



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA**

**EXPANSIÓN RÁPIDA MAXILAR EN EL PACIENTE  
ADULTO SIN ASISTENCIA QUIRÚRGICA**

**TESIS DOCTORAL**

**Andrea Ghergu Jianu**

**Directores:**

**Dr. José María Llamas Carreras**

**Dr. José Chaqués Asensi**

**Sevilla, 15 de abril de 2019**



**José María Llamas Carreras**, Profesor Asociado de Ortodoncia en la Universidad de Sevilla, certifico:

Que el trabajo presentado por Dña. Andrea Ghergu Jianu bajo el título “Expansión rápida del maxilar en adultos sin asistencia quirúrgica”, ha sido realizado bajo mi dirección como trabajo de investigación conducente al título de Doctor.

Que el citado trabajo es original y cumple todos los requisitos éticos y formales, se ajusta con exactitud al método científico y es coherente con la trayectoria investigadora de su autora y con su proyecto de investigación.

Y para que así conste, a efectos académicos, firmo el presente certificado en Sevilla el día 15 de abril de 2019.

Fdo: Dr. José María Llamas Carreras.

# AGRADECIMIENTOS

---

En primer lugar, quiero mostrar mi agradecimiento a mis directores de Tesis, Dr. José María Llamas Carreras y Dr. José Chaqués Asensi, por aconsejarme, ayudarme y poner a mi disposición todos los medios y la información necesarios para llevar a cabo este trabajo de investigación.

Especialmente deseo agradecer al Dr. José Chaqués Asensi su apoyo e implicación, convirtiéndose, más que en un director, en un gran amigo. Gracias por compartir tu enorme conocimiento, experiencia y sabiduría, y, además, transmitirme el gusto por la ortodoncia y por el trabajo bien hecho.

A mis padres, Adriana y Aurel, por vuestro amor incondicional, por darme ejemplo de constancia, fuerza de voluntad y capacidad de superación, y por ser mi mayor orgullo. Todo lo que soy os lo debo a vosotros.

A mi compañero en la vida, Alejandro, por ser valiente embarcándote conmigo en nuevos retos, por demostrarme tu apoyo día a día y por enseñarme que lo importante es disfrutar el camino y aprender de él.

# RESUMEN

---

## **RESUMEN**

La expansión rápida maxilar o expansión rápida palatina son los términos que utilizamos para denominar a la técnica mediante la cual se amplía el tamaño del paladar a través de la apertura de su sutura media. El primer caso en el que se realizó una expansión maxilar fue publicado por Angell en el Dental Cosmos en el año 1860, el cuál fue criticado con dureza debido a que se pensaba que era totalmente imposible la separación de los fragmentos maxilares, recriminándole que la interpretación de su caso era totalmente errónea. La controversia continuó a lo largo del siglo XX. En los años 60 y 70 se publican diversos estudios en los que se realiza expansión rápida del maxilar en adultos. En los mismos se encontró una mayor resistencia a la apertura del maxilar y, en algunos casos, no se consiguió ésta en absoluto. Por ello, se propusieron diversos procedimientos quirúrgicos que se basaban en la realización de diversas osteotomías que separaba los fragmentos maxilares de los huesos adyacentes.

A partir de ese momento son muy escasos los estudios publicados sobre expansión maxilar en adultos sin cirugía previa. En la actualidad muchos autores y profesionales presentan dudas a la hora de realizar expansión maxilar en adultos jóvenes sin realizar previamente una separación quirúrgica de los segmentos maxilares debido a las posibles complicaciones con las que se pueden encontrar.

Sobre esta base hemos planteado la siguiente hipótesis inicial de trabajo: “Es posible realizar expansión rápida del maxilar en pacientes cuyo crecimiento ha finalizado sin necesidad de osteotomía maxilar previa”. De esta manera, el objetivo principal de esta tesis es: estudiar/valorar la posibilidad de expansión rápida del maxilar en pacientes adultos menores de 30 años sin someterse a osteotomía maxilar previa. Así mismo, se pretende estudiar la seguridad de nuestro protocolo de expansión en adultos y determinar las complicaciones que se pueden derivar de este procedimiento.

Para ello, se han seleccionado 29 pacientes tratados en las clínicas privadas de ortodoncia de los Doctores José María Llamas Carrera y José Chaqués Asensi en Sevilla entre los años 2003 y 2014. La muestra consta de 29 pacientes. La media de edad de los pacientes seleccionados fue de  $22 \pm 4$  años, presentando 18 años el paciente de menor edad y 32 años el paciente de mayor edad al inicio del tratamiento. Se incluyeron 13 pacientes con mordida cruzada unilateral y 16 pacientes con mordida cruzada bilateral.

La expansión maxilar se realizó mediante disyuntores que poseen un tornillo central tipo Hyrax de 11 mm apoyados en cuatro dientes posteriores, de los cuales dos eran molares y dos premolares. Una vez cementado el aparato se iniciaron las activaciones del tornillo el mismo día de su colocación. Familiares de los pacientes fueron instruidos para activar el tornillo de expansión a un ritmo de un cuarto de vuelta cada dos días (0.25 mm/día). La duración de la fase de expansión dependía del grado de compresión maxilar, la media fue de 50 +/- 6 días. Una vez obtenida la corrección de la compresión transversal, se procedía al sellado del tornillo de expansión con un alambre de acero inoxidable de 0.012" para mantenerlo como mecanismo de retención. La duración media del tratamiento de ortodoncia, incluyendo tanto la fase de expansión como el tratamiento con brackets posterior, fue de  $2.63 \pm 0.73$  años.

Se han tomado modelos de 29 pacientes antes de iniciar el tratamiento de expansión y al terminar el tratamiento de ortodoncia. En los modelos se han estudiado las diferencias de anchuras interdientarias y las diferencias de las alturas de las coronas clínicas entre el inicio y el final de tratamiento. Así mismo, se han tomado tomografías axiales computarizadas de haz cónico de 19 pacientes después de finalizar el tratamiento, las cuales se han utilizado para valorar las angulaciones bucolinguales de premolares y molares, así como la presencia de dehiscencias y fenestraciones óseas.

La conclusión principal es la siguiente: es posible realizar expansión rápida del maxilar en pacientes adultos menores de 30 años sin necesidad de someterse a una cirugía de osteotomía maxilar previa, corrigiendo mordidas cruzadas tanto unilaterales como bilaterales.

Los resultados de las mediciones realizadas para valorar el aumento de las anchuras interdientarias fueron similares a los encontrados por otros autores que han realizado expansión maxilar, tanto en adultos como en niños. Después de un período de retención de 3 años  $\pm$  6 meses, no se observó ninguna recidiva en las mordidas cruzadas. Además, la oclusión conseguida fue correcta en todos los pacientes. Tampoco se observaron recesiones gingivales en los pacientes, la pérdida de inserción bucal fue mínima y las diferencias en las alturas de las coronas clínicas no fueron clínicamente significativas.

En cuanto a las mediciones realizadas mediante tomografías computarizadas de haz cónico, se ha obtenido que las inclinaciones de primeros molares al final del

tratamiento no presentan diferencias significativas en relación con el único estudio publicado realizado bajo la misma metodología. Se ha observado, así mismo, que la incidencia de dehiscencias y fenestraciones es mayor en primeros premolares y molares, si bien este tipo de hallazgos han sido igualmente informados en estudios similares de pacientes no sometidos a procedimientos de expansión activa como parte de su tratamiento ortodóncico.

A la vista que los resultados obtenidos podemos decir que la expansión maxilar no quirúrgica realizada con el dispositivo Hyrax puede proponerse como una alternativa de tratamiento segura a la expansión maxilar asistida quirúrgicamente para corregir deficiencias transversales en pacientes adultos, especialmente en pacientes menores de 30 años con estado periodontal sano.

# ÍNDICE

---

# ÍNDICE

I.	Objetivos del estudio.....	1
II.	Introducción.....	5
III.	Revisión bibliográfica.....	12
	III.1. Anatomía del maxilar y relaciones con el complejo circunmaxilar.....	13
	III.2. Crecimiento y maduración del sistema sutural.....	14
	III.3. Cronología de cierre de la sutura palatina.....	17
	III.4. Comportamiento de la sutura ante tensiones.....	19
	III.5. Indicaciones clínicas.....	20
	III.6. Efectos de la expansión maxilar.....	22
	III.6.1. Efectos esqueléticos.....	22
	III.6.2. Efectos dentarios.....	24
	III.7. Estabilidad de la expansión maxilar.....	25
	III.8. Posibilidades de tratamiento en pacientes adultos.....	26
	III.8.1. Expansión rápida del maxilar.....	26
	III.8.1.1. Situación actual.....	26
	III.8.1.2. Protocolo.....	32
	III.8.1.3. Complicaciones.....	35

III.8.2. Expansión rápida del maxilar quirúrgicamente asistida.....	36
III.8.2.1. Protocolo.....	36
III.8.2.2. Complicaciones derivadas de la cirugía.....	41
III.9. Tomografía computarizada de haz cónico en ortodoncia.....	42
IV. Material y método.....	45
IV.1. Selección de la muestra.....	46
IV.2. Expansión maxilar.....	47
IV.3. Registros.....	48
IV.3.1. Análisis de modelos.....	48
IV.3.2. Análisis mediante tomografía computarizada de haz cónico..	51
IV. 3.3. Análisis estadístico.....	57
V. Resultados.....	58
V.1. Resultados sobre análisis de modelos.....	59
V.1.1. Anchura de arcadas.....	59
V.1.2. Altura de coronas clínicas.....	60
V.2. Resultados sobre tomografía computarizada de haz cónico.....	62
V.2.1. Angulaciones de premolares y molares maxilares.....	62
V.2.2. Dehiscencias y fenestraciones en el hueso alveolar.....	63

VI.	Discusión.....	66
	VI.1. Naturaleza del estudio.....	67
	VI.2. Eficacia y magnitud de la expansión.....	67
	VI.3. Disyuntores de Hyrax y Haas.....	68
	VI.4. Morbilidad y complicaciones.....	69
	VI.5. Recesión gingival.....	71
	VI.6. Inclinationes dentarias.....	72
	VI.7. Defectos óseos.....	73
	VI.8. Toma de decisiones.....	75
VII.	Conclusiones.....	77
VIII.	Bibliografía.....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla I:</b>	Análisis de resultados de distancias interdientarias .....	59
<b>Tabla II:</b>	Análisis de resultados de alturas de coronas clínicas.....	61
<b>Tabla III:</b>	Análisis de resultados de inclinaciones de premolares y molares maxilares al final del tratamiento .....	62
<b>Tabla IV:</b>	Análisis de resultados de dehiscencias de premolares y molares maxilares al final del tratamiento.....	63
<b>Tabla V:</b>	Análisis de resultados de fenestraciones de premolares y molares maxilares al final del tratamiento .....	64
<b>Tabla VI:</b>	Análisis comparativo de porcentajes de dehiscencias y fenestraciones .....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS:

<b>Figura 1:</b> Visión frontal de huesos que componen el complejo craneofacial.....	6
<b>Figura 2:</b> Visión coronal de huesos que forman el complejo craneofacial .....	7
<b>Figura 3:</b> Visión sagital de huesos que integran el complejo craneofacial .....	8
<b>Figura 4:</b> Expansor de Haas .....	8
<b>Figura 5:</b> Osteotomía maxilar .....	10
<b>Figura 6:</b> Efectos esqueléticos y dentarios de la expansión maxilar .....	13
<b>Figura 7:</b> Deflexión del maxilar durante su apertura .....	14
<b>Figura 8:</b> Estadios de osificación maxilar según Angelieri y cols. ....	16
<b>Figura 9:</b> Dirección de osificación tras la expansión maxilar .....	19
<b>Figura 10:</b> Efectos esqueléticos y dentarios de la expansión maxilar .....	22
<b>Figura 11:</b> Comparativa entre cirugía de SARPE y Le Fort I .....	40
<b>Figuras 12 y 13:</b> Diseño de disyuntor utilizado en nuestro estudio .....	47
<b>Figura 14:</b> Mediciones vestibulares .....	49
<b>Figura 15:</b> Mediciones oclusales .....	49
<b>Figura 16:</b> Mediciones palatinas .....	50
<b>Figura 17:</b> Mediciones alturas de las coronas clínicas .....	50
<b>Figura 18:</b> Orientación del cráneo en función del plano palatino .....	52
<b>Figura 19:</b> Orientación del cráneo en función del plano bicogomático .....	52

<b>Figura 20:</b> Inclinación bucolingual de primer premolar izquierdo .....	53
<b>Figura 21:</b> Inclinación bucolingual de segundo premolar izquierdo .....	54
<b>Figura 22:</b> Inclinación bucolingual de primer molar izquierdo .....	54
<b>Figura 23:</b> Inclinación bucolingual de segundo molar izquierdo .....	54
<b>Figura 24:</b> Presencia de fenestraciones en los primeros premolares .....	55
<b>Figura 25:</b> Ausencia de fenestraciones en los segundos premolares .....	56
<b>Figura 26:</b> Presencia de fenestraciones en los primeros molares .....	56
<b>Figura 27:</b> Ausencia de defectos alveolares en los segundos molares .....	57

# **OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

---

## **I. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.**

La expansión rápida maxilar o expansión rápida palatina son los términos que utilizamos para denominar a la técnica mediante la cual se amplía el tamaño del paladar a través de la apertura de su sutura media. El primer caso en el que se realizó una expansión maxilar fue publicado por Angell en el Dental Cosmos en el año 1860 <sup>1</sup>. En dicho artículo se presentaba a un paciente con mordida cruzada posterior y erupción ectópica de un incisivo lateral superior que corrigió mediante la apertura de la sutura palatina media, dando lugar a un diastema interincisivo. Angell fue criticado con dureza debido a que se pensaba que era totalmente imposible la separación de los fragmentos maxilares, recriminándole que la interpretación de su caso era totalmente errónea. Al ver la controversia generada al respecto publicó, ese mismo año en la misma revista, otro artículo en el que presentaba con mayor detalle la expansión conseguida basándose en el aumento de la anchura intermolar e insistiendo en la apertura de la sutura palatina media <sup>2</sup>.

La controversia continuó a lo largo del siglo XX. En 1961, Hass publicó un artículo sobre expansión maxilar mediante el uso de un aparato fijo mucosuportado <sup>3</sup>. Éste presentaba cobertura acrílica, un tornillo de expansión central y dos apoyos dentarios en cada hemimaxila utilizando los premolares y primeros molares definitivos. Este diseño fue modificado siete años más tarde por Biederman, el cual prescindió de la cobertura acrílica, disminuyendo así la irritación en la mucosa <sup>4</sup>.

A lo largo de los años 60 y 70 se publican diversos estudios en los que se realiza expansión rápida del maxilar en adultos <sup>5-11</sup>. En los mismos se encontró una mayor resistencia a la apertura del maxilar y, en algunos casos, no se consiguió ésta en absoluto. Por ello, Steinhauser en 1972 propuso un procedimiento quirúrgico previo a la expansión del maxilar, que consistía en una osteotomía que separaba los fragmentos maxilares de los huesos adyacentes <sup>12</sup>.

A partir de ese momento son pocos los estudios publicados sobre expansión maxilar en adultos sin cirugía previa. En 1987 Alpern y Yurosko presentaron un estudio con un grupo de pacientes adultos tratados sin cirugía en los que se corrigió la compresión maxilar, siendo además estable en el tiempo <sup>13</sup>. Capelozza y cols. en 1996 encontraron evidencias de apertura maxilar en el 81.5% de los casos, pudiendo corregir

todos ellos <sup>14</sup>. Ese mismo año, Handelman publica un estudio en el que consigue realizar más de 6 mm de expansión sin encontrar recesiones gingivales significativas <sup>15</sup>. Un año más tarde, Handelman elabora un estudio en el que encuentra mínimas recesiones gingivales y reabsorciones radiculares en molares y premolares como efectos no deseados <sup>16</sup>. Ese mismo año Northaway y Meade concluyeron, en un estudio en el que comparaban los resultados obtenidos en pacientes en que se realizó expansión maxilar con y sin cirugía, que los protocolos quirúrgico y no quirúrgico aplicados son predecibles y estables en el tiempo y que permiten corregir las mordidas cruzadas posteriores <sup>17</sup>. En el año 2000, Handelman presentó una nueva serie de casos <sup>18</sup>. En este último estudio expone que en los adultos sólo el 18% de la expansión conseguida se debe a un aumento basal del maxilar, mientras que en los niños asciende al 56%.

En la actualidad, la expansión rápida del maxilar es una técnica totalmente aceptada y protocolizada en niños y adolescentes. Este hecho se debe a que los estudios que se han realizado sobre la sutura maxilar evidencian que en este rango de edad ésta permanece abierta. Sin embargo, existe controversia en cuanto a la edad de osificación de la sutura una vez pasada la adolescencia. Aunque diferentes estudios coinciden en que la edad en la cual se produce el cierre de la sutura es muy variable, muchos autores y profesionales presentan dudas a la hora de realizar expansión maxilar en adultos jóvenes sin realizar previamente una separación quirúrgica de los segmentos maxilares debido a las posibles complicaciones con las que se pueden encontrar. Entre ellas se han descrito dolor, hinchazón, ulceración, volcamiento de los dientes posteriores, apertura de la mordida, recesiones gingivales, fenestraciones y reabsorciones radiculares.

Sobre esta base hemos planteado la siguiente hipótesis inicial de trabajo:

- “Es posible realizar expansión rápida del maxilar en pacientes cuyo crecimiento ha finalizado sin necesidad de osteotomía maxilar previa”.

De esta manera, el objetivo principal de esta tesis es:

- Estudiar/valorar la posibilidad de expansión rápida del maxilar en pacientes adultos menores de 30 años sin someterse a osteotomía maxilar previa.

Así mismo, se tratará de dar respuesta a otra serie de objetivos secundarios:

- Establecer la seguridad de nuestro protocolo de expansión en adultos.
- Determinar las complicaciones que se pueden derivar de este procedimiento.

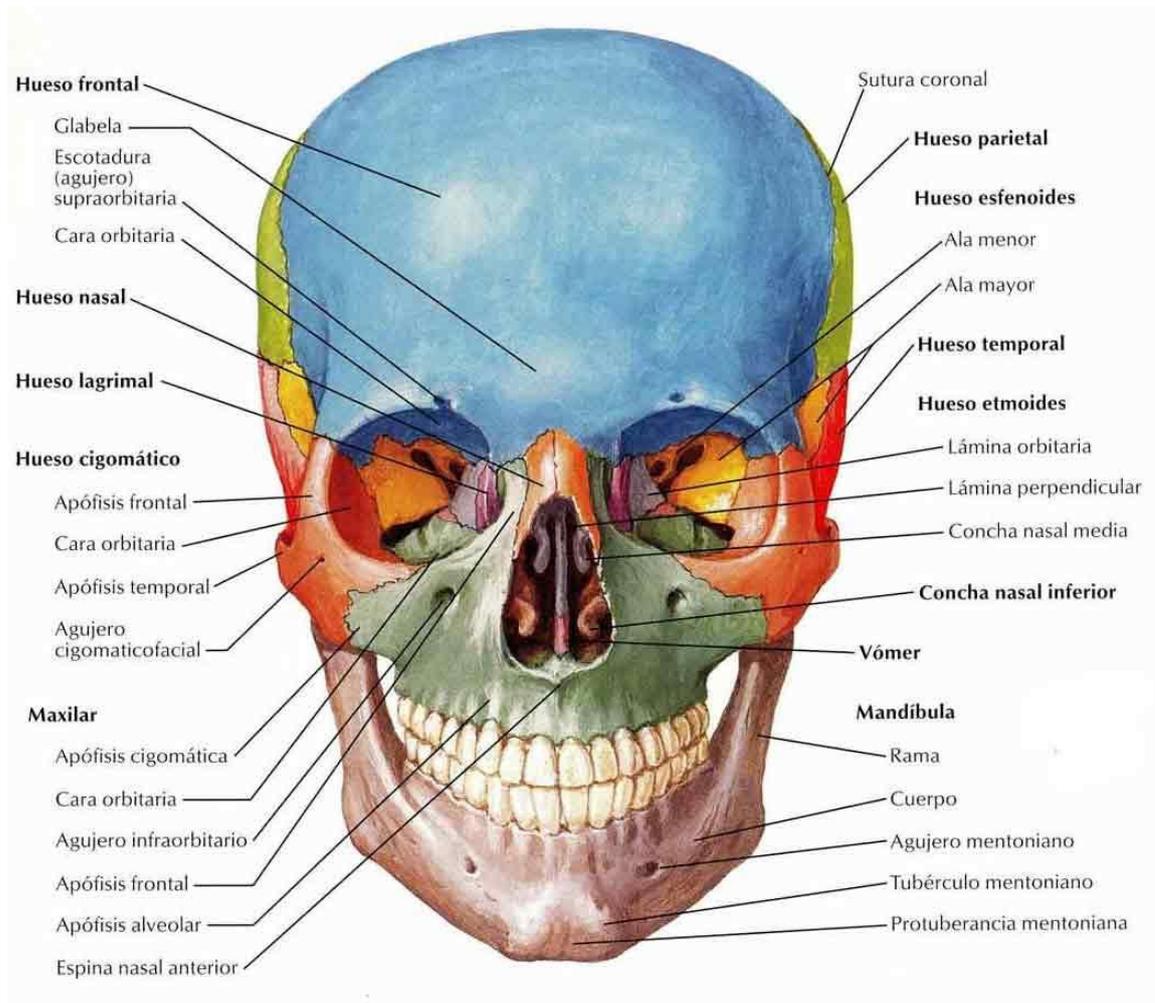
# INTRODUCCIÓN

---

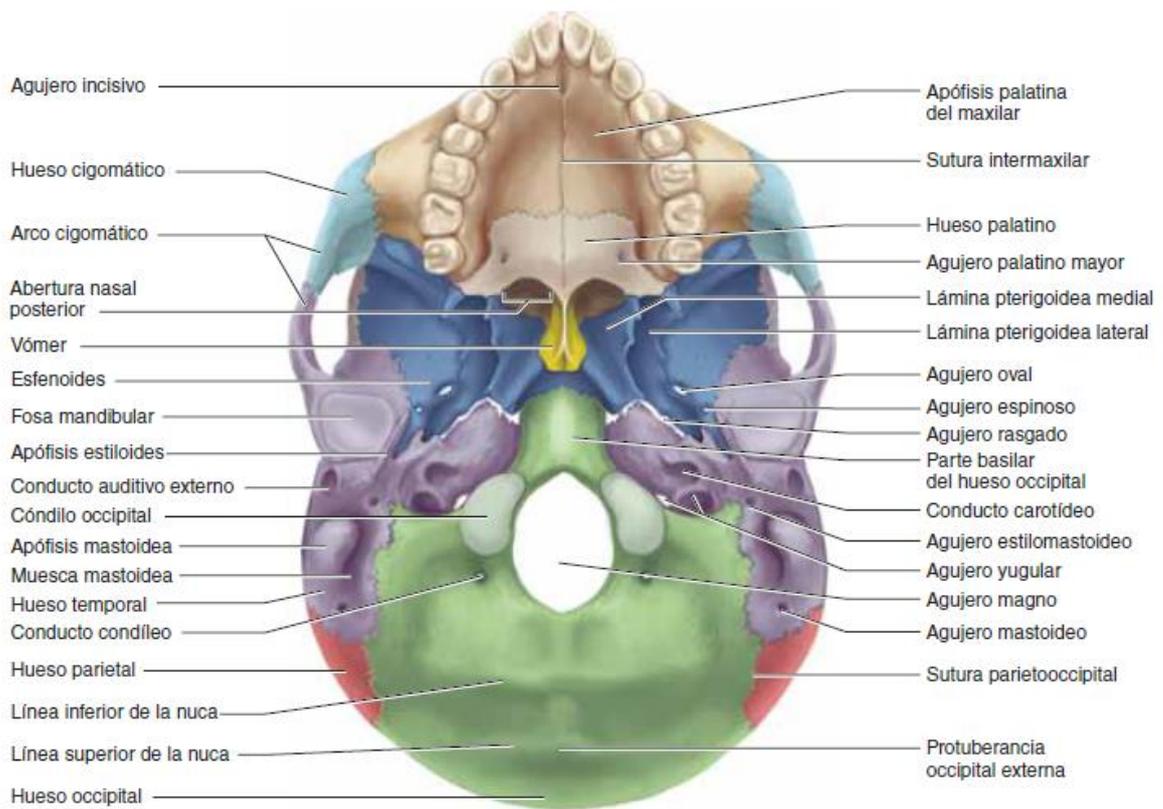
## II. INTRODUCCIÓN.

Los huesos que componen el complejo craneofacial están relacionados entre sí mediante suturas, lo que implica que durante el crecimiento aparezcan tensiones en estas áreas de unión. Este hecho favorece que un hueso pueda estar parcialmente controlado por el crecimiento de las estructuras adyacentes, pero a su vez conlleva que el patrón de crecimiento de una región pueda afectar a otras regiones distantes.

El maxilar está formado por dos huesos que entre sí presentan una osificación intramembranosa <sup>19</sup>. En su conjunto forman la mayor parte del esqueleto de la cara. En su interior cada uno de ellos alberga una cavidad aérea llamada seno maxilar.



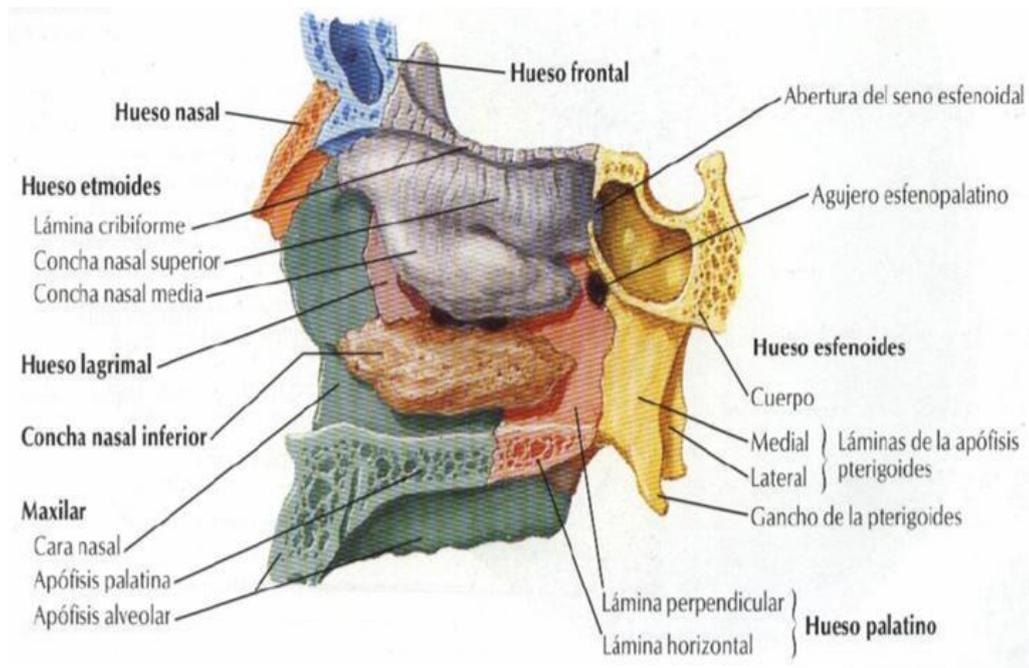
**FIGURA 1:** VISIÓN FRONTAL DE HUESOS QUE COMPONEN EL COMPLEJO CRANEOFACIAL.



**FIGURA 2:** VISIÓN CORONAL DE HUESOS QUE FORMAN EL COMPLEJO CRANEOFACIAL.

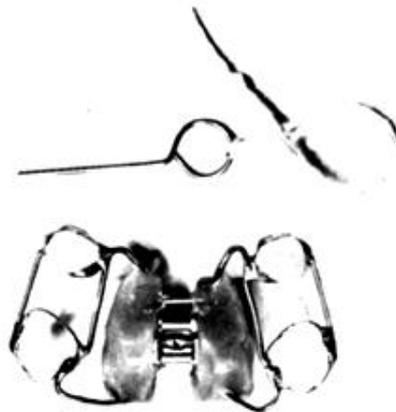
En su conjunto está formado por cinco partes <sup>20</sup>:

- **Cuerpo:** parte del hueso más grande. Está involucrado en cuatro regiones diferentes: órbita, hueso nasal, fosa infratemporal y cara. Alberga el conducto y el agujero infraorbitario.
- **Apófisis frontal:** se extiende superiormente para articularse con los huesos nasal, frontal, etmoides y lagrimal. Forma el límite posterior de la fosa lagrimal.
- **Apófisis cigomática:** se extiende lateralmente para articularse con la apófisis maxilar del hueso cigomático.
- **Apófisis palatina:** se extiende medialmente para formar la mayor parte del paladar duro. Se articula con la apófisis palatina del hueso opuesto y la lámina horizontal del hueso palatino. En su porción anterior se localiza el agujero incisivo.
- **Apófisis alveolar:** sostiene a los dientes maxilares. Se reabsorbe cuando éstos se pierden.



**FIGURA 3:** VISIÓN SAGITAL DE HUESOS QUE INTEGRAN EL COMPLEJO CRANEOFACIAL.

La expansión rápida del maxilar fue propuesta por primera vez por Angell en 1860 <sup>1,2</sup>. Para llevarla a cabo Angell utilizaba un aparato que apoyaba sobre los premolares y que, mediante activaciones periódicas, permitía conseguir un aumento de la anchura del paladar. Como prueba de la separación de las hemimaxilas, los pacientes desarrollaron diastemas interincisivos. Estas publicaciones provocaron una gran controversia, dando lugar a un siglo de luces y sombras. Haas en 1961 presentó un nuevo aparato desarrollado por él para llevar a cabo la expansión maxilar <sup>3</sup>. El diseño de dicho aparato fue modificado posteriormente por Biederman <sup>4</sup>.



**FIGURA 4:** EXPANSOR DE HAAS.

En el año 1954, Subtenly y Brodie encontraron que el reposicionamiento de los fragmentos maxilares fue más lento en los pacientes adultos, atribuyéndole este hecho al cierre de la sutura palatina <sup>5</sup>. Isaacson y Murphy, diez años más tarde, realizaron expansión rápida del maxilar en cinco pacientes con fisura palatina <sup>6</sup>. En uno de ellos, que tenía 22 años, no se consiguió la apertura maxilar. El estudio concluyó que este hecho se debía a que la rigidez del esqueleto facial era un factor más importante que la osificación de la sutura media palatina. En 1965, Isaacson y Zimring desarrollaron un método que permitía medir la fuerza ejercida durante la expansión, encontrando que el paciente de más edad presentaba mayor resistencia a la presión, aunque el número de activaciones en su caso había sido menor <sup>8</sup>. En otro estudio publicado cuatro años más tarde, Isaacson y cols. volvieron a exponer que la resistencia a la expansión era menor en los pacientes más jóvenes, y que ésta aumentaba con la edad <sup>9</sup>. A éstos se sumaron otros estudios con similares resultados <sup>7,21</sup>.

Los autores encontraron que no solamente la sutura palatina era una zona de resistencia, sino que la región cigomática y la pterigo-maxilar oponían una resistencia aún mayor que la anterior. Por ello, se llegó a la conclusión de que la reducción o eliminación de estas regiones de resistencia mediante osteotomías facilitaban la apertura del maxilar.

En 1938 se describió por primera vez la técnica quirúrgica mediante la cual se procedía a la apertura de la sutura media palatina <sup>22</sup>. A lo largo de la primera mitad del siglo XX no se produjo un desarrollo significativo de la técnica. Gracias a la mejora en el control de las infecciones se continuó trabajando al respecto en la segunda mitad del siglo, durante la cual diversos autores propusieron diferentes técnicas que consistían en la realización de diversas osteotomías.

En 1959 Kole abogó por el uso selectivo de osteotomías alveolares para reducir aún más la resistencia al movimiento de ortodoncia durante la expansión maxilar <sup>23</sup>. Converse y Horowitz, 10 años más tarde, propusieron realizar osteotomías tanto palatinas como labiales <sup>24</sup>. En 1972 Steinhauser propuso un procedimiento que consistía en separar el maxilar del cráneo cortando las paredes laterales nasales y el seno maxilar, desarticular el septum y el hueso vómer del paladar, forzar la apertura de la sutura pterigo-maxilar, abrir la sutura maxilar y, en el vacío creado, colocar un injerto triangular de hueso ilíaco <sup>12</sup>.



**FIGURA 5: OSTEOTOMÍA MAXILAR.**

En los años sucesivos se continúan realizando osteotomías previas a la expansión rápida del maxilar en adultos <sup>25-31</sup>.

Uno de los pocos estudios recientes en el que se realizó expansión maxilar en pacientes adultos con y sin cirugía previa es el presentado por Alpern y Yurosko en 1987 <sup>13</sup>. En su trabajo incluyeron un grupo de 82 pacientes menores de 25 años en los que se realizó expansión maxilar sin asistencia quirúrgica, y un segundo grupo de 25 pacientes con un promedio de edad de 30 años que sí se sometieron a una cirugía previa a la expansión. Los pacientes no quirúrgicos presentaron un discomfort mínimo. En todos los casos se realizó la expansión maxilar con éxito. No se palparon protuberancias compatibles con fenestraciones radiculares. Además, el artículo afirma que la expansión realizada fue estable en ambos casos.

En 1996 Handelman publicó el primero de tres artículos sobre expansión rápida del maxilar en adultos <sup>15</sup>. Su muestra constaba de 27 pacientes con compresión de la arcada dentaria y mordidas cruzadas posteriores. Las expansiones conseguidas fueron

estadísticamente significativas y se resolvieron todos los casos, con un incremento de más de 6 mm en las distancias interdientarias en algunos casos. Las medias de las recesiones gingivales encontradas eran 0.3 mm mayores en el grupo con deficiencia maxilar transversal, en comparación con el grupo control.

Ese mismo año, Capellozza y cols. presentaron un estudio diseñando para investigar el efecto de la expansión rápida del maxilar sin asistencia quirúrgica en 38 pacientes adultos con diagnóstico de deficiencia maxilar transversal real o relativa <sup>14</sup>. La aparición del diastema interincisivo como evidencia clínica de la expansión esquelética se encontró en el 81.5% de los pacientes. En todos los casos la expansión fue suficiente para conseguir una oclusión final satisfactoria.

Un año más tarde, Handelman elabora otro estudio con 5 adultos en el cual concluye que como complicaciones solamente encontró mínimas recesiones gingivales y reabsorciones radiculares en molares y premolares <sup>16</sup>. Ese mismo año, Northway presentó un estudio con 37 pacientes en los que se realizó expansión maxilar, de los cuales 15 de ellos no se sometieron a expansión rápida del maxilar quirúrgicamente asistida (SARME) <sup>17</sup>. Los resultados se compararon, además, con un grupo control. Dicho estudio concluyó que ambos procedimientos de expansión maxilar son predecibles y permiten corregir las mordidas cruzadas. Además, la inclinación bucal de los dientes está controlada y es estable.

En el año 2000, Handelman presentó una nueva serie de casos en la que incluyó a 47 pacientes adultos con resultados similares al estudio anterior en cuanto a complicaciones <sup>18</sup>. En este último estudio expone que en los adultos sólo el 18% de la expansión conseguida se debe a un aumento en la anchura del hueso maxilar completándose el resto de la corrección mediante la vestibulización de los dientes. En contraposición con los niños, en los que el 56% de la expansión se consigue gracias a la apertura de la sutura palatina.

# **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

---

### III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### III.1. ANATOMÍA DEL MAXILAR Y SUS RELACIONES CON EL COMPLEJO CIRCUNMAXILAR.

El maxilar está relacionado con multitud de huesos mediante las suturas maxilo-frontal, maxilo-etmoidal, maxilo-palatina, maxilo-zigomática, maxilo-vomer, maxilo-lacrimal, maxilo-esfenoidal y palato-esfenoidal. Por tanto, cualquier desplazamiento del hueso maxilar va a repercutir en mayor o menor medida en las estructuras adyacentes <sup>22</sup>.

La apertura de los huesos maxilares durante la expansión rápida del paladar conlleva la separación de los palatinos. En sentido ínfero-superior esta apertura es triangular con el ápice en la cavidad nasal <sup>10</sup>. Al mismo tiempo, debido a que la apertura es mayor en la región anterior del maxilar <sup>21</sup>, los procesos pterigoideos del hueso esfenoides sufren una flexión lateral que produce estrés <sup>33-35</sup>.

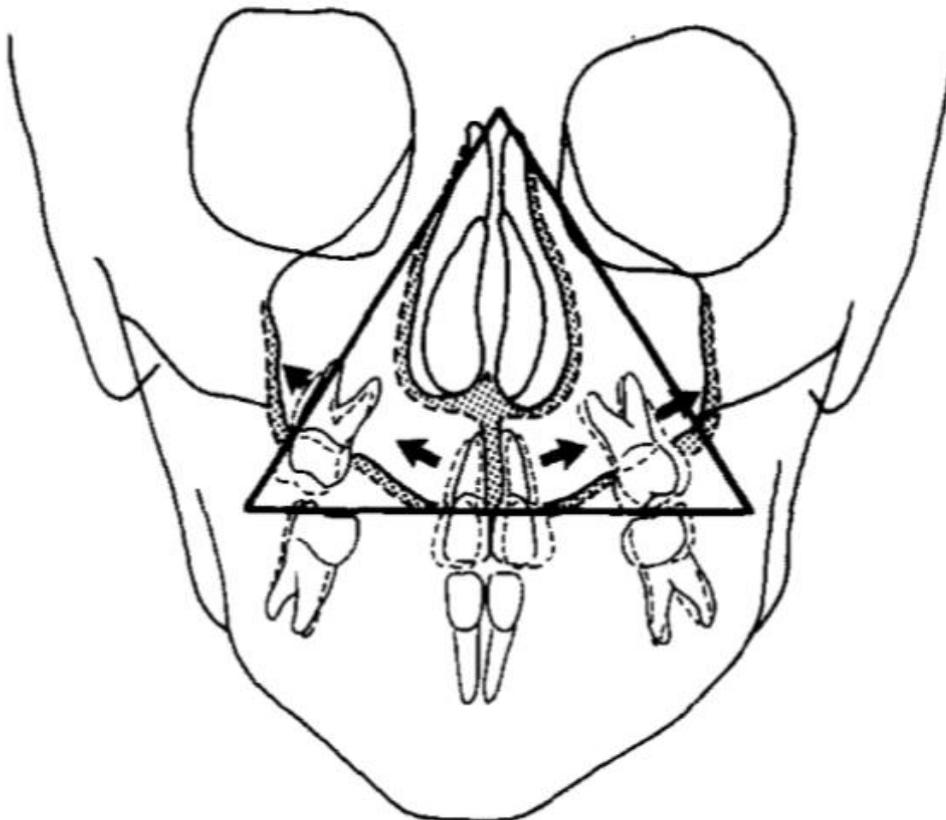


FIGURA 6: EFECTOS ESQUELÉTICOS Y DENTARIOS DE LA EXPANSIÓN MAXILAR <sup>35</sup>.

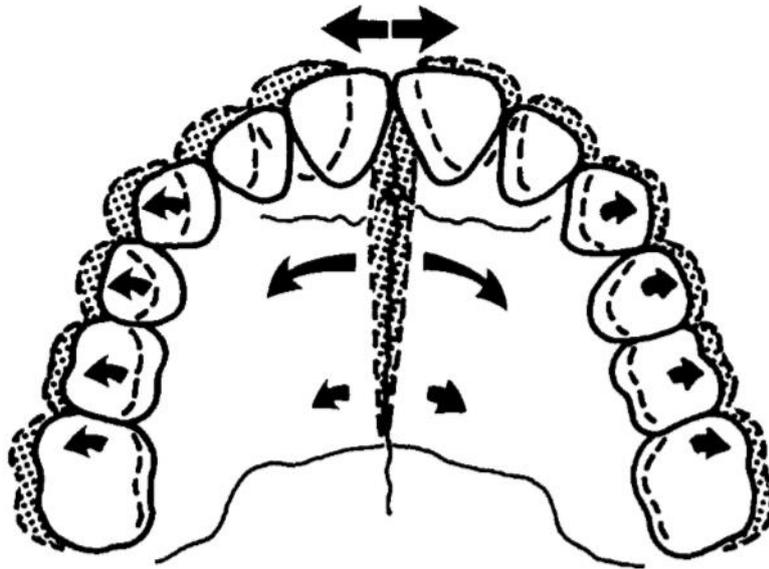


FIGURA 7: DEFLEXIÓN DEL MAXILAR DURANTE SU APERTURA <sup>35</sup>.

Estudios demuestran que los huesos más afectados durante la expansión son el esfenoides, el cigomático y el nasal, junto a sus estructuras adyacentes <sup>36</sup>. Así mismo, la sutura orbitaria superior, el surco carotídeo y los forámenes oval, espinoso, redondo, lacerado y óptico pueden sufrir microfracturas <sup>34</sup>.

Como consecuencia de la separación y el descenso de los huesos maxilares y palatinos se produce un aumento de la cavidad nasal <sup>3,10</sup>.

Diversos estudios, realizados con cráneos de cadáveres tanto de niños como de adultos, concluyeron que el estrés que se produce en la base craneal de los adultos durante la apertura maxilar es significativamente mayor en el caso de niños y adolescentes <sup>34</sup>. La desarticulación de las hemimaxilas se dificultada con el aumento de la edad, acompañándose con fracturas de las superficies óseas que en algunos casos estaban fuertemente entrelazadas <sup>37</sup>.

### III.2. CRECIMIENTO Y MADURACIÓN DEL SISTEMA SUTURAL.

Los huesos y articulaciones del esqueleto craneofacial se ven influidos en su crecimiento y funcionalidad por fuerzas mecánicas. Las suturas sólo se encuentran en el cráneo y tienen dos funciones principales: ser lugares de crecimiento óseo activo y proporcionar una unión firme entre los huesos adyacentes. Además, al mismo tiempo,

permiten un ligero movimiento en respuesta a la tensión mecánica <sup>38</sup>. La actividad muscular, la masticación, el crecimiento del cerebro, la gravedad y los aparatos de ortodoncia son los factores que influyen en la forma y posición relativa de cada hueso en el complejo craneofacial <sup>39,40</sup>. La organización fibrosa y celular de las suturas no es uniforme y puede variar dependiendo de la zona y la edad, así como dentro de la misma sutura a lo largo del tiempo <sup>41</sup>. Las suturas presentan una capa de periostio fibrosa y celular cubriendo los huesos y una capa intermedia formada por tejido y vasos sanguíneos fibrosos. La capa celular presenta las células necesarias para que se produzca osteogénesis en los márgenes de las suturas, mientras que la capa intermedia permite el crecimiento continuo del tejido conectivo sutural, así como pequeños ajustes entre los huesos <sup>42</sup>.

El crecimiento vertical del paladar duro se produce por reabsorción de hueso en la región nasal y aposición en la oral <sup>43-45</sup>. El crecimiento del paladar duro por aposición ósea en el margen posterior finaliza entre los 13 y los 15 años <sup>46</sup>. Sin embargo, el crecimiento transversal de la sutura media palatina continúa hasta los 16 años en las mujeres y los 18 años en los varones, aunque la aposición sigue durante algunos años más <sup>46-48</sup>.

En estudios en los que se han colocado implantes en niños para observar el crecimiento normal de la sutura palatina se ha demostrado que existe un mayor ensanchamiento del paladar en la región posterior <sup>47,49</sup>. Por consiguiente, queda demostrada la existencia de un giro en el plano transversal de los dos fragmentos.

La morfología y maduración de la sutura palatina se ha estudiado a lo largo de la historia utilizando como base:

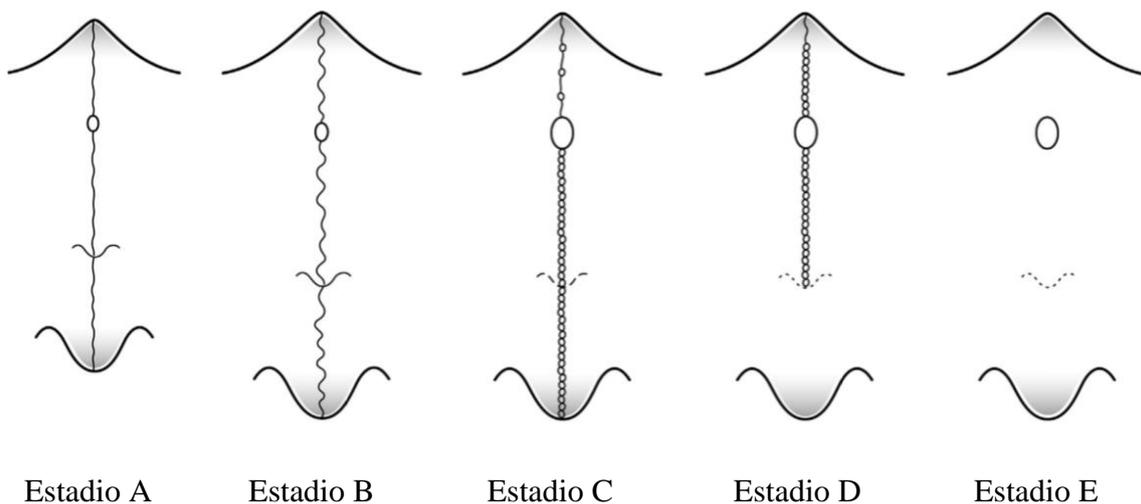
- Métodos histológicos <sup>19,46,50-52</sup>.
- Radiografías oclusales <sup>48</sup>.
- Radiografías frontales <sup>47,49</sup>.
- Tomografías microcomputerizadas en autopsias humanas <sup>53</sup>.
- Tomografías computerizadas en animales <sup>54,55</sup>.
- Gammagrafías <sup>56</sup>.
- Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) <sup>57</sup>.

El CBCT es la técnica no invasiva que nos permite un mejor estudio, visualización y aproximación a la realidad de la etapa de osificación en la que se encuentra el sujeto.

El proceso de osificación se inicia con la aparición de espículas óseas en los márgenes de la sutura rodeados de masas de tejido acelular y tejido pobremente calcificado <sup>19,50,53</sup>. Dichas espículas óseas aumentan en número y se interdigitan empezando por la zona posterior y progresando hacia la anterior hasta que se produce la osificación completa de la sutura <sup>50,52,57</sup>.

En 1975 Melsen y cols. distinguieron tres etapas en el cierre de la sutura <sup>46</sup>. En la primera etapa la sutura es ancha y tiene forma de “Y”; en la segunda es más sinuosa; y en la tercera la interdigitación es tan pesada que una separación de las dos mitades del maxilar no sería posible sin fracturar los procesos interdigitados.

En 2013 Angelieri y cols., apoyándose en estudios anteriores, presentan la osificación de la sutura como un proceso que pasa por 5 estadios <sup>57</sup>:



**FIGURA 8:** ESTADIOS DE OSIFICACIÓN MAXILAR SEGÚN ANGELIERI Y COLS.

- **Estadio A:** se observa una línea sutural de alta densidad carente o con poca interdigitación.
- **Estadio B:** la sutura asume una forma irregular y se observa como una línea festoneada de alta densidad o dos líneas festoneadas paralelas separadas por pequeños espacios de baja densidad.
- **Estadio C:** aparecen dos líneas con las mismas características que en el estadio anterior que se inician en el foramen incisivo y terminan en la zona posterior a la sutura palatino-maxilar. La sutura puede adoptar un patrón tanto recto como irregular.
- **Estadio D:** la fusión de la sutura ha tenido lugar en la región palatina del hueso, sin embargo, en la zona maxilar se siguen observando dos líneas de alta densidad separadas por pequeños espacios de baja densidad.
- **Estadio E:** se ha fusionado el hueso maxilar, siendo la densidad del mismo igual a otras regiones del hueso, dejando de ser visible al menos una parte.

### **III.3. CRONOLOGÍA DE CIERRE DE LA SUTURA PALATINA.**

El cierre de las suturas faciales, en general, se inicia a edades notablemente más avanzadas que el cierre de las suturas craneales <sup>50,58-61</sup>. Aunque numerosos autores afirman que el aumento de la edad puede conllevar una disminución en la respuesta del hueso basal maxilar a la expansión debido al cierre progresivo de la sutura maxilar <sup>11,21,33,55,62</sup>, todavía se desconoce en qué momento de la vida debe establecerse el límite para intentar realizar dicha expansión.

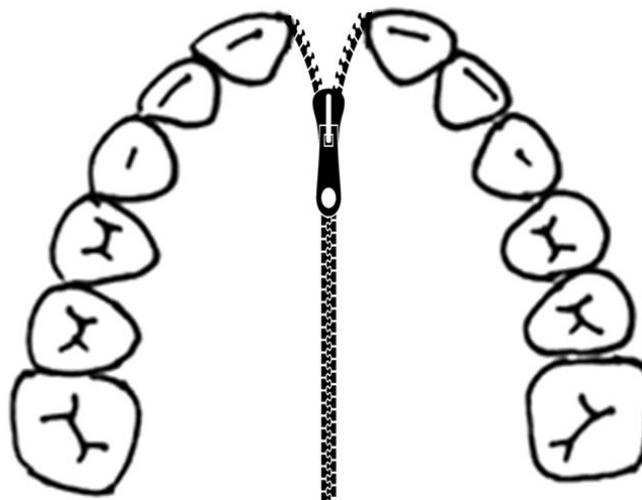
En 1975 Melsen presentó un estudio con 70 cadáveres de personas mayores de 18 años en el que observó que el crecimiento transversal de la sutura continúa más allá de los 16 años en el caso del género femenino y de los 18 años en el caso del género masculino <sup>46</sup>. Persson y Thilander en 1977 realizaron un estudio histológico del cierre de la sutura en personas entre 15 y 35 años <sup>50</sup>. En el mismo demostraron que, aunque durante la etapa juvenil podía observarse obliteración sutural, raramente se encontraba un marcado cierre antes de la tercera década de la vida. Además, había gran variabilidad

entre el cierre de diferentes áreas dentro del mismo individuo y entre sujetos del mismo grupo de edad. Revelo y Fishman en 1994 expusieron que al final de la adolescencia sólo se encuentra osificada, aproximadamente, el 50% de la longitud total de la sutura <sup>48</sup>. Werbein y Yildizhan en 2001 publicaron un estudio realizado con personas entre 18 y 38 años en el que afirmaron que las radiografías oclusales no muestran la realidad de la fase de osificación en que se encuentra la sutura. El estudio expone que, a menudo, la imagen muestra una sutura aparentemente osificada, pero que, tras realizar un estudio histológico, se demuestra que el cierre de la sutura no es real <sup>51</sup>. En 2004 Knaup y cols. presentaron un estudio en el que tomaron muestras histológicas de suturas maxilares <sup>52</sup>. Se dividieron los pacientes en dos grupos: menores y mayores de 25 años. La proporción de tejido osificado en toda la sutura fue baja en todas las edades. La persona más joven con la sutura osificada tenía 25 años, mientras que, por el contrario, se registró un hombre de 54 años sin osificación. Estos resultados confirman que la osificación de la sutura media palatina no es una razón válida para el aumento de la resistencia transversal encontrada durante la expansión rápida de paladar en sujetos menores de 25 años, así como en muchas personas mayores de dicha edad. Korbmacher y cols. presentaron en 2007 un estudio en el que se utilizaron tomografías computerizadas para valorar el cierre de la sutura maxilar <sup>53</sup>. En dicho estudio encontraron que la densidad ósea era mayor entre los 25 y 30 años, disminuyendo en personas menores y mayores de este rango de edad. La media del índice de obliteración mostró sustancial variación entre individuos, fue en general baja y no se correlacionó con la edad cronológica. Además, se observó que el grado de interdigitación era independiente de la edad.

Los estudios expuestos anteriormente muestran la gran variabilidad que podemos encontrar con respecto a la edad en la que finaliza la osificación de la sutura media del maxilar. En general, se puede afirmar que el cierre de la sutura comienza a ser más patente a lo largo de la segunda década de la vida y que, con frecuencia, continúa durante la tercera década. En ciertos casos, se han encontrado suturas medias maxilares no osificadas más allá de la tercera década. Por tanto, es razonable valorar la posibilidad de realizar expansión maxilar sin asistencia quirúrgica estableciendo, en general, el límite de edad en torno a los 30 años.

### III.4. COMPORTAMIENTO DE LA SUTURA ANTE TENSIONES.

La sutura maxilar durante el procedimiento de expansión se somete a tensiones necesarias para su apertura. En un estudio en el que se ha realizado expansión maxilar en gatos se ha encontrado que durante la fase activa la zona radiotransparente (tejido no mineralizado) aumentó 12 veces y la densidad óptica aumentó en un 50% en la región anterior de la sutura en comparación con la posterior, lo que demuestra una mayor formación de tejido conectivo laxo en la región anterior. Al final del período de retención que duró 60 días, la zona radiopaca de la sutura (tejido mineralizado) se incrementó en 62% y tanto la zona radiolúcida como la anchura de sutura disminuyeron (64 y 65% respectivamente), indicando la reorganización de tejido mineralizado. La disminución de la densidad óptica (aumento de la mineralización) fue 2.5 veces mayor en la región posterior en comparación con la región anterior de la sutura, lo que indica que el patrón de remineralización (cierre) de la sutura expandida es análogo a una cremallera que se empieza a cerrar en un sentido postero-anterior. Una vez pasados 60 días desde la finalización del periodo de retención, la reducción en el área total de la sutura (41%) y en la zona radiopaca (32%) indican la convergencia de las dos hemimaxilas hacia el centro del paladar, lo que indica la existencia de recidiva. A partir de estos resultados los autores extrapolan que el periodo de retención en la región anterior de la sutura debe ser mayor que en la región posterior, debido a que en la región anterior la regeneración y maduración del nuevo tejido es más lenta <sup>63</sup>.



**FIGURA 9:** DIRECCIÓN DE OSIFICACIÓN TRAS LA EXPANSIÓN MAXILAR.

### III.5. INDICACIONES CLÍNICAS.

La apertura de la sutura media del paladar se indicó para ampliar las arcadas dentarias comprimidas <sup>3,6,21</sup>. Por tanto, los pacientes que presentan mordidas cruzadas posteriores unilaterales o bilaterales de varios dientes son candidatos para la expansión maxilar <sup>7,10,21</sup>. La compresión puede ser solamente dentaria, solamente esquelética o, por el contrario, puede deberse a una combinación de alteraciones tanto esqueléticas como dentarias.

Es conocido que las discrepancias óseo-dentarias se relacionan con una compresión de las arcadas. Por ello, McNamara recomienda medir la anchura transpalatina como parte de la evaluación inicial del paciente <sup>64</sup>. Las referencias que utiliza para ello son los puntos más cercanos de los primeros molares superiores. Generalmente un arco maxilar con una anchura transpalatina de entre 36 y 39 mm puede albergar una dentición de tamaño promedio sin apiñamiento ni exceso de espacio. Se ha establecido que se produce apiñamiento cuando el valor es inferior a 31 mm, hecho que es necesario corregir mediante expansión ortopédica o quirúrgicamente asistida <sup>65</sup>. La decisión sobre realizar la corrección mediante expansión o extracciones se debe realizar teniendo en cuenta factores tales como el tipo facial, el perfil de los tejidos blandos, el tono muscular y la relación dento-esquelética.

La expansión maxilar se ha descrito, también, para el tratamiento de discrepancias en el plano sagital <sup>21,66-69</sup>. Uno de los componentes principales de la maloclusión de clase III es la retrusión esquelética maxilar, condición que ocurre en casi la mitad de los pacientes de clase III <sup>70</sup>. En adultos el tratamiento más común es la osteotomía de LeFort I con expansión y avance maxilar. Además, al contrario de lo que se podría pensar, ciertas maloclusiones de clase II pueden estar también asociadas a una deficiencia maxilar. Desde una perspectiva sagital, la protrusión maxilar esquelética aparece entre un 10 y un 15 % en los pacientes de clase II, mientras que un 30% de ellos pueden tener una retrusión esquelética maxilar asociada a un ángulo nasolabial obtuso y a un excesivo ángulo del plano mandibular <sup>71</sup>. Además, muchas maloclusiones de clase II no presentan una obvia compresión maxilar transversal al ser evaluadas clínicamente. Sin embargo, al posicionar los modelos de estudio en clase I canina aparece una mordida cruzada uni o bilateral. Tollaro y cols. demostraron que en los pacientes con clase II que presentan una relación bucolingual normal en la dentición

posterior normalmente presentan una discrepancia transversal de entre 3 y 5 mm entre el maxilar y la mandíbula <sup>72</sup>.

Es interesante aprovechar el cambio que se produce en las inclinaciones de los premolares y molares al realizar la expansión maxilar para eliminar las interferencias y mejorar la relación oclusal. Además, la corrección de la deficiencia transversal maxilar permite corregir las alteraciones funcionales que conlleven asimetría en la posición mandibular. Por consiguiente, al mejorar la relación de los cóndilos con las fosas temporales se crean las condiciones óptimas para el crecimiento normal del esqueleto craneofacial y de la función normal del sistema estomatognático, disminuyendo así el riesgo de sufrir disfunciones temporo-mandibulares <sup>35,73</sup>.

Los factores que se deben tener en cuenta para valorar la indicación de expansión maxilar son los siguientes <sup>67</sup>:

- La magnitud de la discrepancia entre los premolares y molares de ambas arcadas, valorar necesidad en deficiencias menores de 5 mm.
- El número de dientes implicados en la mordida cruzada, observar si se trata de un diente aislado o, por el contrario, de un sector más o menos amplio.
- La angulación inicial de los premolares y molares maxilares dado que se va a agravar la inclinación bucal, si ésta ya era acusada, de los mismos.
- La angulación inicial de los premolares y molares mandibulares. Si éstos presentan una inclinación lingual acentuada, al enderezarlos va a aumentar la necesidad de expansión maxilar.
- La mordida se abre en el sector anterior, por lo que es importante valorar la indicación de expansión en pacientes con mordida abierta anterior preexistente.
- Los pacientes dolicofaciales pueden ver empeorado su perfil tras el tratamiento.
- La asimetría maxilar del maxilar y/o la mandíbula son factores a valorar.
- La severa discrepancia antero-posterior puede contraindicar la expansión.

### III.6. EFECTOS DE LA EXPANSIÓN MAXILAR.

Los efectos de la expansión maxilar se pueden agrupar en dos grupos, según sean esqueléticos o dentarios. En la siguiente imagen se observa un corte craneal frontal en el que se representan esquemáticamente los cambios producidos a dichos niveles <sup>67</sup>.

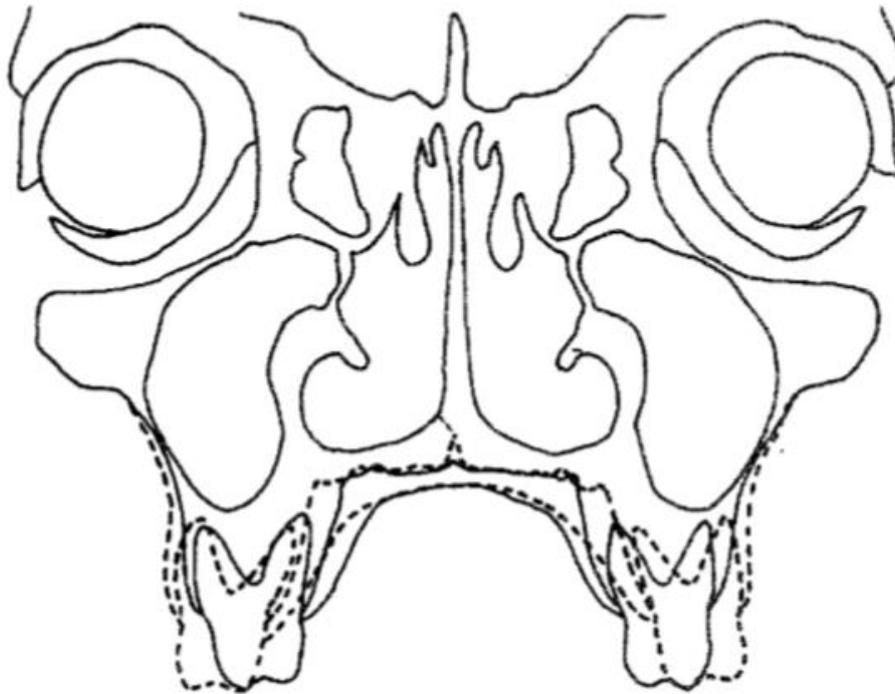


FIGURA 10: EFECTOS ESQUELÉTICOS Y DENTARIOS DE LA EXPANSIÓN MAXILAR.

#### III.6.1. EFECTOS ESQUELÉTICOS.

En 1971 se empezaron a estudiar los efectos esqueléticos que podían derivarse de la expansión rápida del paladar <sup>74</sup>.

La disyunción produce un leve movimiento superior de la región posterior del paladar. Así como un descenso y rotación posterior de la región anterior del paladar <sup>75</sup>. El descenso del maxilar durante la disyunción se ha encontrado en los diferentes estudios de manera generalizada. Sin embargo, existe controversia con respecto a si se produce un desplazamiento anterior del maxilar <sup>3,10,11,21</sup>.

A su vez, el cambio en la disposición del maxilar causa una rotación hacia abajo y hacia atrás de la mandíbula disminuyendo su longitud efectiva y dando lugar a una apertura de la mordida y un aumento en la dimensión vertical facial <sup>7,10,75,76</sup>. La suma del descenso y posible avance del hueso maxilar unido al descenso y rotación posterior de la mandíbula puede conllevar dificultades a la hora de corregir la Clase II <sup>3</sup>.

Un meta-análisis basado en 14 estudios demostró que los cambios en la dimensión vertical y los antero-posteriores, aunque se presentaban, no eran significativos <sup>77</sup>. Además, diversos estudios muestran que estos cambios tienen poco efecto a largo plazo, más de 6 años después del tratamiento, en las dimensiones vertical y sagital de la cara <sup>10,78</sup>.

Se conoce que la tensión generada en la musculatura y en las fibras intersticiales de la sutura como efecto de la expansión son las causantes de la posterior recidiva <sup>21</sup>. El grado de ésta aumenta con la edad <sup>11</sup> y depende del tipo de retención, apareciendo más recidiva en pacientes que han usado aparatos removibles post-expansión en contraposición con los que los han tenido fijos <sup>79</sup>. Debido a que siempre encontramos recidiva en mayor o menor medida, incluso tras prolongados periodos de retención, es necesario hacer sobrecorrección en todos los casos <sup>10,27</sup>.

Por otro lado, la separación de las paredes de la cavidad nasal lateralmente conlleva descenso de la bóveda palatina y elongamiento del septum nasal <sup>3,7,80-82</sup>. Como consecuencia de dichos cambios esqueléticos se produce una disminución a la resistencia al paso del aire, un incremento en la capacidad intranasal y una mejora de la respiración <sup>80,83-86</sup>. Se ha demostrado que en todos los pacientes en lo que se realiza expansión maxilar se produce un aumento del volumen nasal, no habiendo diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la edad del paciente ni a la existencia de cirugía previa <sup>87</sup>.

Una vez descritos los efectos esqueléticos que se derivan de la expansión rápida del maxilar, es importante indicar que los factores fundamentales para determinar la necesidad de realizar una expansión maxilar quirúrgicamente asistida son el grado de maduración de la sutura palatina <sup>86</sup> y del complejo circunmaxilar <sup>6</sup>.

### III.6.2. EFECTOS DENTARIOS.

La expansión maxilar se lleva a cabo utilizando dos o más dientes como puntos de apoyo, lo que conlleva movimientos dentarios secundarios a la presión ejercida sobre los mismos que, secundariamente, influyen en todos los dientes de la arcada <sup>88</sup>.

Los incisivos centrales reaccionan según lo previsto, teniendo en cuenta que están unidos por fibras elásticas transeptales. Por tanto, una vez abierta la sutura, las coronas convergen hacia el espacio medio que se crea con la aparición del diastema interincisivo característico de la separación de las hemimaxilas. Mientras tanto, las raíces divergen. Cuando las coronas entran en contacto, la fuerza continua de las fibras hace que las raíces vuelvan a recuperar sus inclinaciones axiales originales. Este ciclo dura alrededor de 4 meses <sup>10,21</sup>. El movimiento inferior y posterior de la parte anterior del maxilar conlleva los mismos cambios en los incisivos centrales, que van a seguir el movimiento del hueso <sup>75</sup>.

Por otro lado, los dientes en los que se ancla el disyuntor sufren inclinación bucal <sup>27,89</sup>. Al mismo tiempo, en la arcada mandibular, como efecto a la nueva posición de los molares y premolares maxilares, se observa enderezamiento vestibular espontáneo de los dientes posteriores debido a la reorientación de las fuerzas oclusales <sup>89</sup>. Se aconseja sobre-expandir, reduciendo así el riesgo de recidiva <sup>27,90</sup>.

Otro efecto de la expansión maxilar es la extrusión de los dientes de apoyo. Varios autores señalan que el aumento de la rigidez del aparato utilizado disminuye el componente de rotación de la fuerza a lo largo del eje largo del diente, reduciendo así la extrusión <sup>91,92</sup>. Sin embargo, los estudios que comparan la extrusión observada en el Hyrax con la observada en el Haas no arrojan diferencias significativas. Por lo tanto, el control de la extrusión puede resultar deseable, pero no es clínicamente factible. La falta de control del efecto extrusivo provoca una apertura anterior de la mordida, factor que se debe tener en cuenta en pacientes con sobremordida leve o con mordida abierta anterior previa.

Un efecto negativo derivado de la expansión es la reabsorción radicular en los dientes de apoyo, siendo los más frecuentemente afectados los primeros premolares. Esta reabsorción puede continuar incluso después de 9 meses de retención <sup>93</sup>. El grado

de reabsorción radicular no varía significativamente en el caso de realizarla con un disyuntor de Haas en comparación con la utilización de una férula <sup>94</sup>.

El estrés al que se ven sometidos los dientes de apoyo ha dado lugar a que se relacione la expansión maxilar con cambios a nivel pulpar. En este grupo se incluyen efectos no deseados tales como la aparición de dentina secundaria en relación con la trifurcación y cálculos pulpares <sup>95</sup>.

Así mismo, algunos estudios indican que el aumento de la inclinación bucal de los dientes puede desencadenar recesiones gingivales <sup>96-100</sup>, mientras que otros estudios no encuentran una fuerte relación entre la inclinación labial de los dientes y la pérdida de encía queratinizada <sup>101,102</sup>. Diversos estudios presentan que los pacientes tratados con expansión maxilar, ya sea rápida o lenta, no tienen una pérdida de soporte periodontal estadísticamente significativo con respecto al grupo control <sup>103</sup>. Es importante tener en cuenta que en la aparición de recesiones gingivales también influyen otros factores como la higiene oral deficiente, el cepillado traumático y las malposiciones dentarias <sup>98</sup>, lo que dificulta el hecho de poder establecer una relación causa-efecto entre la expansión maxilar y la aparición de recesiones gingivales.

Los efectos no deseados más frecuentes que encontramos en el paciente adulto tratado con ortodoncia son la aparición de reabsorciones radiculares y la pérdida de hueso alveolar, independientemente de si se ha sometido a expansión maxilar o, por el contrario, ésta no ha sido necesaria. En cualquier caso, la aparición de efectos iatrogénicos va a ser más probable en adultos que en niños <sup>104</sup>.

### **III.7. ESTABILIDAD DE LA EXPANSIÓN MAXILAR.**

Diversos estudios han valorado la estabilidad a largo plazo de la expansión maxilar.

En cuanto a la expansión rápida del maxilar sin cirugía previa, hay estudios que han encontrado una recidiva significativa en las dimensiones de la arcada maxilar en la etapa de retención post-tratamiento <sup>105</sup>, en contraposición con otros estudios que han concluido que los cambios producidos durante la expansión son estables mínimo en los 3 años siguientes a la finalización del tratamiento <sup>66,106,107</sup>.

La expansión rápida del paladar quirúrgicamente asistida (SARPE) también ha sido objeto de estudio en este aspecto, presentándose trabajos en los que se ha estudiado la estabilidad de la expansión desde 1 año hasta más allá de los 6 años de retención posterior al tratamiento. Estos estudios concluyeron que los cambios producidos durante la expansión son estables en los diferentes periodos estudiados por cada uno de ellos <sup>68,106,108-112</sup>. Se ha encontrado que, de manera general, el descenso de la dimensión transversal es mayor en los primeros 3 años de retención <sup>68</sup>.

Los estudios de Alpern, en el año 1987, y Northway, diez años más tarde, nos presentan pacientes adultos con compresión maxilar tratados parte de ellos sin cirugía previa a la expansión. Ambos estudios concluyen que, independientemente de que los pacientes se hayan tratado con o sin asistencia quirúrgica, los resultados de ambos tipos de tratamiento son predecibles y estables en el tiempo <sup>13,17</sup>.

Estos resultados demuestran que, independientemente de que la expansión rápida del maxilar se haya acompañado o no de una fase quirúrgica previa, es aconsejable hacer sobre-expansión <sup>90,106</sup> y utilizar retención a largo plazo <sup>112-114</sup>.

## **III.8.POSIBILIDADES DE TRATAMIENTO EN PACIENTES ADULTOS.**

### **III.8.1. EXPANSIÓN RÁPIDA DEL MAXILAR.**

#### **III.8.1.1. SITUACIÓN ACTUAL.**

La expansión rápida del maxilar en adultos dejó de realizarse durante años debido al pensamiento común de que la sutura maxilar se osifica con el paso de los años y que la apertura de la misma es más difícil de conseguir que en los niños, siendo en algunos casos imposible si no se separan quirúrgicamente los segmentos maxilares. Por ello, se empezaron a desarrollar numerosas técnicas quirúrgicas que se llevaban a cabo de manera rutinaria en pacientes adultos antes de la colocación del aparato utilizado para la expansión del maxilar.

Uno de los pocos estudios recientes en el que se realizó expansión maxilar en pacientes adultos con y sin cirugía previa es el presentado por Alpern y Yurosko en

1987<sup>13</sup>. En su trabajo incluyeron un grupo de 82 pacientes menores de 25 años en los que se realizó expansión maxilar sin asistencia quirúrgica, y un segundo grupo de 25 pacientes con un promedio de edad de 30 años que sí se sometieron a una cirugía previa a la expansión. En los pacientes quirúrgicos se realizaron osteotomías laterales, sin proceder a la apertura de la sutura maxilar central. En todos los casos se utilizó un aparato cementado, generalmente, sobre los primeros premolares y molares, con un tornillo central tipo Hyrax y planos de mordida. Una vez cementado dicho aparato se le daban dos cuartos de vuelta inmediatamente en el caso de los pacientes tratados sin cirugía y de 6 a 8 cuartos de vuelta en los pacientes sometidos a la misma. A partir de ese momento, se pasaba a un cuarto de vuelta al día. La aparición de un diastema interincisivo confirmó, en todos los casos, la apertura de la sutura maxilar. Los pacientes no quirúrgicos presentaron un discomfort mínimo. En todos los casos se realizó la expansión maxilar con éxito. No se palparon protuberancias compatibles con fenestraciones radiculares. Además, el artículo afirma que la expansión realizada fue estable. La duración del periodo de retención fue de 4 meses. Este estudio aportó resultados importantes en cuanto a la expansión maxilar en adultos menores de 25 años, en los que se han obtenido los mismos resultados clínicos que en los pacientes tratados con cirugía, sin que se observen complicaciones asociadas al tratamiento no quirúrgico.

En el año 1996, Capellozza y cols. presentaron un estudio realizado sobre pacientes adultos tratados sin cirugía<sup>14</sup>. La muestra constaba de 38 pacientes adultos con una media de edad de 21 años que presentaban deficiencia maxilar transversal real o relativa en los que se utilizó un disyuntor de Haas. El artículo expone que la expansión fue un éxito debido a que en el 81.5% de los pacientes apareció un diastema interincisivo como evidencia clínica de la separación de los fragmentos maxilares. La morbilidad varió desde malestar leve a dolor, edema y lesiones palatinas, aunque, en la mayoría de casos, dichos efectos no comprometieron la expansión. En la mayoría de los casos se consiguió una expansión maxilar moderada, pero suficiente para permitir una oclusión final satisfactoria, hecho que coloca a la expansión maxilar en pacientes adultos como una alternativa al tratamiento quirúrgico.

Handelman en 1996 publicó el primero de sus tres estudios sobre expansión rápida del maxilar sin asistencia quirúrgica<sup>15</sup>. El trabajo se realizó sobre un grupo de estudio y un grupo control. El primero de ellos constaba de 27 adultos mayores de 18 años, con una media de 30.6 años, y que presentaban compresión maxilar. El grupo

control estaba compuesto por 30 pacientes adultos sin signos obvios de compresión maxilar. El disyuntor utilizado fue el de Haas <sup>3</sup>. Se tomaron modelos de los pacientes antes y después del tratamiento para medir las distancias entre caninos, primeros y segundos premolares, y primeros molares. Se valoró la aparición de recesiones gingivales comparando la altura de las coronas clínicas antes y después del tratamiento. El autor afirma que la expansión conseguida fue significativa y suficiente para corregir las mordidas cruzadas posteriores en todos los pacientes. La media de expansión maxilar fue de 5.4 mm ± 2.6 mm a nivel de segundos premolares y de 4.3 mm ± 2.5 mm a nivel de molares. Se encontró un aumento de 0.5 mm en la altura de las coronas clínicas de premolares y molares, siendo estadísticamente significativo este incremento. Sin embargo, al comparar el grupo de pacientes tratados con expansión con el grupo sometido a tratamiento de ortodoncia sin disyunción, la diferencia encontrada en el aumento de la altura de las coronas clínicas era de 0.2 mm, no siendo significativo estadísticamente y teniendo una repercusión probablemente mínima en la salud gingival del paciente adulto. El autor sostiene que el hecho de expandir en algunos casos más de 6 mm sin que exista una separación importante de los fragmentos óseos y, además, sin producir recesiones gingivales más acusadas, se debe a que durante la expansión se remodela el hueso alveolar, en lugar de moverse los dientes a través de una estructura ósea estática. Por ello, la edad y el hueso alveolar estrecho no actúa como factores limitantes para la expansión. El autor, tras todo lo expuesto anteriormente, nos presenta a la expansión rápida del maxilar sin cirugía como una opción a tener en cuenta para la corrección de las discrepancias transversales en el adulto.

Un año más tarde, Handelman publicó un nuevo artículo sobre expansión maxilar en adultos sin cirugía <sup>16</sup>. La muestra constaba de cinco pacientes que tenían una media de 32 años. Se estudiaron las distancias entre primeros premolares y primeros molares definitivos maxilares antes y después del tratamiento, anotando la cantidad de expansión conseguida. También se valoraron los cambios en las inclinaciones de los primeros molares maxilares para determinar su grado de volcamiento vestibular. Así mismo, se anotaron las variaciones en las longitudes de las coronas clínicas de premolares y primeros molares para evaluar la aparición de recesiones gingivales asociadas. En todos los casos se consiguió realizar la expansión suficiente para conseguir una anchura maxilar adecuada que permitió corregir las mordidas cruzadas posteriores. En todos los casos se obtuvo volcamiento vestibular de los primeros

molares, con una media de 3.7° por molar. En 3 de los 5 casos no aparecieron recesiones gingivales, mientras que en los 2 casos restantes fueron mínimas, no siendo significativas. No se encontraron reabsorciones radiculares en 2 de los casos, en otros 2 no fueron significativos los resultados y sólo en uno de los casos se encontraron reabsorciones moderadas. En 4 no hubo cambios en la divergencia mandibular ni modificaciones en la altura facial inferior, mientras que en el caso restante sí se encontraron cambios, pero éstos fueron mínimos. Aunque se trata de una muestra pequeña y no se pueden extrapolar los resultados, lo cierto es que en los casos es los que se observaron recesiones gingivales, reabsorciones radiculares y cambios en el posicionamiento de la mandíbula, éstos fueron mínimos. Se realizó un seguimiento durante años de dichos pacientes, desde los 3 años y 10 meses del que menos hasta los 10 años del que más, y todos los casos permanecieron estables en el tiempo. Aunque se produjera un descenso de la anchura maxilar, no aparecía recidiva de las mordidas cruzadas. Catalogó sus casos como “expansión rápida maxilar alveolar” porque el mayor efecto de la expansión se producía a nivel de los alveolos, que se desplazaban en su totalidad hacia vestibular, no sólo se producía volcamiento de los dientes.

La polémica que podía generar la publicación del artículo anterior no se hizo esperar. En el mismo volumen y número de la revista en la que apareció publicado el estudio, justo al final del mismo, el Dr. Vanarsdall Jr. plasmó su opinión al respecto. En primer lugar, expuso su inconformidad con la selección de los pacientes que se incluyeron en el estudio, debido a que ninguno de ellos presentaba recesiones gingivales previas al tratamiento. Por otro lado, expone que las mediciones de las distancias entre los primeros molares, por sí solas, no indican que realmente exista deficiencia maxilar, sino que se deben presentar mayor cantidad de mediciones que deben incluir tanto los dientes maxilares como de piezas mandibulares. Así mismo, apunta que para evaluar la deficiencia real debería acompañarse el estudio con radiografías frontales de los pacientes. Además, expone que el aumento de la inclinación de los molares conlleva un movimiento alveolar que empeora la condición periodontal de los pacientes, produciendo recesiones gingivales además de reabsorciones radiculares. R. Vanarsdall expone su desacuerdo en cuanto a considerar “mínima” una recesión gingival de 0.5 mm debido a que como consecuencia de la misma, aparece exposición radicular. Así mismo, comenta que a lo largo del estudio no se muestra la existencia y severidad de discrepancia transversal maxilo-mandibular en los pacientes presentados. El autor hace

hincapié en que es fundamental el diagnóstico correcto del paciente y que el tratamiento debe basarse en la evidencia científica clásica.

El comentario de Vanarsdall obtuvo una respuesta inmediata por parte de Handelman, que afirma haber enfatizado que la expansión se producía por movimiento de los alveolos, como indica el término “expansión rápida maxilar alveolar”. Por otro lado, expone que la aparición de recesiones gingivales se debe al hecho de expandir la arcada y que dichas recesiones aparecen igualmente aunque la expansión se realice con arcos. Además, en el caso de la técnica que él había empleado no se producían recesiones significativas durante el periodo de retención ni a largo plazo. Así mismo, afirma que el hecho de que hayan presentado esos cinco casos en concreto se debe a que quería demostrar que se pueden corregir con ese procedimiento varios tipos de maloclusiones asociadas a deficiencia maxilar y que no se trata de casos seleccionados precisamente porque no hayan aparecido recesiones gingivales significativas. Así mismo, afirma que en todos los casos en los que ha usado el mismo protocolo ha obtenido resultados similares. Nuevamente, recomienda que los pacientes con recesiones significativas previas al tratamiento se sometan a una expansión quirúrgicamente asistida. Además, expone que en un paciente adulto tratado con ortodoncia aparece una media de 0.2 mm de recesión gingival, por lo que 0.5 mm de pérdida de encía, resultado que él había obtenido, no se puede catalogar como un nivel moderado de recesión. Handelman discrepa con Vanarsdall en que exista una relación causa-efecto directa entre los niños tratados con expansión rápida del maxilar y la aparición de recesiones gingivales varios años después, debido a que las recesiones gingivales se deben a causas multifactoriales y su estudio no presentaba un grupo control no tratado con el que poder comparar su muestra. Handelman también se defiende al respecto de no haber presentado radiografías frontales que confirmen la deficiencia maxilar mostrando todos los inconvenientes del diagnóstico sobre este tipo de prueba, y haciendo hincapié en que sus pacientes han requerido una expansión de alrededor de 7 mm, lo que claramente confirma el problema transversal que presentaban inicialmente.

En el mismo año y en el mismo volumen de la revista en la que Handelman presentó su polémico artículo, Northway y Meade publicaron un estudio sobre expansión maxilar en adultos más completo <sup>17</sup>. Hasta el momento, los estudios en los que se realizaba expansión maxilar asistida quirúrgicamente, en general, presentan una

muestra pequeña, falta de grupo control con el que poder comparar los resultados y falta de datos a largo plazo. Este estudio, además de lo anterior, incluía un grupo no tratado quirúrgicamente aportado por Haas. La muestra constaba de 22 pacientes sometidos a cirugía, 15 pacientes tratados sin cirugía, y además cotejó los resultados, a su vez, con un grupo control de 5 pacientes. Dicho estudio concluyó que ambos procedimientos de expansión maxilar, con y sin cirugía, son predecibles y permiten corregir las mordidas cruzadas. Además, encontró que la inclinación bucal de los dientes está controlada y es estable. Aunque en el caso de los pacientes tratados con cirugía hay una reducción de la altura palatina, se consigue mayor anchura maxilar y se encuentra un menor incremento en la longitud de las coronas clínicas en comparación con el grupo tratado sin cirugía. Los resultados clínicos de la expansión rápida del maxilar sin realizar cirugía fueron muy positivos.

Handelman en el año 2.000 publicó un nuevo artículo sobre expansión maxilar en adultos sin cirugía <sup>18</sup>. Esta vez la muestra constaba de 47 pacientes adultos tratados con expansión, 47 niños tratados con expansión en dentición mixta y un grupo control de 52 adultos tratados de ortodoncia que no presentaban signos previos de compresión maxilar. En las conclusiones del artículo se recomienda dar un cuarto de vuelta al tornillo al día o cada dos días para reducir la incidencia de dolor e inflamación en los pacientes adultos. En ellos se consiguió una expansión similar a la obtenida en los niños y, en todos los casos, fue suficiente para corregir las maloclusiones transversales. Además, las correcciones se mantuvieron estables en el tiempo. No hubo pérdida de inserción estadísticamente significativa en los pacientes varones en comparación con los adultos tratados sin expansión, pero sí fue significativa en el caso de las mujeres. Sin embargo, las recesiones eran pequeñas y no ponían en peligro la salud dentaria. No se encontraron cambios en el plano mandibular y en la altura facial inferior. En este estudio, así mismo, se expone que en los adultos sólo el 18% de la expansión conseguida se debe a un aumento basal del maxilar, mientras que en los niños asciende al 56%. En este caso no sorprende el hecho de que en los adultos la expansión conseguida gracias a un incremento del hueso basal sea considerablemente inferior a la obtenida en los niños.

### III.8.1.2. PROTOCOLO.

Debido al hecho de que en la literatura reciente son prácticamente inexistentes los estudios en los que se ha realizado expansión rápida del maxilar sin asistencia quirúrgica, no se ha establecido un protocolo sobre cuál es el mejor procedimiento a seguir para dicha expansión. Por ello, se van a exponer los procedimientos que Alpern y Yurosko, Capelozza y cols., Northway y Meade, y Handelman han utilizado en sus estudios <sup>13-16,18</sup>.

Uno de los pocos estudios recientes en el que se realizó expansión maxilar en pacientes adultos con y sin cirugía previa es el presentado por Alpern y Yurosko en 1987 <sup>13</sup>. En su trabajo se incluyó un grupo de 82 pacientes menores de 25 años en los que se realizó expansión maxilar sin asistencia quirúrgica, y un segundo grupo de 25 pacientes con un promedio de edad de 30 años que sí se sometieron a una cirugía previa a la expansión. En los tratados con cirugía previa solamente se realizaron osteotomías laterales, sin abrir la sutura maxilar. El aparato utilizado en todos los pacientes se cementó, generalmente, sobre los primeros premolares y molares. Dicho aparato poseía un tornillo central tipo Hyrax y planos de mordida. En el caso de los pacientes tratados sin cirugía se le daban dos cuartos de vuelta al tornillo inmediatamente después de cementarlo, mientras que si los pacientes se habían sometido a la operación quirúrgica se pasan a dar de 6 a 8 cuartos de vuelta. A partir de ese momento, la activación constaba de un cuarto de vuelta al día. En todos los casos se realizó sobre-expansión. La duración del periodo de retención se estableció en 4 meses.

En el año 1996, Capelozza y cols. publicaron un estudio realizado sobre pacientes adultos tratados sin cirugía <sup>14</sup>. En total presentaron 38 pacientes, estableciendo como criterio de inclusión la edad mínima de 15 años, en el caso de las mujeres, y 17 años, en el caso de los hombres. La expansión maxilar la realizó con el disyuntor de Haas, que modificó levemente incluyendo bandas o brackets en todos los dientes de los sectores laterales y reemplazando las barras bucales por arcos seccionales pasivos de 0.019 x 0.025 pulgadas. Los dientes utilizados como apoyo fueron los primeros premolares y molares. El tornillo se activa por primera vez 24 horas después de su colocación con cuatro cuartos de vuelta. Posteriormente, se pasan a dar dos cuartos de vuelta por la mañana y otros dos por la noche hasta la aparición del diastema interincisivo. A partir de ese momento, los autores exponen que el número de vueltas se

reduce de acuerdo a los síntomas y los niveles de tolerancia de los pacientes, sin aportar más datos. Se expone que, una vez concluida la expansión, el periodo de retención con el disyuntor fue de 3 meses y que, una vez pasado este periodo, se sustituía por una placa removible. No aportan datos sobre cuál es el criterio que utilizan para dar la expansión por finalizada.

Ese mismo año, Handelman presentó el primero de los tres estudios que ha publicado hasta la fecha sobre expansión maxilar en adultos sin asistencia quirúrgica <sup>15</sup>. La muestra constaba de 27 adultos con una media de 30.6 años tratados con el disyuntor de Haas <sup>3</sup>, que se comparó con un grupo control de 30 pacientes adultos sin signos de compresión maxilar. Al tornillo del disyuntor se le daba un cuarto de vuelta al día hasta sobre-expandir. El autor, en este caso, no determina cuál es el criterio que sigue para dar la sobre-expansión por concluida. Así mismo, tampoco informa sobre cuánto tiempo duró el periodo de retención.

Northway y Meade utilizaron el disyuntor de Haas en los pacientes tratados con expansión maxilar sin cirugía, cuyos resultados presentó en 1997 <sup>17</sup>. Los pacientes lo activaban hasta 2 veces al día, si no presentaban dolor. Expone que en algunos casos el tratamiento de expansión llegó a 2 meses, sin dar más detalles sobre las condiciones necesarias para dar por concluida la expansión, si sobrecorregía o de cuánto tiempo constaba el periodo de retención.

Handelman en 1997 publicó un nuevo artículo sobre expansión maxilar en adultos sin cirugía <sup>16</sup>. La muestra constaba de cinco pacientes con una media de 32 años. La expansión se realizó con el disyuntor de Haas, salvo que, en este caso, eliminaron las “barras bucales” para facilitar la inserción del mismo. El disyuntor se activaba con dos cuartos de vuelta justo después de cementarse. Se instruyó a los pacientes para que lo siguieran activando con un cuarto de vuelta al día, salvo uno de los pacientes que lo activó un cuarto de vuelta cada dos días. En todos los casos se sobre-expandió hasta que las cúspides palatinas de los molares maxilares estaban próximas a entrar en mordida en tijera. El periodo de estabilización se estableció, generalmente, en 12 semanas.

En el año 2000, Handelman presentó el último de sus tres estudios publicados hasta la fecha sobre expansión en adultos sin cirugía <sup>18</sup>. En este trabajo utilizó el mismo disyuntor que en los anteriores, salvo que, a diferencia del publicado en 1997, volvió a incorporar las “barras vestibulares”. Los disyuntores nuevamente fueron activados con 2

cuartos de vuelta justo después de su colocación y se les proporcionó instrucciones a los pacientes sobre el modo de activación del aparato, pasando a darle a partir de ese momento 1 cuarto de vuelta al día. Se mantuvo el criterio de realizar revisiones cada 2 semanas. Si los pacientes sentían dolor o hinchazón debían comunicarlo y parar las activaciones, en cuyo caso se le daba varias vueltas al tornillo en sentido contrario y se cesaba la expansión durante 1 semana, periodo tras el cual se proseguía la expansión pasando a dar un cuarto de vuelta cada dos días. El criterio de sobre-expansión y el periodo de estabilización se mantuvieron con respecto a su último estudio. La expansión concluía cuando las cúspides palatinas de los molares maxilares estaban cerca de entrar en mordida en tijera. El periodo de estabilización duraba alrededor de 12 semanas.

En 2005 se publicaron los resultados de una encuesta que realizó ortodoncistas con el objetivo de evaluar los protocolos de tratamiento y las experiencias clínicas sobre la expansión rápida del maxilar en la práctica clínica diaria <sup>115</sup>. Se incluyeron los resultados de 487 encuestados. El cuestionario incluía las indicaciones clínicas, el momento de la dentición en la que se realizaba la expansión, el modo de activación, el tiempo de retención, las complicaciones observadas y las razones para requerir asistencia quirúrgica. La única indicación que nombraban la mayoría de los ortodoncistas era la deficiencia transversal del maxilar, cuyo promedio de expansión era de 5.29 +/- 2.25 mm. La mayoría de los ortodoncistas (87.7%) estaban de acuerdo que el mejor momento para realizar la expansión maxilar es durante la adolescencia, una vez finalizado el recambio. La frecuencia de expansión fue significativamente menor en dentición temporal y en pacientes adultos. Las respuestas en relación con el modo de activación variaban mucho, aunque el rango de mayor frecuencia estaba en 1-2 activaciones al día, independiente del período de la dentición. El 64.5% presentó la inclinación bucal de los dientes de apoyo como efecto adverso. No se detectó correlación entre el modo de activación, momento de utilización y las complicaciones observadas. El 60% de los ortodoncistas utiliza retención entre 3 y 6 meses. El 79.3% situó como factor limitante para la expansión rápida del maxilar convencional la edad de 19.28 años. Además, no fue posible identificar un criterio común para la indicación de la necesidad de asistencia quirúrgica. Los datos aportados por esta encuesta nos muestran que aún no se ha establecido un protocolo único y que existe una variabilidad importante a la hora de llevar a cabo la expansión rápida del maxilar, tanto en el niño como en el paciente adulto.

### III.8.1.3. COMPLICACIONES.

Los estudios recientes en los que se ha realizado expansión rápida del maxilar sin asistencia quirúrgica son los mencionados en el apartado anterior <sup>13-18</sup>. En este caso, se exponen las complicaciones que los diferentes autores han encontrado en sus estudios.

Alpern y Yurosko en 1987 encontraron un disconfort mínimo en los pacientes no tratados con cirugía. En ningún caso se palparon protuberancias compatibles con fenestraciones radiculares. En todos los pacientes se realizó la expansión maxilar con éxito, siendo ésta estable <sup>13</sup>.

En 1996 Capelozza y cols. exponen en su estudio que la morbilidad varió desde malestar leve a dolor, edema y lesiones palatinas, aunque, en la mayoría de casos, dichos efectos no comprometieron la expansión. Los autores afirman que la expansión fue un éxito debido a que en el 81.5% de los pacientes apareció un diastema interincisivo como evidencia clínica de la separación de los fragmentos maxilares. La expansión maxilar que se consiguió fue moderada, en la mayoría de los casos, aunque suficiente para permitir una oclusión final satisfactoria <sup>14</sup>.

Handelman en 1996 encontró un aumento de 0.5 mm de la altura de las coronas clínicas de premolares y molares antes y después del tratamiento. Sin embargo, en comparación con el grupo de pacientes tratados ortodóncicamente sin necesidad de expansión, la diferencia encontrada entre la situación anterior al tratamiento y la final era de 0.2 mm, no siendo estadísticamente significativa. La expansión maxilar conseguida fue suficiente para corregir las mordidas cruzadas posteriores en todos los pacientes <sup>15</sup>.

En 1997 Northway y Meade observan un mayor incremento en la longitud de las coronas clínicas en los pacientes tratados sin cirugía, en comparación con el grupo sometido a la misma. Sin embargo, encontraron que la inclinación bucal de los dientes está controlada y es estable en ambos grupos. Dicho estudio concluyó que ambos procedimientos de expansión maxilar, con y sin cirugía, son predecibles y permiten corregir las mordidas cruzadas <sup>17</sup>.

Ese mismo año, Handelman expuso que en todos los pacientes adultos tratados con expansión maxilar se obtuvo volcamiento vestibular de los primeros molares, con

una media de 3.7° por molar. En dos de los cinco casos aparecieron recesiones gingivales, aunque éstas fueron mínimas. En uno de los casos se encontraron reabsorciones radiculares moderadas y en otros dos, aunque se encontraron reabsorciones, éstas no fueron significativas. En uno de los casos se observó un aumento de la divergencia mandibular y, por tanto, de la altura facial inferior, aunque fue mínimo. En todos los casos se consiguió la expansión suficiente para corregir las mordidas cruzadas. Se siguió a los pacientes entre 3 años y 10 meses, el que menos, y 10 años, y se concluyó que todos los casos permanecieron estables en el tiempo. Aunque la anchura maxilar disminuyera, no aparecía recidiva de las mordidas cruzadas. En este artículo, Handelman introdujo el concepto de “expansión rápida maxilar alveolar” porque el mayor efecto de la expansión se producía a nivel de los alveolos, que se desplazaban en su totalidad hacia vestibular, no sólo se producía volcamiento de los dientes <sup>16</sup>.

En el último de sus artículos publicados sobre expansión maxilar en adultos, Handelman encontró pérdida de inserción estadísticamente significativa entre las mujeres tratadas con expansión maxilar y las que se sometieron un tratamiento de ortodoncia sin necesidad de expansión. Sin embargo, las recesiones encontradas eran pequeñas y no ponían en peligro la salud dentaria. No se encontraron cambios en el plano mandibular y en la altura facial inferior. En este último estudio, así mismo, se expone que en los adultos sólo el 18% de la expansión conseguida se debe a un aumento basal del maxilar, mientras que en los niños asciende al 56%. En los adultos se consiguió una expansión similar a la obtenida en los niños y, en todos los casos, fue suficiente para corregir las mordidas cruzadas posteriores. Además, las correcciones se mantuvieron estables en el tiempo <sup>18</sup>.

## **III.8.2. EXPANSIÓN RÁPIDA DEL MAXILAR QUIRÚRGICAMENTE ASISTIDA.**

### **III.8.2.1. PROTOCOLO.**

La sutura media palatina al principio se pensaba que era la zona de mayor resistencia a la expansión maxilar <sup>46,50,91</sup>. Sin embargo, posteriormente se demostró que la región cigomática y la pterigo-maxilar eran las áreas donde la resistencia era más

considerable <sup>25,26,116</sup>. Por ello, se llegó a la conclusión de que la reducción o eliminación de estas regiones de resistencia mediante osteotomías facilitaban la apertura del maxilar.

La primera vez que se describió la técnica quirúrgica mediante la cual se procedía a la apertura de la sutura media palatina fue en 1938 <sup>22</sup>. A lo largo de la primera mitad del siglo XX no se produjo un desarrollo significativo de la técnica. Gracias a la mejora en el control de las infecciones se continuó trabajando al respecto en la segunda mitad del siglo. Kole en 1959 abogó por el uso selectivo de osteotomías alveolares para reducir aún más la resistencia al movimiento de ortodoncia <sup>23</sup>. Converse en 1969 propuso realizar osteotomías tanto palatina como labial <sup>24</sup>. En 1972 Steinhäuser presentó una técnica que consistía en realizar una osteotomía de Lefort I con una división segmentaria del maxilar y la colocación de un injerto ilíaco unicortical triangular <sup>12</sup>. A partir de ese momento, muchos autores empezaron a elaborar técnicas diferentes incluyendo variaciones sobre las ya mencionadas <sup>25,26,28-30,116,117</sup>.

Las principales indicaciones para la expansión rápida del paladar quirúrgicamente asistida (SARPE) son las siguientes <sup>118</sup>:

- Paciente adulto con déficit maxilar transversal superior a 7 mm.
- En casos en los que la expansión sea la única cirugía que se va a realizar.
- Insuficiencia respiratoria (ronquidos, síndrome de apnea del sueño, etc.).
- Fracaso de la expansión ortopédica.
- Problemas transversales con recesión gingival asociada.

Un protocolo a seguir para llevar a cabo una SARPE es el presentado por el Dr. Guerrero en 2003, que posteriormente fue modificado en ciertos puntos por el Departamento de Ortodoncia y Ortopedia Dentofacial de la Universidad Internacional de Cataluña <sup>119</sup>. Dicho protocolo se muestra a continuación:

1. Descompensar arcada inferior hasta llegar a un arco rígido mediante:
  - a. Arco continuo.
  - b. Arcos seccionales si existe discrepancia óseo-dentaria severa.
2. Gomas de separar:
  - a. Fotos. Radiografía sagital, anteroposterior, oclusal y ortopantomografía.
  - b. Una semana.

3. Cementar disyuntor Hyrax o Haas:
  - a. De 2 a 7 días previos a cirugía.
4. SARPE (llevar llaves de disyunción y todas las radiografías a la cirugía):
  - a. En quirófano dar 8 activaciones para comprobar apertura, dejando finalmente 3-4 vueltas intraoperatoriamente.
  - b. Esperar 7 días.
5. Control de inflamación, movilidad, dolor:
  - a. Iniciar activación; 1 vuelta/8 h (3 veces/día) o 1 vez/12 h (2 veces/día).
  - b. Enseñar a algún familiar a dar activaciones.
  - c. Control en 5-7 días.
6. Fotos:
  - a. Control de la inflamación, movilidad, dolor.
  - b. Verificación apertura del diastema.
  - c. Próxima visita al finalizar activaciones (varía según el caso).
7. Retención.
  - a. Fotos y radiografía oclusal.
8. Evitar que los centrales migren al espacio producido:
  - a. Colocación de un incisivo de resina en el diastema existente entre los dos incisivos centrales. Maryland provisional o bioplast.
  - b. Cementar brackets y colocar diente o coil, o ligadura en 8 en sectores laterales.
9. Retención del diastema interincisal durante un mes, comenzando al mes a movilizar los incisivos:
  - a. Fotos. Radiografía sagital, anteroposterior, oclusal y ortopantomografía.
10. Disyuntor 3 meses retención:
  - a. Retirar disyuntor y colocar barra transpalatina con brazos anteriores.
  - b. Mantener barra transpalatina 6-9 meses.

Los estudios aconsejan descompensar la arcada inferior antes de la cirugía para poder evaluar y cerciorarse de la cantidad de expansión transversal que va a ser necesaria, establecer una coordinación de arcos y disminuir el riesgo de recidiva post-cirugía ayudándose de la interdigitación dental <sup>114</sup>.

El paciente debe llevar colocado un disyuntor cementado preoperatoriamente, salvo en el caso de disyuntores óseo-soportados. Los pasos quirúrgicos a seguir son los siguientes <sup>119</sup>:

- Anestesia e incisiones vestibulares con bisturí eléctrico entre canino y primer premolar.
- Desperiostización cuidadosa que se extiende hasta la escotadura nasal y posteriormente hasta el arbotante zigomático-malar.
- Con sierra oscilante, línea de osteotomía idealmente paralela al plano oclusal maxilar.
- Osteotomía del rafe palatino medio con un escoplo, hasta llegar a la parte posterior del paladar duro. Es muy importante la separación de la unión pterigopalatina para evitar una posterior recidiva.
- Activación del disyuntor comprobando la separación interincisal.
- Sutura de las incisiones con sutura reabsorbible.

La cirugía de Le Fort es una alternativa a la técnica expuesta anteriormente. Se trata de una técnica más agresiva que está indicada en aquellos casos en los que queremos tratar prioritariamente un problema sagital o vertical asociado al transversal. Aunque existen tres tipos de Le Fort, la técnica utilizada en estos casos es el Le Fort I. Siempre que se requiera un cambio transversal, el maxilar debe segmentarse en tres partes.

Antes de la realización de la cirugía ortognática se debe llevar a cabo una descompensación dento-alveolar en los tres planos del espacio. La preparación para la cirugía es la siguiente <sup>119</sup>:

- No abrir diastemas mayores de 2 mm en los puntos de segmentación.
- Cerrar los espacios de extracción en el caso de que los hubiese, aunque no es lo habitual.
- Hacer divergir las raíces dentarias de los puntos de segmentación.
- Corregir la curva de Wilson.
- Llegar a arcos pesados de acero.
- Utilizar ligaduras metálicas en los brackets en lugar de elastoméricas.
- Colocar tubos por vestibular y palatino si no se utilizan bandas.

El corte quirúrgico se realizará entre el incisivo lateral y el canino o el canino y el primer premolar, dependiendo de la existencia de discrepancia de Bolton, las necesidades de corrección transversal, el punto de inflexión de la curva de Spee y si existe una mordida abierta asociada al problema transversal.

La preparación ortodóncica se realizará en tres segmentos, es decir, los dos segmentos posteriores y el segmento anterior. Se podrá llevar a cabo con un arco continuo en el que se incluyan dobleces o mediante tres arcos seccionales.

Las osteotomías se realizarán a unos 4 mm de los ápices radiculares, a 30 mm del plano oclusal a nivel incisivo y a 25 mm a nivel molar. Para ello se utilizará una fresa de fisuras para atravesar la cortical y un escoplo romo recto. Posteriormente se pasa al desprendimiento del maxilar.

Tras la colocación del maxilar en la posición determinada previamente en la cirugía de modelos mediante la férula de transferencia, se fija en su nueva posición con miniplacas rígidas de titanio.

A continuación se muestra de manera esquemática una comparativa entre la cirugía de SARPE y el Le Fort I:

<b>SARPE</b>	<b>LE FORT I</b>
Más estable	Menos estable
Tratamiento más corto	Tratamiento más largo
Menos costes	Más costes
Puede empeorar el problema vertical	Mejora los tres planos del espacio

**FIGURA 11:** COMPARATIVA ENTRE CIRUGÍA DE SARPE Y LE FORT I.

En la actualidad no existe un protocolo ni un consenso sobre el procedimiento quirúrgico más adecuado a seguir <sup>114,120</sup>. No existe manera de determinar cuáles serían las áreas de resistencia más favorables a abordar. Por tanto, la extensión de la cirugía debe individualizarse para cada paciente.

Aunque el procedimiento quirúrgico del SARPE clásicamente se llevaba a cabo mediante anestesia general, actualmente se conoce que se tolera bien bajo anestesia local y sedación<sup>90</sup> y cada vez se tiende más a utilizar ésta última.

### **III.8.2.2. COMPLICACIONES DERIVADAS DE LA CIRUGÍA.**

Los efectos de la osteotomía a nivel óseo y dentario han sido informados por diversos autores<sup>114,121-134</sup>. Se incluyen:

- **A nivel dentario:**
  - Movilidad de los dientes adyacentes hacia el espacio de la osteotomía.
  - Pérdida de la vitalidad pulpar.
  - Complicaciones periodontales.
  - Reabsorción radicular.
  - Recesiones gingivales.
  - Fracturas dentarias.
  - Pérdida de dientes adyacentes a la osteotomía.
- **A nivel esquelético:**
  - Desprendimiento del maxilar.
  - Desprendimiento de un segmento maxilar con recidiva.
  - Permanencia de segmento maxilar móvil.
  - Fístula oro-antral.
  - Necrosis.
- **A nivel muco-gingival:**
  - Dehiscencia de colgajo y defecto periodontal.
  - Ulceración de la mucosa palatina.
- **A nivel muscular:**
  - Disminuye actividad de músculos maseteros y temporales.
- **Complicaciones derivadas del procedimiento quirúrgico:**
  - Trombosis.
  - Hemorragia masiva.
  - Fístula arterio-venosa.
  - Infección postoperatoria.

En 2012 se publicó un estudio retrospectivo que se llevó a cabo con 120 pacientes sometidos a SARPE cuya edad media era de 29.5 años. Como resultado encontraron que 41 desarrollaron al menos 1 complicación. De ellos 33 tuvieron complicaciones quirúrgicas, 18 tenían problemas dentales y / o periodontales, y 10 desarrollaron problemas tanto quirúrgicos como dentales o periodontales. La asimetría y/o la expansión inadecuada fueron las complicaciones quirúrgicas más frecuentes, que se encuentra en el 13.3% de la cohorte del estudio, siendo la recesión gingival la complicación dental más común (8.3%). Dos pacientes desarrollaron importantes defectos óseos periodontales que les llevaron a la pérdida de los incisivos centrales <sup>135</sup>.

Cureton concluye que, para reducir al máximo las complicaciones, debemos adaptar el protocolo de activación a las características individuales de cada paciente <sup>136</sup>. La tasa de expansión puede variar de 0.25 a 1 mm al día. Hay que tener en cuenta la simetría de la fractura ósea y la salud gingival. Las raíces de los incisivos superiores deben ser divergentes antes de iniciar el procedimiento de expansión para reducir el riesgo de fractura asimétrica del hueso maxilar. Si el hueso se ha fracturado a lo largo de la superficie de la raíz del incisivo en lugar de en la mitad del paladar se le debe prestar especial cuidado al incisivo para evitar la recesión gingival y el defecto óseo secundarios. Después de la cirugía es recomendable esperar de 7 a 10 días antes de iniciar la expansión para darle tiempo a la encía a recuperarse. El protocolo de expansión dependerá de la salud de la encía y la simetría de la separación ósea. Si se produce una fractura asimétrica el paciente debe someterse a revisiones periódicas más frecuentes para controlar su estado periodontal. Tomando una radiografía periapical u oclusal antes de la cirugía para asegurarnos de la divergencia radicular de los incisivos centrales disminuimos el riesgo de que los incisivos se vean dañados durante la osteotomía.

### **III.9. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO EN ORTODONCIA.**

En los últimos años, los avances tecnológicos nos han permitido una visualización cada vez mejor de las estructuras anatómicas. La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) ha revolucionado la práctica odontológica diaria

gracias a la mejora en la calidad de imagen unida a una menor cantidad de radiación emitida al paciente. Por ello, cada día más ortodoncistas utilizan esta herramienta para el diagnóstico y planificación de los casos, así como para observar el estado de las estructuras una vez finalizado el tratamiento.

En general, los estudios realizados con tomografía computarizada de haz cónico se han centrado, principalmente, en medir la presencia de hueso alveolar con respecto a las inclinaciones de los dientes anteriores, tanto maxilares como mandibulares <sup>137-145</sup>. Son escasos los estudios en los que se realizan mediciones de las inclinaciones vestibulo-linguales de premolares y molares mediante CBCT <sup>146-148</sup>. Sin embargo, son éstos últimos de especial interés para nuestro estudio.

Tong y cols., a lo largo del año 2012, publicaron dos artículos en los que presentaban el programa de análisis de vectores radiculares de la Universidad del Sur de California que habían desarrollado <sup>146,147</sup>. En ellos miden las angulaciones mesio-distales y las inclinaciones vestibulo-linguales de todos los dientes en pacientes próximos a la clase I de Angle utilizando CBCT con el propósito de establecer los valores medios para cada diente. Los artículos exponen la manera en la que debe posicionarse cada diente y los puntos que se deben marcar. Una vez que se meten los puntos de referencia de los dientes, el programa de análisis de los vectores de las raíces utiliza algoritmos para medir la angulación mesio-distal y la inclinación vestibulo-lingual para todos los dientes de forma automática. En octubre de ese mismo año a Hongsheng Tong se le concedió la patente (US20120258416 A1) de su “Método para definir, medir y visualizar la angulación mesio-distal y la inclinación vestibulo-lingual de todos y cada uno de los dientes”. Aunque en el estudio se exponen los puntos que utilizan como referencia, es imposible de reproducir dichas mediciones sin el programa que los autores han desarrollado.

En el año 2014, se publicó la primera edición del libro *Cone Beam Computed Tomography in Orthodontics: Indications, Insights and Innovations*. En el capítulo 11 Palomo y cols. tratan sobre el diagnóstico y la planificación del tratamiento de ortodoncia gracias a la información que podemos obtener mediante el CBCT. En este capítulo presenta, entre otros, un método para medir las inclinaciones de los caninos y primeros molares definitivos maxilares. Para ello, primero se debe empezar por posicionar el cráneo. En este caso se utilizan como referencia el plano palatino en la

visión sagital y el plano bicigomático en la visión coronal. Posteriormente, se pasa a medir la inclinación de los caninos en el plano sagital, utilizando como referencias el eje mayor del diente y el suelo de las fosas nasales. El resultado será el correspondiente al ángulo formado entre las referencias anteriores. En el caso de los primeros molares se utiliza la visión frontal para la medida angular. Las referencias utilizadas serán una línea que va desde el ápice de la raíz palatina pasando por la cúspide mesiopalatina, en relación con el suelo de las fosas nasales.

Por otro lado, se conoce que, a lo largo de un tratamiento de ortodoncia, al realizar movimientos que alejen las raíces de los dientes del centro del hueso alveolar se pueden producir defectos alveolares o empeorarlos, si éstos ya existían previamente <sup>149,150</sup>. Los primeros estudios medían los defectos alveolares directamente en cráneos de cadáveres <sup>151-159</sup>. Posteriormente, se han publicado artículos en los que se valoraba la capacidad de detección de defectos alveolares mediante tomografía computerizada en cráneos <sup>160,161</sup>. Los investigadores provocaban dichos defectos y demostraron que sólo alrededor de un 70% de ellos son identificables en los cortes. Exponían que el diagnóstico de los defectos alveolares depende de la longitud y el grosor de las corticales alveolares, además de la visualización del ligamento periodontal, demostrando que es poco precisa la determinación de la existencia de hueso cortical cuando su grosor es menor de 0.5 mm <sup>161</sup>. Por otro lado, años más tarde, otro estudio, éste sí realizado sobre CBCT, concluyó que no se puede detectar la presencia de ligamento periodontal cuando es menor a 0.2 mm <sup>162</sup>. Por tanto, este hecho contribuye a la aparición de falsos positivos. Los resultados obtenidos en los estudios anteriores se volvieron a confirmar en 2015 utilizando, en este caso, CBCT en pacientes que se iban a someter a una cirugía posterior en la que se podía comprobar in vivo la existencia de defectos alveolares (dehiscencias y fenestraciones). Dicho estudio concluyó que, aunque el CBCT es un método diagnóstico válido para detectar la presencia de dehiscencias y fenestraciones, sobreestima la cantidad de defectos óseos <sup>163</sup>.

# **MATERIAL Y MÉTODO**

---

## **IV. MATERIAL Y MÉTODO.**

### **IV.1. SELECCIÓN DE LA MUESTRA.**

La selección de pacientes se realizó entre pacientes tratados en las clínicas privadas de ortodoncia de los Doctores José María Llamas Carrera y José Chaqués Asensi en Sevilla entre los años 2003 y 2014. La muestra consta de 29 pacientes. La media de edad de los pacientes seleccionados fue de  $22 \pm 4$  años, presentando 18 años el paciente de menor edad y 32 años el paciente de mayor edad al inicio del tratamiento. La edad media de las 14 mujeres incluidas en el estudio era de 23 años, mientras que la edad media de los 15 varones era de 21 años. Se incluyeron 13 pacientes con mordida cruzada unilateral y 16 pacientes con mordida cruzada bilateral. Todos los pacientes seleccionados para esta investigación fueron sometidos a un estudio ortodóncico completo en el que se incluyeron:

- Fotografías:
- Extraorales frontales y laterales para valorar la simetría y el patrón facial.
- Intraorales en las que determinamos el tipo de oclusión, la discrepancia óseo-dentaria y la forma y dimensiones de las arcadas.
- Radiografías, una de las siguientes opciones:
- Ortopantomografía y teleradiografía.
- Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT).
- Modelos de escayola que reproducían de manera fidedigna la morfología de las arcadas dentarias.

Los pacientes seleccionados debían cumplir los siguientes criterios de inclusión:

- No haberse sometido a ningún tratamiento ortodóncico previo.
- Pacientes cuyo crecimiento había finalizado.
- Presencia de hipoplasia transversal maxilar en los cuales las cúspides maxilares de al menos dos premolares y/o molares maxilares ocluían con las fosas centrales de los antagonistas.

- Aceptar la participación en una investigación en la que íbamos a realizar una expansión rápida del maxilar en adultos sin someterse a osteotomía maxilar previa.

Los criterios de exclusión fueron los siguientes:

- Anomalías congénitas.
- Tratamiento ortodóncico previo.

Los pacientes fueron informados de manera verbal y detallada de los objetivos del estudio. Procedimos a realizar mediciones una vez obtenido el consentimiento correspondiente.

## **IV.2. EXPANSIÓN RÁPIDA DEL MAXILAR.**

Para llevar a cabo la expansión se utilizaron disyuntores con un tornillo central tipo Hyrax de 11 mm (GAC International) apoyados en cuatro dientes posteriores, de los cuales dos eran molares y dos premolares. Los disyuntores fueron cementados con un cemento de ionómero de vidrio (Ketac Cem<sup>®</sup>, 3M ESPE<sup>®</sup>, Seefeld<sup>®</sup>, Germany<sup>®</sup>).

Una vez cementado el aparato se iniciaron las activaciones del tornillo el mismo día de su colocación. Familiares de los pacientes fueron instruidos para activar el tornillo de expansión a un ritmo de un cuarto de vuelta cada dos días (0.25 mm/día). La duración de la fase de expansión dependía del grado de compresión maxilar, la media fue de 50 +/- 6 días.



**FIGURAS 12 Y 13: DISEÑO DE DISYUNTOR UTILIZADO EN NUESTRO ESTUDIO.**

El criterio de sobrecorrección establece que las cúspides palatinas de los dientes maxilares deben contactar con las vertientes vestibulares de las cúspides de los molares mandibulares. La expansión maxilar hasta la completa corrección de las mordidas cruzadas posteriores se llevó a cabo en todos los casos. Sin embargo, la sobrecorrección se realizó en mayor o menor medida dependiendo de factores individuales del paciente, teniendo en cuenta su edad, el grado de expansión conseguida y el riesgo de aparición de efectos no deseados. Una vez obtenida la corrección de la compresión transversal, se procedió al sellado del tornillo de expansión con un alambre de acero inoxidable de 0.012” para mantenerlo como mecanismo de retención. Una vez completada la expansión y cerrado el tornillo, se mantuvo el aparato entre 6 y 9 meses, con un tiempo medio de 30 semanas.

La duración media del tratamiento de ortodoncia, incluyendo tanto fase de expansión como tratamiento con brackets posterior, fue de  $2.63 \pm 0.73$  años.

Los brackets utilizados para la realización del tratamiento de ortodoncia fueron brackets metálicos de acero, autoligables (Smart Clip ®; 3M Unitek Oral Care), con valores de torque posterior de 0° para premolares y molares superiores.

### **IV.3. REGISTROS.**

#### **IV.3.1. ANÁLISIS DE MODELOS.**

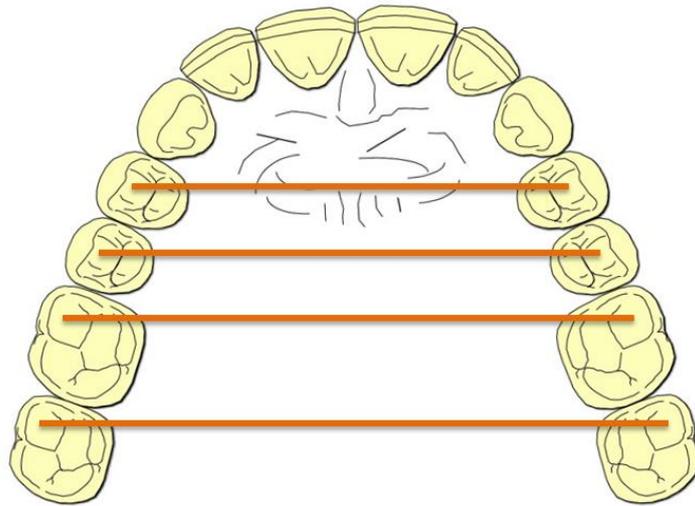
Los modelos de 29 pacientes han sido tomados antes de iniciar el tratamiento de expansión (T0) y al terminar el tratamiento de ortodoncia (T1). Los modelos finales se han tomado entre 12 y 14 días tras la finalización del tratamiento, una vez desaparecida la inflamación gingival, si ésta estaba presente en el momento en el que concluía el tratamiento, para evitar errores en las mediciones en las que hemos utilizado la encía como referencia.

##### **1. Anchura de arcadas.**

Se realizaron mediciones para determinar la anchura de las arcadas maxilares. Para ello se realizaron mediciones de la distancia entre los caninos, primeros premolares, segundos premolares, primeros molares y segundos molares. En el caso de

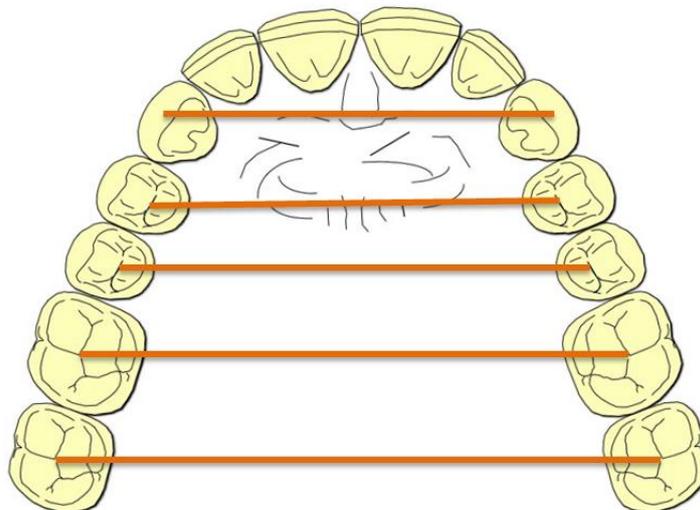
los premolares y molares se tomaron mediciones de sus tres vertientes: vestibular, oclusal y palatina.

Para las mediciones de las distancias vestibulares en el caso de los premolares se tomaron como referencia las cúspides vestibulares, mientras que en el caso de los molares se utilizaron las cúspides mesio-vestibulares (Figura 14).



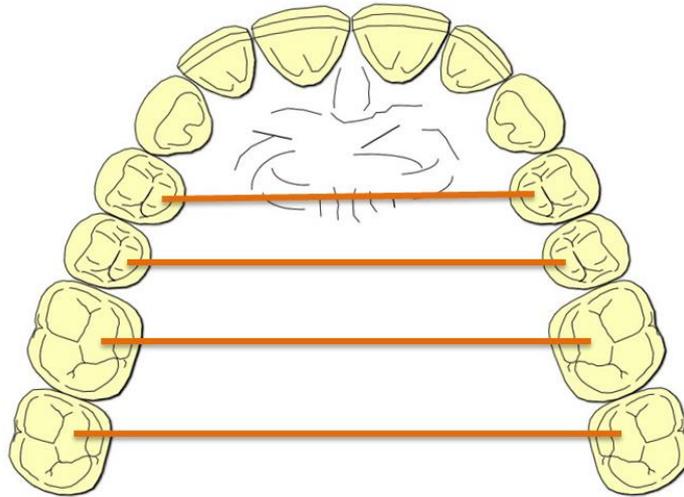
**FIGURA 14:** MEDICIONES VESTIBULARES.

En las mediciones en las que se tomaron como referencia las caras oclusales el calibrador se apoyó en la cúspide de los caninos, en la zona central de la fosa de los premolares y en la región central de la fosa mesial de los molares (Figura 15).



**FIGURA 15:** MEDICIONES OCLUSALES.

Las referencias que se usaron para las mediciones palatinas fueron las cúspides palatinas de los premolares y las cúspides mesio-palatinas de los molares (Figura 16).



**FIGURA 16:** MEDICIONES PALATINAS.

## **2. Altura de la corona clínica.**

Esta medición se utilizó para determinar la recesión gingival de los caninos, premolares y molares maxilares. Los caninos se midieron desde su cúspide hasta el punto de mayor concavidad del margen gingival. En el caso de los premolares se tomaron desde la punta de la cúspide bucal al punto de mayor concavidad del margen gingival. Sin embargo, las mediciones de los primeros molares fueron tomadas desde el margen más oclusal del surco bucal hasta el margen gingival directamente debajo del surco bucal (Figura 17).



**FIGURA 17:** MEDICIONES ALTURAS DE LAS CORONAS CLÍNICAS.

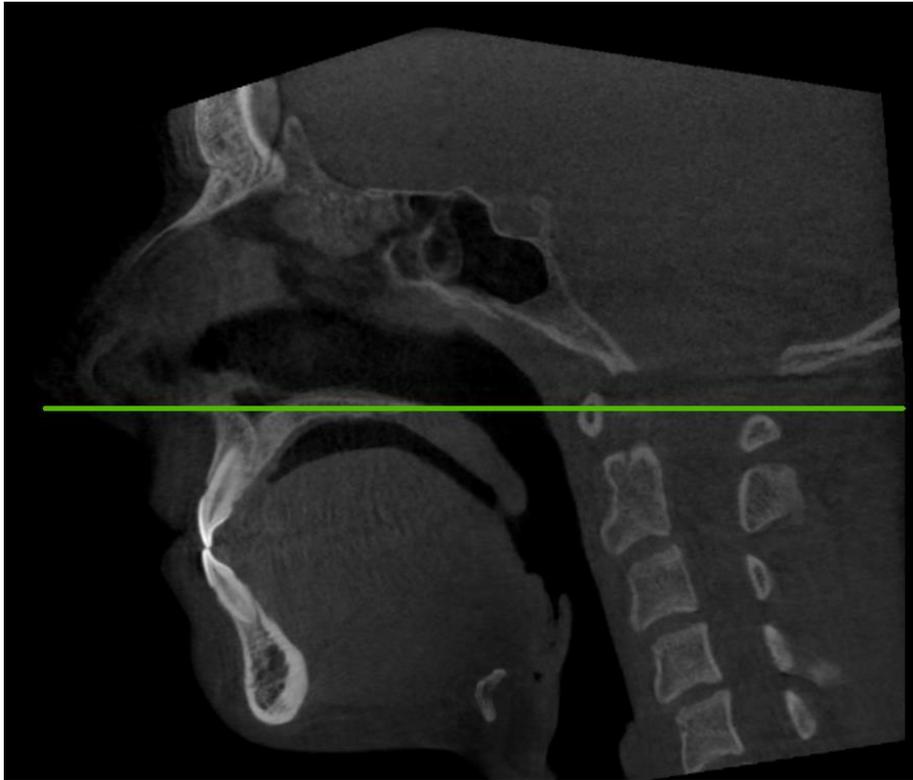
### **IV.3.2. ANÁLISIS MEDIANTE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO.**

La obtención de una imagen radiográfica de calidad es esencial para realizar un diagnóstico preciso y elaborar un plan de tratamiento correcto, así como vigilar y documentar el tratamiento y el resultado. Las radiografías frontales y laterales de cráneo han formado parte tradicionalmente de la historia clínica de los pacientes de ortodoncia desde hace décadas. Sin embargo, éstas presentaban ciertas limitaciones como la magnificación de las imágenes, distorsión, superposición de estructuras y errores de rotación, entre otros. En cambio, el desarrollo tecnológico actual nos lleva hacia la obtención y diagnóstico a través de imágenes tridimensionales que nos permiten un análisis más preciso y minucioso de cada caso <sup>164</sup>. La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) produce imágenes de alta definición de los dientes y el hueso con una dosis de radiación y un coste mucho menores que la tomografía computarizada convencional <sup>165,166</sup>.

Los CBCT de nuestros pacientes se obtuvieron con los siguientes ajustes: 90 kV, 5 mA y 10.8 s. de exposición. El grosor de los cortes axiales fue de 0.3 mm. Todos los pacientes se posicionaron sentados, en posición vertical y con la cabeza orientada de manera que el plano de Frankfort quedara paralelo al suelo. Las imágenes fueron visualizadas con el programa CS 3D Imaging Software 3.1.9 (Carestream Health Inc.) En los CBCT realizamos dos tipos de mediciones sobre los premolares y molares maxilares: angulaciones bucolinguales y presencia de dehiscencias y/o fenestraciones óseas. Dichas mediciones se explican detalladamente en los apartados siguientes.

#### **1. Angulaciones de premolares y molares maxilares.**

La correcta orientación del cráneo es el primer factor a determinar antes de iniciar las mediciones. En el caso de las inclinaciones bucolinguales se ha utilizado el plano palatino para la orientación del cráneo en la visión sagital, mientras que en la visión coronal se ha usado como referencia el plano bicigomático, tal y como exponen Palomo y cols. en el capítulo 11 del libro “Cone Beam Computed Tomography in Orthodontics: Indications, Insights and Innovations” <sup>148</sup> y se muestra en las siguientes imágenes (Figuras 18 y 19).



**FIGURA 18:** ORIENTACIÓN DEL CRÁNEO EN FUNCIÓN DEL PLANO PALATINO.

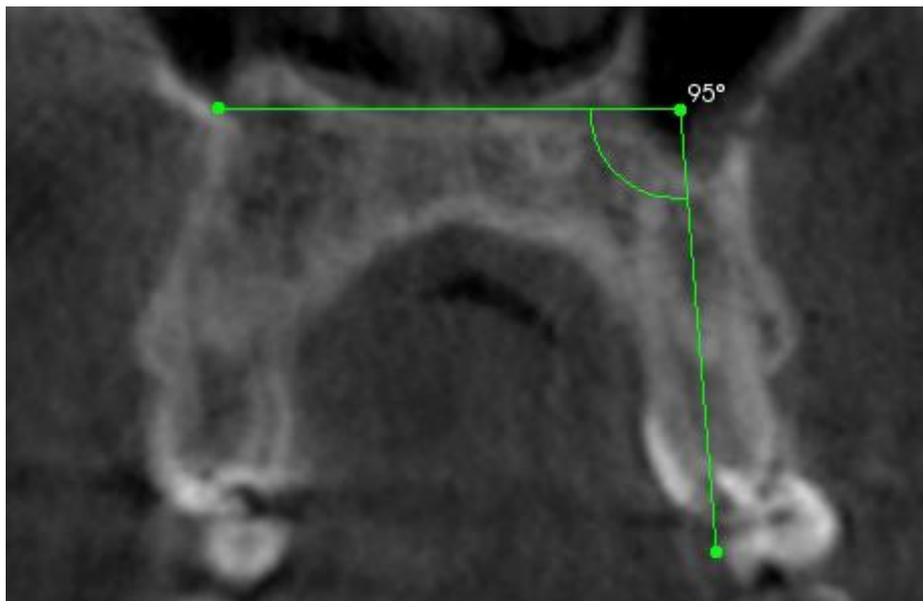


**FIGURA 19:** ORIENTACIÓN DEL CRÁNEO EN FUNCIÓN DEL PLANO BICOGOMÁTICO.

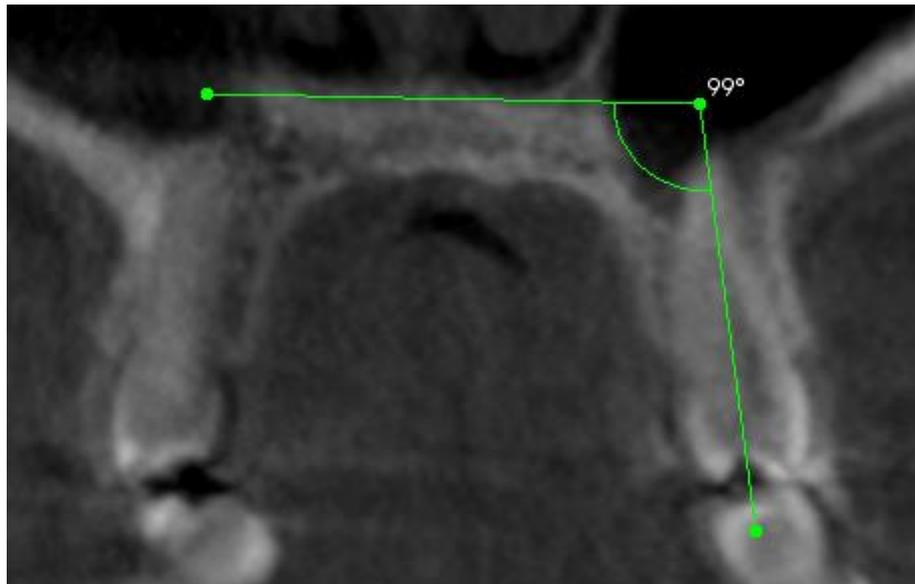
Las mediciones de las inclinaciones bucolinguales de los molares y premolares se realizarán mediante los cortes que se originan en el plano frontal. Como referencias dentarias utilizaremos las siguientes:

- En el caso de los primeros y segundos molares se trazará una línea que una la cúspide mesiopalatina con el ápice de la raíz palatina, tal y como utilizan Palomo y cols. <sup>148</sup>, con la diferencia de que en nuestro estudio vamos a incluir también a los segundos molares.
- En el caso de los premolares se van a utilizar distintas referencias en función de que sean uniradiculares o biradiculares:
  - Uniradiculares: se trazará una línea por el centro de la raíz y que desemboca en el surco central de la corona.
  - Biradiculares: se trazará una línea promedio entre las dos raíces que pasará por el surco central de la corona.

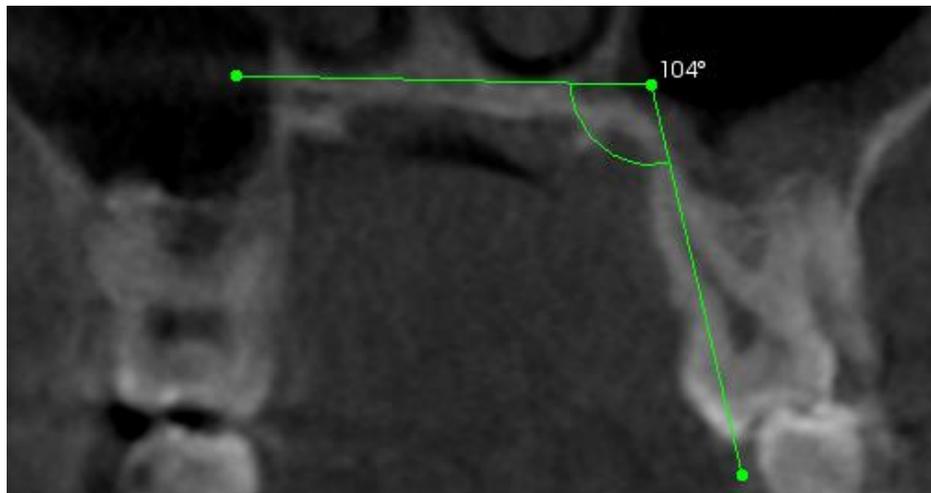
Una vez determinados los ejes dentarios que se van a utilizar debemos buscar una referencia ósea. En este caso, dicha referencia va a ser una línea que pase por el borde inferior de las fosas nasales, basándonos en el estudio de Palomo y cols. <sup>148</sup>. El siguiente paso es medir los ángulos que se forman entre cada diente y la referencia ósea. A continuación se muestra una secuencia de mediciones del lado superior izquierdo, empezando por el primer premolar y terminando con el segundo molar (Figuras 20-23).



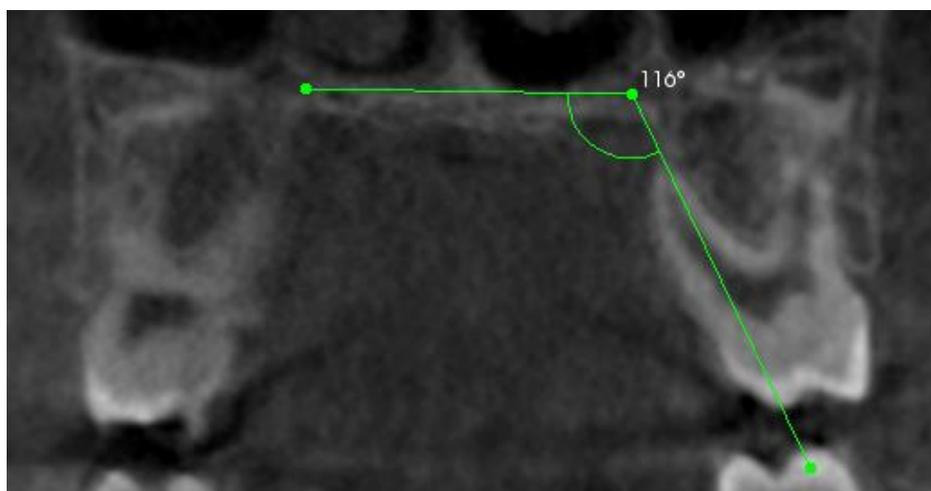
**FIGURA 20:** INCLINACIÓN BUCOLINGUAL DE PRIMER PREMOLAR IZQUIERDO.



**FIGURA 21:** INCLINACIÓN BUCOLINGUAL DE SEGUNDO PREMOLAR IZQUIERDO.



**FIGURA 22:** INCLINACIÓN BUCOLINGUAL DE PRIMER MOLAR IZQUIERDO.

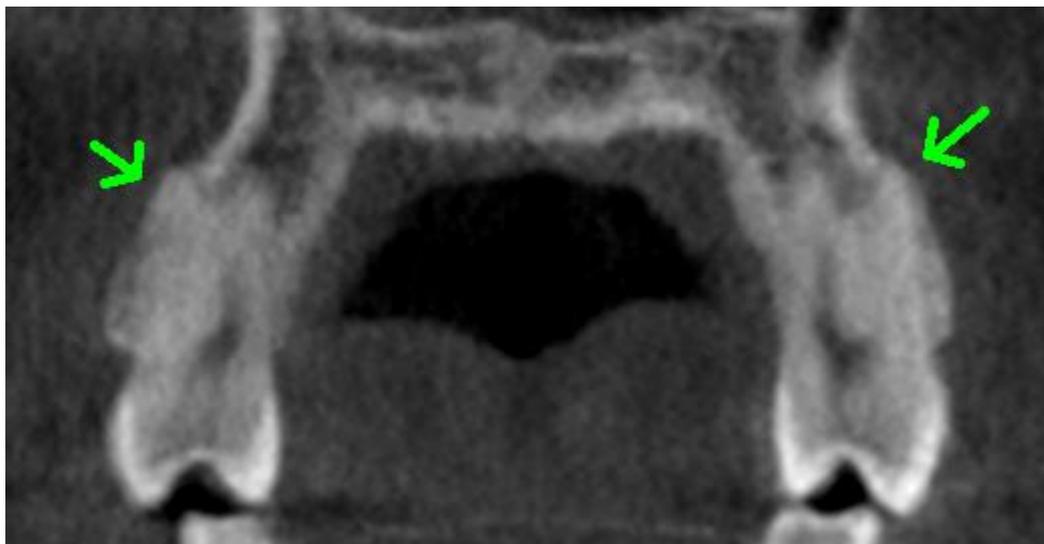


**FIGURA 23:** INCLINACIÓN BUCOLINGUAL DE SEGUNDO MOLAR IZQUIERDO.

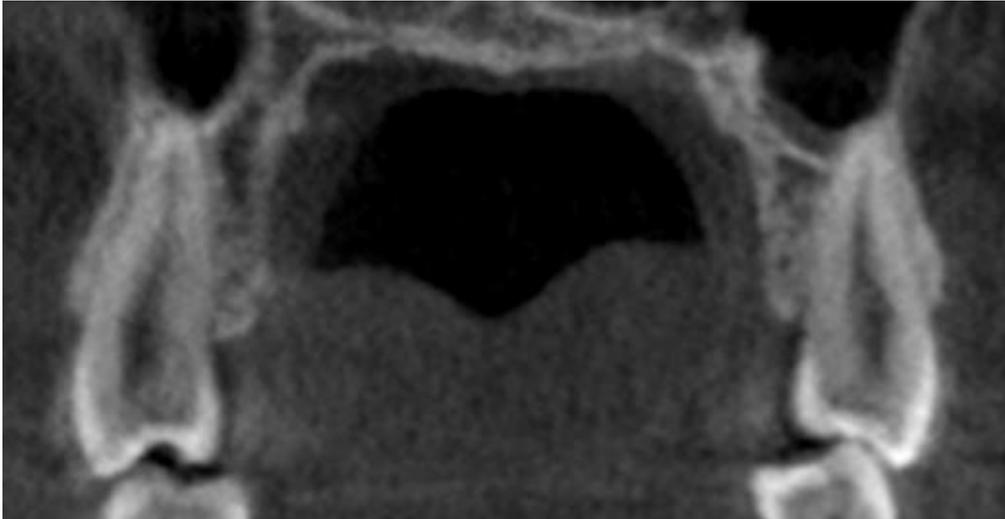
## 2. Dehiscencias y fenestraciones en el hueso alveolar.

Los defectos del hueso alveolar se pueden catalogar como dehiscencias o fenestraciones. En el caso de que existan más de 2 mm de distancia entre la línea amelocementaria y el inicio de la tabla vestibular se clasifica el defecto óseo como dehiscencia <sup>167</sup>. Por el contrario, si existe pérdida de hueso vestibular en el ápice o región media de la raíz, pero se conserva hueso en la cresta alveolar se clasifica como fenestración <sup>168</sup>.

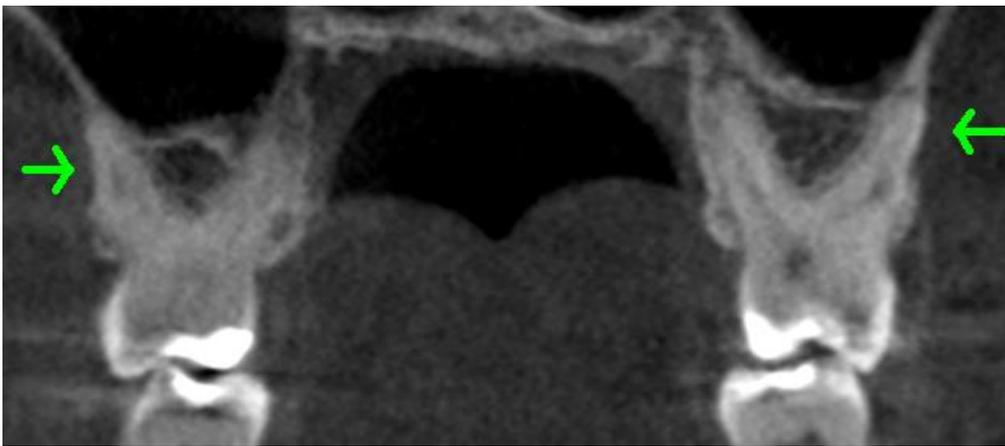
En nuestro estudio hemos valorado la presencia de dehiscencias y fenestraciones en las tablas vestibular y palatina de molares y premolares dividiendo cada raíz en tres tercios (coronal, medio y apical) y anotando en cada diente si existe algún defecto alveolar y, en tal caso, a qué nivel se encuentra. Las imágenes que no mostraban hueso alveolar tras 3 visiones consecutivas se anotaban como defectos. En el caso de los molares, si se encontraba pérdida de hueso vestibular, se anotaba independientemente de que se presentara solamente en una de sus raíces vestibulares. Para la valoración de dichos defectos alveolares se han utilizado cortes en los planos frontal y coronal. A continuación se muestra la secuencia frontal de una paciente empezando por los primeros premolares y terminando con los segundos molares (Figuras 24-27).



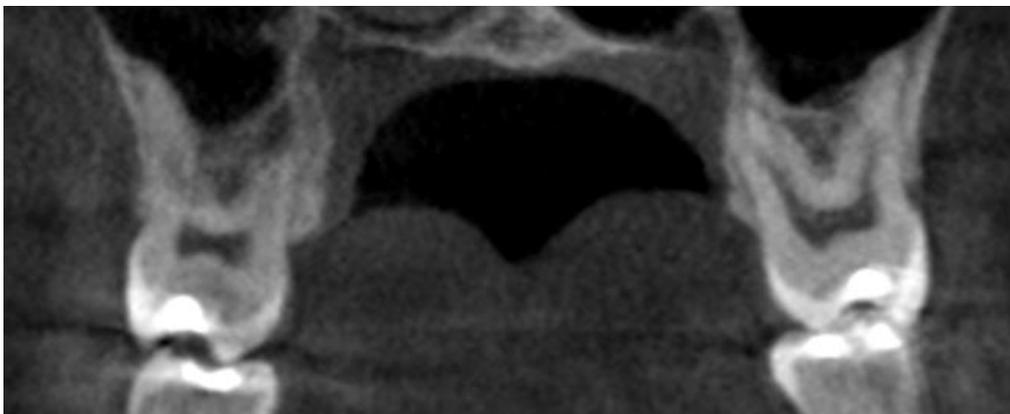
**FIGURA 24:** PRESENCIA DE FENESTRACIONES EN LOS PRIMEROS PREMOLARES.



**FIGURA 25:** AUSENCIA DE FENESTRACIONES EN LOS SEGUNDOS PREMOLARES.



**FIGURA 26:** PRESENCIA DE FENESTRACIONES EN LOS PRIMEROS MOLARES.



**FIGURA 27:** AUSENCIA DE DEFECTOS ALVEOLARES EN LOS SEGUNDOS MOLARES.

### **IV.3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.**

El análisis de los resultados se ha realizado con el programa SPSS versión 23.0. En el caso de los datos apareados obtenidos en los modelos antes y después del tratamiento se ha efectuado mediante la prueba de la T de Student. El análisis de las variables cualitativas se ha realizado con el test exacto de Fisher. Los datos estadísticos descriptivos se han presentado mediante la media y la desviación estándar.

# RESULTADOS

---

## V. RESULTADOS.

### V.1. RESULTADOS SOBRE ANÁLISIS DE MODELOS.

#### V.1.1. ANCHURA DE ARCADAS.

En la tabla I se muestran los resultados obtenidos en las mediciones de las anchuras interdientarias. En ella encontramos el número de pacientes en los que se ha realizado la medición (N), el momento en el que se ha medido (T), la media para cada momento (Media), la desviación estándar (SD) al inicio (T<sub>0</sub>) y al final del tratamiento (T<sub>1</sub>) y el valor de p (p) para la diferencia entre el final y el inicio del tratamiento (T<sub>1</sub>-T<sub>0</sub>).

	<b>Piezas</b>	<b>N</b>	<b>T</b>	<b>Media</b>	<b>SD</b>	<b>T<sub>1</sub>-T<sub>0</sub></b>	<b>p</b>
<b>Vestibular</b>	Primeros premolares	29	T <sub>0</sub>	36.22	3.23	5.33	.000
			T <sub>1</sub>	41.55	2.08		
	Segundos premolares	24	T <sub>0</sub>	40.85	4.01	5.84	.000
			T <sub>1</sub>	46.69	2.29		
Primeros molares	29	T <sub>0</sub>	45.97	3.60	4.50	.000	
		T <sub>1</sub>	50.47	3.20			
Segundos molares	27	T <sub>0</sub>	52.85	4.08	2.97	.000	
		T <sub>1</sub>	55.82	3.65			
<b>Oclusal</b>	Caninos	26	T <sub>0</sub>	31.21	2.82	2.33	.001
			T <sub>1</sub>	33.54	1.36		
	Primeros premolares	29	T <sub>0</sub>	30.91	3.10	5.12	.000
			T <sub>1</sub>	36.03	1.86		
	Segundos premolares	24	T <sub>0</sub>	35.63	3.76	5.43	.000
T <sub>1</sub>			41.06	2.14			
Primeros molares	29	T <sub>0</sub>	41.05	3.23	3.97	.000	
		T <sub>1</sub>	45.02	3.13			
Segundos molares	27	T <sub>0</sub>	47.82	3.93	2.37	.000	
		T <sub>1</sub>	50.19	3.45			
<b>Palatino</b>	Primeros premolares	29	T <sub>0</sub>	25.79	3.07	5.30	.000
			T <sub>1</sub>	31.09	1.97		
	Segundos premolares	24	T <sub>0</sub>	30.54	3.99	5.65	.000
			T <sub>1</sub>	36.19	2.51		
Primeros molares	29	T <sub>0</sub>	34.95	3.47	4.50	.000	
		T <sub>1</sub>	39.45	3.65			
Segundos molares	27	T <sub>0</sub>	42.32	4.32	2.53	.000	
		T <sub>1</sub>	44.85	3.75			

**TABLA I:** ANÁLISIS DE RESULTADOS DE DISTANCIAS INTERDENTARIAS.

Los resultados nos muestran que los segundos premolares son los que mayor aumento de anchura interdientaria han presentado, obteniendo entre 5.43 y 5.84 mm de expansión. Es un dato sorprendente teniendo en cuenta que los segundos premolares no se utilizan como piezas de apoyo del disyuntor. Las segundas piezas que mayor cantidad de expansión han experimentado son los primeros premolares, obteniendo entre 5.12 y 5.33 mm. Conforme nos desplazamos hacia la parte posterior de la arcada la cantidad de expansión disminuye, siendo entre 3.97 y 4.5 mm para los primeros molares y 2.37 y 2.97 mm para los segundos molares. Lo mismo ocurre en el caso de los caninos, que, de hecho, son los que menos cantidad de expansión presentan, obteniendo una media de 2.33 mm.

Al analizar la significación estadística de los resultados encontramos diferencias estadísticamente significativas en todas las comparativas de distancias interdientarias entre el inicio y al final del tratamiento, de hecho, encontramos que  $p < 0,01$  para todas las piezas, salvo en el caso de las mediciones de los caninos, en las que  $p = 0,01$ .

Para comprobar la fiabilidad de los resultados obtenidos entre los examinadores, éstos volvieron a realizar todas las mediciones en los modelos de diez de los estudios tomados al azar y compararon los resultados con las medidas originales, siendo las diferencias de los resultados no significativas. Dicho análisis se ha realizado para todas las mediciones obtenidas sobre modelos, ya sea para valorar las anchuras interdientarias o la altura de las coronas clínicas.

### **V.1.2. ALTURA DE CORONAS CLÍNICAS.**

En la tabla II se plasman los resultados obtenidos sobre las mediciones de las alturas de las coronas clínicas desde caninos a segundos molares. La distribución es la misma que la presentada en el caso de las anchuras interdientarias. En esta tabla, nuevamente, se muestra el número de pacientes en los que se ha realizado la medición (N), el momento en el que se ha medido (T), la media para cada momento (Media), la desviación estándar (SD) al inicio (T0) y al final del tratamiento (T1) y el valor de p (p) para la diferencia entre el final y el inicio del tratamiento (T1-T0).

	<b>N</b>	<b>T</b>	<b>Media</b>	<b>SD</b>	<b>T<sub>1</sub>-T<sub>0</sub></b>	<b>p</b>
<b>Canino</b>	55	T <sub>0</sub>	9.11	1.09	0.30	.000
		T <sub>1</sub>	9.41	1.05		
<b>Primer premolar</b>	58	T <sub>0</sub>	7.11	1.17	0.44	.000
		T <sub>1</sub>	7.55	1.35		
<b>Segundo premolar</b>	47	T <sub>0</sub>	5.86	1.07	0.26	.002
		T <sub>1</sub>	6.12	0.96		
<b>Primer molar</b>	58	T <sub>0</sub>	4.98	1.07	0.14	.062
		T <sub>1</sub>	5.12	1.04		
<b>Segundo molar</b>	56	T <sub>0</sub>	4.28	1.13	0.28	.001
		T <sub>1</sub>	4.56	1.01		

**TABLA II:** ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ALTURAS DE CORONAS CLÍNICAS.

El aumento medio de la altura de la corona clínica al final del tratamiento fue de 0.28 mm. Las medias de las diferencias de las alturas de las coronas clínicas son: 0.30 mm para los caninos, 0.44 mm para los primeros premolares, 0.26 mm para los segundos premolares, 0.14 mm para los primeros molares y 0.28 mm para los segundos molares. Las diferencias entre las hemiarcadas derecha e izquierda fueron mínimas para todas las mediciones realizadas, con un rango entre 0.06 y 0.08 mm, excepto para los primeros premolares donde la diferencia encontrada fue de 0.22 mm entre la media del lado derecho con respecto a la media obtenida en el lado izquierdo (0.33 mm y 0.55 mm, respectivamente). Dado que el disyuntor Hyrax estaba anclado en los primeros premolares y primeros molares, se podría esperar que obtuviera un mayor grado de pérdida de inserción bucal en estos dientes. De hecho, los primeros premolares fueron los que presentaron la pérdida máxima de inserción; sin embargo, los primeros molares mostraron una tendencia completamente opuesta, presentando los cambios más pequeños en las mediciones de las alturas de las coronas clínicas.

Se encuentran diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) en las alturas de las coronas clínicas, salvo en el caso de los primeros molares. Este resultado se debe al tamaño de la muestra, dando como resultados significativos un incremento de entre 0.26 y 0.44 mm en las alturas de las coronas clínicas de dichas piezas.

La altura final de las coronas clínicas fue menor que la altura inicial en algunos casos. Dado que las mediciones se realizaron una vez que había desaparecido la

inflamación gingival, si estaba presente al final del tratamiento, no podía ser ésta la responsable de la disminución de la altura de las coronas clínicas. Se puede especular que el estado gingival de algunos dientes podría haber mejorado después del tratamiento, a pesar de la expansión, debido a una corrección de su malposición inicial, una mejor alineación o una oclusión correcta. Los primeros molares mostraron una menor altura en las coronas clínicas, seguidos por los primeros premolares, caninos, segundos molares y segundos premolares, respectivamente.

## **V.2. RESULTADOS SOBRE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO.**

### **V.2.1. ANGULACIONES DE PREMOLARES Y MOLARES MAXILARES.**

En la tabla III se encuentran los resultados de las inclinaciones de los sectores posteriores maxilares organizados por hemiarquadas. En la misma se plasman el número de piezas que se han medido en cada caso (N), así como la angulación mínima y máxima, la media y la desviación estándar (SD), todas ellas expresadas en grados (°).

	<b>Pieza</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>SD</b>
<b>Derecha</b>	Primer premolar	19	81	114	96.53	8.55
	Segundo premolar	14	87	117	99.21	9.11
	Primer molar	19	82	118	101.26	8.31
	Segundo molar	17	93	116	106.59	5.68
<b>Izquierda</b>	Primer premolar	19	78	106	95.26	6.81
	Segundo premolar	14	78	115	95.07	9.21
	Primer molar	19	88	109	101.26	6.19
	Segundo molar	19	97	120	106.63	6.55

**TABLA III:** ANÁLISIS DE RESULTADOS DE INCLINACIONES DE PREMOLARES Y MOLARES MAXILARES AL FINAL DEL TRATAMIENTO.

Al comparar los resultados obtenidos en la misma pieza entre ambas hemiarquadas encontramos que las diferencias son inferiores a  $1^\circ$ , salvo en el caso de los segundos premolares, en los que encontramos aproximadamente  $4^\circ$  de diferencia. Aunque los valores mínimos y máximos para los primeros molares son diferentes, la media final obtenida es la misma ( $101.26^\circ$ ). Prácticamente lo mismo ocurre en el caso de los segundos molares, para los cuales la diferencia entre hemiarquadas es mínima:  $106.59^\circ$  para el lado derecho contra  $106.63^\circ$  para el lado izquierdo.

### V.2.2. DEHISCENCIAS Y FENESTRACIONES EN EL HUESO ALVEOLAR.

En la tabla IV se presenta el análisis de las dehiscencias observadas por vestibular y palatino de los premolares y molares maxilares. Siendo “N” el número total de piezas analizadas, “D” el número de dehiscencias encontradas, “%” el porcentaje de dehiscencias y, por último “ $1-\alpha$ ” el intervalo de confianza.

		Vestibular				Palatino		
	Pieza	N	D	%	$1-\alpha$	D	%	$1-\alpha$
<b>Derecha</b>	Primer premolar	19	7	36,8	16-61	4	21,1	1-41
	Segundo premolar	14	0	0	0	0	0	-
	Primer molar	19	2	10,5	0-26	1	5,3	0-16
	Segundo molar	17	1	5,9	0-18	1	5,9	0-18
<b>Izquierda</b>	Primer premolar	19	4	21,1	1-41	4	21,1	1-41
	Segundo premolar	14	0	0	-	1	7,1	0-23
	Primer molar	19	4	21,1	1-41	1	5,3	0-16
	Segundo molar	19	1	5,3	0-16	2	10,5	0-26

**TABLA IV:** ANÁLISIS DE RESULTADOS DE DEHISCENCIAS DE PREMOLARES Y MOLARES MAXILARES AL FINAL DEL TRATAMIENTO.

El análisis de los resultados de las dehiscencias nos muestra que el mayor número de dehiscencias se encuentra en los primeros premolares y molares, mientras que en el caso de los segundos premolares y molares los porcentajes disminuyen de manera considerable. También observamos que, mientras que en los primeros premolares y molares las dehiscencias son más frecuentes por vestibular, en el caso de los segundos premolares y molares son más frecuentes por palatino. Los segundos premolares son las piezas que menor número de dehiscencias presentan. En este caso solamente se ha encontrado una dehiscencia en segundos premolares y ha sido por palatino. El hecho de que, en general, el mayor número de dehiscencias se encuentren en vestibular de los primeros premolares y molares puede tener relación con el hecho de que son las piezas que se utilizan como apoyo para el disyuntor que se ha empleado y, por tanto, son las que experimentan un mayor grado de presión hacia la zona vestibular.

En la tabla V se presenta el análisis de las fenestraciones observadas por vestibular y palatino de los premolares y molares maxilares. Siendo “N” el número total de piezas analizadas, “F” el número de fenestraciones encontradas, “%” el porcentaje de dehiscencias y, por último “1- $\alpha$ ” el intervalo de confianza.

	Pieza	N	Vestibular			Palatino		
			F	%	1- $\alpha$	F	%	1- $\alpha$
<b>Derecha</b>	Primer premolar	19	8	42.1	18-67	1	5.3	0-16
	Segundo premolar	14	0	0	-	0	0	-
	Primer molar	19	4	21.1	1-41	0	0	-
	Segundo molar	17	1	5.9	0-18	1	5.9	0-18
<b>Izquierda</b>	Primer premolar	19	8	42.1	19-67	1	5.3	0-16
	Segundo premolar	14	0	0	-	0	0	-
	Primer molar	19	7	36.8	13-61	1	5.3	0-16
	Segundo molar	19	0	0	-	2	10.5	0-26

**TABLA V:** ANÁLISIS DE RESULTADOS DE FENESTRACIONES DE PREMOLARES Y MOLARES MAXILARES AL FINAL DEL TRATAMIENTO.

El análisis de los resultados de las fenestraciones nos muestra que, al igual que en el apartado de dehiscencias, el mayor número de fenestraciones se encuentra en los primeros premolares y molares, más frecuentemente en la región vestibular. Este hecho, nuevamente, puede tener relación con el disyuntor empleado, dado que sus piezas de apoyo son, precisamente, los primeros premolares y molares y, por tanto, son las que mayor cantidad de presión sufren en la zona vestibular. No se han hallado fenestraciones en relación con los segundos premolares y, en el caso de los segundos molares, solamente se ha encontrado una fenestración vestibular y tres palatinas.

En la Tabla VI se muestra una comparativa de los porcentajes totales de dehiscencias “D (%)” y fenestraciones “F (%)” encontradas por vestibular y palatino, siendo “N” el número total de piezas que se han valorado de cada tipo.

	<b>Vestibular</b>		<b>Palatino</b>		
	<b>N</b>	<b>D (%)</b>	<b>F (%)</b>	<b>D (%)</b>	<b>F (%)</b>
<b>Primer premolar</b>	38	28.9	42.1	21.1	5.3
<b>Segundo premolar</b>	28	0	0	3.6	0
<b>Primer molar</b>	38	15.8	28.9	5.3	2.6
<b>Segundo molar</b>	36	5.6	2.8	8.3	8.3

**TABLA VI: ANÁLISIS COMPARATIVO DE PORCENTAJES DE DEHISCENCIAS Y FENESTRACIONES.**

En esta última tabla, resumen de las anteriores, observamos que las piezas en las que se encuentran menor cantidad de defectos óseos son los segundos premolares, mientras que los primeros premolares se desmarcan por encima del resto con un porcentaje mayor de aparición de dehiscencias y fenestraciones, tanto por la cara vestibular como por la palatina.

# DISCUSIÓN

---

## **VI. DISCUSIÓN.**

### **VI.1. NATURALEZA DEL ESTUDIO.**

Se trata de un estudio retrospectivo en el que los sujetos proceden de dos consultas ortodóncicas privadas, de manera que ambos factores pueden introducir un sesgo en cuanto a la selección de las muestras o variabilidad en el protocolo de tratamiento. Con el fin de minimizar estas limitaciones, los sujetos fueron incluidos en el estudio siempre y cuando cumplieran los criterios de inclusión sin ninguna excepción. El protocolo de tratamiento fue previamente acordado por ambos Doctores y los disyuntores tipo Hyrax fueron fabricados en el mismo laboratorio por el mismo técnico. Por otro lado, en nuestro estudio no teníamos un grupo control, por ello, con el fin de minimizar el impacto de esta limitación metodológica, nuestros datos se comparan con los resultados obtenidos en estudios similares en los que se analiza tanto un grupo de estudio como un grupo control.

### **VI.2. EFICACIA Y MAGNITUD DE LA EXPANSIÓN.**

La expansión obtenida fue de 4.5 mm para el primer molar y de 5.3 mm para el primer premolar, siendo los resultados estadísticamente significativos. Esta expansión fue suficiente para corregir las mordidas cruzadas posteriores en todos los casos, pero la cantidad de sobre-expansión (que es una parte del protocolo de rutina utilizado para la expansión rápida del maxilar en individuos en crecimiento) fue mínima con el fin de reducir las posibilidades de complicaciones. Sin embargo, la cantidad de expansión realizada en cada caso se decidió en función de las necesidades individuales de las maloclusiones. En nuestro estudio no se esperaba el componente sutural de la expansión y, muy probablemente, no estaba presente en la mayoría de los casos, a diferencia de lo que sucede en pacientes en crecimiento. Sin embargo, la cantidad de expansión obtenida en nuestros pacientes adultos es similar a los resultados reportados por otros estudios en dentición mixta o en individuos en crecimiento <sup>169,170</sup>. Según lo expuesto por Handelman <sup>18</sup>, la “expansión rápida maxilar alveolar” en el paciente adulto se produce a nivel dento-alveolar debido a la expansión de los dientes junto con el proceso alveolar (en lugar de a través de él), la flexión de los procesos alveolares y la inclinación bucal de los dientes posteriores. La combinación de estos tres componentes llevó a una

expansión suficiente para corregir la deficiencia transversal maxilar en todos los casos, demostrando que el procedimiento es clínicamente eficaz y eficiente.

### **VI.3. DISYUNTORES HYRAX Y HAAS.**

Los estudios previos en los que se ha realizado expansión maxilar sin asistencia quirúrgica en pacientes adultos han utilizado el disyuntor de Haas <sup>14,18</sup>, que es un aparato muco-dentosoportado. En nuestro estudio, se ha utilizado el disyuntor Hyrax anclado en los primeros premolares y primeros molares definitivos. Mientras que el disyuntor de Haas se apoya en la superficie palatina a través de los botones acrílicos y proporciona presión a la bóveda palatina, generando una fuerza en la base maxilar, el Hyrax transmite su fuerza exclusivamente a través de los cuatro dientes de apoyo, lo que podría generar una mayor cantidad de inclinación dentaria. En nuestro estudio no se llevó a cabo la medición directa de la inclinación molar, pero Handelman encontró 3° de inclinación molar bilateral como resultado del procedimiento de expansión, por lo que se podría pensar que la inclinación bucal de los molares podría ser mayor con el Hyrax; sin embargo, no tenemos evidencia de ello. En nuestro estudio, el aumento de la anchura interdientaria en la cúspide mesiopalatina de los primeros molares (4.5 mm) fue similar a la obtenida por Handelman en el contorno cervical palatino de los molares (4.6 mm), pero menor que el encontrado en la cúspide mesiopalatina (5.7 mm). Por lo tanto, Handelman encontró una mayor expansión a nivel de la cúspide palatina (5.7 mm) que en el contorno cervical palatino de los molares (4.6 mm). Podría argumentarse que esta diferencia está relacionada con la inclinación molar, ya que la inclinación bucal del diente podría afectar más la posición de la cúspide palatina que la posición de la superficie palatina de los molares. Dado que no tenemos una estimación directa de la inclinación molar, una correlación similar no se puede hacer en nuestro estudio. Sin embargo, a pesar de la diferencia en el diseño del aparato, la cantidad de expansión obtenida en nuestro estudio en los primeros premolares (5.3 mm) y en los segundos premolares (5.65 mm), medida a nivel palatina, fue similar a la encontrada por Handelman con el disyuntor de Haas en el contorno cervical palatino (4.9 mm y 5.7 mm para el primer y segundo premolar, respectivamente).

Cuál es la naturaleza precisa de la expansión rápida del maxilar en los pacientes adultos no quirúrgicos sigue siendo una cuestión controvertida. Handelman ha

propuesto que la presión de los botones acrílicos del disyuntor de Haas contra la superficie palatina induciría la remodelación de la bóveda palatina, generando una expansión que se produce principalmente a nivel palatino medio. Handelman define este proceso como "expansión rápida maxilar alveolar". Además, de acuerdo con Frost y Epker y Frost <sup>171,172</sup>, él defiende que la flexión de los alveolos en sentido bucal induciría la formación ósea. Si bien los datos aportados por Handelman concuerdan con este concepto, la interpretación de que los botones acrílicos del disyuntor de Haas son responsables de la remodelación ósea es cuestionable. En nuestro estudio se utilizó el disyuntor Hyrax y, sin embargo, los datos obtenidos para las mediciones interdentarias son muy similares a los presentados por Handelman. Por otra parte, en nuestro grupo de estudio se ha producido necesariamente expansión dento-alveolar a pesar de utilizar un aparato solamente dentosoportado. Si no hubiera contribuido la expansión alveolar habríamos encontrado un grado severo de inclinación dentaria, lo que conllevaría la imposibilidad de generar una oclusión apropiada y la aparición de recesiones gingivales clínicamente significativas en la mayoría de los casos. En nuestro estudio, sin embargo, no se observaron ninguna de estas complicaciones. Al contrario, los pacientes terminaron el tratamiento con una oclusión estable y una mínima pérdida de inserción bucal, sin ninguna significación clínica.

#### **VI.4. MORBILIDAD Y COMPLICACIONES.**

Los estudios previos de la expansión rápida del maxilar sin asistencia quirúrgica son muy limitados. En 1987 Alpern y Yurosko publicaron uno de los pocos estudios recientes en los que se llevó a cabo una expansión maxilar en adultos con y sin cirugía <sup>13</sup>. Su estudio incluyó a un grupo de 82 pacientes menores de 25 años, en los que se realizó una expansión maxilar sin intervención quirúrgica, y un segundo grupo de 25 pacientes con una edad media de 30 años que habían sido sometidos a cirugía previa a la expansión. Los pacientes no quirúrgicos mostraron una incomodidad mínima. La expansión maxilar se llevó a cabo con éxito en todos los casos. No se sintieron relieves compatibles con fenestraciones a la palpación. Además, el estudio expone que la expansión realizada fue estable. Este estudio proporcionó resultados importantes con respecto a la expansión maxilar en adultos menores de 25 años, ya que se encontraron los mismos resultados clínicos que los obtenidos en pacientes tratados con cirugía.

Además, no se observaron complicaciones en asociación con el tratamiento no quirúrgico. En 1996 Capelozza y cols. publicaron un estudio que contaba con 38 pacientes adultos menores de 21 años tratados con expansión rápida del maxilar sin asistencia quirúrgica <sup>14</sup>. En este caso se utilizó el disyuntor de Haas, activando el tornillo cuatro cuartos de vuelta al día. El artículo concluyó que la expansión fue un éxito en la mayoría de los casos, ya que se creó un diastema interincisivo en el 81.5% de los pacientes. Sin embargo, en el 78% de los pacientes, los efectos no deseados variaron desde leve incomodidad a dolor, hinchazón y lesiones palatinas, aunque en la mayoría de los casos estas complicaciones no comprometieron la expansión. En la mayoría de los casos se logró una expansión maxilar moderada, que fue suficiente para proporcionar una oclusión satisfactoria. Sin embargo, la frecuencia de las complicaciones parecía algo desalentadora. Más recientemente, en un estudio que incluyó a 47 pacientes adultos que se sometieron a una expansión rápida del maxilar no quirúrgica con el disyuntor de Haas activando el tornillo cada dos días, Handelman encontró hinchazón palatina y dolor en nueve de ellos, mientras que en uno de ellos se presentaron, además, dolores de cabeza. En nuestro estudio la expansión se realizó con el disyuntor Hyrax mediante activaciones del tornillo de un cuarto de vuelta cada dos días. En nuestro caso, la hinchazón palatina no fue una complicación en ninguno de los pacientes. La incomodidad inicial fue un hallazgo común, pero los pacientes fueron instruidos para detener la expansión si presentaban un dolor agudo, aunque no fue necesaria la interrupción de la expansión en ninguno de los casos. Además, se tuvo especial cuidado en el diseño y fabricación de los disyuntores con el fin de obtener un buen ajuste, prestando especial atención en que las bandas no invadieran el surco gingival de los dientes de apoyo, para evitar la aparición de inflamación periodontal. Los pacientes mostraron una buena tolerancia al disyuntor a lo largo del proceso de expansión. De acuerdo con estos datos, es tentador concluir que el nivel de morbilidad puede mantenerse al mínimo si se toman en cuenta ciertos parámetros, como perseguir un buen ajuste del aparato, tener un cuidado especial en la fabricación del mismo, aplicar un protocolo de activación del tornillo de no más de una vuelta cada dos días y seleccionar pacientes menores de 30 años de edad.

Al inicio del estudio, todos los pacientes se encontraban en el período de retención (3 años +/- 6 meses). No se realizaron mediciones en esta etapa, pero la estabilidad en ese momento era correcta en todos los pacientes, no observándose recidiva de las mordidas cruzadas en ninguno de los casos.

## **VI.5. RECESIONES GINGIVALES.**

En nuestro estudio hemos analizado los cambios en las alturas de las coronas clínicas de los caninos, primer(os) y segundo(s) premolares, y primer(os) y segundo(s) molares para valorar la aparición de recesiones gingivales después del tratamiento. Las medidas obtenidas en ambas hemiarcadas son muy similares, no encontrando diferencias estadísticamente significativas. El análisis de nuestros datos lo hemos realizado incluyendo a todos los pacientes, sin separar a los hombres y las mujeres. El aumento medio de las coronas clínicas al final del tratamiento fue de 0.28 mm, siendo menor que el encontrado por Handelman (0.55 mm). Lo mismo ocurre con nuestras mediciones de los primeros y segundos premolares, y primeros molares en comparación con los resultados obtenidos por Handelman. Se encuentra, especialmente, una diferencia relevante para las mediciones de los primeros molares, donde se obtuvo una diferencia media de 0.14 mm en comparación con 0.3 mm observados por Handelman para el subgrupo masculino y 0.6 mm para el subgrupo femenino. Estas diferencias no pueden explicarse por la cantidad de expansión, muy similar en ambos estudios, pero otros factores como la edad media de los sujetos, la altura de la corona clínica inicial o una pérdida de inserción preexistente en algunos de los pacientes podrían influir en esta diferencia de resultados entre los dos estudios.

La pérdida de inserción bucal es un hallazgo común en el tratamiento ortodóncico en pacientes adultos, pero esto no necesariamente da lugar a una recesión gingival. Se ha reportado que la recesión gingival no tiene lugar si la pérdida de inserción es inferior a 3 mm <sup>173</sup>. En el presente estudio, el nivel de pérdida de inserción fue de un grado mucho menor y la exposición a la raíz no fue evidente en ninguno de los casos.

## VI.6. INCLINACIONES DENTARIAS.

En nuestro estudio no hemos realizado mediciones de los contornos palatinos utilizando modelos como hizo Handelman <sup>18</sup> debido a que, al tratar de reproducir en papel los resultados obtenidos con el medidor, hemos considerado que éstos son más susceptibles de contener errores. Por ello, hemos optado por realizar las mediciones de inclinaciones dentarias sobre CBCT.

Palomo y cols. miden las inclinaciones de caninos y primeros molares definitivos utilizando CBCT <sup>148</sup>. En nuestro estudio hemos posicionado el cráneo y hemos utilizado los mismos planos de referencia que este estudio: plano palatino en la visión sagital y plano bicigomático en la visión coronal. Así mismo, en el caso de los primeros molares hemos medido el ángulo que se forma entre una línea que va desde el ápice de la raíz palatina pasando por la cúspide mesiopalatina y una línea que establece el suelo de las fosas nasales. Al realizar la comparativa de nuestros resultados para los primeros molares con los obtenidos por Palomo y cols. <sup>148</sup> encontramos que son similares. En nuestro caso hemos obtenido para el primer molar superior derecho una inclinación de  $101.26 \pm 8.31$  y para el primer molar superior izquierdo una inclinación de  $101.26 \pm 6.19$ , mientras que Palomo y cols. han encontrado  $103.2 \pm 4.4$  para el primer molar superior derecho y  $102.5 \pm 5.1$  para el primer molar superior izquierdo. Por tanto, los resultados que hemos hallado en nuestro estudio para las inclinaciones de los primeros molares no difieren de forma significativa de los encontrados por Palomo en una muestra de pacientes sometidos a tratamiento ortodóncico convencional sin incluir ningún procedimiento de expansión maxilar activa.

La expansión rápida del maxilar produce cambios, principalmente, en las anchuras interdientarias de premolares y molares; por tanto, las inclinaciones de todas las piezas involucradas se pueden ver afectadas en mayor o menor medida. Por ello, nuestro estudio ha ido un paso más allá y presenta un protocolo que permite medir las inclinaciones de primeros y segundos premolares, así como segundos molares. Los resultados presentados en nuestro estudio para dichas mediciones no se pueden comparar con ningún estudio preexistente. En cuanto a nuestros resultados, hemos encontrado una asimetría de las fosas nasales en la visión frontal, que se presenta de manera más o menos acusada en una parte importante de los pacientes que componen la muestra. Éste es un dato no referenciado por Palomo y cols. Consideramos que este

hecho debe ser tenido en cuenta en la valoración de los resultados obtenidos dado que, si existe una cierta inclinación asimétrica de las fosas nasales, ello provoca una inclinación del plano de referencia que se establece entre ellas, lo que determina que la inclinación de premolares y molares con respecto a ese plano presente valores mayores en uno de los lados y menores en el contralateral, aun cuando sus inclinaciones en relación con el plano oclusal puedan resultar similares.

## **VI.7. DEFECTOS ÓSEOS.**

Los movimientos ortodóncicos se pueden llevar a cabo gracias a la remodelación del hueso alveolar por las raíces de los dientes, dando lugar a reabsorción de hueso en las zonas de presión y aposición de hueso en las de tracción <sup>174</sup>. Existen estudios que muestran que al realizar movimientos que alejen las raíces de los dientes del centro del hueso alveolar se pueden producir defectos alveolares o empeorarlos si ya existían previamente <sup>149,150</sup>. Diversos estudios en la década de los 90 valoran la capacidad de detección de defectos alveolares mediante tomografía computerizada en cráneos <sup>160,161</sup>, demostrándose que sólo alrededor de un 70% de los defectos óseos son identificables en los cortes, dado que su observación depende de la longitud y el grosor de las corticales alveolares, además de la visualización del ligamento periodontal <sup>161</sup>, demostrando que es poco precisa la determinación de la existencia de hueso cortical cuando el grosor del mismo es menor de 0.5 mm. Años más tarde, Ozmeric concluyó que en tomografías computarizadas de haz cónico no se puede detectar la presencia de ligamento periodontal cuando es menor a 0.2 mm <sup>162</sup>. Por tanto, todo ello contribuye a la aparición de falsos positivos. Los resultados obtenidos en los estudios anteriores se volvieron a confirmar en 2015 utilizando, en este caso, CBCT en pacientes que se iban a someter a una cirugía posterior en la que se podía comprobar in vivo la existencia de defectos alveolares (dehiscencias y fenestraciones) <sup>163</sup>. Dicho estudio concluyó que, aunque el CBCT es un método diagnóstico válido para detectar la presencia de dehiscencias y fenestraciones, sobreestima la cantidad de defectos óseos.

En nuestro estudio hemos tenido presente que aunque es cierto que podemos dar por inexistente la presencia de hueso cortical y ligamento periodontal en casos en los que realmente se encuentran, siendo finos para ser visualizados, lo que sí es real es que el hueso se encuentra en una situación de compromiso y se puede considerar

prácticamente como un defecto óseo. A efectos clínicos la significación puede ser similar debido a que el espesor del hueso no arroja suficiente margen de seguridad. Además, consideramos que nuestro estudio es comparable con otros estudios presentados por diversos autores debido a que todos los investigadores nos hemos encontrado con las mismas limitaciones en cuanto a la aparición de falsos positivos. Aunque se han publicado estudios en los que, además de valorar la existencia de hueso alveolar, se han medido en los CBCT la cantidad de hueso expresado en “mm”, en nuestro caso solamente hemos anotado la presencia del mismo, debido a que consideramos que puede existir un error importante en las mediciones lineales y, además, no existe ningún estudio que determine la validez de los resultados.

En el año 2010, Evangelista y cols. publicaron un estudio en el que valoraron la existencia de dehiscencias y fenestraciones del hueso alveolar en pacientes mayores de 18 años con clase I y clase II división 1 mediante CBCT <sup>175</sup>. Nuestro estudio se ha basado en este artículo para establecer los criterios de cuándo nos encontramos ante una dehiscencia y/o fenestración. En el caso de que existieran más de 2 mm de distancia entre la línea amelocementaria y el inicio de la tabla vestibular se clasificaba el defecto óseo como dehiscencia <sup>167</sup>. Por el contrario, si existía pérdida de hueso vestibular en el ápice o región media de la raíz, pero se conservaba hueso en la cresta alveolar se clasificaba como fenestración <sup>168</sup>. El estudio de Evangelista y cols. <sup>175</sup> no presenta los porcentajes individuales de dehiscencias y fenestraciones para cada diente, sino que muestra los porcentajes de defectos totales del maxilar y de cada diente en relación con el maxilar valorando también los incisivos y caninos, piezas cuyos valores no hemos recogido en nuestro estudio. Aunque la comparativa directa de datos no se pueda llevar a cabo debido a que los resultados se han organizado y presentado de manera diferente, sí que hemos coincidido en que los porcentajes de defectos óseos por diente, tanto dehiscencias como fenestraciones, siguen el mismo orden de aparición. Por tanto, son más frecuentes los defectos óseos en primeros premolares, seguidos de cerca por los primeros molares. Las piezas que presentan menos defectos son los segundos molares y segundos premolares, siendo éstos últimos los que en menor medida se ven afectados. Yagci y cols. dos años después publicaron un estudio en el que valoraron la presencia de dehiscencias y fenestraciones en adultos no tratados con ortodoncia, con una edad media de 22 años y divididos en función de la maloclusión esquelética que presentaban (Clase I, II o III) <sup>176</sup>. Los criterios utilizados y los resultados fueron los mismos, salvo

que en el caso de las dehiscencias se invertía el orden, pasando a ser los primeros molares los que mayor porcentaje de dehiscencias presentaban. Entre las conclusiones del estudio encontramos, nuevamente, que los defectos alveolares son más frecuentes en las superficies vestibulares que en las palatinas. En el año 2012, los mismos autores publicaron un estudio sobre dehiscencias y fenestraciones en adultos con edades comprendidas entre 20 y 30 años, no tratados con ortodoncia y que presentaban diferentes patrones de crecimiento vertical <sup>177</sup>. En este estudio, los autores encuentran los mismos resultados en cuanto al orden de frecuencia de aparición de dehiscencias y fenestraciones por diente que en el estudio que publicaron con anterioridad ese mismo año <sup>176</sup>. Por tanto, podemos concluir que las piezas que presentan mayores porcentajes de defectos óseos son los primeros premolares y primeros molares en su cara vestibular, incluso en pacientes que no se han sometido a tratamiento de ortodoncia. Además, es ampliamente conocido que la aparición de dehiscencias y fenestraciones a lo largo del tratamiento de ortodoncia depende de factores como la dirección del movimiento, la frecuencia y magnitud de fuerzas ortodóncicas, el volumen y la integridad anatómica de los tejidos periodontales <sup>174</sup>. Por ello, es conveniente realizar un estudio de la morfología alveolar de cada paciente, previo a iniciar el tratamiento de expansión, con el fin de evitar defectos alveolares que, por definición, conllevan pérdida de inserción de los dientes afectados.

## **VI.8. TOMA DE DECISIONES.**

La literatura se ha centrado en buscar la técnica quirúrgica más adecuada para realizar antes de la expansión en el paciente adulto. En los diferentes artículos siempre se han encontrado complicaciones derivadas de los diferentes procedimientos quirúrgicos, que pueden ir desde defectos leves a complicaciones severas y que se pueden encontrar a diferentes niveles <sup>114,121-134</sup>: a nivel dentario (movilidad de los dientes adyacentes hacia el espacio de la osteotomía, pérdida de la vitalidad pulpar, complicaciones periodontales, reabsorción radicular, recesiones gingivales, fracturas dentarias, pérdida de dientes adyacentes a la osteotomía), a nivel esquelético (desprendimiento del maxilar, desprendimiento de un segmento maxilar con recidiva, permanencia de segmento maxilar móvil, fístula oro-antral, necrosis), a nivel mucogingival (dehiscencia de colgajo y defecto periodontal, ulceración de la mucosa

palatina), a nivel muscular (disminución de la actividad de músculos maseteros y temporales) y complicaciones generales derivadas del procedimiento quirúrgico (trombosis, hemorragia masiva, fístula arterio-venosa e infección postoperatoria). Por tanto, las diferentes técnicas quirúrgicas conllevan riesgos asociados que no se deben despreciar. El hecho de que en algunos pacientes adultos sea posible la apertura del maxilar únicamente mediante el uso de un disyuntor sin necesidad de separar previamente los fragmentos maxilares permite evitar multitud de complicaciones derivadas de la cirugía, además de disminuir significativamente el coste total del tratamiento, en el que se incluyen el precio de la intervención quirúrgica y la pérdida de días de trabajo, necesarios para la recuperación postoperatoria.

El equipo de trabajo encargado de cada paciente adulto con necesidad de expansión debe decidir cuál es el procedimiento a seguir más adecuado en cada caso en concreto, valorando la posibilidad de corrección de la compresión maxilar con o sin cirugía y sopesando el riesgo/beneficio que se asume con cada uno de los procedimientos. Según nuestros datos, la expansión maxilar no quirúrgica realizada con el aparato Hyrax puede considerarse como un procedimiento eficiente y seguro para corregir las compresiones maxilares en pacientes adultos jóvenes. Por tanto, podría ser una alternativa de tratamiento plausible a la expansión maxilar asistida quirúrgicamente, especialmente si el paciente es menor de 30 años y presenta un estado periodontal inicial saludable.

# CONCLUSIONES

---

## VII. CONCLUSIONES.

Conclusión relacionada con el objetivo principal:

- Es posible realizar expansión rápida del maxilar en pacientes adultos menores de 30 años sin necesidad de someterse a una cirugía de osteotomía maxilar previa corrigiendo mordidas cruzadas tanto unilaterales como bilaterales.

Conclusiones relacionadas con los objetivos secundarios:

- El aumento en las distancias interdientarias al final del tratamiento fue de 4.3 mm para los primeros molares, 5.3 mm para los primeros premolares y 5.6 mm para los segundos premolares. Estos resultados son muy similares a los reportados por Handelman, tanto en adultos como en niños, realizando expansión maxilar con el aparato de Haas <sup>17</sup>.
- Después de un período de retención de 3 años  $\pm$  6 meses, no se observó clínicamente ninguna recidiva en las mordidas cruzadas. Además, la oclusión conseguida fue correcta en todos los pacientes.
- No se observaron recesiones gingivales en los pacientes, la pérdida de inserción bucal fue mínima y las diferencias en las alturas de las coronas clínicas no fueron clínicamente significativas.
- Las inclinaciones de primeros molares al final del tratamiento, analizadas mediante CBCT, no encuentran diferencias significativas en relación con el único estudio publicado realizado bajo la misma metodología.
- La incidencia de dehiscencias y fenestraciones, analizada mediante CBCT, es mayor en primeros premolares y molares, si bien este tipo de hallazgos han sido igualmente informados en estudios similares de pacientes no sometidos a procedimientos de expansión activa como parte de su tratamiento ortodóncico.
- Los pacientes que componen la muestra de este estudio se encontraban en fase de retención cuando se inició el estudio, habiendo transcurrido unos 3 años desde la finalización del tratamiento. En el momento de su valoración, los pacientes que presentaban dehiscencias o fenestraciones en

el análisis CBCT no presentaban reacciones clínicas adversas ni efectos colaterales detectables que comprometieran su estatus periodontal.

- No obstante, dado que los primeros premolares y primeros molares constituyen los dientes de apoyo del dispositivo de expansión empleado, resulta recomendable una valoración de la morfología ósea y del espesor alveolar y cortical, tanto mediante análisis clínico como mediante CBCT, en pacientes candidatos a ser sometidos a esta modalidad terapéutica.

Por lo tanto, la expansión maxilar no quirúrgica realizada con el dispositivo Hyrax puede proponerse como una alternativa de tratamiento segura a la expansión maxilar asistida quirúrgicamente para corregir deficiencias transversales en pacientes adultos, especialmente en pacientes menores de 30 años con estado periodontal sano. Se necesita más investigación para ampliar la cantidad limitada de información actualmente disponible en este prometedor campo.

# BIBLIOGRAFÍA

---

## VIII. BIBLIOGRAFIA.

1. Angell EC. Irregularities of the teeth and their treatment. *Dent Cosmos*. 1860;1:181-5.
2. Angell EC. Treatment of irregularities of the permanent adult teeth. *Dent Cosmos*. 1860;1:540-5.
3. Haas AJ. Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the mid maxillary suture. *Angle Orthod*. 1961 Apr;31(2):73-90.
4. Biederman W. Hygienic appliance for rapid expansion. *J Pract Orthod*. 1968 Feb;2(2):67-70.
5. Subtelny JI, Brodie AG. An analysis of orthodontic expansion in unilateral cleft lip and cleft palate patients. *Am J Orthod*. 1954 Sep;40(9):686-97.
6. Isaacson RJ, Murphy TD. Some effects of rapid maxillary expansion in cleft lip and palate patients. *Angle Orthod*. 1964 Jul; 34(3):143-154.
7. Haas AJ. The treatment of maxillary deficiency by opening the mid-palatal suture. *Angle Orthod*. 1965 Jul;35(3):200-17.
8. Zimring, JF, Isaacson RJ. Forces produced by rapid maxillary expansion. 3. Forces present during retention. *Angle Orthod*. 1965 Jul;35(3):178-86.
9. Isaacson RJ, Wood JL, Ingram AH. Forces produced by rapid maxillary expansion. *Angle Orthod*. 1964 Oct;34(4):256-70.
10. Haas AJ. Palate expansión: just the beginning of dentofacial orthopedics. *Am J Orthod*. 1970 Mar;57(3):219-55.
11. Wertz R, Dreskin M. Midpalatal suture opening: a normative study. *Am J Orthod*. 1977 Apr;71(4):367-81.
12. Steinhauser EW. Midlinesplitting of the maxilla for correction of malocclusion. *J Oral Surg*. 1972 Jun;30(6):413-22.
13. Alpern MC, Yurosko JJ. Rapid palatal expansion in adults with and without surgery. *Angle Orthod*. 1987 Jul;57(3):245-63.
14. Capelozza Filho L, Cardoso Neto J, da Silva Filho OG, Ursi WJ. Non-surgically assisted rapid maxillary expansion in adults. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*. 1996;11(1):57-66; discussion 67-70.
15. Handelman CS. Limitations of orthodontic treatment in adults: Part 2, The significance of alveolar width in orthodontic diagnosis and treatment

- planning. In: McNamara JA, Jr., Trotman CA. Orthodontic treatment: The management of unfavorable sequelae. Monograph 31, Craniofacial Growth Series, Center for Human Growth and Development. Ann Arbor: The University of Michigan; 1996. p. 232-240.
16. Handelman CS. Nonsurgical rapid maxillary alveolar expansion in adults: A clinical evaluation. *Angle Orthod.* 1997 Aug;67(4):291-308.
  17. Northway WM, Meade JB Jr. Surgically assisted rapid maxillary expansion: a comparison of technique, response and stability. *Angle Orthod.* 1997 Aug;67(4):309–20.
  18. Handelman CS, Wang L, BeGole EA, Haas AJ. Nonsurgical rapid maxillary expansion in adults: Report on 47 cases using the Haas expander. *Angle Orthod.* 2000 Apr;70(2):129-44.
  19. Persson M, Magnusson BC, Thilander B. Sutural closure in rabbit and man: a morphological and histochemical study. *J Anat.* 1978 Feb;125(Pt 2):313-21.
  20. Norton NS. Osteología. Huesos del cráneo. In: Norton NS, editor. *Netter. Anatomía de cabeza y cuello para odontólogos.* Barcelona: Elsevier Masson; 2007. p. 28-48.
  21. Wertz R. Skeletal and dental changes accompanying rapid mid-palatal suture opening. *Am J Orthod.* 1970 Jul;58(1):41-66.
  22. Brown GVI. *The surgery of oral and facial diseases and malformations: their diagnosis and treatment including plastic surgical reconstruction.* London: Lea and Febiger; 1938.
  23. Kole H. Surgical operations on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1959 May;12(5):515-29.
  24. Converse JM, Horowitz SL. The surgical-orthodontic approach to the treatment of dentofacial deformities. *Am J Orthod.* 1969 Mar;55(3):217-43.
  25. Lines PA. Adult rapid maxillary expansion with corticotomy. *Am J Orthod.* 1975 Jan;67(1):44–56.
  26. Kennedy JW, Bell WH, Kimbrough OL, James WB. Osteotomy as an adjunct to rapid maxillary expansion. *Am J Orthod.* 1976 Aug; 70(2):123-37.
  27. Epker BN, Wolford CZ. *Dento-facial deformity, surgical-orthodontic correction.* St.Louis: Mosby; 1980. p. 305-31.

28. Glassman AS, Nahigian SJ, Medway JM, Aronowitz HI. Conservative surgical orthodontic adult rapid palatal expansion: sixteen cases. *Am J Orthod.* 1984 Sep;86(3):207-13.
29. Lehman JA, Haas AJ, Haas DG. Surgical orthodontic correction of transverse maxillary deficiency: a simplified approach. *Plast Reconstr Surg.* 1984 Jan;73(1):62-8.
30. Kraut RA. Surgically assisted rapid maxillary expansion by opening the midpalatal suture. *J Oral Maxillofac Surg.* 1984 Oct;42(10):651-5.
31. Mossaz CF, Byloff FK, Richter M. Unilateral and bilateral corticotomies for correction of maxillary transverse discrepancies. *Eur J Orthod.* 1992 Apr;14(2):110-6.
32. Storey E. Growth and remodeling of bone and bones. *Am J Orthod.* 1972 Aug;62(2):142-65.
33. Timms DJ. A study of basal movement with rapid maxillary expansion. *Am J Orthod.* 1980 May;77(5):500-7.
34. Holberg C, Rudzki-Janson I. Stresses at the cranial base induced by rapid maxillary expansion. *Angle Orthod.* 2006 Jul;76(4):543-50.
35. Bell RA. A review of maxillary expansion in relation to rate of expansion and patient's age. *Am J Orthod.* 1982 Jan;81(1):32-7.
36. Baldawa RS, Bhad WA. Stress distribution analysis during an intermaxillary dysjunction: A 3-D FEM study of an adult human skull. *Ann Maxillofac Surg.* 2011 Jan;1(1):19-25.
37. Melsen B, Melsen F. The postnatal development of the palato-maxillary región studied on human autopsy material. *Am J Orthod.* 1982 Oct;82(4):329-42.
38. Meikle MC. Remodeling the dentofacial skeleton: the biological basis of orthodontics and dentofacial orthopedics. *J Dent Res.* 2007 Jan;86(1):12-24.
39. Moffett B. Remodelling of the craniofacial articulations by various orthodontic appliances in rhesus monkeys. *Trans Eur Orthod Soc.* 1971:207-16.
40. Moffett BC. Remodelling of the craniofacial skeleton produced by orthodontic forces. In: *Symposia of the Fourth International Congress of Primatology.* Vol. 3. Basel: S. Karger; 1973. p. 180-90.

41. Persson M. Structure and growth of facial sutures. *Odont Revy.* 1973;24(Suppl 26):1-146.
42. Pritchard JJ, Scott JH, Girgis FG. The structure and development of cranial and facial sutures. *J Anat.* 1956 Jan;90(1):73-86.
43. Björk A. Roentgen cephalometric growth analysis. In: Pruzansky, editor. *Congenital anomalies in the face and associated structures.* Springfield: Charles C Thomas Publisher; 1961. p. 237-250.
44. Björk A. Sutural growth of the upper face studied by the implant method, *Trans. Acta Odontol Scand.* 1966 Sep;24(2):109-27.
45. Björk, A. The use of metallic implants in the study of facial growth in children: method and application. *Am J Phys Anthropol.* 1968 Sep;29(2):243-54.
46. Melsen B. Palatal growth studied on human autopsy material. A histologic microradiographic study. *Am J Orthod.* 1975 Jul;68(1):42-54.
47. Björk A, Skieller V. Growth in width of the maxilla studied by the implant method. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1974;8(1-2):26–33.
48. Revelo B, Fishman LS. Maturational evaluation of ossification of the midpalatal suture. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994 Mar;105(3):288–92.
49. Korn EL, Baumrind S. Transverse development of human jaws between the ages of 8.5 and 15.5 years, studied longitudinally with the use of implant. *J Dent Res.* 1990 Jun;69(6):1298–306.
50. Persson M, Thilander B. Palatal suture closure in man from 15 to 35 years of age. *Am J Orthod.* 1977 Jul;72(1):42-52.
51. Wehrbein H, Yildizhan F. The mid-palatal suture in young adults. A radiological-histological investigation. *Eur J Orthod.* 2001 Apr;23(2):105-14.
52. Knaup B, Yildizhan F, Wehrbein H. Age-related changes in the midpalatal suture. A histomorphometric study. *J Orofac Orthop.* 2004 Nov;65(6):467-74.
53. Korbmacher H, Schilling A, Püschel K, Amling M, Kahl-Nieke B. Age-dependent three-dimensional micro-computed tomography analysis of the human midpalatal suture. *J Orofac Orthop.* 2007 Sep;68(5):364-76.

54. Hahn W, Fricke-Zech S, Fialka-Fricke J, Dullin C, Zapf A, Gruber R, et al. Imaging of the midpalatal suture in a porcine model: flat-panel volume computed tomography compared with multislice computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009 Sep;108(3):443-9.
55. Fricke-Zech S, Gruber RM, Dullin C, Zapf A, Kramer F-J, Kubein-Meesenburg D, et al. Measurement of the midpalatal suture width. *Angle Orthod.* 2012 Jan;82(1):145-50.
56. Baydas B, Yavuz I, Uslu H, Dagsuyu IM, Ceylan I. Nonsurgical rapid maxillary expansion effects on craniofacial structures in young adult females. A bone scintigraphy study. *Angle Orthod.* 2006 Sep;76(5):759-67.
57. Angelieri F, Cevidanes LHS, Franchi L, Gonçalves JR, Benavides E, McNamara JA. Midpalatal suture maturation: classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013 Nov;144(5):759-69.
58. Todd TW, Lyon DW. Endocranial suture closure, its progress and age relationship. Part I. Adult males of white stock. *Am J Phys Anthropol.* 1924 Jul/Sept;7(3):325-84.
59. Todd TM, Lyon DW. Cranial suture closure. Its progress and age relationship. Part II. Ectocranial closure in adult males of white stock. *Am J Phys Anthropol.* 1925;8(1):23-45.
60. Kokich VG. Age changes in the human frontozygomatic suture from 20 to 95 years. *Am J Orthod.* 1976 Apr;69(4):411-30.
61. Kokich VG. Biology of sutures. In: *Craniosynostosis: diagnosis, evaluation and management.* Cohen MM Jr, editor. New York: Raven Press; 1986. p. 81-103.
62. Krebs A. Midpalatal expansión studied by the implant method over a seven years period. *Trans Eur Orthod Soc.* 1964;40:131-42.
63. Vardimon AD, Brosh T, Spiegler A, Lieberman M, Pitaru S. Rapid palatal expansion: Part 1. Mineralization pattern of the midpalatal suture in cats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998 Apr;113(4):371-8.
64. McNamara JA. Maxillary transverse deficiency. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000 May;117(5):567-70.

65. Howe RP, McNamara JA Jr, O'Connor KA. An examination of dental crowding and its relationship to tooth size and arch dimension. *Am J Orthod.* 1983 May;83(5):363-373.
66. Haas AJ. Long-term posttreatment evaluation of rapid palatal expansion. *Angle Orthod.* 1980 Jul;50(3):189-217.
67. Bishara SE, Staley RN. Maxillary expansion: clinical implications. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987 Jan;91(1):3-14.
68. Magnusson A, Bjerklin K, Nilsson P, Marcusson A. Surgically assisted rapid maxillary expansion: long-term stability. *Eur J Orthod.* 2009 Apr;31(2):142-9.
69. Betts NJ, Vanarsdall RL, Barber HD, Higgins-Barber K, Fonseca RJ. Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1995;10(2):75-96.
70. Guyer EC, Ellis E, McNamara JA Jr, Behrents RG. Components of Class III malocclusion in juveniles and adolescents. *Angle Orthod* 1986 Jan;56(1):7-30.
71. McNamara JA Jr. Components of Class II malocclusion in children 8-10 years of age. *Angle Orthod* 1981 Jul;51(3):177-202.
72. Tollaro I, Baccetti T, Franchi L, Tanasescu CD. Role of posterior transverse interarch discrepancy in Class II, Division I malocclusion during the mixed dentition phase. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996 Oct;110(4):417-22.
73. Kecik D, Kocadereli I, Saatci I. Evaluation of the treatment changes of functional posterior crossbite in the mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007 Feb;131(2):202-15.
74. Gardner GE, Kronman JH. Cranioskeletal displacements caused by rapid palatal expansion in the rhesus monkey. *Am J Orthod.* 1971 Feb;59(2):146-55.
75. Sarver DM, Johnston MW. Skeletal changes in vertical and anterior displacement of the maxilla with bonded rapid palatal expansion appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989 Jun;95(6):462-6.
76. Davis WM, Kronman JH. Anatomical changes induced by splitting of the midpalatal suture. *Angle Orthod.* 1969 Apr;39(2):126-32.

77. Lagravere MO, Heo G, Major PW, Flores-Mir C. Meta-analysis of immediate changes with rapid maxillary expansion treatment. *J Am Dent Assoc.* 2006 Jan;137(1):44-53.
78. Chang JY, McNamara JA Jr, Herberger TA. A longitudinal study of skeletal side effects induced by rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997 Sep;112(3):330-37.
79. Hicks EP. Slow maxillary expansion a clinical study of the skeletal versus dental response to low-magnitude force. *Am J Orthod.* 1978 Feb;73(2):121-41.
80. Hershey HG, Steward BL, Warren DW. Changes in nasal airway resistance associated with rapid maxillary expansion. *Am J Orthod.* 1976 Mar;69(3):274-84.
81. Timms DJ. Some medical aspects of rapid maxillary expansion. *Br J Orthod.* 1974 Jul;1(4):127-32.
82. Timms DJ. The soft underbelly or RME revisited. *Am J Orthod.* 1986 May;89(5):443-5.
83. Linder-Aronson S, Aschan G. Nasal resistance to breathing and palatal height before and after expansion of the median palatal suture. *Odontol Revy.* 1963;14:254-70.
84. Wertz RA. Changes in nasal airflow incident to rapid maxillary expansion. *Angle Orthod.* 1968 Jan;38(1):1-11.
85. Warren DW, Hershey HG, Turvey TA, Hinton VA, Hairfield WM. The nasal airway following maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987 Feb;91(2):111-6.
86. Gungor AY, Türkkahraman H, Baykul T, Alkis H. Comparison of the effects of rapid maxillary expansion and surgically assisted rapid maxillary expansion in the sagittal, vertical, and transverse planes. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2012 Mar;17(2):e311-9.
87. Babacan H, Sokucu O, Doruk C, Ay S. Rapid maxillary expansion and surgically assisted rapid maxillary expansion effects on nasal volume. *Angle Orthod.* 2006 Jan;76(1):66-71.
88. Storey E. The nature of tooth movement. *Am J Orthod.* 1973 Mar;63(3):292-314.

89. Atkins MD, Nanda RS, Currier GF. Arch perimeter changes on rapid palatal expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1990 Mar;97(3):194-9.
90. Altug Atac AT, Karasu HA, Aytac D. Surgically assisted rapid maxillary expansion compared with orthopedic rapid maxillary expansion. *Angle Orthod.* 2006 May;76(3):353-9.
91. Timms DJ. Rapid maxillary expansion. Chicago: Quintessence Publishing; 1981. p. 91-4.
92. Spolyar JL. The design, fabrication and use of a full coverage bonded rapid maxillary expansion appliance. *Am J Orthod.* 1984 Aug;86(2):136-45.
93. Barber AF, Sims MR. Rapid maxillary expansion and external root reabsorption in man: a scanning electron microscope study. *Am J Orthod.* 1981 Jun;79(6):630-52.
94. Everdi N, Okar I, Küçükkeles N, Arbak S. A comparison of two different rapid palatal expansion techniques from the point of root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994 Jul;106(1):47-51.
95. Timms DJ, Moss JP. An histological investigation into the effects of rapid maxillary expansion on the teeth and their supporting tissues. *Trans Eur Orthod Soc.* 1971:263-71.
96. Parfitt GJ, Mjor I. A clinical evaluation of local gingival recession in children. *J Dent Child.* 1964;31:257-62.
97. Trott JR, Love B. An analysis of localized gingival recession in 766 Winnipeg high school students. *Dent Pract Dent.* 1966 Feb;16(6):209-13.
98. Gorman WJ. Prevalence and etiology of gingival recession. *J Periodontol* 1967 Jul-Aug;38(4):316-22.
99. Batenhorst KF, Bowers GM, Williams JE Jr. Tissue changes resulting from facial tipping and extrusion of incisors in monkeys. *J Periodontol.* 1974 Sep;45(9):660-8.
100. Steiner GG, Pearson JK, Ainamo J. Changes of the marginal periodontium as a result of labial tooth movement in monkeys. *J Periodontol* 1981 Jun;52(6):314-20.
101. Pearson LE. Gingival height of lower central incisors orthodontically treated and untreated. *Angle Orthod.* 1968 Oct;38(4):337-9.
102. Dorfman HS. Mucogingival changes resulting from mandibular incisor tooth movement. *Am J Orthod.* 1978 Sep;74(3):286-97.

103. Greenbaum KR, Zachrisson BU. The effect of palatal expansion therapy on the periodontal supportive tissues. *Am J Orthod.* 1982 Jan;81(1):12-21.
104. Lupi JE, Handelman CS, Sadowsky C. Prevalence and severity of apical root resorption and alveolar bone loss in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996 Jan;109(1):28-37.
105. Gurel HG, Memili B, Erkan M, Sukurica Y. Long-term effects of rapid maxillary expansion followed by fixed appliances. *Angle Orthod.* 2010 Jan;80(1):5-9.
106. Kurt G, Altug-Ataç AT, Ataç MS, Karasu HA. Stability of surgically assisted rapid maxillary expansion and orthopedic maxillary expansion after 3 years' follow-up. *Angle Orthod.* 2010 Jul;80(4):425-31.
107. McNamara JA Jr, Baccetti T, Franchi L, Herberger TA. Rapid maxillary expansion followed by fixed appliances: a long-term evaluation of changes in arch dimensions. *Angle Orthod.* 2003 Aug;73(4):344-53.
108. Bays RA, Greco JM. Surgically assisted rapid palatal expansion: an outpatient technique with long-term stability. *J Oral Maxillofac Surg.* 1992 Feb;50(2):110-113.
109. Strömberg C, Holm J. Surgically assisted, rapid maxillary expansion in adults. A retrospective long-term follow-up study. *J Craniomaxillofac Surg.* 1995 Aug;23(4):222-7.
110. Berger JL, Pangrazio-Kulbersh V, Borgula T, Kaczynski R. Stability of orthopedic and surgically assisted rapid palatal expansion over time. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998 Dec;114(6):638-45.
111. Bierenbroodspot F, Wering PC, Kuijpers-Jagtman AM, Stoelinga PJ. Surgically assisted rapid maxillary expansion: a retrospective study. *Ned Tijdschr Tandheelkd.* 2002 Aug;109(8):299-302.
112. Antilla A, Finne K, Keski-Nisula K, Somppi M, Panula K, Peltomäki T. Feasibility and long-term stability of surgically assisted rapid maxillary expansion with lateral osteotomy. *Eur J Orthod.* 2004 Aug;26(4):391-5.
113. Proffit WR, Turvey TA, Philips C. Orthognathic surgery: a hierarchy of stability. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1996;11(3):191-204.
114. Suri L, Taneja P. Surgically assisted rapid maxillary expansion: a literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008 Feb;133(2):290–302.

115. Korbmacher H, Huck L, Merkle T, Kahl-Nieke B. Clinical profile of rapid maxillary expansion - outcome of a national inquiry. *J Orofac Orthop.* 2005 Nov;66(6):455-68.
116. Bell WH, Jacobs JD. Surgical-orthodontic correction of horizontal maxillary deficiency. *J Oral Surg.* 1979 Dec;37(12):897-902.
117. Macintosh RB. Total mandibular alveolar osteotomy. *J Maxillofac Surg.* 1974;2:216-8.
118. González-Lagunas J. Expansión rápida del paladar asistida quirúrgicamente. *RCOE.* 2002 Nov-Dic;7(6):617-25.
119. Pérez Varela JC, Fonte A. Tratamiento del problema esquelético transversal en el paciente ortodóncico adulto: una puesta al día. *Ortod Esp.* 2006 Apr-Jun;46(2):96-130.
120. Koudstaal MJ, Poort LJ, van der Wal KG, Wolvius EB, Prahl-Andersen B, Schulten AJ. Surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME): a review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2005 Oct;34(7):709-14.
121. Johnson JV, Hinds EC. Evaluations of teeth vitality after subapical osteotomy. *J Oral Surg.* 1969 Apr;27(4):256-7.
122. Hutchenson D, MacGregor AJ. Tooth survival following various methods of sub-apical osteotomy. *Int J Oral Surg.* 1972;1(2):81-6.
123. Parnes EI, Becker ML. Necrosis of the anterior maxilla following osteotomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1972 Mar;33(3):326-30.
124. Behrman J. Complications associated with orthognathic surgery. In: Irby WB, editor. *Current advances in oral surgery.* St. Louis: CV Mosby Co; 1974. p. 109.
125. Bell WH, Fonesca RJ, Kennedy JW, Levy BM. Bone healing and revascularisation after total maxillary osteotomy. *J Oral Surg.* 1975 Apr;33(4):253-60.
126. Westwood RM, Tilson HB. Complications associated with maxillary osteotomies. *J Oral Surg.* 1975 Feb;33(2):104-15.
127. Meyer MW, Cavanaugh CD. Blood flow changes after orthognathic surgery: maxillary and mandibular subapical osteotomy. *J Oral Surg.* 1976 Jun;34(6):495-501.
128. Banks P. Pulp changes after anterior mandibular osteotomy in primate model. *J Maxillofac Surg.* 1977 Feb;5(1):39-48.

129. Barton PR. Assessment of stability following corrective orthodontic surgery. *Proc R Soc Med.* 1977 Jun;70(6):423-40.
130. Shepard JP. Long-term effects of segmental alveolar osteotomy. *Int J Oral Surg.* 1979 Oct;8(5):327-32.
131. Sher MR. A survey of complications in segmental orthognathic surgical procedures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1984 Nov;58(5):537-9.
132. Lanigan DT. Injuries to the internal carotid artery following orthognathic surgery. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1988;3(4):215–20.
133. Lanigan DT, Mintz SM. Complications of surgically assisted rapid palatal expansion: review of the literature and report of a case. *J Oral Maxillofac Surg.* 2002 Jan;60(1):104-10.
134. Sverzut CE, Martorelli K, Jabur R, Petri AD, Trivellato AE, Siéssere S, et al. Effect of surgically assisted rapid maxillary expansion on masticatory muscle activity: a pilot study. *Ann Maxillofac Surg.* 2011 Jan;1(1):32-6.
135. Williams BJD, Currimbhoy S, Silva A, O’Ryan FS. Complications Following Surgically Assisted Rapid Palatal Expansion: A Retrospective Cohort Study. *J Oral Maxillofac Surg.* 2012 Oct;70(10):2394-402.
136. Cureton SL, Cuenin M. Surgically assisted rapid palatal expansión: orthodontic preperation for clinical success. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999 Jul;116(1):45-59.
137. Yu Q, Pan XG, Ji GP, Shen G. The association between lower incisal inclination and morphology of the supporting alveolar bone--a cone-beam CT study. *Int J Oral Sci.* 2009 Dec;1(4):217-23.
138. Baratieri C, Canongia AC, Bolognese AM. Relationship between maxillary canine intra-alveolar position and maxillary incisor angulation: a cone beam computed tomography study. *Braz Dent J.* 2011;22(2):146-50.
139. Shewinvanakitkul W, Hans MG, Narendran S, Martin Palomo J. Measuring buccolingual inclination of mandibular canines and first molars using CBCT. *Orthod Craniofac Res.* 2011 Aug;14(3):168-74.
140. Cattaneo PM, Salih RA, Melsen B. Labio-lingual root control of lower anterior teeth and canines obtained by active and passive self-ligating brackets. *Angle Orthod.* 2013 Jul;83(4):691-7.

141. Zhou Z, Chen W, Shen M, Sun C, Li J, Chen N. Cone beam computed tomographic analyses of alveolar bone anatomy at the maxillary anterior region in Chinese adults. *J Biomed Res.* 2014 Nov;28(6):498-505.
142. Chen Q, Zhang C, Zhou Y. The effects of incisor inclination changes on the position of point A in Class II division 2 malocclusion using three-dimensional evaluation: a long-term prospective study. *Int J Clin Exp Med.* 2014 Oct;7(10):3454-60.
143. Wang HM, Shen JW, Yu MF, Chen XY, Jiang QH, He FM. Analysis of facial bone wall dimensions and sagittal root position in the maxillary esthetic zone: a retrospective study using cone beam computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014 Sep-Oct;29(5):1123-9.
144. Tian YL, Zhao ZJ, Han K, Lv P, Cao YM, Sun HJ et al. The relationship between labial-lingual inclination and the thickness of the alveolar bone in the mandibular central incisors assessed with cone-beam computed tomography. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue.* 2015 Apr;24(2):210-4.
145. Thongudomporn U, Charoemratrote C, Jearapongpakorn S. Changes of anterior maxillary alveolar bone thickness following incisor proclination and extrusion. *Angle Orthod.* 2015 Jul;85(4):549-54.
146. Tong H, Enciso R, Van Elslande D, Major PW, Sameshima GT. A new method to measure mesiodistal angulation and faciolingual inclination of each whole tooth with volumetric cone-beam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012 Jul;142(1):133-43.
147. Tong H, Kwon D, Shi N, Enciso R, Sameshima GT. Mesiodistal angulation and faciolingual inclination of each whole tooth in 3-dimensional space in patients with near-normal occlusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012 May;141(5):604-17.
148. Palomo JM, Valiathan M, Hans MG. 3D Orthodontic diagnosis and treatment planning. In: Kapila SD, editor. *Cone beam computed tomography in orthodontics: Indications, insights and innovations.* 1st ed. Ann Arbor: Wiley Blackwell; 2014. p. 221-246.
149. Fuhrmann R. Three-dimensional interpretation of periodontal lesions and remodeling during orthodontic treatment. Part III. *J Orofac Orthop.* 1996 Aug;57(4):224-37.

150. Wehrbein H, Bauer W, Diedrich P. Mandibular incisors, alveolar bone and symphysis after orthodontic treatment. A retrospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996 Sep;110(3):239-46.
151. Larato DC. Alveolar plate fenestrations and dehiscences of the human skull. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1970 Jun;29(6):816-9.
152. Larato DC. Alveolar plate defects in children's skulls. *J Periodontol.* 1972 Aug;43(8):502.
153. Abdelmalek RG, Bissada NF. Incidence and distribution of alveolar bony dehiscence and fenestration in dry human Egyptian jaws. *J Periodontol.* 1973 Sep;44(9):586-8.
154. Davies RM, Downer MC, Hull PS, Lennon MA. Alveolar defects in human skulls. *J Clin Periodontol.* 1974 Jun;1(2):107-11.
155. Volchansky A, Cleaton-Jones P. Bony defects in dried Bantu mandibles. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1978 Aug;45(4):647-53.
156. Edel A. Alveolar bone fenestrations and dehiscences in dry Bedouin jaws. *J Clin Periodontol.* 1981 Dec;8(6):491-9.
157. Ezawa T, Sano H, Kaneko K, Hiruma S, Fujikawa K, Murai S. The correlation between the presence of dehiscence and fenestration and the severity of tooth attrition in contemporary dry Japanese adult skulls. Part I. *J Nihon Univ Sch Dent.* 1987 Mar;29(1):27-34.
158. Urbani G, Lombardo G, Filippini P, Nocini FP. Dehiscence and fenestration: study of distribution and incidence in a homogeneous population model. *Stomatol Mediterr.* 1991 Apr-Jun;11(2):113-8.
159. Rupprecht RD, Horning GM, Nicoll BK, Cohen ME. Prevalence of dehiscences and fenestrations in modern American skulls. *J Periodontol.* 2001 Jun;72(6):722-9.
160. Fuhrmann RA, Wehrbein H, Langen HJ, Diedrich PR. Assessment of the dentate alveolar process with high resolution computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol.* 1995 Feb;24(1):50-4.
161. Fuhrmann R. Three-dimensional interpretation of alveolar bone dehiscences. An anatomical-radiological study. Part I. *J Orofac Orthop.* 1996 Apr;57(2):62-74.
162. Özmeric N, Kostiuoutchenko I, Hägler G, Frentzen M, Jervoe-Storm PM. Cone-beam computed tomography in assessment of periodontal ligament

- space: in vitro study on artificial tooth model. *Clin Oral Investig.* 2008 Sep;12(3):233-9.
163. Sun L, Zhang L, Shen G, Wang B, Fang B. Accuracy of cone beam computed tomography in detecting alveolar bone dehiscences and fenestrations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015 Mar;147(3):313-23.
  164. Kapila S, Conley RS and Harrell WE Jr. The current status of cone beam computed tomography imaging in orthodontics. *Dentomaxillofac Radiol.* 2011 Jan;40(1):24-34.
  165. Huang J, Bumann A, Mah J. Three-dimensional radiographic analysis in orthodontics. *J Clin Orthod.* 2005 Jul;39(7):421-8.
  166. Quereshy FA, Savell TA, Palomo JM. Applications of cone beam computed tomography in the practice of oral and maxillofacial surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008 Apr;66(4):791-6.
  167. Persson RE, Hollander LG, Laurell L, Persson GR. Horizontal alveolar bone loss and vertical bone defects in an adult patient population. *J Periodontol.* 1998 Mar;69(3):348-56.
  168. Lindhe J, Karring T, Araújo M. Anatomy. In: Lindhe J, Karring T, Lang ND editors. *Clinical periodontology and implant dentistry.* 4th ed. Copenhagen: Blackwell Munksgaard; 2003. p. 3-48.
  169. Spillane LM, McNamara JA Jr. Maxillary adaptations following expansion in the mixed dentition. *Semin Orthod.* 1995;1:176-87.
  170. Chang JY, McNamara JA Jr, Herberger TA. A longitudinal study of skeletal side effects induced by rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997 Sep;112(3):330-7.
  171. Frost HM. *The laws of bone structure.* Springfield, Ill: CC Thomas; 1964.
  172. Epker BN, Frost HM. Correlation of patterns of bone resorption and formation with physical behaviour of loaded bone. *J Dent Res.* 1965 Jan-Feb;44:33-41.
  173. Serino G, Wennström JL, Lindhe J, Eneroth L. The prevalence and distribution of gingival recession in subjects with a high standard of oral hygiene. *J Clin Periodontol.* 1994 Jan;21(1):57-63.
  174. Reitan F, Rygh P. Biomechanical principles and reactions. In: Graber TM, Vandarsdall RL, editors. *Orthodontics: current principles and techniques.* 2nd ed. St Louis: Mosby-Year Book; 1994. p. 96-192.

175. Evangelista K, Vasconcelos Kde F, Bumann A, Hirsch E, Nitka M, Silva MA. Dehiscence and fenestration in patients with Class I and Class II Division 1 malocclusion assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010 Aug;138(2):133.e1-7; discussion 133-5.
176. Yagci A, Veli I, Uysal T, Ucar FI, Ozer T, Enhos S. Dehiscence and fenestration in skeletal Class I, II, and III malocclusions assessed with cone-beam computed tomography. *Angle Orthod.* 2012 Jan;82(1):67-74.
177. Enhos S, Uysal T, Yagci A, Veli İ, Ucar FI, Ozer T. Dehiscence and fenestration in patients with different vertical growth patterns assessed with cone-beam computed tomography. *Angle Orthod.* 2012 Sep;82(5):868-74.