogramas laterales, así como de mano y muñeca de un estudio realizado por Bolton y Brushen, para crear un índice en el cual se apoyaban en la vista lateral de la segunda a la cuarta vértebras.(41)

Franchi et al. Corroboraron la efectividad de seis etapas de maduración de vértebras cervicales para utilizarlos como indicador biológico para predecir la madurez esquelética.(42)

Baccetti T. et al (2002) presentaron un estudio con el título de una versión mejorada del método de maduración de vértebras cervicales para evaluar el crecimiento mandibular, este análisis consiste en evaluar visualmente y cefalométricamente los cambios morfológicos en las vértebras (C2-C4). Se midió la longitud mandibular (Co-Gn) en las radiografías lateral anuales para cada sujeto, se tomaron en cuenta 6 evaluaciones cefalométricas por cada sujeto, en las cuales el aumento máximo de la longitud mandibular entre dos radiografías consecutivas se utilizó para establecer el pico de crecimiento. Encontraron que este nuevo método se divide en cinco estadios de maduración (CVMS1-CVMS5) en lugar de seis en el análisis anterior (CSV1-CSV6), en este método el pico de crecimiento mandibular se encontrará en CVMS II y III. Este nuevo método es mayormente útil cuando se debe estimar la madurez esquelética y solo se dispone de un cefalograma lateral en la cual son visibles las vértebras cervicales. La aplicación clínica del método en la ortodoncia es importante para los tratamientos que obtienen beneficios en la incorporación del pico de crecimiento puberal. El método se utiliza como indicador de maduración, el cual es de utilidad para estimar los momentos oportunos para realizar correcciones en las anomalías maxilares mediante ortopedia.(41)

#### 4.15. MÉTODO SUTURA MEDIA PALATINA

En la literatura podemos encontrar diversos estudios donde se han sugerido diferentes métodos para estimar el nivel de maduración de sutura media, en los que podemos encontrar estudios histológicos llevado a cabo en animales, así como en seres humanos, observación en radiografías oclusales y tomografía computarizada. El estándar de oro para evaluar la madurez de suturas del maxilar es la evaluación histológica, el método para evaluar mediante radiografías oclusales tiene la desventaja de la interposición de estructuras anatómicas, por otro lado tenemos la evaluación con tomografía computarizada la cual tiene la ventaja de la no interposición de estructuras anatómicas además de necesitar una dosis menor de radiación a diferencia de la tomografía computarizada.(4, 20, 43)

El maxilar se localiza incorporado al cráneo por las suturas cigomático maxilar, pterigo palatina, fronto maxilar, cigomático temporal, es de crecimiento intramembranoso, por aposición y reabsorción ósea, así como incremento en tejido conjuntivo sutural, en segmentos donde se fusiona los procesos frontales, cigomáticos y palatinos. El proceso de maduración existe una mayor interdigitación iniciando la fusión de posterior del hueso palatino hacia el maxilar. Se han descrito diversos procedimientos para evaluar la madurez de sutura media en los que podemos encontrar estudios histológicos, radiografías oclusales y tomografías computarizadas.(4)

McNamara et al. (2014), llevaron a cabo una investigación para presentar una nueva evaluación para la clasificación de la evaluación individual de la morfología de sutura media palatina usando la tomografía computarizada, ya que la ERM es un tratamiento impredecible para los pacientes adolescentes y adultos jóvenes. Los resultados de este estudio mostraron que en el estadio A se encontró el periodo de infancia que va de los cinco a los once años de edad, en estadio B se encontró en pacientes hasta trece años de edad, el estadio C se encontró en pacientes de once a dieciocho años de edad, el estadio D se encontraron mayormente pacientes de once a catorce años, y finalmente en el estadio E se encontraron pacientes de once a catorce años. Los autores refieren que los estadios A, B y C, la ERM puede ser realizada de manera convencional, mientras que en los estadios E y D se recomienda una ERM asistida

con microimplantes, finalmente concluyeron que este método puede proporcionar parámetros confiables en la elección entre la ERM y asistida quirúrgicamente.(4)

Tonello et al, (2016) realizaron un estudio donde se analizaron las etapas de maduración de sutura media palatina en tomografías computarizadas en pacientes de 11 a 15 años, basándose del método de Angelieri. Los resultados en este estudio encontraron que la mayoría se estableció en el estadio C, en todas las edades. Los autores proponen la expansión rápida del maxilar no quirúrgica podrá llevarse a cabo en sujetos mayores de 15 años con un pronóstico favorable.(44)

Ladewing et al. (2018), llevó a cabo una investigación para la evaluación del estado de maduración de la sutura media palatina, empleando tomografías computarizadas en pacientes post adolescentes (16-20 años). Los resultados en este estudio encontraron que la mayor prevalencia se encontró en estadio C, seguido del estadio D y E respectivamente. Debido a la alta prevalencia en el estadio C los autores concluyen que se puede obtener un pronóstico bueno en la expansión rápida del maxilar convencional.(45)

#### **4.16. IMÁGENES DIAGNÓSTICAS EN ORTODONCIA**

Durante muchos años el diagnóstico por imagen en ortodoncia se basaba en radiografías, periapicales, oclusales, panorámicas y cárpales, todas estas en 2D, proporcionando imágenes en dos dimensiones de estructuras de tres dimensiones, las cuales se establecen al realizar un tratamiento y diagnóstico ortodóntico, dichas imágenes nos permiten evaluar las relaciones dentales, estructuras del maxilar así como tejido blando, a pesar de esto en casos especiales puede dejar algunas dudas así como preguntas sin respuestas.(1)

Las imágenes radiográficas planas bidimensionales y la cefalometría se han utilizado durante casi un siglo para realizar diagnósticos, planificaciones de tratamiento, evaluaciones de desarrollo y crecimiento, evaluar el progreso de los tratamientos, así como los resultados y la retención. Las limitaciones de las imágenes en 2D se han

descubierto durante décadas, esto debido a que en muchos casos de problemas ortopédicos y ortopédicos dentofaciales se necesita la tercera dimensión.(46)

Las imágenes para los pacientes en ortodoncia deben de cumplir tres requisitos; I) seleccionar la técnica más apropiada de la imagen radiográfica, II) adquirir la imagen apropiada, III) interpretar las imágenes obtenidas.(46)

#### **4.17. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA EN ORTODONCIA**

Durante la última década ha habido un incremento en la utilización de la tomografía computarizada en ortodoncia para diagnosticar y planificar tratamientos tanto para pacientes adultos como también pediátricos. La tomografía computarizada tiene un par de ventajas para el uso en ortodoncia; I) tiene numerosas proyecciones planas lineales (imágenes cefalométricas laterales y posteroanteriores), también proyecciones curvas (imágenes panorámicas simuladas), utilizadas para diagnosticar en ortodoncia, además los exámenes cefalométricos y la planificación de tratamientos pueden derivarse de una sola exposición de la tomografía computarizada. II) los datos se pueden reconstruir y construir imágenes únicas que antes no se podían observar.(46)

Los datos de la tomografía computarizada se presentan como imágenes no distorsionadas en 3 planos; sagital, coronal y axial, las técnicas del software presentan gran disponibilidad y facilidad, como al realizar proyecciones de intensidad máxima, así como representación volumétrica y de superficie que proporcionan visualización del esqueleto maxilofacial en forma tridimensional, también del espacio de las vías respiratorias y límite de tejidos blandos.(46)

Los usos diagnósticos de la tomografía computarizada en ortodoncia son:

- Anomalías estructurales de los dientes.
- Anomalías en la posición dentaria.
- Límites dentoalveolares comprometidos.
- Asimetrías.

- Discrepancias anteroposteriores, verticales y transversales.
- Signos y síntomas de la articulación temporomandibular.
- Deformidades dentofaciales y anomalías craneofaciales.
- Condiciones que afecten la morfología de las vías aéreas.
- Procedimientos quirúrgicos específicos.
- Mini implantes de ortodoncia utilizados como dispositivos de anclaje temporal.
- Expansores maxilares.

La elección para obtener imágenes de un paciente de ortodoncia se lleva a cabo mediante la evaluación riesgo beneficio, es decir el riesgo que se atribuye a la exposición en relación con el beneficio del paciente del procedimiento al obtener las imágenes, esta evaluación depende principalmente del paciente y del profesional, se sugieren las siguientes condiciones para el uso de la tomografía en ortodoncia; I) Imagen apropiada según la condición clínica, II) Evaluar el riesgo de dosis de radiación, III) Minimizar la exposición a la radiación del paciente, IV) Conservar un nivel de competencia profesional en la elaboración e interpretación de los estudios de tomografía computarizada.(46)



## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1. MÉTODO DE MADURACIÓN DE SUTURA MEDIA PALATINA

Actualmente en ortodoncia existen diferentes métodos por los cuales se puede evaluar la madurez esquelética de los pacientes, dichos métodos deben cumplir ciertas características las cuales son; deberán ser fáciles de usar, tener un bajo costo y finalmente deberá resultar fácil para el operador poder identificar las diferentes etapas de maduración esquelética. Las características mencionadas son requisitos esenciales para que un método pueda ser clasificado como eficaz y confiable.

El método de maduración de vértebras cervicales de Baccetti cumple con estas características, además presenta como ventaja que puede ser realizado en los cefalogramas laterales que regularmente es requerido a los pacientes que iniciarán un tratamiento de ortodoncia, además este método ayuda a los operadores a estimar los momentos óptimos para realizar los diferentes tratamientos de ortodoncia u ortopedia.(47)

Cuando se habla de momentos óptimos para llevar a cabo un tratamiento debemos tener en cuenta que puede haber diferentes variables que nos pueden llevar a un fracaso en el tratamiento, uno de los tratamientos que se realiza con mayor frecuencia es la expansión maxilar rápida la cual tiene por objetivo separar la sutura media con el fin de incrementar transversalmente el diámetro maxilar. En diversas situaciones se presentan pacientes los cuales están en una etapa de crecimiento puberal sin embargo al realizar la ERM está fracasa dejando en duda si la maduración esquelética tiene estrecha relación con la osificación de las suturas en este caso del maxilar.(4)

El paladar está compuesto por procesos palatinos en el hueso maxilar y laminas horizontales del proceso palatino, las cuales se localizan unidas por suturas palatinas organizadas de forma horizontal y sagital, están conformadas por la sutura incisal, palatina posterior, palatina media transversal y palatina anterior. Cuando se incluye el término de expansión rápida del maxilar, introducido por Angell y describe que se puede realizar mediante la separación de la sutura media palatina se creó controversia si esto se pudiese lograr separando esta sutura.(4)

Es de suma importancia entender que existe una variación para cada persona en la fusión de sutura media, es importante identificarlas y comprender que en pacientes adultos se puede llevar a cabo la expansión rápida del maxilar, siendo poco invasiva comparada con la expansión maxilar rápida con microimplantes.(4, 48)

Durante el desarrollo de un sujeto, la sutura media palatina va presentando cambios en su morfología y esto se da por un proceso de osificación el cual presenta espículas óseas en bordes de la sutura además de tejido acelular, así como tejido calcificado que se encuentran en medio de la sutura. Este proceso se va produciendo a lo largo de la sutura y este aumenta el número de espículas a medida que va madurando lo cual da como resultado zonas observadas como festoneado que están cercanas entre sí y donde ciertas regiones se encontrarán separadas de tejido conectivo. A medida que esto va sucediendo se va aumentando la interdigitación de la sutura, la cual se va fusionando de la zona posterior hacia la zona anterior y produciendo una reabsorción de hueso cortical que se lleva a cabo en las extremidades de la sutura y produciendo la creación de hueso trabecular.(4, 49, 50)

La fusión en la sutura media palatina y su avance tienen variaciones de acuerdo con la edad y el sexo, puede observarse que en pacientes entre 15 y 19 años presentan una fusión total de la sutura, mientras que, en pacientes de 27, 32, 54 y 71 años no se observaba fusión de la sutura. Por lo tanto, se puede decir que no existe relación entre la edad cronológica y las diferentes etapas en la fusión de la sutura media palatina. Es por esto por lo que en un inicio se propuso la morfología en la sutura media palatina tuviera su evaluación individual inicialmente con radiografías oclusales con el fin de evaluar la fusión de la sutura antes de llevar a cabo un tratamiento de expansión rápida del maxilar. Esta forma de evaluar la sutura no era totalmente confiable ya que se podían observar superposiciones de otras estructuras anatómicas y por lo tanto interpretar mal las radiografías. A medida que pasaban los años se presentó la evaluación de la sutura media palatina en tomografías computarizadas las cuales permiten observar imágenes en tres planos del espacio y con una mejor calidad.(4, 51, 52)

Angellieri en 2013 fue el que introdujo un método para evaluar individualmente la sutura media palatina mediante tomografía computarizada, en dicho método se proponían cinco etapas diferentes, A, B, C, D, E, esto para facilitar y evaluar de forma confiable al momento de tomar una decisión entre los tratamientos de expansión rápida del maxilar y con asistencia de microimplantes.(43)

Para realizar este análisis se necesitan imágenes de tomografía computarizada, donde se llevarán a cabo una serie de pasos para poder diagnosticar y analizar las distintas etapas de maduración de sutura media palatina.(4)

El primer paso será orientar de la cabeza, en este paso deberá estar en una posición natural por lo tanto deberemos cerciorarnos y corregir que esté en la posición adecuada, se deberá colocar el cursor de visualización de imágenes en el plano sagital en vista axial y coronal, la vista de imagen sagital se deberá ajustar la cabeza del paciente para que la longitud anteroposterior del paladar quede de manera horizontal (figura 1).(4)

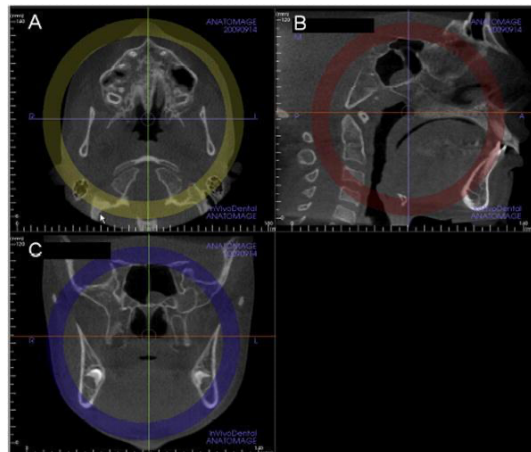


Figura 1. Ilustración de la estandarización de la posición de cabeza, A: axial, B: sagital, C: coronal. Imagen tomada de: Angellieri F, Cevidanes LH, Franchi L, Goncalves JR, Benavides E, McNamara JA, Jr. Midpalatal suture maturation: classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2013;144(5):759-69.

El segundo paso será la estandarización en el corte transversal axial el cual se utilizará para evaluar la madurez de la sutura. Una vez que ya se tiene colocada la franja horizontal a nivel anteroposterior en el paladar, es necesario utilizar la sección transversal media de la superficie (nasal a oral) donde se podrá clasificar el nivel de osificación de la sutura. En casos donde pacientes presenten una curvatura en el paladar, deberá realizarse una evaluación de dos cortes axiales transversos uno para observar la sutura en su región posterior y otro para su región anterior. En pacientes con paladar grueso la sutura media podrá ser observada a partir de tres cortes axiales, (nasal, central, oral), un paladar grueso podrá requerir dos o más cortes.(4)

En el tercer paso se definirán cada una de las etapas de maduración de sutura, cada definición y aspecto radiográfico se definió en base a estudios histológicos previos. Se presentan como 5 estadios o etapas las cuales van desde un estadio A donde se presenta una sutura de gran densidad, hasta un estadio E donde la sutura ha alcanzado su madurez (figura 2).(4)

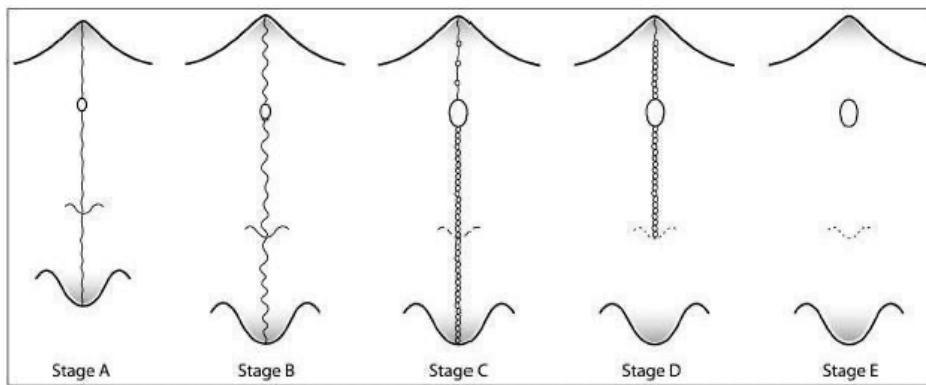
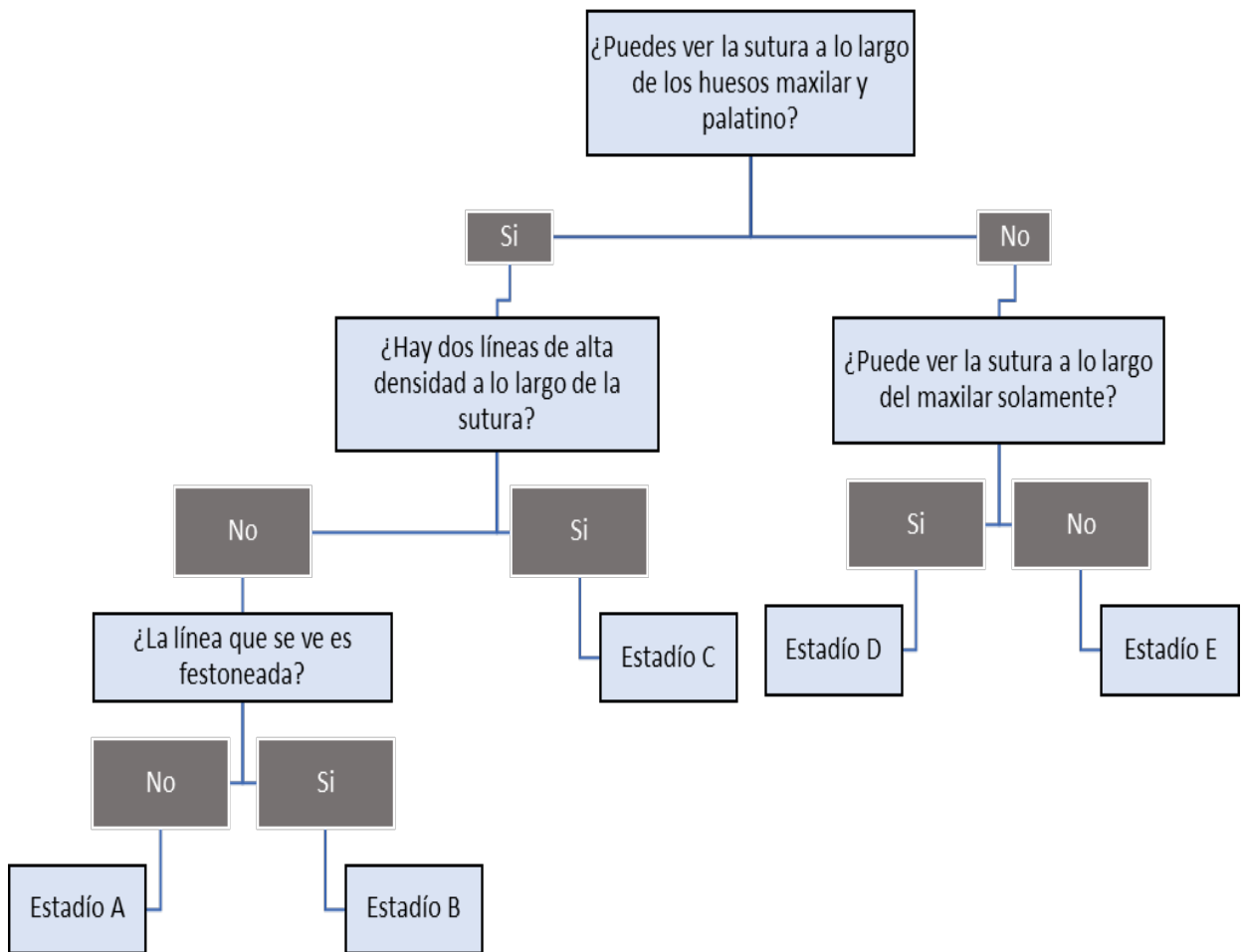


Figura 2. Dibujo esquemático de las etapas de maduración observadas en la sutura media palatina. Es una simplificación de la morfología de la sutura y no debe utilizarse para el diagnóstico. Imagen tomada de: Angelieri F, Cevidanes LH, Franchi L, Goncalves JR, Benavides E, McNamara JA, Jr. Midpalatal suture maturation: classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2013;144(5):759-69.

La primera etapa denominada estadio A, se puede observar en el corte tomográfico como la sutura se distingue en línea recta o casi recta que presenta gran densidad y una escasa o nula interdigitación. (figura 3).(4)

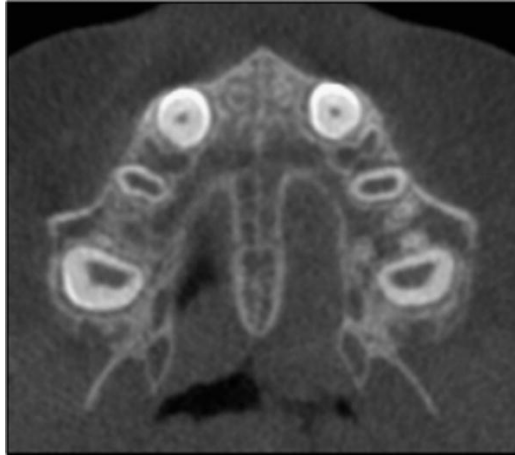


Figura 3. La etapa A de maduración de la sutura media se observa una línea relativamente recta de gran densidad en la línea media. Imagen tomada de: Angelieri F, Cevidanes LH, Franchi L, Goncalves JR, Benavides E, McNamara JA, Jr. Midpalatal suture maturation: classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2013;144(5):759-69.

La segunda etapa denominada estadio B, se puede observar que la sutura media palatina presenta forma irregular, podrá observarse como una línea de mayor densidad festoneada, pueden observarse en algunos pacientes dos líneas cercanas entre sí festoneadas y de mayor densidad en ciertas áreas pequeñas las cuales estarán divididas por zonas poca densidad. (figura 4).(4)

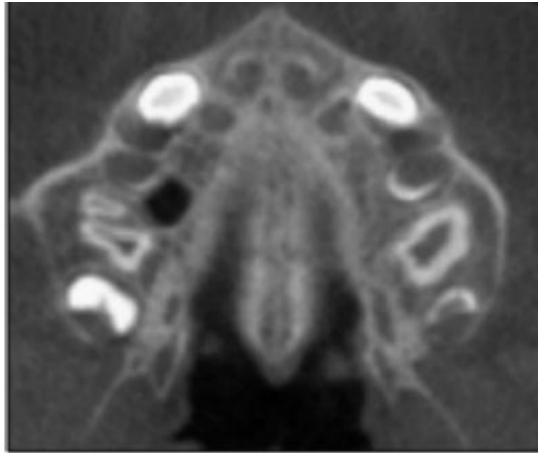


Figura 4. En la etapa B podemos observar la sutura como una línea festoneada de alta densidad en la línea media. Imagen tomada de: Angelieri F, Cevidanes LH, Franchi L, Goncalves JR, Benavides E, McNamara JA, Jr. Midpalatal suture maturation: classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2013;144(5):759-69.

La tercera etapa denominada estadio C, se caracteriza por presentar en la sutura media palatina 2 líneas que se encuentran semejantes y festoneadas que se encuentran cerca entre sí y se observan de alta densidad, se encuentran divididos por zonas de poca densidad entre el hueso palatino y maxilar, además de encontrarse en un modelo de recta o festoneado (figura 5).(4)

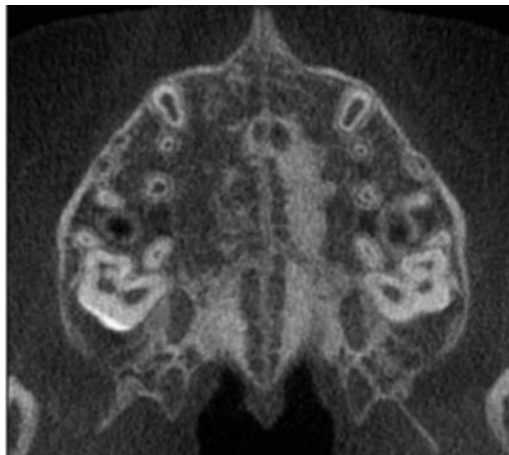


Figura 5. En la etapa C la sutura se visualiza como dos líneas cercanas festoneadas de gran densidad que están cercanas entre sí y divididas por zonas de pequeños lugares de poca densidad. Imagen tomada de: Angelieri F, Cevidanes LH, Franchi L, Goncalves JR, Benavides E, McNamara JA, Jr. Midpalatal suture maturation: classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2013;144(5):759-69.

La cuarta etapa denominada estadio D, es caracterizada por la unión de la sutura media de la porción posterior en el hueso palatino, conforme progresa la osificación se realiza en sentido posterior hacia anterior, en esta etapa la sutura no se podrá observar en sentido posterior por lo tanto el espesor óseo se incrementa creando tejido óseo de gran densidad, en su parte anterior la sutura aún no se podrá encontrar fusionada y será observada como 2 líneas de mayor densidad divididas por espacios diminutos de poca densidad (figura 6). (4)

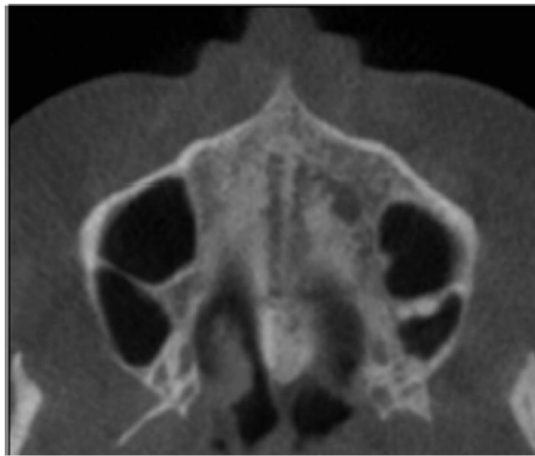


Figura 6. En la etapa D la sutura se visualiza como dos líneas festoneadas de alta densidad en la línea media de la porción maxilar del paladar. La sutura palatina media no se puede visualizar en el hueso palatino, y la densidad del hueso palatino parasutural es mayor en comparación con el hueso maxilar parasutural. Imagen tomada de: Angelieri F, Cevidanes LH, Franchi L, Goncalves JR, Benavides E, McNamara JA, Jr. Midpalatal suture maturation: classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;144(5):759-69.

La quinta y última etapa denominada estadio E, se caracteriza por haberse producido completamente la unión en la sutura media palatina por lo que no será visible, solo se podrá observar una densidad ósea igual que en otras porciones del maxilar (figura 7).(4)





Figura 7. La etapa E ha finalizado la fusión sutural en el maxilar. No se podrá localizar la sutura media palatina la densidad ósea parasutural es la misma que en otras regiones del paladar. Imagen tomada de: Angelieri F, Cevidanes LH, Franchi L, Goncalves JR, Benavides E, McNamara JA, Jr. Midpalatal suture maturation: classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2013;144(5):759-69.

## 5.2. INDICADORES DE MADUREZ ESQUELÉTICA

La madurez esquelética es definida como el nivel de crecimiento en la osificación en el hueso. En crecimiento los huesos tienen que pasar por algunos cambios y en los cuales hay una secuencia que es bastante consistente en un hueso específico de un individuo. Los momentos en la maduración esquelética varían entre personas debido a que cada uno tiene su propio reloj biológico.(53, 54)

La edad cronológica, el crecimiento de los dientes, altura y el crecimiento esquelético se utilizan para estimar las fases de crecimiento. Poder determinar la capacidad de desarrollo en la preadolescencia y la adolescencia tiene gran importancia para llevar a cabo un buen diagnóstico. El método de mano y muñeca es de los más utilizados para estimar la maduración esquelética, este es uno de los métodos más objetivo y confiable para poder determinar la madurez esquelética.(55-58)

Se sabe que el crecimiento mandibular no es de igual manera durante el desarrollo, es común que presente un punto de desarrollo acelerado en la pubertad, es importante identificar cuando un sujeto se ubica en un momento de crecimiento acelerado, conocer su intensidad, la aparición y evolución de estos picos de crecimiento. Existen diferentes formas de poder evaluar la madurez esquelética, algunos van desde los más

simples como lo es cambios en físico, cambios en la voz, menarca y algunos métodos que son un poco más complejos, como, por ejemplo, la maduración de mano y muñeca, el método de maduración de vértebras cervicales.(42, 59-61)

Uno de los métodos más confiable y conocido para determinar el nivel de madurez biológica es el método en el que se utiliza una radiografía carpal donde se evalúa la zona de la mano y muñeca ya que los cambios esqueléticos se presentan en esa área de la mano, en este método se evalúa los cambios que ocurren en la fusión entre las diáfisis y epífisis en las falanges de los dedos, este método se considera confiable para evaluar la madurez esquelética, además necesita una cantidad baja de radiación, es considerado una prueba extra de lo que se solicita regularmente en el diagnóstico de ortodoncia y por lo tanto requiere someter al paciente a una cantidad de radiación extra.(2, 28, 62)

El poder determinar la etapa de maduración esquelética es una parte fundamental en los tratamientos de ortopedia funcional para tratar anomalías en las estructuras óseas y dentoalveolares.(63, 64)

La madurez esquelética se da diferente en cada persona, identificar si la persona se encuentra en fase de crecimiento es de vital relevancia en ortodoncia ya que al tener en cuenta este diagnóstico será de gran apoyo para planificar un plan de tratamiento en el momento adecuado.(65)

### **5.3. MÉTODO DE MADURACIÓN DE VÉRTEBRAS CERVICALES**

En los seres humanos el crecimiento y desarrollo es algo que ocurre naturalmente y el cual presenta etapas en los cuales existe una aceleración que son denominados brotes de crecimiento, de estas etapas de crecimiento que presentan el ser humano a lo largo de su vida la más utilizada en el área de ortodoncia es la que se produce en pubertad que también se denomina de crecimiento puberal.(28)

Dentro de los métodos confiables de evaluación de la maduración esquelética la edad cronológica es clasificada como los métodos que no han resultados confiables para

evaluar de manera correcta la madurez esquelética, se han recomendado otros métodos para realizar esta evaluación en los sujetos.(28)

Recientemente se utiliza un método que permite estimar el grado de madurez esquelética en los sujetos, se fundamenta en las modificaciones y desarrollo en las vértebras cervicales la cuales abarcan de la vértebra C2, C3, C4, estos cambios presentan la particularidad que pueden ser observados en un cefalograma lateral, requerida regularmente en la documentación de ortodoncia y por lo tanto tiene la ventaja de que no se necesita exponer a los pacientes a una dosis de radiación extra.(28, 66)

Cuando se quiere llevar a cabo un tratamiento de ortodoncia u ortopedia, es fundamental identificar los niveles en la madurez esquelética de los sujetos, esto nos podría ayudar en determinar el tratamiento más apropiado del paciente y así evitar un mayor tiempo de tratamiento y que resulten costosos para los pacientes.(26)

Los periodos de crecimiento se pueden aprovechar para tener una mejora significativa y más eficaz en los tratamientos de problemas esqueléticos en los pacientes, estos periodos de crecimiento regularmente son aprovechados en el área de ortopedia dentofacial ya que se necesitan momentos óptimos para llevar a cabo ciertos tratamientos para corregir desequilibrios esqueléticos.(26, 30)

Se consideran tres indicadores de madurez esquelética como fiables los cuales son: aumento en altura corporal, madurez esquelética de mano y muñeca, por último cambios en la forma de las vértebras cervicales, los dos primeros son regularmente menos utilizados en la práctica clínica.(26)

El método de madurez de vértebras cervicales se describió originalmente por Lamparski en 1972, este método se ha popularizado con los años ya que es llevado a cabo en cefalogramas laterales que es requerida usualmente para el inicio en ortodoncia.(26)

La osificación en la vértebras cervicales empiezan en la vida fetal, siguen este proceso hasta la vida adulta, Lamparski categorizó estándares de maduración de vértebras cervicales para personas femeninas y masculinas en relación a la edad cronológica

así como con la maduración esquelética que se obtiene en radiografías de mano y muñeca, en este método observó cambios en las proporciones y morfología que presentaban los cuerpos de 5 vértebras cervicales de la segunda a la sexta.(41)

En cefalogramas lateral, de mano y muñeca que tomaron Hassel y Farman de un estudio denominado crecimiento de Bolton-Brushen, analizaron las radiografías y desarrollaron un índice basado en el perfil lateral de la segunda a la cuarta vértebra cervical. Pancherz y Szyska utilizaron el indicador de Farman y Hassel y lo relacionaron con aumentos en altura corporal y corroboraron la confiabilidad y validez que tenía el estudio de vértebras cervicales al igual que el estudio de mano y muñeca en la estimación de la maduración esquelética en las personas.(41)

La madurez de vértebras cervicales se lleva a cabo analizando la morfología de las vértebras C2 a la C4 en radiografía lateral de cráneo, se utilizan dos aspectos principales los cuales son: cambios morfológicos que presentan en el borde inferior de las vértebras basándose en la aparición o no de una presencia cóncava en el borde inferior, el segundo aspecto que se analiza es la forma en el cuerpo de las vértebras tercera y cuarta, donde se observan cuatro formas: 1- trapezoidal, donde el extremo superior es más delgado de posterior hacia anterior. 2- rectángulo horizontal, el extremo superior e inferior son más alargado que los bordes anteriores y posteriores. 3- cuadrada, cuatro extremos de las vértebras son del mismo tamaño. 4- rectangular vertical, los extremos anteriores y posteriores son más alargados que los bordes superiores e inferiores (figura 8).(47)

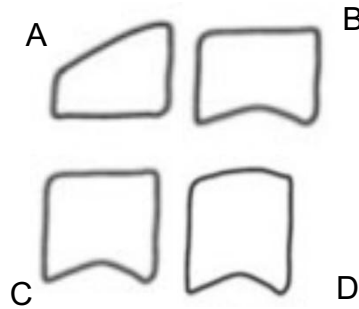


Figura 8. Representación esquemática de la forma de las vértebras cervicales. (A) trapezoidal, (B) rectangular horizontal, (C) cuadrada, (D) rectangular vertical. Imagen tomada de: Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics. *Seminars in Orthodontics*. 2005;11(3):119-29.

El método de maduración de vértebras cervicales se compone de etapas que van de (CSV1-CSV6) (figura 9) y se definen del siguiente modo:

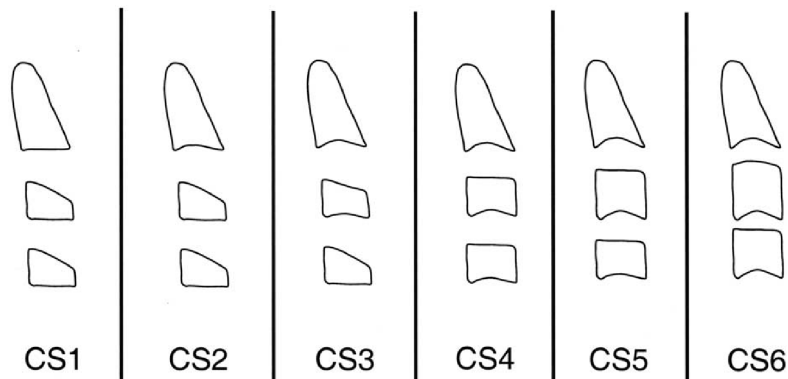


Figura 9. Representación esquemática de las etapas de las vértebras cervicales. Imagen tomada de: Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics. *Seminars in Orthodontics*. 2005;11(3):119-29.

En el estadio CSV1, los extremos inferiores en las vértebras C2 a C4 se observan planos y la forma de C3 y C4 tienen forma trapezoidal (figura 10), se estima que el pico de crecimiento se produce aproximadamente dos años posterior a esta etapa.(26)

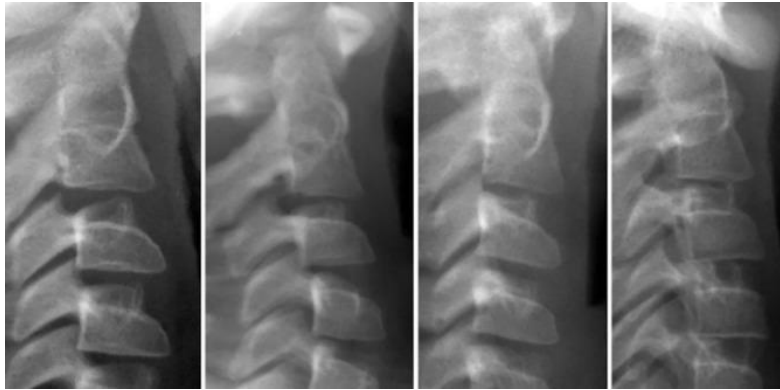


Figura 10. Ejemplos del primer estadio (CSV1). Obsérvese que los bordes inferiores de los tres cuerpos cervicales son planos o ligeramente convexos. Imagen tomada de: McNamara JA, Jr., Franchi L. The cervical vertebral maturation method: A user's guide. Angle Orthod. 2018;88(2):133-43.

En el estadio CSV2, se presenta el extremo inferior cóncavo en la vértebra C2, las formas de C3 y C4 continúan presentando una morfología trapezoidal (figura 11), a partir de este estadio se estima que el pico de crecimiento ocurrirá en 1 año. (26)



Figura 11. Ejemplo del segundo estadio (CSV2). Hay una muesca a lo largo del borde inferior de las apófisis odontoides (C2). Los cuerpos vertebrales de C3 y C4 tienen forma trapezoidal. Imagen tomada de: McNamara JA, Jr., Franchi L. The cervical vertebral maturation method: A user's guide. Angle Orthod. 2018;88(2):133-43.

El estadio CSV3 presenta en los extremos inferiores en las vértebras C2 y C3 una concavidad y las formas de las vértebras C3 y C4 se observan de forma trapezoidal o

horizontal rectangular (figura 12), el pico de crecimiento mandibular se produce durante el año posterior a esta etapa.(26)



Figura 12. Ejemplo del tercer estadio (CSV3). Se presenta una concavidad en el borde inferior de C2 y C3. Uno o ambos cuerpos cervicales tercero y cuarto todavía tienen una forma trapezoidal. Imagen tomada de: McNamara JA, Jr., Franchi L. The cervical vertebral maturation method: A user's guide. Angle Orthod. 2018;88(2):133-43.

El estadio CSV4 presenta en los extremos inferiores concavidad en C2-C4 y las formas de las vértebras C3 y C4 ahora se observan rectangular horizontal (figura 13), este estadio el pico de crecimiento mandibular ha iniciado 1 o 2 años antes. (26)



Figura 13. Ejemplo del cuarto estadio (CSV4). Hay una concavidad distinta en todas las vértebras C2-4. Los cuerpos de C3 y C4 tienen forma rectangular horizontal. Imagen tomada de: McNamara JA, Jr., Franchi L. The cervical vertebral maturation method: A user's guide. Angle Orthod. 2018;88(2):133-43

En el estadio CSV5 siguen presentes en las extremidades inferiores una concavidad en las vértebras C2-C4 y la forma de las vértebras C3-C4 son cuadradas (figura 14), ha finalizado un año antes de este estadio el pico de crecimiento mandibular.(26)



Figura 14. Ejemplo del quinto estadio (CSV5). La forma de C3-C4 son cuadrados. Imagen tomada de: McNamara JA, Jr., Franchi L. The cervical vertebral maturation method: A user's guide. Angle Orthod. 2018;88(2):133-43.

El último estadio se presenta en los extremos inferiores en C2-C4 una concavidad y la forma en las vértebras C3-C4 son rectangular horizontal (figura 15), a partir de este estadio el pico de crecimiento mandibular ha finalizado alrededor dos años antes.(26, 47)



Figura 15. Ejemplo del sexto estadio (CSV6). Las formas C3-C4 son rectangular vertical (es decir, mayor longitud posterior que longitud inferior). Imagen tomada de: McNamara JA, Jr., Franchi L. The cervical vertebral maturation method: A user's guide. Angle Orthod. 2018;88(2):133-43.



Este método CVM es de gran utilidad ya que puede ser utilizado para poder estimar el momento óptimo para realizar diversos tratamientos de ortodoncia u ortopedia y corregir desarmonías esqueléticas o dentales. Además, presenta la ventaja que este método puede ser aplicado en cefalogramas laterales solicitadas rutinariamente en los tratamientos ortodónticos.(67)

## **6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La maduración esquelética nos ayuda a predecir el inicio de los picos de crecimiento, esta varía de acuerdo al grado de osificación de los huesos y por lo tanto la disminución de cartílago en ellos, adicionalmente las suturas craneales en etapas tempranas de la vida están pobremente osificadas y con una gran cantidad de cartílago articular, el cual disminuye con la madurez de la sutura ósea, tomando en cuenta que los 2 instrumentos evalúan madurez ósea y cambios en la cantidad de cartílago se piensa que pudieran tener algún tipo de asociación y que de estar relacionados pudiera la madurez de vértebras cervicales ser un tamiz para indicar o no la toma de una tomografía en los pacientes, sin embargo se desconoce si existe este tipo de asociación.

## **7. JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad son muchos los pacientes que acuden a consulta con ortodoncistas buscando resolver sus problemas esperando el mejor tratamiento y el más adecuado para ellos. Un gran número de ortodoncistas no realizan los diagnósticos correctos o individualizados para cada paciente es por esto que muchos tratamientos no son llevados de la manera correcta, diagnosticar la maduración esquelética de los pacientes nos ayuda a predecir qué tratamiento puede aplicarse a nuestros pacientes, ya que de esta manera se evitaría realizar tratamientos de ortodoncia en momentos

que son favorables para llevar ortopedia, también el poder estimar el nivel de maduración de las suturas maxilares es importante ya que al realizar tratamientos como la disyunción maxilar así como la protracción del maxilar vamos a obtener resultados más favorables.

Cuando se habla de realizar tratamientos de ortopedia especialmente centrándonos en la ERM la mayoría parte de ortodoncistas realizan malos diagnósticos o desconocen que en la bibliografía pueden encontrar análisis para pronosticar el éxito en la ERM los cuales son basados en el nivel de osificación en la sutura media realizado en tomografía computarizada

En ortodoncia existen diversas maloclusiones que se presentan en los pacientes una de las más frecuentes es la de colapsos maxilares, apiñamientos severos, mordidas cruzadas entre otras, en las cuales está indicado un procedimiento de ERM debemos tomar en cuenta que, para poder llevarse de manera convencional, necesitaremos que la sutura media palatina deberá tener una maduración óptima para realizar el tratamiento o por otra parte se encuentre en etapas prepuberales de crecimiento.

En la literatura está reportado que la ERM puede ser realizada en forma exitosa en sujetos que no se encuentran en crecimiento activo, así mismo se ha demostrado de fracasos en sujetos con crecimiento activo, por esto este trabajo de investigación tiene la finalidad de encontrar la asociación existe de las diferentes etapas de maduración esquelética y las etapas de maduración de sutura media, y así considerar la madurez esquelética como un indicador confiable en la madurez de sutura.

## **8. HIPÓTESIS DE TRABAJO**

Habrá asociación de maduración en los pacientes con las distintas etapas de maduración esquelética y etapas de maduración de sutura media palatina.

## **9. HIPÓTESIS NULA**

No habrá asociación de maduración de los pacientes con las distintas etapas de maduración esquelética y etapas de maduración de sutura media palatina.

## **10. OBJETIVOS**

### **10.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la asociación existente entre las etapas de madurez esquelética de vértebras cervicales y etapas de madurez de la sutura media palatina mediante tomografía computarizada y comprobar si existe asociación entre ellas.

### **10.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Evaluar la asociación entre los estadios de maduración de vértebras cervicales y los estadios de maduración de sutura media palatina divididos por sexo.
2. Evaluar la asociación entre los estadios de maduración de vértebras cervicales y los estadios de maduración de sutura media palatina divididos por edad.

## 11. METODOLOGÍA

### 11.1. TIPO DE ESTUDIO

- Transversal
- Observacional
- Descriptivo

### 11.2. MUESTREO

**Población blanco:** Expedientes de pacientes que contaban con tomografías computarizadas del archivo de la clínica de Especialidad de Ortodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Sinaloa, en el periodo 2018 a 2020.

**Población elegible:** Expedientes con tomografías evaluables de pacientes que acudieron a la clínica de la Especialidad en Ortodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Sinaloa y se realizaron tomografía computarizada.

### 11.3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Expedientes que cuenten con tomografías computarizadas en buen estado.

### 11.4. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Tomografías de pacientes con algún síndrome presente
- Tomografías en vista lateral donde no se observan las vértebras cervicales.

Para llevar a cabo nuestro estudio, se recolectaron tomografías de pacientes de la clínica del posgrado de ortodoncia de la Universidad Autónoma de Sinaloa, de enero de 2018 a marzo del 2020. Todas las tomografías recolectadas se analizaron en computadora para poder realizar los estudios.

En total se obtuvieron 42 tomografías disponibles en el archivo del posgrado de ortodoncia de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Se revisaron en computadora de las cuales solo 32 tomografías cumplieron los criterios de inclusión y exclusión.

## 11.5. TAMAÑO DE MUESTRA

Se obtuvieron 42 tomografías, las cuales fueron el total disponible en el archivo de la clínica de la Especialidad en Ortodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Sinaloa, no se realizó cálculo de tamaño de muestra.

## 11.6. VARIABLES

<b>Variable dependiente</b>	<b>Definición</b>	<b>Operacionalización</b>	<b>Tipo de variable y unidad de medición</b>
<b>Asociación de madurez esqueletal con madurez de sutura</b>	Grado de asociación de CSV1-CSV6 con estadios A-E	Evaluación de la asociación existente entre madurez esqueletal con madurez de sutura utilizando una correlación de Spearman	Cuantitativa continua Correlación de Spearman -1 a + 1 pasando por 0

*Tabla I. Descripción de la variable dependiente.*

<b>Variables independientes</b>	<b>Definición</b>	<b>Operacionalización</b>	<b>Tipo de variable y unidad de medición</b>
<b>1-Madurez esqueletal</b>	Magnitud de osificación del paciente	Medición del nivel de osificación utilizando el método vertebral de Baccetti con valores del 1 al 6	Cuantitativa ordinal CSV1-CSV6
<b>2-Madurez de sutura</b>	Magnitud de osificación de la sutura	Medición del nivel de osificación utilizando el método de Angelieri con valores de la A - E	Cuantitativa ordinal Estadio A-E

*Tabla II. Descripción de las variables independientes.*

### **11.7. OBTENCIÓN DE TOMOGRAFÍAS COMPUTARIZADAS DE LOS PACIENTES DE LA CLÍNICA DE POSGRADO EN ORTODONCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA**

Se acudió al archivo de la clínica del posgrado de ortodoncia de la facultad de odontología de la Universidad Autónoma de Sinaloa, en búsqueda de tomografías computarizadas de pacientes archivados en el periodo de 2018 a 2020, se encontraron un total de 42 tomografías computarizadas.

Las tomografías computarizadas se encontraban en formato de CD y en dispositivos USB, las cuales fueron analizadas en una computadora para comprobar que el visor 3D se encontrará funcionando, cada tomografía fue almacenando en una computadora para su posterior análisis de cada método.

## 11.8. ESTANDARIZACIÓN

Para el proceso de estandarización se evaluó la concordancia de medidas repetidas utilizando un coeficiente de correlación intraclase.

Se seleccionaron 10 tomografías aleatoriamente en las cuales el examinador realizó 3 evaluaciones de los análisis de maduración de vértebras cervicales y de maduración de sutura media palatina, cada evaluación se realizó con intervalos de 5 días de diferencia entre ellas.

Se realizó un análisis de coeficiente de correlación intraclase para obtener la fiabilidad del examinador y los resultados fueron obtenidos fueron de 99% alfa de Cronbach para el método de sutura media palatina y de 100% Kappa de Cohen para el método de vértebras cervicales.

<b>Variables</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Coeficiente de correlación intraclase</b>
Variable 1	3	100% Kappa de Cohen
Variable 2	3	99% alfa de Cronbach

Tabla III. Resultados de evaluaciones para estandarización del operador.

En la tabla III se muestran los resultados de las evaluaciones de los métodos de maduración de sutura media palatina y maduración de vértebras cervicales para la estandarización del operador.

### **11.9. EVALUACIÓN DE LA MADUREZ ESQUELETAL CON EL MÉTODO DE MADURACIÓN DE VÉRTEBRAS CERVICLES DE BACCETTI**

Para evaluar la maduración de vértebras cervicales se clasificó en base al método de Baccetti, este método consiste en la clasificación de seis estadios de maduración en los cuales se van a observar cambios morfológicos que van de la segunda a la cuarta vértebra los cuales podrán ser analizados en una radiografía lateral de cráneo.

Se realizaron una secuencia de pasos en imágenes laterales de cráneo se observaron los cambios morfológicos de las vértebras C2 a C4, primeramente, se evaluaron los cuerpos de las vértebras visualizando una de sus principales características en la cual se basa si existe una concavidad en el borde inferior del cuerpo de las vértebras. Seguidamente se analizó otra de sus características la cual consistió en observar las formas de las vértebras cervicales en las cuales se pueden encontrar cuatro formas básicas forma trapezoidal, rectangular horizontal, cuadrado y finalmente rectangular vertical, y finalmente se clasificó en base a las características mencionadas en los seis estadios de maduración que presenta el método.

### **11.10. EVALUACIÓN DE LA MADUREZ DE SUTURA MEDIA PALATINA CON EL MÉTODO DE ANGELLIERI**

Para analizar la maduración de sutura media palatina se lleva una serie pasos, el primer paso fue la orientación de la cabeza, donde se colocó en una posición natural, se verificó y corrigió con el cursor de análisis de imágenes en los tres planos, coronal, axial y sagital. Posteriormente en una vista de imagen sagital se ajustó la cabeza del paciente para que la longitud anteroposterior del paladar se visualizará de manera horizontal.

En el segundo paso una vez colocado el paladar horizontalmente, el cursor se colocó de manera que se encontrara a nivel de la sutura media palatina en los tres planos del espacio, para finalmente mediante la vista axial realizar la clasificación de la sutura media palatina en estadios A, B, C, D y E.



El estadio A se observa como una línea recta de gran intensidad, la etapa B se observa como una línea irregular de alta intensidad festoneada, la etapa C se observa como dos líneas paralelas festoneadas, la etapa D se observa como dos líneas paralelas festoneadas en la parte anterior del maxilar mientras que en la parte anterior no se observa la sutura, y finalmente en la etapa E no se podrá observar la sutura media palatina en el maxilar, figura 16 y 17.

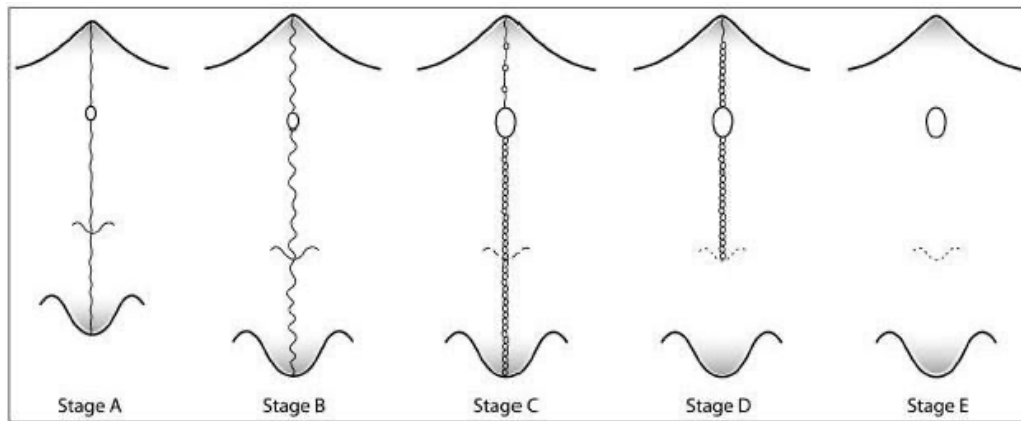


Figura 16. dibujo esquemático de los estadios de maduración de sutura media palatina. Es una simplificación de la morfología de la sutura y no debe de utilizarse para el diagnóstico, la morfología puede variar entre etapas.  
 Imagen tomada de: Angelieri F, Cevidanes LH, Franchi L, Goncalves JR, Benavides E, McNamara JA, Jr. Midpalatal suture maturation: classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2013;144(5):759-69.

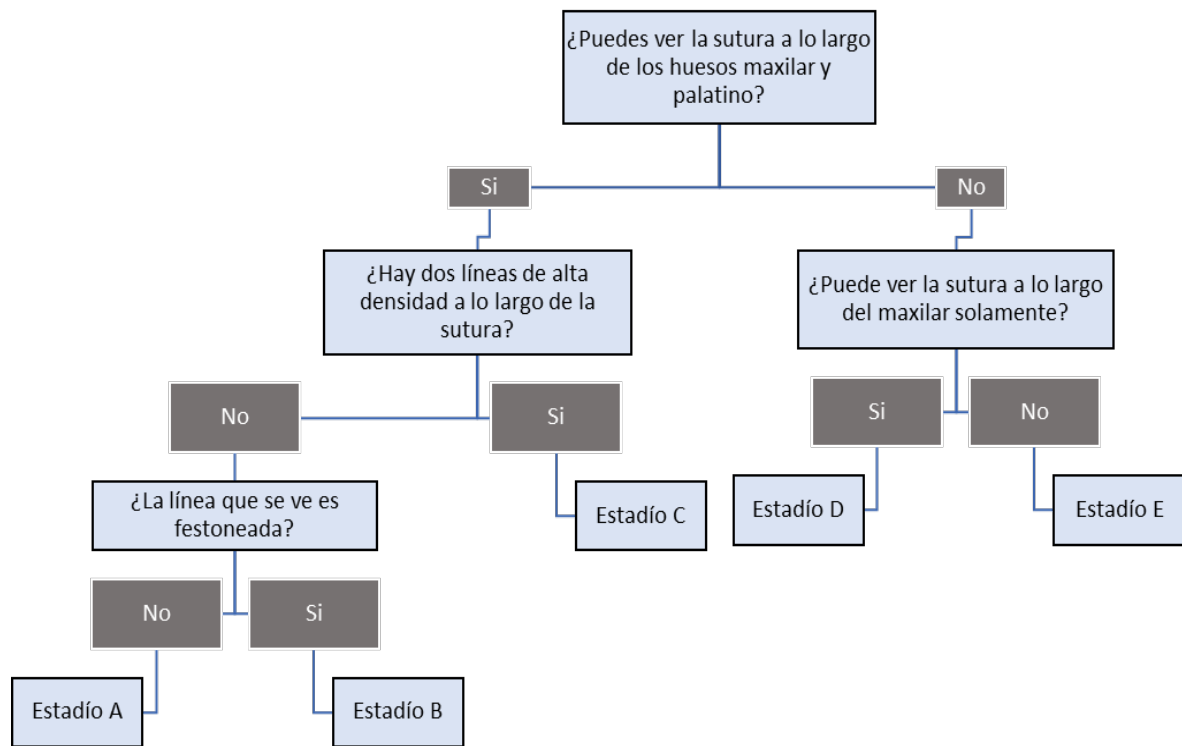


Figura 17. Diagrama de decisión para la clasificación de las etapas de maduración de sutura media palatina.  
 Imagen tomada de: Angeli F, Cevitanes LH, Franchi L, Goncalves JR, Benavides E, McNamara JA, Jr.  
 Midpalatal suture maturation: classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion.  
 Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2013;144(5):759-69.

## 12. RESULTADOS

### 12.1. MUESTRA DE ESTUDIO

Género	N	Edad promedio (DS)	Edad máxima	Edad mínima
Masculino	12	18.5 (+/-9.2)	45	12
Femenino	20	19.7 (+/- 8.5)	42	10
General	42	19.15 (+/- 8.67)	45	12

Tabla IV. Total, de pacientes, edad promedio, máxima y mínima, desviación estándar.

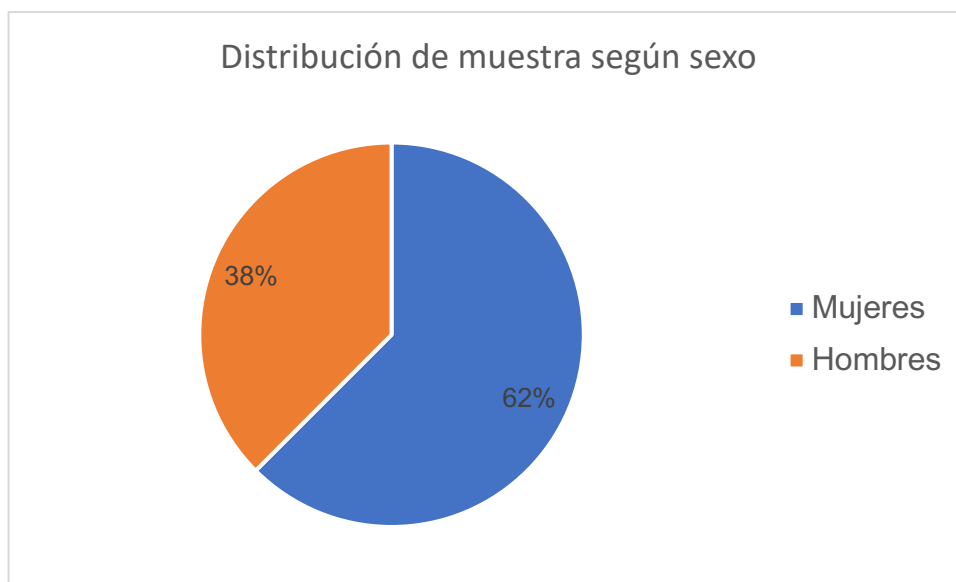


Figura 18. Se evaluaron 32 tomografías de las cuales 12 fueron hombres y 20 fueron mujeres.

De un total de 42 tomografías tomadas de enero del 2018 a marzo del 2020, 10 fueron eliminadas por presentar incompletas las vértebras cervicales para su análisis. Por lo cual solo 32 tomografías fueron evaluadas para el estudio una vez aplicados los criterios de inclusión y exclusión. Teniendo en total de 12 masculinos (38%) y 20 femeninos (62%), (figura 18) (tabla IV), con una edad promedio de 19.15 y una desviación estándar de 8.67.

<b>Estadios vértebras cervicales</b>	<b>Sexo femenino</b>	<b>Sexo masculino</b>
CSV1	0	1
CSV2	1	1
CSV3	4	1
CSV4	5	3
CSV5	7	3
CSV6	3	3
Total	20	12
Mediana	CSV4	CSV4

Tabla V. Distribución de maduración de vértebras cervicales según sexo femenino y masculino

En la tabla V se observa la distribución de la maduración de vértebras cervicales agrupadas por sexo, mostrando que para el sexo femenino hubo 20 sujetos y no hubo pacientes en estadio 1, siendo el estadio 5 el que mostró más sujetos con 7. Para el sexo masculino hubo 12 sujetos, siendo los estadios 4,5 y 6 los que mostraron más sujetos con 3, en los estadios 1,2 y 3, se mostró la menor cantidad de sujetos con 1 por estadio.

## 12.2. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE MADUREZ CON EL MÉTODO DE MADURACIÓN DE VÉRTEBRAS CERVICALES DE BACCETTI

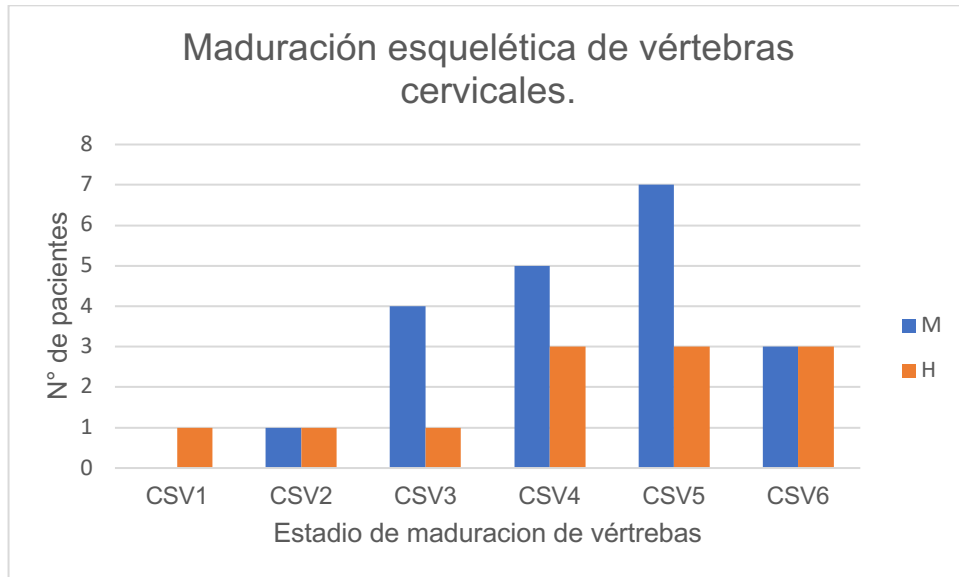


Figura 19. Distribución de pacientes para el método de vértebras cervicales.

En la figura 19 se observa la distribución de los pacientes según el estadio de maduración de vértebras cervicales agrupados por sexo. Se encontró que en los pacientes femeninos un 35% (7 pacientes) se encontraban en un estadio CSV5, mientras que no se encontró ningún paciente en un estadio CSV1. En pacientes masculinos se encontró que un 25% (3 pacientes) se encontraban en un estadio CSV4, CSV5 y CSV6 mientras que se encontró el mismo porcentaje de 8% (1 paciente) en estadios CSV1, CSV2 y CSV3.

Estadio de maduración de sutura	Sexo femenino	Sexo masculino
A	4	3
B	4	4
C	7	4
D	4	1
E	1	1
Total	20	12
Mediana	C	B

Tabla VI. Distribución de maduración de sutura media palatina según sexo.

En la tabla VI se observa la madurez de sutura palatina divididos por sexo, observando en el sexo femenino un total de 20 pacientes y 12 para el masculino, observando que para el sexo femenino el estadio más frecuente fue C con 7 pacientes, mientras que el menos frecuente fue el estadio E con solo 1 paciente. Mientras para el sexo masculino el estadio más frecuente fue B y C con 4 pacientes y el menos frecuente fue D y E con 1 paciente respectivamente.

### 12.3. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE MADUREZ CON EL MÉTODO DE MADURACIÓN DE SUTURA MEDIA PALATINA

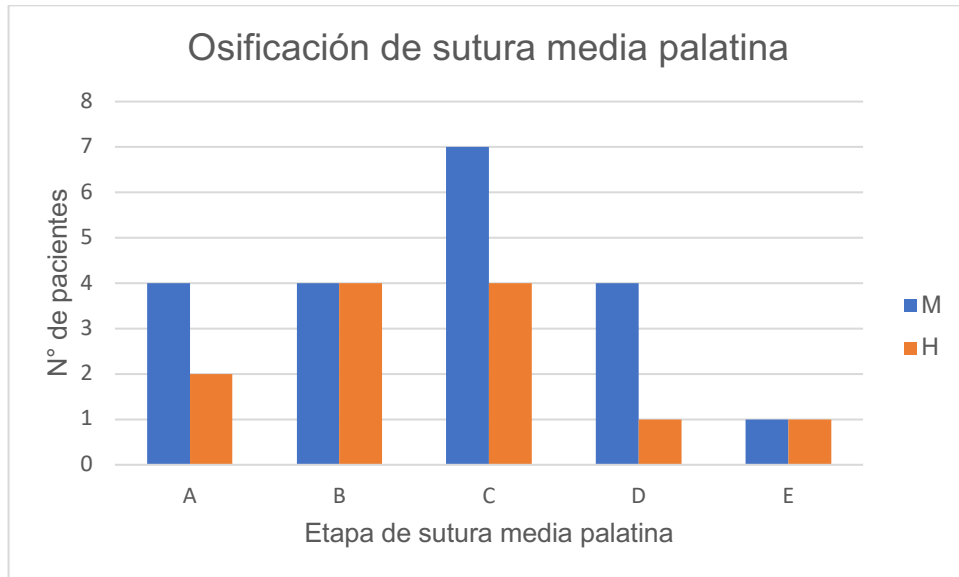


Figura 20. Distribución de pacientes para el método de sutura media palatina.

En la figura 20 se observa la distribución de los pacientes según el estadio de maduración de sutura media palatina. Se encontró en pacientes femeninos que un 35% (7 pacientes) se encontraban en estadio de sutura C y solo el 5% (1 paciente) se encontraba en estadio de sutura E. En pacientes masculino se encontró un porcentaje igual de 33 % (4 pacientes) que se encontraban en estadio de sutura palatina B y C, de igual manera se encontró porcentaje igual de 8% (1 paciente) que se encontraban en estadio de sutura D y E.

## 12.4. DIFERENCIA ENTRE EDAD Y MADURACIÓN DIVIDIDOS POR SEXO

Diferencias por sexo	Sexo	N	Mediana	Significancia
Diferencias por edad dividido por sexo	Masculino	12	18.33	P=.691
	Femenino	20	19.65	
Diferencias de maduración de vértebras cervicales divididos por sexo.	Masculino	12	4.3 (estadio CSV4)	P=.950
	Femenino	20	4.3 (estadio CSV4)	
Diferencias de maduración de sutura media palatina dividido por sexo	Masculino	12	2.5 (estadio B)	P=.574
	Femenino	20	2.5 (estadio B)	

Tabla VII. Distribución de las diferencias de edad dividido por sexo, maduración de vértebras cervicales dividido por sexo, maduración de sutura media palatina dividido por sexo.

En la tabla VII se observa que no hubo diferencias por edad divididos por sexo, el promedio para el sexo masculino fue de 18.33, mientras que en el sexo femenino se registró una media de 19.65 ( $p=.691$ ), de igual forma se puede observar que no hubo diferencias de madurez de vértebras cervicales divididos por sexo ( $p=.950$ ), la mayor parte de los pacientes masculinos y femeninos se encontraban en el estadio CSV4, de igual manera se puede observar que no hubo diferencias en la madurez de sutura por sexo ( $p=.574$ ), la mayor parte de los pacientes masculinos se encontraban en un estadio B, de igual manera para el sexo femenino la mayoría de los pacientes se encontraban en un estadio B.



## 12.5. ASOCIACIÓN DE LOS ESTADIOS DE MADUREZ DE VÉRTEBRAS CERVICALES Y MADUREZ DE SUTURA MEDIA PALATINA

Estadio de sutura	Estadio de vértebras cervicales						
	CSV1	CSV2	CSV3	CSV4	CSV5	CSV6	Total
<b>A</b>	0	1	1	3	1	0	6
<b>B</b>	0	1	1	4	1	1	8
<b>C</b>	1	0	2	1	4	3	11
<b>D</b>	0	0	0	0	4	1	5
<b>E</b>	0	0	1	0	0	1	2
<b>Total</b>	1	2	5	8	10	6	32

Tabla VIII. Distribución de la asociación de pacientes entre vértebras cervicales y sutura media palatina.

La tabla VIII muestra una distribución de pacientes según el estadio de maduración de vértebras cervicales y sutura media palatina. De un total de 32 pacientes, se puede observar que en el estadio 5 de vértebras cervicales se presentó el mayor número de pacientes con 10, mientras que el estadio 1 fue el menos frecuente con 1 paciente, en los estadios de maduración de sutura media palatina el estadio C fue el más frecuente con 11 pacientes, mientras que el estadio E fue el menos frecuente con 2 pacientes.

## 12.6. ASOCIACIÓN ENTRE LA EDAD Y MADURACIÓN

Asociaciones	N	Correlación Pearson	Significancia
Asociación entre la edad y la maduración de vértebras cervicales.	32	.539	P=.001
Asociación entre la edad y la maduración de sutura media palatina.	32	.483	P=.005

Tabla IX. Distribución de las asociaciones entre edad y madurez.

En la tabla IX se describe un modelo de regresión lineal, se observa una asociación entre la edad y maduración de vértebras cervicales de  $r=.539$  con una  $P=.001$ , de igual forma se observa una asociación entre la edad y maduración de sutura media palatina de  $r=.483$  con una  $P=.005$ .

Método	N	Mediana	Varianza	Correlación	Significancia
Sutura	32	3.00	1.330	.401	.023
Vértebras	32	4.50	1.706	.401	

Tabla X. Descripción estadística de los métodos de maduración de sutura media palatina y vértebras cervicales realizado por el evaluador.

En la tabla X se describe un modelo de correlación de Spearman, para conocer una asociación entre los estadios de maduración de sutura media palatina y maduración de vértebras cervicales, se encontró una mediana de 3.00 (estadio C) para la maduración de sutura media palatina y 4.50 (estadio CSV5) para la maduración de vértebras cervicales. (Tabla X), con una varianza de 1.330 para la maduración de sutura media palatina y de 1.706 para maduración de vértebras cervicales, encontrando una asociación moderada entre variables obteniendo una correlación de  $r=.401$  ( $p=.023$ ). (Tabla X)

## 12.7. ASOCIACIONES ENTRE EDAD Y MADURACIÓN DE VÉRTEBRAS CERVICALES Y SUTURA MEDIA PALATINA DIVIDO POR SEXO

Asociaciones divididas por sexo	N	Correlación Pearson	Significancia
Asociación entre la edad y maduración de vértebras cervicales dividido por sexo masculino.	12	.437	P=.155
Asociación entre la edad y maduración de vértebras cervicales dividido por sexo femenino.	20	.634	P=.003
Asociación entre la edad y maduración de sutura media palatina dividido por sexo masculino	12	.606	P=.037
Asociación entre la edad y maduración de sutura media palatina dividido por sexo femenino.	20	.634	P=.003
Asociación entre maduración de sutura media palatina y maduración de vértebras cervicales dividido por sexo masculino.	12	.423	P=.171
Asociación entre maduración de sutura media palatina y maduración de vértebras cervicales dividido por sexo femenino.	20	.261	P=.267

Tabla XI. Distribución de asociaciones divididos por sexo.

En un modelo de correlación de Pearson en la búsqueda de asociación entre la edad y la maduración de vértebras cervicales en el sexo masculino, no se encontró una asociación, obteniendo una correlación de Pearson de  $r=.437$ , ( $p=.155$ ), para la asociación entre la edad y la maduración de vértebras cervicales en el sexo femenino, se encontró una asociación moderada, obteniendo una correlación de Pearson de  $r=.634$ , ( $p=.003$ ), la asociación entre la edad y la maduración de sutura media palatina en el sexo masculino, se encontró una asociación moderada, obteniendo una correlación de Pearson de  $r=.606$ , ( $p=.037$ ), para la asociación entre la edad y la maduración de sutura media palatina en el sexo femenino, se encontró una asociación moderada, obteniendo una correlación de Pearson de  $r=.634$ , ( $p=.003$ ), en la asociación entre la maduración de sutura media palatina y la maduración de vértebras

cervicales en el sexo masculino, no se encontró asociación obteniendo una correlación de Pearson de  $r=.423$ , ( $p=.171$ ), la asociación entre la maduración de sutura media palatina y la maduración de vértebras cervicales para el sexo femenino, no se encontró una asociación, obteniendo una correlación de Pearson de  $r=.261$ , ( $p=.267$ ). (Tabla XI)

### 13. DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación mostraron que existe una asociación positiva, moderada  $r=.401$ , ( $p=.023$ ) entre la maduración de vértebras cervicales y la maduración de sutura media palatina, siendo similar a lo descrito por A. Mahdián(25), que encontró que existe una correlación positiva pero moderada ( $r=.691$  en mujeres y  $r=.754$  en hombres, ( $p=0.001$ ) entre la maduración de vértebras cervicales y la maduración de sutura media palatina, lo que se interpreta como una pobre capacidad de predicción de la madurez de sutura media palatina por los estadios de madurez de vértebras cervicales, sus valores de asociación son más elevados posiblemente por tratarse de una muestra mayor (93 pacientes), pero que solo tomo en cuenta los estadios CSV3 a CSV6. En otro estudio de Hande Gorucu y col.(68) no se observó una correlación significativa entre las etapas de vértebras cervicales y las etapas de sutura media palatina  $r=0.030$ ,  $p=0.839$ , tomando en cuenta sólo pacientes de 15 a 30 años de edad con un tamaño de muestra de 50 pacientes, por lo que se puede considerar que la maduración de sutura media palatina varía considerablemente a la edad y la maduración de vértebras cervicales.

No se ha encontrado asociación contundente en diferentes tipos de población al analizar estas variables (25, 68), esto se puede deber a que la madurez de vértebras cervicales evalúa una osificación de tipo endocondral, mientras la maduración de sutura mediopalatina evalúa una osificación de tipo intramembranosa.

Se encontró que no existen diferencias entre las asociaciones de los estadios de maduración de vértebras cervicales y sutura media palatina divididas por sexo ( $p=.950$ ), lo que nos indica que el sexo no influye en gran medida sobre la madurez esquelética del paciente como se pensaba anteriormente, que en mujeres a la

aparición de la primera menarca por ejemplo el crecimiento había finalizado (32), de igual forma el sexo no influye en la maduración de sutura media palatina, a diferencia del estudio de Hong-ik Jang y col.(22) encontraron que la maduración de sutura media palatina ocurría antes en el sexo femenino que en el masculino, mencionando que el crecimiento inicia y se termina dos años antes en mujeres que en los hombres, en la población estudiada no se encontraron estos hallazgos por lo que aparentemente el sexo no influye en la madurez esquelética de los pacientes.

La edad tiene mejor capacidad predictiva que las vértebras cervicales, sin embargo, esta es pobre 52%, esto puede deberse a que la edad es un fenómeno longitudinal que si bien se asocia con el aumento de tamaño corporal estos aumentos no presentan un patrón rectilíneo, y además la osificación es un indicador de madurez que es influenciado por factores hormonales y de crecimiento y desarrollo mientras la edad es un fenómeno continuo. (29)

Por otro lado, la madurez de vértebras cervicales solo predice el 48% del cambio en la madurez de sutura media palatina lo que nos hace ver que el inicio y final del pico de crecimiento puberal no está asociado con el momento en que la sutura palatina osifica por lo que la incógnita de que factores influyen en la madurez de la sutura palatina persiste.

## 14. CONCLUSIONES

A pesar de encontrar una correlación entre la maduración de vértebras cervicales y madurez de sutura media palatina de  $r=.401$  ( $p=.023$ ), la asociación entre las variables es muy pobre explicando solo el 40% del modelo, por lo que la madurez esquelética medida a través del instrumento de madurez de vértebras cervicales de Baccetti, es un pobre predictor para el nivel de madurez de sutura media palatina.

No se encontraron diferencias en las asociaciones de los estadios de maduración de vértebras cervicales y sutura media palatina divididos por sexo  $p=.950$ , por lo que se infiere que en esta población el sexo no influye en la maduración de suturas o vertebras en los pacientes.

La edad predice un 52% de cambio mientras que la madurez de vértebras cervicales predice un 48%, por lo que se puede considerar un mayor predictor la edad, pero estos datos no son clínicamente significativos.

## 15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Roque-Torres GD, Meneses-López A, Norberto Bóscolo F, De Almeida SM, Haiter Neto F. La tomografía computarizada cone beam en la ortodoncia, ortopedia facial y funcional. *Revista Estomatológica Herediana*. 2015;25:61-78.
2. Santiago RC, de Miranda Costa LF, Vitral RW, Fraga MR, Bolognese AM, Maia LC. Cervical vertebral maturation as a biologic indicator of skeletal maturity. *Angle Orthod*. 2012;82(6):1123-31.
3. Garcia VJ, Comesana R, Kasem K, Usrtell-Torrent JM, Badaoui A, Manzanares-Céspedes MC, et al. Short-term effects of strain produced on a split palatal screw-type hyrax appliance after rapid maxillary expansion: A clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2015;148(6):990-8.
4. Angelieri F, Cevidanes LH, Franchi L, Goncalves JR, Benavides E, McNamara JA, Jr. Midpalatal suture maturation: classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013;144(5):759-69.
5. Angelieri F, Franchi L, Cevidanes LH, Bueno-Silva B, McNamara JA, Jr. Prediction of rapid maxillary expansion by assessing the maturation of the midpalatal suture on cone beam CT. *Dental Press J Orthod*. 2016;21(6):115-25.
6. Canut Brusola JA. *Ortodoncia clínica y terapéutica*. 2000.
7. Quirós O. *Introducción a la ortodoncia*. *Acta Odontológica Venezolana*. 2004;42:230-1.
8. Proffit WR, Henry W. Fields y David M. Sarver. *Ortodoncia Contemporánea*. 5th E.D ed. ESPAÑA SE, editor. Barcelona, España 2013.
9. Uribe Restrepo GA. *Ortodoncia : teoría y clínica*. Medellín, Colombia: Corporación para Investigaciones Biológicas; 2004.
10. Safari S, Mahdian A, Motamedian SR. Applications of stem cells in orthodontics and dentofacial orthopedics: Current trends and future perspectives. *World journal of stem cells*. 2018;10(6):66-77.
11. Torres Rodríguez LC, González Olazábal MV, Pérez García LM, Pérez Fernández AM. Efecto de Bionator de California en los trastornos temporomandibulares. *Gaceta Médica Espirituana*. 2014;16:01-9.

12. Aguirre Siancas EE, Granados Martínez S. Visión celular y molecular de la ortopedia funcional de los maxilares. *Odontología Vital*. 2017;61-6.
13. Efunkoya AA, Bamgbose BO, Adebola RA, Adeoye JB, Akpasa IO. Maxillomandibular distraction osteogenesis. *J Craniofac Surg*. 2014;25(5):1787-92.
14. Ricardo Reyes M, Comas Mirabent RB, Martínez Ramos MR, Mok Barceló P. Expansión rápida del maxilar con el tornillo Hyrax en un adolescente. *MEDISAN*. 2015;19:417-21.
15. Seif-Eldin NF, Elkordy SA, Fayed MS, Elbeialy AR, Eid FH. Transverse Skeletal Effects of Rapid Maxillary Expansion in Pre and Post Pubertal Subjects: A Systematic Review. *Open Access Maced J Med Sci*. 2019;7(3):467-77.
16. Algharbi M, Bazargani F, Dimberg L. Do different maxillary expansion appliances influence the outcomes of the treatment? *Eur J Orthod*. 2018;40(1):97-106.
17. Agarwal A, Mathur R. Maxillary Expansion. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2010;3(3):139-46.
18. Vallejo L, Vallejo K, Collantes J, Rockenbach C. Rapid maxillary expansion: a literature review. *Research, Society and Development*. 2022;11(9):e26211930492.
19. McNamara J, Brudon, W. y Rivas de Montes. *Tratamiento ortodóncico y ortopédico en la dentición mixta* . . Segunda edición ed1995.
20. Isfeld D, Lagraverre M, Leon-Salazar V, Flores-Mir C. Novel methodologies and technologies to assess mid-palatal suture maturation: a systematic review. *Head Face Med*. 2017;13(1):13.
21. Bin Dakhil N, Bin Salamah F. The Diagnosis Methods and Management Modalities of Maxillary Transverse Discrepancy. *Cureus*. 2021;13(12):e20482.
22. Jang HI, Kim SC, Chae JM, Kang KH, Cho JW, Chang NY, et al. Relationship between maturation indices and morphology of the midpalatal suture obtained using cone-beam computed tomography images. *Korean J Orthod*. 2016;46(6):345-55.
23. Barbosa NMV, Castro AC, Conti F, Capelozza-Filho L, Almeida-Pedrin RR, Cardoso MA. Reliability and reproducibility of the method of assessment of midpalatal suture maturation: A tomographic study. *Angle Orthod*. 2019;89(1):71-7.
24. Abo Samra D, Hadad R. Midpalatal suture: evaluation of the morphological maturation stages via bone density. *Prog Orthod*. 2018;19(1):29.



25. Mahdian A, Safi Y, Dalaie K, Kavousinejad S, Behnaz M. Correlation assessment of cervical vertebrae maturation stage and mid-palatal suture maturation in an Iranian population. *J World Fed Orthod.* 2020;9(3):112-6.
26. McNamara JA, Jr., Franchi L. The cervical vertebral maturation method: A user's guide. *Angle Orthod.* 2018;88(2):133-43.
27. Cunha AC, Cevidanes LH, Sant'Anna EF, Guedes FR, Luiz RR, McNamara JA, et al. Staging hand-wrist and cervical vertebrae images: a comparison of reproducibility. *Dentomaxillofac Radiol.* 2018;47(5):20170301.
28. Cericato GO, Bittencourt MA, Paranhos LR. Validity of the assessment method of skeletal maturation by cervical vertebrae: a systematic review and meta-analysis. *Dentomaxillofac Radiol.* 2015;44(4):20140270.
29. Moyers RE. *Manual de ortodoncia 4 Ed: Médica Panamericana; 1992.*
30. Joshi V, Yamaguchi T, Matsuda Y, Kaneko N, Maki K, Okano T. Skeletal maturity assessment with the use of cone-beam computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2012;113(6):841-9.
31. Premkumar S. *Textbook of orthodontics-E-Book: Elsevier Health Sciences; 2015.*
32. Beunen GP, Rogol AD, Malina RM. Indicators of biological maturation and secular changes in biological maturation. *Food Nutr Bull.* 2006;27(4 Suppl Growth Standard):S244-56.
33. Chiego DJ. *Principios de histología y embriología bucal: Con orientación clínica: Elsevier Health Sciences; 2021.*
34. Valdés Valdés A, Pérez Núñez HM, García Rodríguez RE, López Gutiérrez A. *Embriología humana. La Habana: Editorial Ciencias Médicas. 2010:87-102.*
35. Berendsen AD, Olsen BR. Bone development. *Bone.* 2015;80:14-8.
36. Helms JA, Schneider RA. Cranial skeletal biology. *Nature.* 2003;423(6937):326-31.
37. Lefebvre V, Bhattaram P. Vertebrate skeletogenesis. *Curr Top Dev Biol.* 2010;90:291-317.
38. Gómez de Ferraris ME, Campos Muñoz A. *Histología, embriología e ingeniería tisular bucodental. Editorial Médica Panamericana. 2009;454.*

39. Villavicencio Limon JA, Santa Cruz GC, Fernández Villavicencio MÁ, Magana Ahedo L. Ortopedia dentofacial : una visión multidisciplinaria. Caracas: Actualidades Medico Odontologicas Latinoamerica; 1996.
40. Jonas RTI. Atlas de ortopedia maxilar: diagnóstico 1992.
41. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA, Jr. An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod.* 2002;72(4):316-23.
42. Franchi L, Baccetti T, McNamara JA, Jr. Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;118(3):335-40.
43. Jimenez-Valdivia LM, Malpartida-Carrillo V, Rodríguez-Cárdenas YA, Dias-Da Silveira HL, Arriola-Guillén LE. Midpalatal suture maturation stage assessment in adolescents and young adults using cone-beam computed tomography. *Prog Orthod.* 2019;20(1):38.
44. Tonello DL, Ladewig VM, Guedes FP, Ferreira Conti ACC, Almeida-Pedrin RR, Capelozza-Filho L. Midpalatal suture maturation in 11- to 15-year-olds: A cone-beam computed tomographic study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017;152(1):42-8.
45. Ladewig VM, Capelozza-Filho L, Almeida-Pedrin RR, Guedes FP, de Almeida Cardoso M, de Castro Ferreira Conti AC. Tomographic evaluation of the maturation stage of the midpalatal suture in postadolescents. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;153(6):818-24.
46. Clinical recommendations regarding use of cone beam computed tomography in orthodontics. Position statement by the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology.* 2013;116(2):238-57.
47. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics. *Seminars in Orthodontics.* 2005;11(3):119-29.
48. Angelier F, Franchi L, Cevidanes LHS, Gonçalves JR, Nieri M, Wolford LM, et al. Cone beam computed tomography evaluation of midpalatal suture maturation in adults. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2017;46(12):1557-61.

49. Haghanifar S, Mahmoudi S, Foroughi R, Mir APB, Mesgarani A, Bijani A. Assessment of midpalatal suture ossification using cone-beam computed tomography. *Electron Physician*. 2017;9(3):4035-41.
50. Savoldi F, Wong KK, Yeung AWK, Tsoi JKH, Gu M, Bornstein MM. Midpalatal suture maturation staging using cone beam computed tomography in patients aged between 9 to 21 years. *Sci Rep*. 2022;12(1):4318.
51. Thadani M, Shenoy U, Patle B, Kalra A, Goel S, Toshinawal N. Midpalatal Suture Ossification and Skeletal Maturation: A Comparative Computerized Tomographic Scan and Roentgenographic Study. *Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology*. 2010;22:81-7.
52. Sayar G, Kiliç DD. Rapid maxillary expansion outcomes according to midpalatal suture maturation levels. *Prog Orthod*. 2019;20(1):27.
53. Pichai S, Rajesh M, Reddy N, Adusumilli G, Reddy J, Joshi B. A comparison of hand wrist bone analysis with two different cervical vertebral analysis in measuring skeletal maturation. *J Int Oral Health*. 62014. p. 36-41.
54. Flores-Mir C, Burgess CA, Champney M, Jensen RJ, Pitcher MR, Major PW. Correlation of skeletal maturation stages determined by cervical vertebrae and hand-wrist evaluations. *Angle Orthod*. 2006;76(1):1-5.
55. Hassel B, Farman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1995;107(1):58-66.
56. Warmeling D, Rodrigues K, Zastrow M, Thiesen G. Comparative study of two skeletal maturation evaluation indexes. *Revista Odonto Ciência*. 2009;25:188-93.
57. Gandini P, Mancini M, Andreani F. A comparison of hand-wrist bone and cervical vertebral analyses in measuring skeletal maturation. *Angle Orthod*. 2006;76(6):984-9.
58. Caldas Mde P, Ambrosano GM, Haiter-Neto F. Use of cervical vertebral dimensions for assessment of children growth. *J Appl Oral Sci*. 2007;15(2):144-7.
59. Perinetti G, Contardo L. Reliability of Growth Indicators and Efficiency of Functional Treatment for Skeletal Class II Malocclusion: Current Evidence and Controversies. *Biomed Res Int*. 2017;2017:1367691.

60. Armond MC, Generoso R, Falci SG, Ramos-Jorge ML, Marques LS. Skeletal maturation of the cervical vertebrae: association with various types of malocclusion. *Braz Oral Res.* 2012;26(2):145-50.
61. Mahajan S. Evaluation of skeletal maturation by comparing the hand wrist radiograph and cervical vertebrae as seen in lateral cephalogram. *Indian J Dent Res.* 2011;22(2):309-16.
62. Pooja U, Lokesh NK, Alle RS, Trivedi M. A Study to Compare and Correlate the Status of Maturation in Growing Individuals Using Chronological Age Dental Maturation and Cervical Vertebrae Maturation. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2021;14(Suppl 1):S50-s3.
63. Altan M, Nebioğlu Dalci Ö, İseri H. Growth of the cervical vertebrae in girls from 8 to 17 years. A longitudinal study. *Eur J Orthod.* 2012;34(3):327-34.
64. Ramírez-Velásquez M, Vilorio-Ávila TJ, Rodríguez DA, Rojas ME, Zambrano O. Maturation of cervical vertebrae and chronological age in children and adolescents. *Acta Odontol Latinoam.* 2018;31(3):125-30.
65. Lee YS, Choi SH, Kim KH, Hwang CJ. Evaluation of skeletal maturity in the cervical vertebrae and hand-wrist in relation to vertical facial types. *Korean J Orthod.* 2019;49(5):319-25.
66. 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.* 2018;102:125-8.
67. Wong RWK, Alkhal HA, Rabie ABM. Use of cervical vertebral maturation to determine skeletal age. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2009;136(4):484.e1-.e6.
68. Coskuner H, Atik E, Taner T. Relationship between midpalatal suture maturation and age and maturation of cervical vertebrae: radiographic evaluation. *Acta Odontologica Turcica.* 2018;35.