



UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Facultad de odontología

Departamento de Estomatología

**CAMBIOS ESQUELÉTICOS, DENTOALVEOLARES Y
DENTALES TRAS MARPE. EVALUACIÓN MEDIANTE
TOMOGRAFIA COMPUTERIZADA DE HAZ CÓNICO**

Memoria que presenta

Patricia Solano Mendoza

Para optar al título de Doctor por la Universidad de Sevilla

Director:

Beatriz Solano Mendoza

Tutor:

Enrique Solano Reina

Sevilla, Diciembre 2022



Facultad de Odontología

Dpto. de Estomatología

C/ Avicena s/n 41009 Sevilla

Don ENRIQUE SOLANO REINA, Catedrático del Departamento de Estomatología de la Universidad de Sevilla, y Doña BEATRIZ SOLANO MENDOZA, Profesora Sustituta Interina del Departamento de Estomatología de la Universidad de Sevilla,

CERTIFICAN: Que la Tesis Doctoral titulada “**CAMBIOS ESQUELÉTICOS, DENTOALVEOLARES Y DENTALES TRAS MARPE. EVALUACIÓN MEDIANTE TOMOGRAFIA COMPUTERIZADA DE HAZ CÓNICO**”, ha sido realizada por Doña PATRICIA SOLANO MENDOZA en el Departamento de Estomatología de la Universidad de Sevilla, bajo su dirección y que reúne, a su juicio, las condiciones requeridas para optar a la mención de Doctor.

Y para que así conste. Firmamos el presente en Sevilla a 16 de Diciembre de 2022

Dr. Enrique Solano Reina

Dr. Beatriz Solano Mendoza

Agradecimientos

Me gustaría agradecer a todas las personas que con su apoyo y participación han formado parte de esta tesis doctoral, haciéndola posible.

En primer lugar, querría comenzar expresando mi enorme gratitud a mis directores y tutores de tesis, quienes tengo la gran suerte de tener como familia.

A mi tutor y padre, el Dr. Enrique Solano, por su ayuda y motivación incondicional. Por ser el mejor referente de esfuerzo, lucha y constante superación, llevándolo a la máxima excelencia académica y profesional. Siempre le estaré eternamente agradecida por generosidad y transmitirme con su ejemplo su gran pasión hacia la profesión.

A mi directora y hermana, la Dra. Beatriz Solano, por su apoyo y ánimo durante esta larga etapa. Me siento tremendamente afortunada y orgullosa de poder compartir profesión y profunda amistad, haciendo el mejor equipo juntas.

Querría continuar dedicando unas palabras de reconocimiento a quienes han tomado un papel decisivo en mi carrera académica como periodoncista, personas a las que admiro y respeto profundamente, y que gracias a las cuales he recibido una formación basada en la excelencia clínica y científica durante mis años en la Universidad Complutense de Madrid, de la que me siento profundamente orgullosa.

A mi director de máster y tutor durante los años de formación de postgrado, el Prof. Mariano Sanz, referente de excelencia académica internacional y modelo para quienes hemos tenido la oportunidad de crecer junto a él. Le estaré siempre agradecida por la confianza depositada en mí y darme la gran oportunidad de formar parte de esta gran familia, siempre motivada por el esfuerzo y dedicación, rodeada del mejor equipo.

Al Prof. Ion Zabalegui, por su infinita generosidad y dedicación a sus alumnos. Gran enamorado de su profesión. Aún recuerdo mi primer día de clase, en la que nos transmitía toda su enseñanza con gran pasión, intacta hasta hoy. Por todo lo que me ha enseñado y motivado, constantemente dispuesto a compartir. Siempre le recordaré con un inmenso cariño.

A la Prof. Conchita Martín, por su cariño, alegría y dedicación durante los años compartidos en investigación, con quien he tenido la gran suerte de formar equipo. Le agradezco toda la confianza y apoyo recibido durante mis inicios en el mundo de la investigación.

A todos los profesores que han formado parte de mi formación de postgrado en periodoncia. Un grandísimo equipo de profesionales y maravillosas personas de las que he tenido la suerte de aprender para dar lo mejor a mis pacientes. Gracias por sacar lo mejor de mí, y hacerme amar mi profesión.

A todos mis amigos y compañeros de máster; Alberto, Simone, Xavi y Silvia, por compartir tantos buenos y duros momentos, siempre os recordaré con un cariño infinito. A Germán, por su cariño y alegría compartida dentro y fuera del laboratorio. A mis niñas; María, Estefanía y Carmen, por vuestra confianza y amistad. Todos habéis sido partícipes de lo que indudablemente ha sido una de las etapas profesionales más importantes de mi vida.

Al Dr. Hernández-Alfaro, por su amistad y apoyo incondicional en todos los momentos de frustración y desesperación. Gracias por el constante ánimo en todas esas duras situaciones, que me han permitido llegar al final.

También quisiera hacer una especial mención a mi madre, por su infinita entrega y dedicación. Su capacidad de esfuerzo constante y superación son valores que la definen, y siempre ha sabido transmitir con gran cariño. Gracias a mis padres, por inculcar una educación basada en dar lo mejor de uno mismo, manteniendo esa ilusión intacta por alcanzar la meta. Siempre seréis mi mejor ejemplo, referencia y guía que me acompañen durante todos los años de vida. Espero saber transmitirlo de la misma forma.

Por último, aunque siempre estarán en primer lugar, a mi hijo Enrique y a Javier mi marido y compañero. Gracias por su comprensión y apoyo durante todo este largo proceso. Por saber entender y llevar a la perfección todo el tiempo dedicado y que me ha mantenido alejada de vosotros.

Índice

1. RESUMEN	16
2. INTRODUCCIÓN	24
2.1. Anatomía del maxilar	24
2.1.1. Arbotantes, suturas, resistencia y relación con el complejo cincunmaxilar.....	24
2.1.2. Crecimiento y maduración de la sutura media palatina.....	40
2.1.3. Cierre cronológico de la sutura media palatina	47
2.2. Problema transversal y su manejo desde el punto de vista ortodóncico	54
2.3. Expansión maxilar	57
2.3.1. Expansión Rápida del Maxilar (ERM)	58
2.3.2. Expansión Rápida Palatina Asistida con Microtornillos (MARPE).....	62
2.3.3. Expansión Rápida Palatina Asistida Quirúrgicamente (SARPE).....	67
2.4. Empleo de CBCT en el análisis de los cambios transversales: esqueléticos, dentoalveolares y dentales	69
3. JUSTIFICACIÓN	75
4. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS	81
4.1. Hipótesis de trabajo	81
4.1.1. Hipótesis nula.....	81
4.1.2. Hipótesis alternativas.....	81
4.2. Objetivos generales y específicos	82
4.2.1. Objetivo general.....	82
4.2.2. Objetivos específicos.....	82

5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	87
5.1. Tipo de estudio.....	87
5.2. Ámbito de estudio.....	87
5.3. Periodo de estudio.....	87
5.4. Población y muestra.....	87
5.5. Criterios de Inclusión y exclusión.....	87
5.5.1. Criterios de Inclusión.....	87
5.5.2. Criterios de Exclusión	88
5.6. Tamaño muestral.....	89
5.6.1. Cálculo del tamaño muestral.....	89
5.7. Fuentes de información.....	91
5.7.1. Registros radiográficos	91
5.7.2. Registros de modelos.....	92
5.8. Aspectos ético-legales.....	93
5.9. Intervención sobre la muestra.....	94
5.9.1. Confección y Diseño del disyuntor.....	94
5.9.2. Elección del tornillo de expansión.....	95
5.9.3. Elección de los microtornillos de anclaje.....	96
5.9.4. Colocación y Activación del disyuntor.....	97
5.9.5. Seguimiento, visitas y tiempos de evaluación.....	98
5.9.6. Orientación y estandarización radiográfica CBCT (Cbct1,Cbct2).....	99

5.9.7. Creación de cortes radiográficos de medición.....	100
5.9.8. Creación de modelos digitales.....	102
5.9.9. Procesado y cuantificación de los modelos STL (Mod1, Mod2).....	102
5.10. Variables de estudio.....	103
5.10.1. Variables de información de la muestra.....	103
5.10.2. Mediciones lineales y angulares radiográficas.....	105
a. Variables analizadas a nivel <i>esquelético</i>	106
b. Variables analizadas a nivel <i>dentoalveolar</i>	106
c. Variables analizadas a nivel <i>dentario</i>	106
d. Variables analizadas para el cálculo de expansión esquelética, dentoalveolar y dental.....	107
5.10.3. Mediciones lineales sobre modelo digital.....	131
6. ANÁLISIS DE DATOS.....	139
6.1. Concordancia intraobservador	139
6.2. Análisis exploratorio.....	140
6.3. Análisis descriptivo.....	140
6.4. Análisis inferencial bivariante.....	141
7. RESULTADOS.....	147
7.1. Concordancia intraobservador.....	147
7.2. Variables Pretratamiento (T1).....	151
7.3. Mediciones Pretratamiento (T1)	153
7.3.1. Mediciones radiográficas <i>esqueléticas</i> (Cbct1)	153
7.3.2. Mediciones radiográficas <i>dentoalveolares</i> (Cbct1).....	154

7.3.3.	Mediciones radiográficas <i>dentales</i> (Cbct1).....	157
7.3.4.	Mediciones sobre modelos (Mod1).....	158
7.4.	Mediciones Postratamiento (T2).....	159
7.4.1.	Mediciones radiográficas <i>esqueléticas</i> (Cbct2)	159
7.4.2.	Mediciones radiográficas <i>dentoalveolares</i> (Cbct2).....	161
7.4.3.	Mediciones radiográficas <i>dentales</i> (Cbct2)	164
7.4.4.	Mediciones sobre modelos (Mod2).....	165
7.5.	Comparación de mediciones Pre y Postratamiento (T1-T2).....	166
7.5.1.	Comparación de mediciones radiográficas <i>esqueléticas</i>	167
7.5.2.	Comparación de mediciones radiográficas <i>dentoalveolares</i>	169
7.5.3.	Comparación de mediciones radiográficas <i>dentales</i>	174
7.5.4.	Comparación de mediciones sobre modelos	176
7.6.	Cálculo de la expansión Total, esquelética, dentoalveolar y dental.	179
8.	DISCUSIÓN.....	186
8.1.	Efectos esqueléticos, dentoalveolares y dentales derivados	
	de la expansión maxilar mediante MARPE	194
8.1.1.	Efectos esqueléticos.....	198
8.1.2.	Efectos dentoalveolares.....	204
8.1.3.	Efectos dentales.....	214
9.	CONCLUSIONES.....	223
10.	BIBLIOGRAFIA.....	229
11.	ANEXOS.....	254
11.1.	Anexo I. Abreviaturas	254
11.2.	Anexo II. Proyecto de aprobación Bioética Junta de Andalucía.....	258

11.3.	Consentimiento informado.....	261
11.4.	Anexo IV. Hoja de Instrucciones de disyuntor y activaciones.....	264
11.5.	Anexo V. Artículo científico.....	266

1.

RESUMEN

1. RESUMEN.

La expansión rápida maxilar (ERM) o expansión rápida palatina (ERP) se definen como el procedimiento o técnica empleada para alcanzar una correcta dimensión transversal del maxilar a través de la apertura de la sutura media palatina mediante el empleo de disyuntores. Este tipo de procedimientos han demostrado una alta efectividad en el paciente joven. Sin embargo, conforme avanza el crecimiento, la maduración ósea y la osificación de la sutura media palatina incrementan, lo que limita la capacidad de expansión esquelética del maxilar debido a una mayor resistencia que ofrece dicha sutura a su apertura. Esto ha motivado el planteamiento de ciertas dudas relacionadas con el límite de edad para la realización de expansiones maxilares no quirúrgicas en el paciente adulto joven. En la literatura aún existe cierta controversia que mantiene el interrogante abierto sobre; si es seguro realizar una ERM en adolescentes y adultos jóvenes, o si debemos recurrir al empleo de anclaje esquelético mediante la Expansión Rápida Palatina Asistida con Microtornillos o MARPE (Microimplant Assisted Rapid Palatal Expansion), o por el contrario debemos apoyarnos en la asistencia quirúrgica o SARPE (Surgical Assisted Rapid Palatal Expansion). La falta de consenso relacionada con el tipo de aparatología, protocolos de trabajo no definidos y la escasa solidez de evidencia científica en estos pacientes tratados con MARPE nos lleva a seguir trabajando en esta línea de investigación.

El objetivo de este estudio es evaluar los cambios esqueléticos, dentoalveolares y dentales tras la Expansión Rápida Palatina Asistida con Microtornillos en el paciente adolescente mediante el empleo de disyuntores de anclaje óseo-dentario evaluados con

Tomografía Computerizada de Haz Cónico (CBCT, por sus siglas en inglés Cone Beam Computed Tomography). Así mismo, evaluar del componente verdaderamente esquelético que ofrece este tratamiento en estos pacientes, o si por el contrario es más dentoalveolar y dentario, limitando la expansión esquelética. Validar la seguridad del protocolo de expansión propuesto, con el fin de evitar posibles complicaciones que pueden derivar de dicho procedimiento.

Para ello, se analizaron 15 sujetos (3 hombres, 12 mujeres) con una edad media 17 (\pm 4) años y compresión transversal del maxilar, reclutados de tres centros distintos tratados con MARPE bajo el mismo protocolo de trabajo y supervisión. La expansión maxilar se realizó mediante el empleo de disyuntores de anclaje óseo-dentario que constaban de un tornillo central de expansión MSE (Maxillary Skeletal Expander), con brazos de apoyo palatinos sobre los primeros premolares y bandas cementadas sobre primeros molares superiores. Su diseño fue individualizado para cada paciente según la necesidad de expansión, con longitudes de tornillos de anclaje en base a la altura valorada en el CBCT inicial con un diámetro de 1.74 mm y 9, 11 y 13mm de longitud.

Se tomaron registros radiográficos de CBCT y modelos: antes (T1) y después (T2) de la expansión maxilar para evaluar cambios a nivel de primeros y segundos premolares y primeros molares superiores de ambos lados. Tras la colocación del disyuntor se procedió a su activación el mismo día, instruyendo al pacientes y tutores a un ritmo de una vuelta al día (0.26 mm/vuelta) y visitas programadas cada 2 semanas hasta completar la expansión transversal deseada. El proceso de expansión de cada paciente se determinó por del grado de compresión maxilar (2.5 a 8.7 mm con una media de 5.4 (2.1) mm) y la necesidad de expansión. Completada la corrección transversal, se procedió a la retirada del disyuntor e inmediata realización de registros

(CBCT e impresiones para obtención de modelos) y nueva colocación del disyuntor con bloqueo del tornillo de expansión como retención.

Todos los registros fueron analizados individualmente por dos únicos operadores ciegos calibrados mediante el sistema Anatomage in Vivo 5,3. de i-CAT®, Kavo para las mediciones radiográficas y el sistema OrthoCAD® para los modelos digitalizados con iTero® Element 2, de Align Technology.

Previo a las mediciones radiográficas, todas las radiografías fueron estandarizadas por el mismo operador calibrado, sobre las que se realizaron mediciones relacionadas con: 1) *cambios esqueléticos*: anchura nasal, anchura de la base maxilar, apertura de la sutura palatina, expansión sutural media, expansión del suelo nasal y expansión del suelo palatino 2) *cambios dentoalveolares*: anchura maxilar vestibular, anchura maxilar palatina, grosor de la cortical vestibular, grosor de la cortical palatina, nivel de la cresta ósea alveolar e inclinación alveolar angular 3) *cambios dentales*: inclinación dental e inclinación dental angular individual. La expansión de la sutura media palatina fue evaluada en una visión coronal y axial, definiendo el patrón de apertura de dicha sutura, así como el cálculo de la expansión puramente esquelética alcanzada a través de la expansión media sutural, la anchura intermolar y la anchura maxilar palatina. Otro operador calibrado, realizó las mediciones sobre modelos donde se analizaron: la anchura gingival palatina, la anchura cuspídea palatina y la altura de corona clínica. Para comparar las medias para las mediciones radiográficas y sobre modelo digital entre los dos tiempos, se utilizó la *prueba t* de muestras pareadas o la *prueba de Wilcoxon* siguiendo los criterios según la distribución normal o no normal del parámetro.

En cuanto a los resultados, la media de expansión maxilar alcanzada tras MARPE fue de 4.5 mm (1.8), con un rango de 1.8 mm a 7.8 mm, con un tiempo medio de 22 (8.0) días. Se observaron cambios esqueléticos significativos para la anchura nasal y maxilar con una media de 2.1 (1.1) mm y 2.5 (1.6) mm respectivamente ($p < 0.001$).

La sutura media palatina mostró una tendencia en el patrón de apertura de forma paralela tanto en la vista coronal como axial sin diferencias estadísticas en la cantidad de apertura entre los distintos dientes evaluados. A nivel dentoalveolar se observó una pequeña reducción, aunque significativa del grosor de la cortical vestibular en todos los dientes, siendo algo más pronunciada para la raíz disto vestibular del primer molar del lado izquierdo [IC95%: (-0.6; -0.2); $p = 0.001$]. Sin embargo, el grosor de la cortical palatina únicamente mostró cambios significativos en el lado izquierdo, con un aumento (\bar{x}) de espesor de 0.2 (0.2) mm para el primer premolar y primer molar y, de 0.1 (0.2) mm para el segundo premolar con un valor de $p=0.013$, $p=0.012$ y $p=0.003$ respectivamente.

La posición de cresta alveolar vestibular no mostró apenas cambios significativos completada la expansión. Únicamente el primer premolar del lado izquierdo presentó un cambio significativo con una reducción (\bar{x}) de 0.2 (0.4) mm con una $p=0.012$, no siendo clínicamente relevante. La inclinación alveolar angular tampoco mostró cambios significativos para ninguno de los lados evaluados, con un cambio (\bar{x}) que osciló desde 0.7 (5.5)° hasta -2.3 (5.8)° para el primer premolar y primer molar del lado derecho y desde 0.7 (5.5)° hasta 2.5 (5.6)° en el lado izquierdo.

En relación con la inclinación dental, no se observaron cambios significativos en las mediciones lineales de inclinación dentaria tras la MARPE, siendo mínimos. De

igual forma, las mediciones angulares tampoco mostraron cambios significativos con un valor de $p > 0.05$. Únicamente, el primer molar izquierdo mostró un cambio al límite de la significación en la inclinación dental angular (\bar{x}) de 2.2 (4.0) ° con un valor de $p = 0.050$.

Las mediciones realizadas sobre modelos mostraron cambios significativos para la anchura gingival palatina y cuspeada palatina ($p < 0.001$) tras MARPE en todos los dientes evaluados, sin diferencias estadísticamente significativas entre los dientes analizados. La corona clínica únicamente mostró cambios significativos, aunque reducidos para su altura en el lado izquierdo, con una media de 0.2 (0.2) mm, 0.1 (0.2) mm y 0.1 (0.1) mm para primer y segundo premolar y primer molar respectivamente. Sin embargo, ninguno de estos pequeños cambios fue percibido clínicamente.

Tras el análisis de los resultados obtenidos podemos concluir que la MARPE mediante el empleo de disyuntores óseo-dentarios parece ser una opción de tratamiento segura y eficaz alcanzando una expansión total media de 4.5 mm y con una apertura de la sutura media palatina en el 100% de los pacientes tratados, lo que permitió una corrección del problema transversal en el paciente adolescente sin cierre total de la sutura media palatina. Los evidentes y significativos cambios observados a nivel esquelético confirman un mayor efecto esquelético del tratamiento realizado a través de la apertura de la SMP, con una menor alteración a nivel dentoalveolar y dental.

2.

INTRODUCCIÓN

2. INTRODUCCIÓN.

El maxilar superior forma parte del esqueleto facial, siendo un hueso par de forma irregular cuadrilátera que se descompone en dos partes no simétricas que se extienden desde ambos lados de la cara y se unen a través de una sutura media palatina (SMP). Ubicado por encima de la cavidad bucal, el hueso maxilar se encuentra dividido en dos caras: la cara lateral, que abarca la apófisis cigomática; y la cara medial, que comprende la apófisis palatina, y que a su vez comprende la porción bucal y nasal de la cara medial. Forman la parte inferior de la órbita, la cara lateral de las fosas nasales, la arcada dentaria superior y el paladar duro. En su parte superior se articula con el hueso frontal, en la parte medial con la parte contralateral del maxilar, con el hueso cigomático o malar su la parte lateral, y con otros huesos que lo rodean como; el etmoides, el hueso lacrimal, el hueso propio de la nariz, el vómer, la porción horizontal del hueso palatino y el cornete inferior.

2.1. Anatomía del maxilar:

2.1.1 Arbotantes, suturas, resistencia y relación con el complejo circunmaxilar.

El esqueleto facial dispone de una serie de arbotantes óseas que conforman el armazón protector de múltiples cavidades craneofaciales (órbitas, fosas nasales, cavidad oral y senos paranasales). El tercio medio craneal posee dos arbotantes anteriores (frontomaxilar y frontocigomático) y uno posterior (pterigomaxilar), los cuales juegan un papel fundamental en el desarrollo transversal del maxilar, relacionados con el complejo circunmaxilar a través de las suturas: frontomaxilar, cigomáticomaxilar, cigomáticotemporal y pterigopalatina (Figura 1). (1)

Arbotantes

Estas estructuras soportan las fuerzas a través del macizo facial y se disponen estratégicamente distribuidos entre los tercios faciales en la parte más superior del maxilar, divididos en dos partes simétricas articuladas a través de la línea media.

- *Arbotante frontomaxilar*

Este pilar tiene su origen en el alveolo del canino superior, continuando con el borde lateral de la apertura piriforme, formando el proceso frontal del maxilar unido al borde medial del arco supraorbitario. La parte inferior de forma triangular se interpone entre la cavidad nasal y el seno maxilar (Figura 1).

- *Arbotante frontocigomáxicomaxilar*

Situado a la altura del primer molar superior, formando la cresta cigomáticoalveolar, continúa en dirección lateral con la apófisis cigomática del hueso maxilar y, posteriormente al hueso cigomático. En su parte inferior, se encuentra formada por la pared lateral del seno maxilar (Figura 1).

- *Arbotante pterigomaxilar*

Esta región se encuentra formada por tres estructuras: la tuberosidad, la apófisis piramidal del hueso palatino y la apófisis pterigoidea del hueso esfenoides (Figura 1).

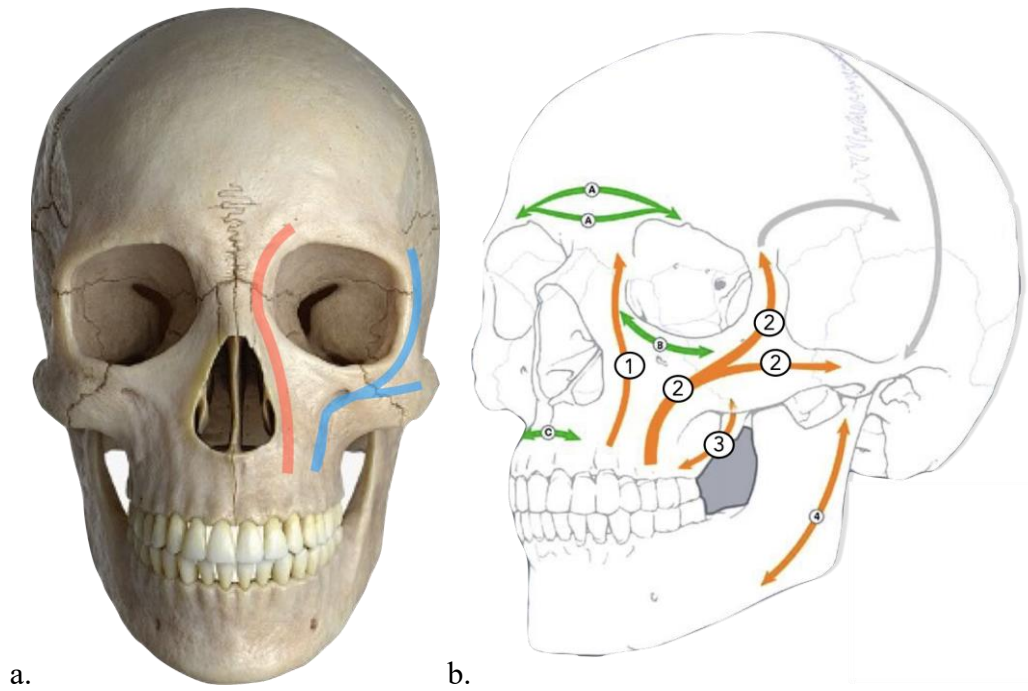


Figura 1. a. Visión frontal: Arbotantes frontomaxilar (rojo) y frontocigomáticomaxilar (azul).
 b. Visión ¾: 1. Arbotante frontomaxilar. 2. Arbotante frontocigomáticomaxilar. 3. Pterigomaxilar.

El maxilar queda delimitado en su parte frontal por el piso de la órbita y la pared externa y piso de las fosas nasales. En su parte más interior y lateral, por la bóveda palatina, fosa pterigomaxilares y pteriopalatina. A su vez se encuentra dividido en dos caras, la cara lateral que abarca la apófisis cigomática, y la cara medial que comprende la apófisis palatina (Figura 2). (2)

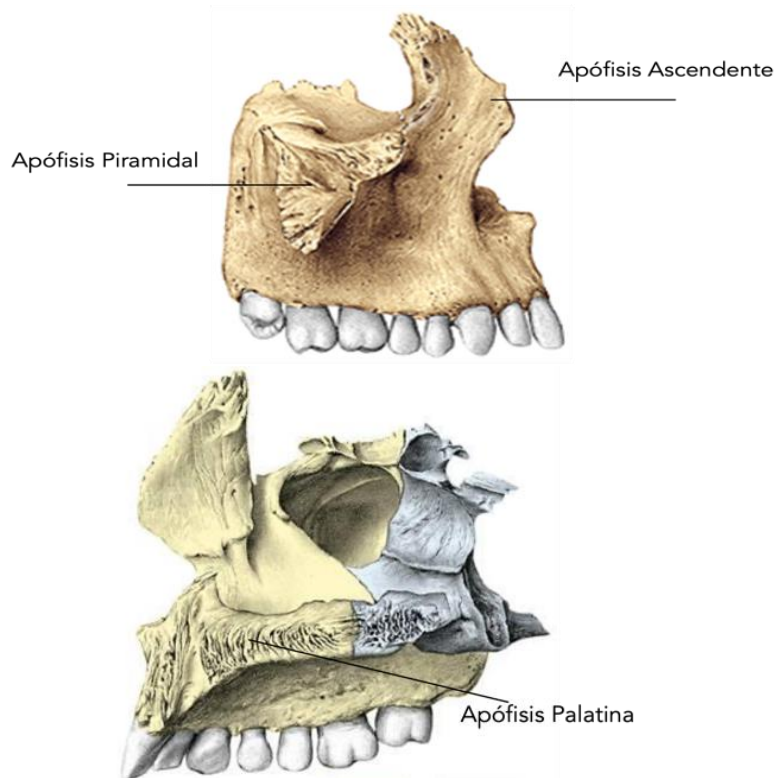


Figura 2. Apófisis cigomática o piramidal, apófisis ascendente o fontal y apófisis palatina.

Apófisis

- Apófisis Cigomática o Piramidal

Presenta una forma de pirámide triangular dispuesta superiormente a los relieves de las raíces dentarias y compuesta de **tres caras** (superior u orbitaria, anterior y posterior o infratemporal), **tres bordes** (*borde anterior*, que forma el tercio medial del infraorbitario de la órbita; *borde posterior*, con la “espina cigomática”; y *el borde inferior*, que separa la cara anterior de la infratemporal), **una base** (que ocupa en altura los $\frac{3}{4}$ superiores de la cara lateral del maxilar) y **un vértice** que articula con el hueso cigomático (Figura 3).

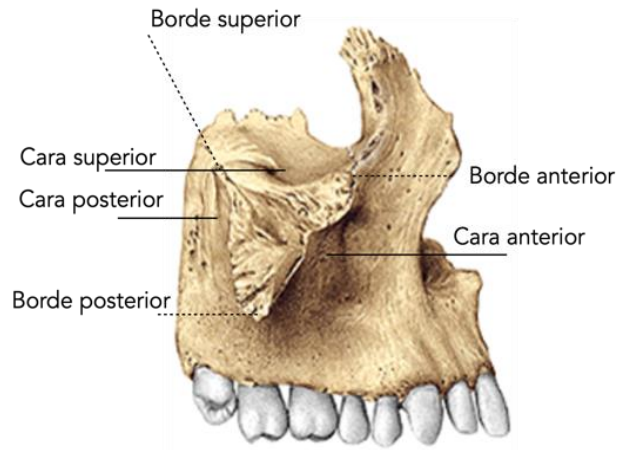


Figura 3. Apófisis Cigomática o Piramidal.

- Apófisis Frontal del maxilar o ascendente

Se trata de una lámina ósea de forma cuadrilátera y aplanada transversalmente, que se eleva del extremo superior del maxilar. Consta de **dos caras**: *cara lateral* y *cara medial* y **tres bordes**: *borde anterior* (unido a el hueso nasal), *borde posterior* (unido al borde anterior del hueso lagrimal) y *borde superior* (articulado con el borde nasal del hueso frontal) (Figura 4).

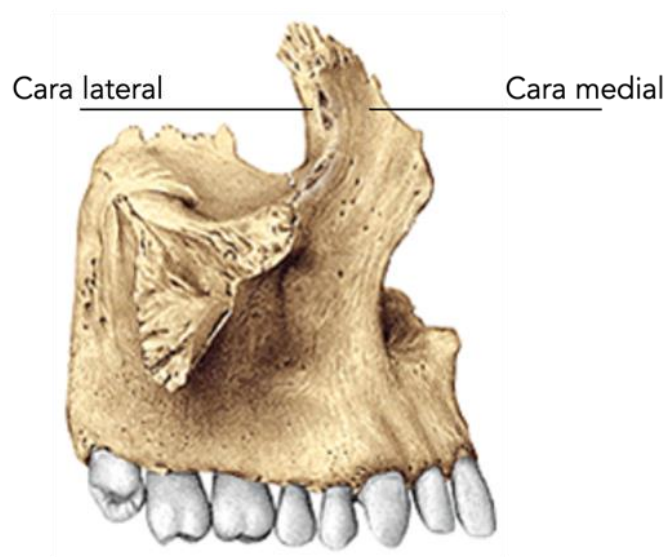
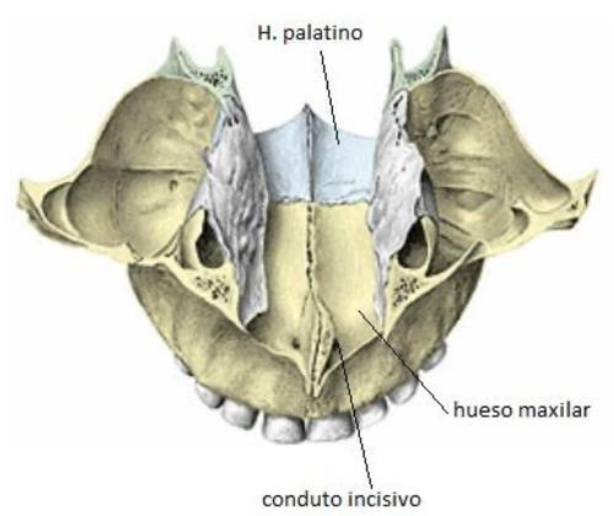


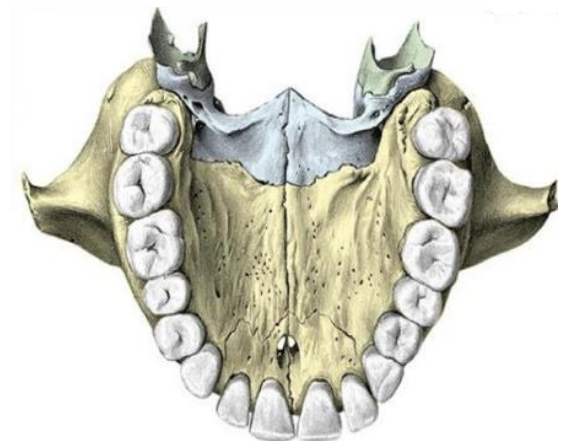
Figura 4. Apófisis Frontal o ascendente.

- Apófisis Palatina

Es una lámina ósea aplanada de anatomía triangular que forma parte del tabique que separa las cavidades nasales de la cavidad bucal. Consta de **dos caras**: *cara superior* (perteneciente al suelo de la cavidad nasal) y *cara inferior* (formando parte de la bóveda palatina por donde transcurren la arteria, venas palatinas mayores y el nervio palatino mayor) y **tres bordes**: *borde lateral* (unido a la cara medial del hueso) , *borde posterior* (unido a la lámina horizontal del hueso palatino) y *borde medial* (que conforman la arista nasal, la cresta incisiva, la espina nasal anterior, la sutura media palatina y el agujero incisivo, por donde discurre el conducto palatino anterior) que se une con su otra mitad contralateral (Figura 5).



Cara superior



Cara inferior

Figura 5. Cara superior e inferior de la apófisis palatina.

En relación con la osificación del maxilar, ésta se produce por dos centros fundamentales de osificación desarrollados en el tejido membranoso: *el premaxilar o intermaxilar*, que forman el borde nasal y la parte anterior de la apófisis palatina; y el

posmaxilar, que desarrolla el proceso cigomático-orbitario y el proceso palatino de la apófisis palatina del maxilar. Entre estos dos centros aparece la sutura incisiva, visible en el paladar duro hacia los 12 años. Dentro del maxilar podemos destacar el papel fundamental del hueso palatino en relación con la gran implicación que tiene en la expansión maxilar.

HUESO PALATINO

Situado por detrás y en el interior del maxilar, delante del proceso pterigoideo, contribuye a la formación de tres de las cavidades del cráneo: la cavidad nasal, la cavidad oral en su techo y la parte inferior de la cavidad orbitaria, formando parte de la fosa pterigopalatina y pterigoidea. Se trata de un hueso par, corto y compacto de forma irregular, ocupando la porción más posterior de la cara junto con los huesos maxilares. En su parte más posterior completa la bóveda palatina y las paredes laterales e inferiores de las fosas nasales. Su estructura tiene forma de “L” y se encuentra formada por la unión de dos láminas óseas en ángulo recto: la lámina ósea horizontal y la lámina ósea vertical (Figura 6). Presenta tres procesos: *el proceso piramidal*, *el proceso esfenoidal*, y *el proceso orbital*. Entre la unión de las dos láminas del hueso palatino se encuentra el proceso piramidal, donde se observan los orificios de los canales palatinos menores o accesorios.

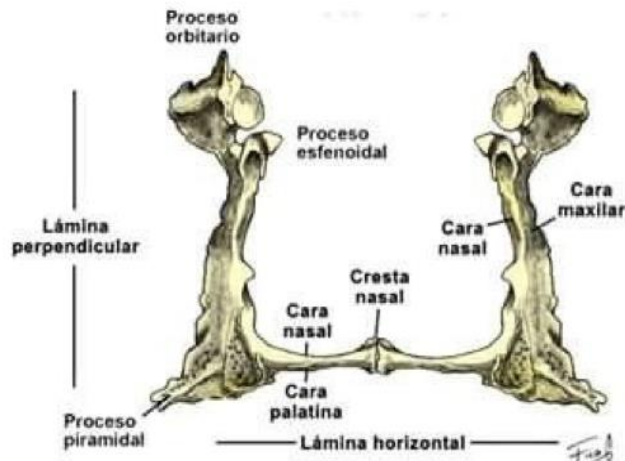


Figura 6. Visión posterior de los huesos palatinos articulados entre si. Lámina horizontal y lámina vertical .

Su lámina horizontal presenta una forma cuadrilátera, transversalmente cóncava y plana en sentido anteroposterior, que separa la parte posterior de las fosas nasales de la bóveda palatina. En su cara superior forma parte del suelo de las fosas nasales, y en su cara inferior de la región más posterior de la bóveda palatina, donde se encuentra el agujero palatino mayor, por donde transcurren los vasos palatinos descendentes y el nervio palatino mayor.

En su parte superior presenta la cresta nasal, continuación de la cresta del maxilar, terminando en la espina nasal posterior en su extremo posterior. En el borde anterior se articula con el proceso palatino del maxilar, siendo libre en su borde posterior, prestando inserción a las estructuras que forman parte del velo del paladar. En su borde medial se une con el hueso palatino contralateral. Anatómicamente y clínicamente, el paladar tiene dos partes: una anterior y una posterior. La porción anterior más firme pertenece al paladar duro, limitado por las apófisis alveolares del maxilar y la porción posterior más laxa, denominada paladar blando. En la línea media

del paladar duro, se dibuja el recorrido de una línea ligeramente elevada situada por encima de la sutura palatina denominada rafe palatino medio.

La lámina ósea vertical de forma rectangular se encuentra orientada en dirección anteroposterior y se articula por fuera con el proceso pterigoideo y la cara nasal del maxilar, formando el canal palatino mayor y el fondo de la fosa pterigopalatina respectivamente. En su cara externa constituye la pared interna fosa pterigopalatina, y en su cara interna forma parte de la pared lateral de las fosas nasales. En su borde superior se articula con el cuerpo del hueso esfenoides y en el borde inferior continua con la porción horizontal, articulándose con el maxilar en su borde anterior y con la apófisis pterigoides en su borde posterior (Figura 7).

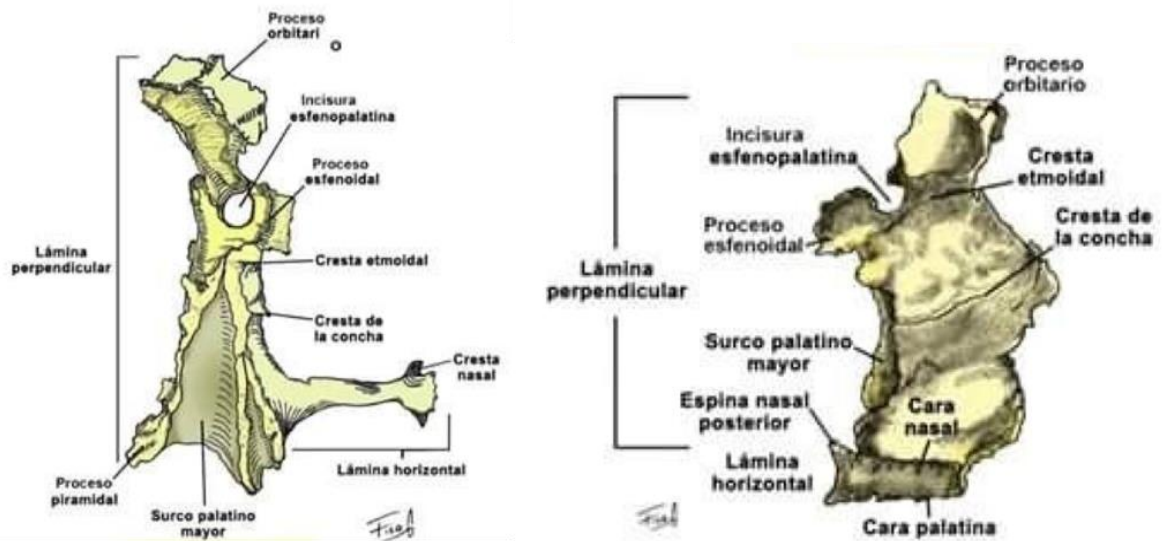


Figura 7. Visión posterolateral y medial del hueso palatino.

SUTURAS

El conocimiento de la disposición estructural y desarrollo de las suturas palatinas es de gran utilidad para comprender mejor su comportamiento y tiempo ideal de actuación cuando nos enfrentamos a deficiencias transversales y longitudinales del paladar tanto en niños y jóvenes como adultos. (3,4)

En el paladar duro pueden observarse dos suturas prominentes: la *sutura media palatina o palatina media* (SMP), formada por la articulación entre las apófisis palatinas del maxilar en sentido anterior, y las dos placas horizontales de los huesos palatinos en sentido posterior; y la *sutura palatina transversa*, que articula las dos apófisis palatinas de los maxilares y las dos laminas horizontales de los huesos palatinos. Los procesos palatinos del hueso maxilar y las láminas horizontales del hueso palatino se encuentran interconectadas por las suturas palatinas, organizadas en dos sistemas: *sagital* (permiten el crecimiento palatino en sentido anteroposterior) y *transversal* (en sentido medio-lateral). (5) Se comprenden: la *sutura palatina media anterior*, la *sutura palatina media posterior* y la *sutura palatina transversa*. A su vez se encuentra la sutura premaxilar (6) y la sutura palatina transversa anterior, unidas de forma temprana (Figura 8).

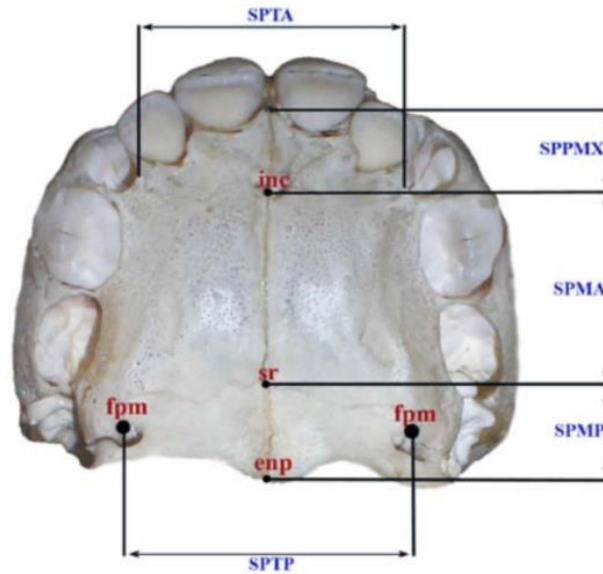


Figura 8. Suturas palatinas. La *sutura palatina media anterior* (SPMA), *sutura palatina media posterior* (SPMP), *sutura palatina premaxilar* (SPPMX), la *sutura palatina transversa anterior* (SPTA) y *sutura palatina transversa posterior* (SPTP). Tomado de Cantin y cols. 2013. (8)

El desarrollo de los huesos palatinos y el complejo de suturas que los interconecta se produce durante la etapa intrauterina. (7) Las suturas palatinas se encuentran abiertas en la etapa del recién nacido, aumentando gradualmente su interdigitación a medida que el sujeto crece y se desarrolla, observando grados de sinostosis en edades infantiles que se incrementan paralelamente al crecimiento longitudinal y transversal significativo de todos los grupos suturales. (8) Dichas suturas están consideradas la piedra angular para una adecuada coordinación del crecimiento craneal, ya que existe una fuerte interacción entre los huesos palatinos y el maxilar durante su crecimiento. Gracias a su disposición sagital y transversal, permiten un crecimiento bidireccional del paladar. (9) Este crecimiento sutural ha mostrado variabilidad en cuanto a su potencial, mantenido en su aspecto longitudinal y más temporal en su aspecto transversal, con un pico durante los dos primeros años de vida, lo que explica la alta prevalencia de las alteraciones de crecimiento de tipo transversal existente en niños. (8,9)

- Sutura palatina media o media palatina (SMP)

En relación con su longitud, dicha sutura ha mostrado ser casi el doble sagitalmente que transversalmente. Se deduce que el tamaño de los huesos palatinos, delimitado por la longitud de la sutura interpalatina, tiene un efecto significativo sobre las dimensiones longitudinales del paladar óseo, tanto en hombres como mujeres. (8)

El desarrollo transversal del paladar se encuentra íntimamente ligado al estado de desarrollo de sutura palatina, por lo que es vital conocer su estado de apertura en los pacientes que presenten un déficit transversal del maxilar y vayan a recibir un tratamiento para su corrección. El desarrollo de la sutura se divide en tres estadios: *primer estadio*, en el que la sutura se muestra ancha (sinfibrosis); el *segundo estadio*, donde el curso de la sutura se observa estrecha (sinartrosis); y un *tercer estadio*, donde se muestra una importante interdigitación entre la separación de ambos huesos maxilares. (10)

La SMP une los procesos palatinos del maxilar, donde se fusionan el proceso palatino alveolar del maxilar y las láminas óseas horizontales de los huesos palatinos. Se dispone en un patrón sinuoso, donde las capas de fibras conectivas gruesas se interponen entre los márgenes óseos de dicha sutura, debiendo considerar tres segmentos: el *segmento anterior*, previo a el agujero incisivo; el *segmento medio o intermaxilar*, que comprende la sutura transversal desde el agujero incisivo hasta al hueso palatino; y el *segmento posterior*: tras la sutura transversal al hueso palatino (Figura 9).

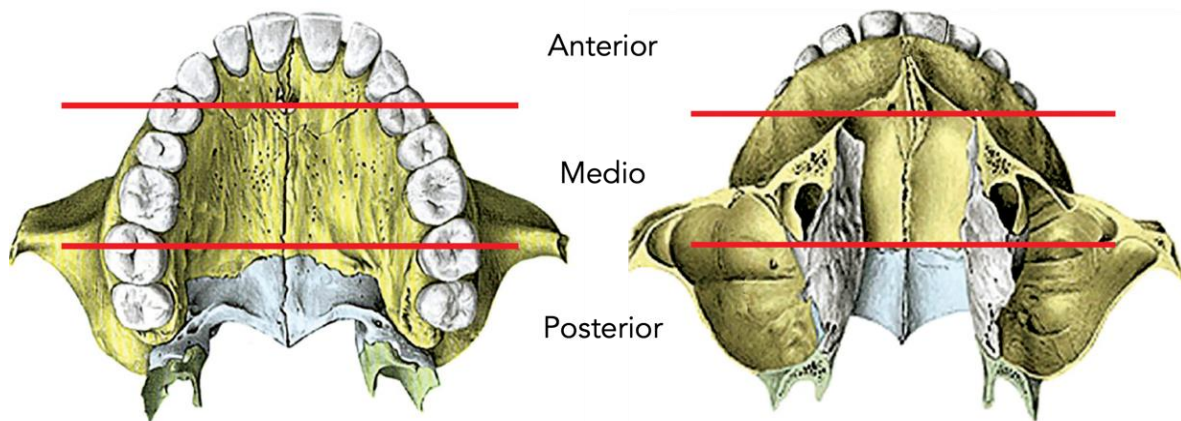


Figura 9. Segmento anterior, medio y posterior de la sutura media palatina. Modificado de Suzuki y cols. 2016. (11)

El paladar se desarrolla desde la sexta hasta la duodécima semana de vida embrionaria. El paladar primario es el centro de osificación secundario del maxilar, que surge de los procesos nasales mediales en el segmento medio de la sutura media palatina. Durante la octava semana del desarrollo intrauterino, se produce la fusión de los centros de osificación para formar el maxilar. (12) Entre la zona premaxilar y maxilar, el paladar primario establece la visión palatina de la sutura con el paladar secundario, sin dejar marca en la edad adulta. (13) Sin embargo en el hueso palatino, la sutura queda bien establecida.

RESISTENCIA y RELACIÓN CON EL COMPLEJO CIRCUNMAXILAR

La flexión ósea es un fenómeno que se desarrolla como mecanismo adaptativo cuando se aplican fuerzas cíclicas para disipar la energía, evitando que se produzca la fractura. A medida que estas cargas se aplican, se generan microfracturas en las

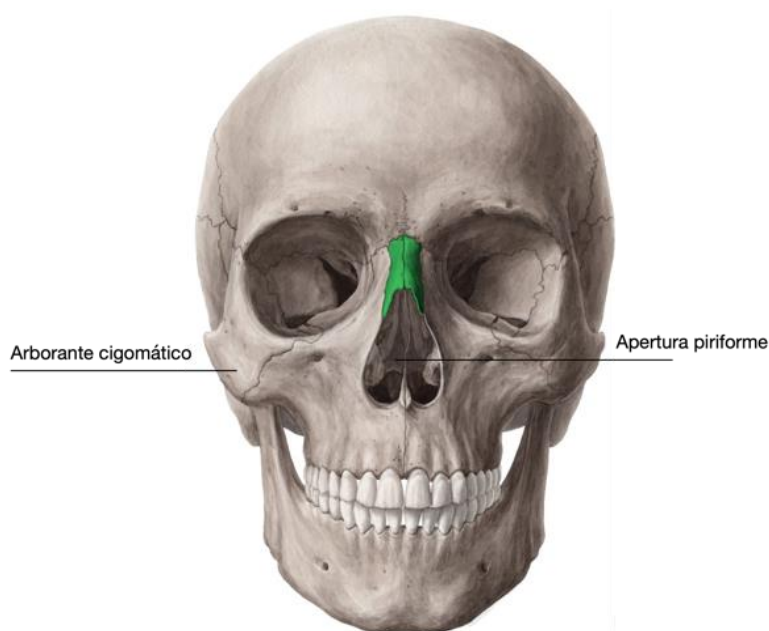
trabéculas del hueso esponjoso que, con su auto reparación, a través de la nueva formación de tejido óseo conducen progresivamente al cambio en su forma. (14)

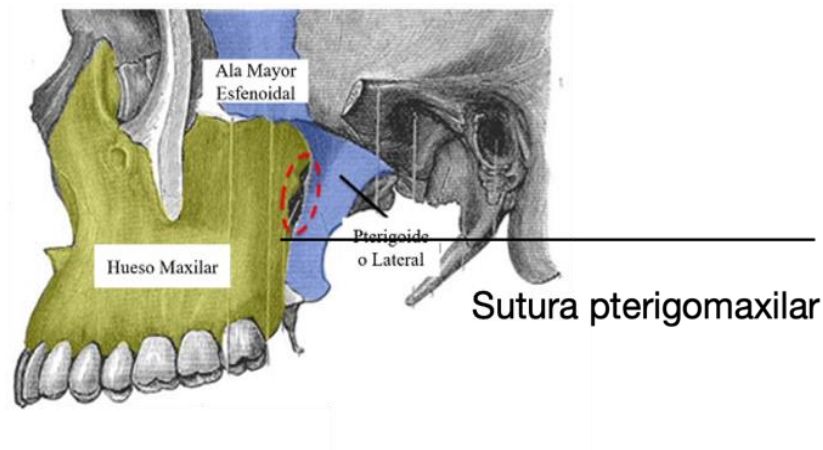
La resistencia ósea a una fuerza de flexión depende de las propiedades óseas en relación con su densidad, su contenido en calcio, la relación existente entre la proporción de hueso cortical con hueso esponjoso y su microarquitectura y geometría. Las áreas de resistencia se han clasificado como soporte anterior (pilares de apertura piriforme), soporte lateral (contrafuertes cigomáticos), soporte posterior (uniones pterigoideas) y soporte medio (sutura del paladar medio). A su vez, está relacionada con su diámetro, lo que puede explicar el motivo por el cual la porción proximal del proceso cigomático del hueso temporal se ve afectada, mostrando tendencia a la flexión durante la expansión, convirtiéndose en el punto de apoyo rotacional del complejo cigomático-maxilar. (13)

El maxilar está relacionado con los huesos que le rodean mediante numerosas suturas: maxilo-frontal, maxilo-etmoidal, maxilo-palatina, maxilo-zigomática, maxilo-vomer, maxilo-lacrimal, maxilo-esfenoidal y palato-esfenoidal. De forma que cualquier desplazamiento o fuerza sobre el hueso maxilar, va a influir en mayor o menor medida sobre las estructuras adyacentes. (15) Históricamente, se apuntaba que la SMP era la principal área de resistencia durante la expansión maxilar. (10,16,17) Sin embargo, estudios posteriores han mostrado el papel que juegan otras áreas del esqueleto maxilofacial como: las suturas zigomático temporal, zigomático frontal y zigomático-maxilares y la unión pterigomaxilar, señalándolas como zonas críticas de resistencia. (18-20) La resistencia durante la expansión maxilar a nivel de las suturas circunmaxilares supone un riesgo, sobre todo en pacientes adultos, donde éstas se encuentran calcificadas e interdigitadas dificultando su apertura. Coincidiendo con

esta idea, Chaconas y Caputo en 1982 (21) señalaron las suturas cigomática y esfenoidal como puntos de resistencia a las fuerzas de expansión, no encontrándose únicamente centradas en la SMP. Por lo que explican que la resistencia esquelética a la expansión maxilar tendrá un origen primario a los tres contrafuertes maxilares: pterigomaxilar, cigomático-maxilar y naso maxilar.

Una vez entendida la relación entre las estructuras descritas, durante el proceso de expansión maxilar debemos considerar las distintas áreas de resistencia: en la parte anterior: *apertura piriforme*; en la parte lateral: *el arbotante cigomático*; en la parte posterior: la *sutura pterigomaxilar*; y en la parte medial: la *sutura palatina*. Incluyendo la mucosa y periostio palatino (Figuras 10 y 11).





Figuras 10 y 11. Apertura piriforme, arbotante cigomático y sutura pterigomaxilar.

Durante la ERM, se produce una apertura de los huesos maxilares que conlleva la separación de los huesos palatinos. En sentido vertical o inferosuperior, dicha apertura entra en contacto con el ápice en la cavidad nasal, donde los procesos pterigoideos del hueso esfenoides sufren fuerzas de flexión laterales que generan tensión y estrés (22-24) debido a una mayor apertura en la región anterior del maxilar. (25) Sus efectos se muestran principalmente sobre las suturas anteriores (interfases nasales frontales intermaxilares y maxilares), comparadas con las estructuras craneofaciales posteriores (interfase cigomática). (21,26-29) Ghoneima y cols. (29) observaron que muchas de las suturas craneales y circunmaxilares responden significativamente a las fuerzas mecánicas generadas por la ERM en sujetos adolescentes. Sin embargo, la falta de apertura significativa de otras suturas craneofaciales muestra una efectividad reducida o limitada de la expansión maxilar en la edad adolescente.

2.1.2 Crecimiento y maduración de la sutura media palatina.

El crecimiento sutural juega un papel fundamental en el correcto desarrollo del maxilar, a través de la SMP y el complejo sutural circunmaxilar. La SMP permite el crecimiento transversal del maxilar, mientras que el complejo de suturas se encarga del crecimiento visceral consiguiendo el desplazamiento hacia abajo y hacia delante.

Las suturas disponen de una capa de periostio fibroso y celular que recubre el hueso, y una capa intermedia de tejido fibroso y vasos sanguíneos. La capa celular es la encargada de permitir que se produzca la osteogénesis en los márgenes de la sutura gracias a la capacidad de sus células, mientras que la capa intermedia posibilita el crecimiento continuo del tejido conectivo de la sutura, y su adaptación entre los huesos. (30) La organización fibrosa y celular de las suturas no sigue un patrón uniforme, siendo variable dependiendo de la localización, edad del paciente y evolución y desarrollo a lo largo del tiempo. (31)

El crecimiento del paladar duro se produce por reabsorción ósea en la región nasal y por aposición ósea en la zona oral (32-34), que se completa entre los 13 y 15 años, coincidiendo con la etapa adolescente. (10) Sin embargo, el crecimiento transversal de la sutura media palatina continua algo más tras la aposición ósea, siendo hasta los 16 años en mujeres y 18 años en varones. (10,35,36) A medida que el individuo crece y se desarrolla, la sutura sufre cambios haciéndose más tortuosa e imbricada, lo que implica que cuanto más nos acercamos a completar el pico de crecimiento puberal, las probabilidades de alcanzar con éxito una disyunción maxilar se reducen notablemente, mientras que, si esto sucede previamente a alcanzar el pico de crecimiento, la probabilidad de éxito aumenta siendo cercana al 100%. (37) Este

hallazgo apoya la necesidad del tratamiento temprano con mejores resultados a largo plazo. (37-39)

- Maduración de la sutura media palatina

El proceso de osificación de la SMP se inicia con el desarrollo de espículas óseas desde ambos márgenes de la sutura, rodeados de un tejido acelular y pobremente calcificado. Las espículas van aumentando y empiezan a interdigitarse desde la zona posterior a la zona anterior, hasta completar el proceso de osificación de la sutura. (17, 40, 41) Hacia la undécima semana de vida intrauterina, se desarrolla un sistema fibroso que cruza la línea media. Su morfología va sufriendo cambios tras el desarrollo posnatal, paralelo a un aumento en su osificación (42), divididos en tres etapas: una *primera etapa* que cubre el periodo infantil, en la cual se observa una sutura muy ancha y en forma de “Y” (Figura 12 a); una *segunda etapa*, correspondiente al periodo juvenil donde la sutura se presenta con una morfología más ondulada (Figura 12 b), y la *tercera etapa* final, coincidente con la adolescencia, donde la sutura se caracteriza por un aspecto más tortuoso con creciente interdigitación y en la que los huesos palatinos permanecen separados de los huesos maxilares mediante la sutura transversa palatomaxilar (Figura 12 c). (10)

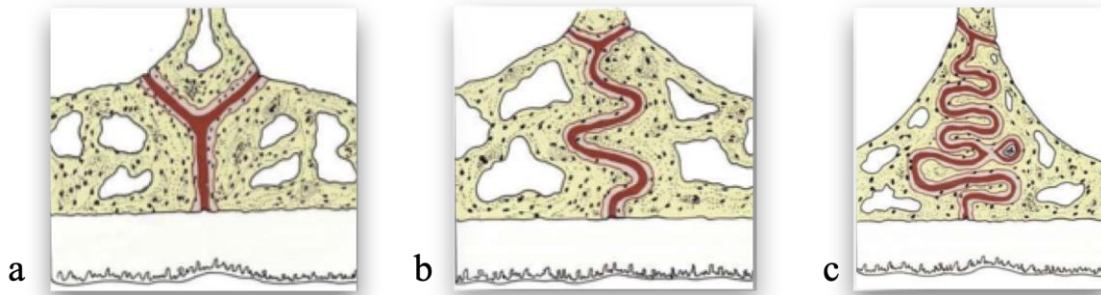


Figura 12. Morfología de sutura medio palatina: a) Durante la lactancia es casi rectilínea b) En la infancia (dentición mixta precoz) c) Comienzo de la adolescencia. Tomado de Melsen 1975. (10)

Algunos estudios histológicos (43) y análisis microscópicos de autopsias humanas como el realizado por Persson y Thilander (17) sobre sujetos de edades entre los 15 y 35 años, observaron que, a pesar de presentar obliteración de la SMP durante la edad juvenil, raramente se mostró un marcado grado de cierre hasta la tercera década de la vida. Señalan que este proceso progresa más rápidamente en la parte oral que en la parte nasal del paladar, y comienza con la formación de puentes mineralizados desde la región posterior hacia la parte anterior, variables según la edad, coincidiendo con la etapa de finalización de crecimiento y desarrollo facial, influenciada por la maduración ósea. Kumar y cols. (44) describen como la permeabilidad de las suturas facilita la expansión rápida maxilar durante la infancia, dando especial importancia a conocer cuándo se produce el cierre de la sutura por sinostosis.

Aunque algunos autores apuntan a un cierre de la sutura alcanzado los 12 y 13 años (23,45), cada vez es más sólida la evidencia que soporta que esto puede suceder en etapas más avanzadas (hasta los 20 años) donde no se observa fusión completa de la sutura, o incluso una sutura completamente abierta (39,40,46,47), pudiendo ser manipulada ortopédicamente con éxito para su apertura mediante la ERM. (3) Sin

embargo, no debemos de olvidar posibles complicaciones descritas por la aplicación de grandes fuerzas para la apertura de las suturas, relacionadas con una mayor interdigitación tras la pubertad. Un estudio donde se analizó la edad esquelética de las suturas palatinas de 186 cráneos humanos (48), describió una secuencia de osificación que comienza con la sutura incisiva, en el segmento posterior de la sutura media palatina y que continua por la sutura transversa palatina, finalizando en el segmento medio de la sutura media palatina. Según la mayoría de los estudios, su osificación se inicia frecuentemente en el segmento palatino posterior. (11, 17, 36, 39, 41, 49)

Se han desarrollado diversos métodos de evaluación sobre la maduración de la sutura con el fin de poder realizar una valoración lo más fiable y segura posible de su estado previo a la elección y realización de los tratamientos dirigidos a la expansión del maxilar, teniendo cada uno de ellos sus limitaciones inherentes. Estudios histológicos (10, 17, 39, 40), radiográficos oclusales y frontales (35) representan solo una pequeña parte de toda la longitud de la sutura en dirección anteroposterior. Los estudios macroscópicos se encuentran limitados únicamente a la evaluación superficial en toda su longitud anteroposterior, no permitiendo evaluar su morfología interna. La evaluación histológica es el estándar de referencia para la valoración de la maduración de la SMP, aunque limitada debido a la necesidad de biopsia.

Las radiografías convencionales proporcionan imágenes bidimensionales de una estructura tridimensional, y su evaluación oclusal nos permite disponer de una calidad diagnóstica limitada debido a la superposición de estructuras anatómicas cercanas que dificultan su interpretación y análisis. (39, 50, 51) Sin embargo, la entrada de la tomografía computerizada de haz cónico (CBCT) en este campo ha permitido la valoración de las distintas estructuras craneales relacionadas en los tres planos del

espacio, mediante cortes seccionales específicos de las estructuras y localizaciones deseadas (52) y la representación tridimensional del complejo maxilofacial sin superposiciones anatómicas (53), empleando menores dosis de radiación que la tomografía computarizada (TC) empleada hasta entonces. Siendo en la actualidad el método más comúnmente empleado en el diagnóstico y planificación de la compresión maxilar, ofreciendo la mejor visualización y reproducción del estado de osificación de la SMP.

Mediante el empleo de esta herramienta diagnóstica, Angelieri y cols. (41,54) proponen una clasificación del estadio la osificación de la SMP a través de su análisis en una visión axial, identificando cinco etapas según su estado de maduración (Figura 13 y 14): Dicha sutura se observa radiográficamente desde la infancia como una línea o área de alta intensidad, incluso de forma previa a su interdigitación y total fusión.

- Estadio A: la SMP se observa como una línea de alta densidad casi recta, con poca o ninguna interdigitación.
- Etapa B: la SMP presenta una forma irregular. Aparece como una línea festoneada de alta densidad. También pueden presentar algunas áreas pequeñas donde se ven dos líneas paralelas, festoneadas, de alta densidad, cercanas entre sí y separadas por pequeños espacios de baja densidad.
- Etapa C: la SMP aparece como 2 líneas paralelas, festoneadas, de alta densidad, cercanas entre sí, separadas por pequeños espacios de baja densidad en los huesos maxilar y palatino (entre el agujero incisivo y la sutura palatino-maxilar y posterior a la sutura palatino-maxilar). La sutura puede presentar un patrón recto o irregular.

- Etapa D: se observa la fusión de la SMP con el hueso palatino, por lo que la sutura del paladar medio no se puede visualizar. La densidad ósea parasutural aumenta. En la porción maxilar de la sutura, la fusión aún no se ha producido, y la sutura todavía puede verse como dos líneas de alta densidad separadas por pequeños espacios de baja densidad.
- Etapa E: La sutura no es visible en al menos una porción del maxilar. La densidad ósea es la misma que en otras regiones del paladar, donde se produce la fusión de la sutura del paladar medio con el maxilar.

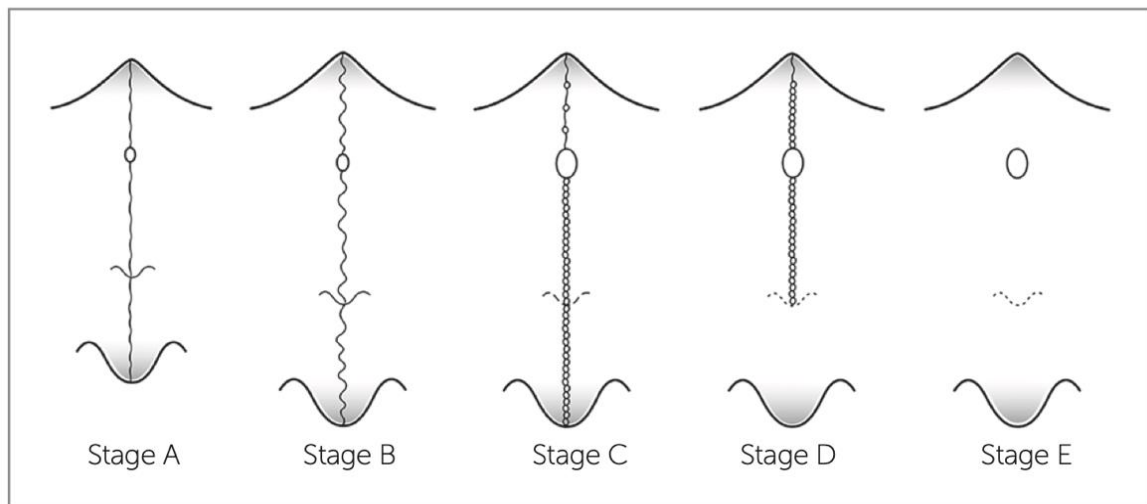


Figura 13. Ilustración de los estadios de maduración de la sutura media palatina. Tomada de Angelieri y cols. 2013. (41)

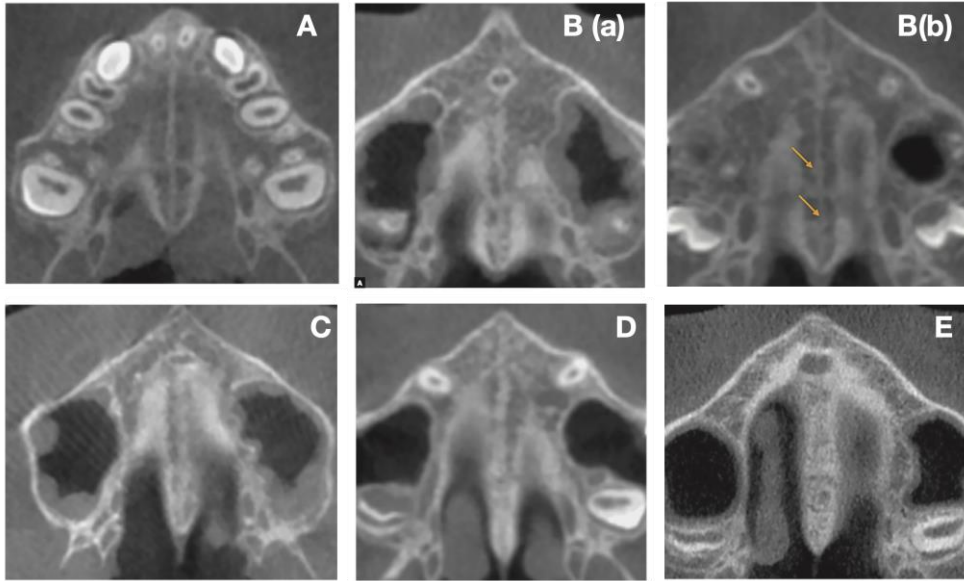


Figura 14. Imágenes tomográficas de los distintos estadios de maduración de la sutura media palatina. Tomada de Angelieri y cols. 2016. (54)

Con el objetivo de facilitar al clínico la clasificación propuesta según las distintas etapas de maduración de la SMP, estos mismos autores proponen un criterio diagnóstico basado en un árbol de toma de decisión y las 5 etapas definidas (Figura 15):

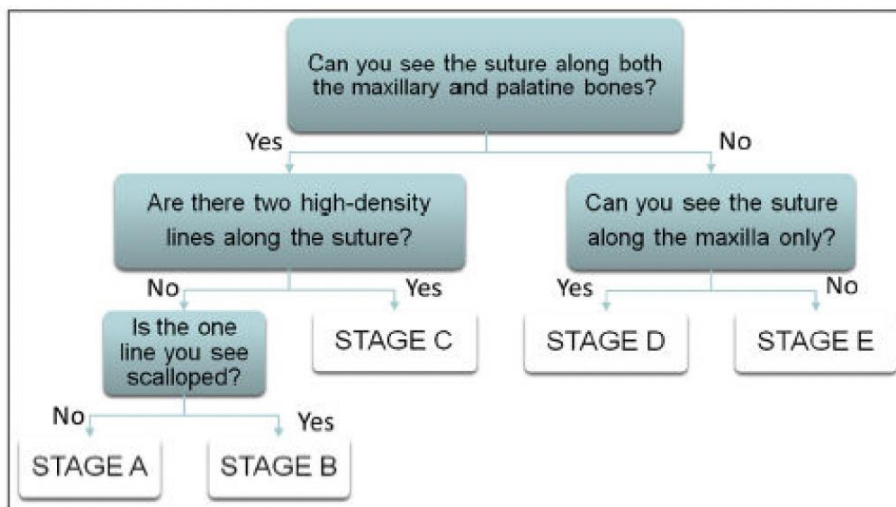


Figura 15. Árbol para facilitar la clasificación de estadios de maduración de la sutura media palatina. Tomado de Angelieri y cols. 2013. (41)

2.1.3 Cierre cronológico de la sutura media palatina.

De forma contraria a otras suturas craneales, la sutura palatina es la única que puede permanecer sin un cierre completo hasta la edad adulta. (55) En la literatura encontramos distintos rangos de edades que apuntan a que la sutura se mantiene parcialmente abierta sobrepasada la edad adolescente, mostrando grandes variaciones en la progresión del cierre. (39,56-58) Sin embargo, son numerosos los estudios que confirman que el aumento de la edad conlleva una disminución en la respuesta del maxilar al movimiento de expansión debido al cierre progresivo de las suturas maxilares. (22, 25, 59-61) Concretamente el estudio de Melsen (10) realizado sobre cadáveres, observó que el crecimiento transversal de la sutura continúa superados los 16 años en el género femenino y de los 18 años en el masculino. Persson y Thilander (17) dos años más tarde, describieron las fases de desarrollo cronológico de la osificación de la sutura media palatina sobre 24 individuos, con edades comprendidas entre los 15 y 35 años, donde establecieron que, aunque en la etapa juvenil podía observarse obliteración sutural, era poco frecuente encontrar un cierre evidente antes de los 30 años. Así también lo confirmaron Thadani y cols. (50), observando que la obliteración puede comenzar en la adolescencia, pero su fusión completa rara vez se encuentra antes de la tercera década de la vida.

De ello podemos deducir que la edad cronológica del paciente no es un parámetro fiable para determinar el estado de maduración de la SMP durante el crecimiento, como una gran mayoría de autores soporta. (40,46) Por esta razón, los estudios más actuales apuntan a que la evaluación individualizada de su maduración en adolescentes y adultos jóvenes deber ser considerada esencial mediante el empleo de CBCT y no, atendiendo únicamente a la edad cronológica del paciente. (62,63) En

la cual derivará la elección terapéutica a realizar: ERM, o mediante la ayuda de anclaje esquelético (MARPE) o la necesidad de recurrir a la asistencia quirúrgica (SARPE). (58, 64, 65)

Sumado a este método de evaluación diagnóstica, podemos añadir la valoración de la maduración esquelética del paciente. Dejando atrás algunos de los métodos que han quedado en desuso (medición del peso, estatura y desarrollo dental con respecto a la edad cronológica del paciente comparados con los estándares de la población entre otros), se han empleado diversos análisis radiográficos para la valoración de la edad ósea del paciente, destacando: el de mano, de huesos largos, y de vértebras cervicales como los más fiables para su aplicación en ortodoncia en la evaluación del desarrollo esquelético del paciente. Hasta hace unos años, el método estándar empleado para la evaluación del estado de maduración esquelética era la radiografía de mano y muñeca. El gran número de huesos y epífisis en continuo desarrollo permitían realizar un seguimiento de los cambios a través de los años de vida durante el crecimiento. (66) Su validez ha sido ampliamente confirmada por varios autores. Greulich y Pyle (67) describieron una detallada secuencia de osificación de los huesos de la mano para determinar la edad del esqueleto. Continuados por los trabajos de Bjork (68) y Rakosi (69) con el desarrollo de algunas modificaciones de dicha propuesta. A su vez, Grave y Brown (70) establecieron 9 estadios de maduración esquelética, siendo uno de los índices más utilizados hasta entonces. Paralelamente se han descrito otros métodos, como el propuesto por Fishman (71) que determina la maduración general mediante la valoración de cambios en el patrón de calcificación de los huesos de la mano, correlacionados con un rango de edad o; los propuestos por Lamparski (72), O'Reilly (73) y Vilar (74) entre otros, quienes realizaron un gran trabajo sobre el desarrollo de nuevos índices de maduración esquelética mediante el análisis de los perfiles de los

cuerpos vertebrales cervicales apreciados en las radiografías laterales de cráneo, normalmente utilizadas para el diagnóstico en ortodoncia. La edad vertebral se basa en la evaluación de diversos eventos de maduración y desarrollo que aparecen de forma secuencial durante la madurez ósea de las vértebras cervicales. (72)

Tras varias décadas empleando estos métodos, en 2001, Hong-Po y colaboradores (75) realizaron un estudio para determinar la efectividad del índice de maduración ósea elaborado en base a las vértebras cervicales, como un indicador de la edad ósea durante el período puberal, determinando que el grado de maduración de las vértebras cervicales era un método fiable, reproducible y válido. Durante ese mismo año, Baccetti y cols. (76) evaluaron los efectos de la ERM en dos grupos de pacientes tratados de forma previa y posterior al pico de crecimiento de maduración esquelética, mediante el índice de maduración de las vértebras cervicales o cérvico vertebral (MCV) para establecer la maduración ósea. Un año más tarde, este mismo equipo de investigación propuso una mejora en el método de evaluación, coincidiendo con varios autores en que la respuesta observada al tratamiento de ortodoncia es mejor, si se realiza en el período previo a que el individuo alcance su punto máximo de crecimiento puberal, donde tanto la mandíbula como el resto del cuerpo alcanzan su mayor grado de evolución. (77) Este método se basa en el análisis radiográfico de la morfología de los cuerpos de la segunda (apófisis odontoides, C2), tercera (C3) y cuarta (C4) vértebra cervical, evaluadas visualmente sobre radiografías laterales de cráneo consecutivas de 30 sujetos, desde los cuales se establecieron 5 estadios de MCV (Figura 16) a partir de los estadios de maduración propuesto por del Hassel y Farman. (78) En 2005 se realizó una modificación, estableciendo las seis etapas de

maduración esqueléticas mediante el análisis MCV para la detección del pico de crecimiento mandibular, desde de CS1 a CS6 basadas en (79):

1. Presencia o ausencia de concavidad en el borde inferior del cuerpo de C2, C3 y C4.
2. Forma del cuerpo de C3 y C4. Considerando cuatro formas básicas que fueron:
 - trapezoidal (el borde superior se estrecha de posterior a anterior)
 - horizontal rectangular (las alturas de la parte posterior y los bordes anteriores son iguales; los bordes superior e inferior son más largos que los bordes anterior y posterior)
 - cuadrado (los bordes posterior, superior, anterior e inferior son iguales)
 - vertical rectangular (los bordes posterior y anterior son más largo que los bordes superior e inferior)

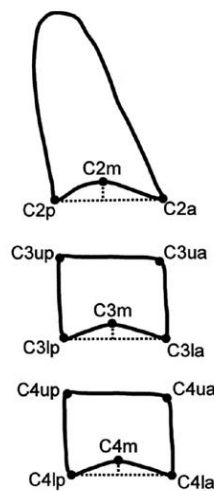


Figure 1 Cephalometric landmarks for the quantitative analysis of the morphologic characteristics of the vertebral bodies of C2, C3, and C4.

Figura 16. Marcas cefalométricas para el análisis cuantitativo de las características morfológicas de los cuerpos vertebrales C2, C3 y C4. Tomada de Baccetti y cols. 2005. (79)

Estableciendo los 6 estadios de MCV descritos a continuación (Figura 17 y 18):

- **ESTADIO I (CS 1)**: Los bordes inferiores de las tres vértebras se observan planos (C2-C4). C3 y C4 tienen forma trapezoidal, con el borde superior

vertebral cóncavo de la zona anterior a la posterior. El pico de crecimiento mandibular se alcanzará en una media de 2 años después de este estadio.

- **ESTADIO II (CS 2)**: Se observa concavidad en el borde inferior de C2. Los cuerpos de C3 y C4 aún tienen forma trapezoidal. El pico de crecimiento mandibular ocurrirá en un promedio de un año después de esta etapa.
- **ESTADIO III (CS 3)**: Los bordes inferiores de C2 y C3 son cóncavos. Los cuerpos de C3 y C4 pueden tener forma trapezoidal u horizontal rectangular. El pico de crecimiento mandibular ocurrirá durante el mismo año, tras esta etapa.
- **ESTADIO IV (CS 4)**: Los bordes inferiores de C2, C3 y C4 son cóncavos. Los cuerpos de C3 y C4 tienen forma rectangular horizontal. El pico de crecimiento mandibular ha iniciado en el estadio 3, dentro de 1 o 2 años previos a este escenario.
- **ESTADIO V (CS 5)**: Los bordes inferiores de C2, C3 y C4 aún son cóncavos. Al menos uno de los cuerpos de C3 y C4 tiene forma cuadrada. Si no, sigue siendo rectangular horizontal. El pico de crecimiento mandibular ha terminado al menos hace un año antes de esta etapa.
- **ESTADIO VI (CS 6)**: Los bordes inferiores de C2, C3 y C4 aún son evidentes. Al menos uno de los cuerpos de C3 y C4 tiene forma rectangular vertical. Si no, es cuadrado. El pico en crecimiento mandibular ha finalizado al menos 2 años previos a esta etapa.

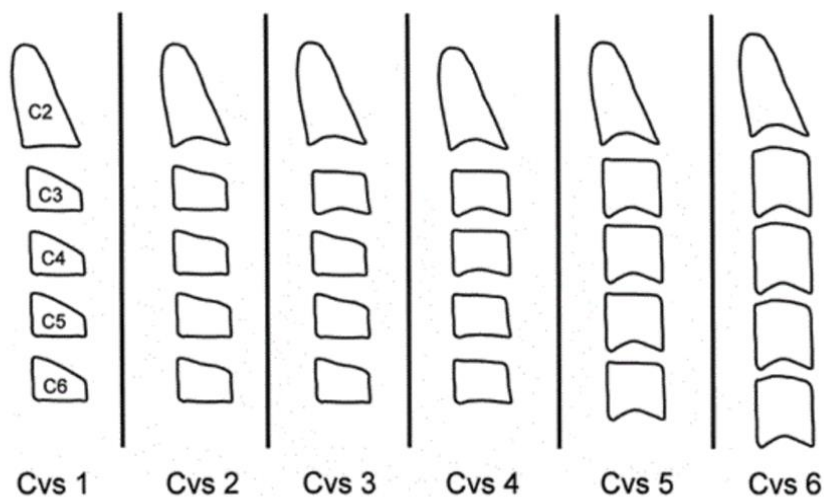


Figura 17. Esquema representativo del método CVM modificado. Tomado de Baccetti y cols. 2005. (79)

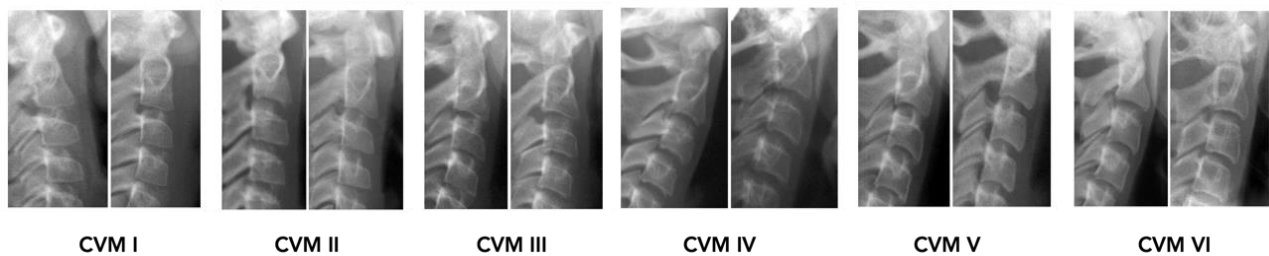


Figura 18. Ejemplos clínicos radiográficos de dos casos de los distintos estadios de MCV. Tomada de Baccetti y cols. 2005. (79)

Los autores establecen que CS1 y CS2 son las etapas previas al crecimiento mandibular, y que el pico de crecimiento mandibular se produce entre CS 3 y CS 4. Plantean que los efectos esqueléticos derivados de la ERM para la corrección de deficiencias transversales maxilares son mayores en etapas prepuberales, mientras que en etapa puberal o pospuberal pueden implicar un efecto más dentoalveolar. Concluyendo que los efectos de las terapias dirigidas a la corrección ortopédica del maxilar son mayores en la etapa prepuberal. Siendo más eficaces cuando se realizan previas al pico de crecimiento (CS1 o CS2) e induciendo mayores cambios transversales a nivel esquelético, mientras que; si se realizan durante o posteriormente

a dicho pico, los cambios serán de una naturaleza mayormente dentoalveolar. (79) Sin embargo, son varios los estudios que muestran una correcta expansión esquelética del maxilar mediante la apertura de la SMP y reducidos efectos dentoalveolares en pacientes adultos jóvenes tratados con MARPE. (43,80-83) Influenciada por el sexo, donde la madurez esquelética suele alcanzarse de forma más temprana en el sexo femenino a edades puberales. (84-87)

La decisión sobre el momento idóneo de actuación en este tipo de alteraciones es un tema ampliamente estudiado, pero a la vez controvertido. (88) En base a los resultados de los distintos estudios y analizando su intervención en los diferentes momentos de maduración, la mayoría coinciden en que el momento idóneo para la realización de la expansión maxilar será antes de alcanzar el pico máximo de crecimiento, alcanzando así una mayor cantidad de expansión esquelética, ya que el éxito y predictibilidad de la corrección de este tipo de maloclusiones se encuentra estrechamente relacionado con un momento de actuación temprano, donde el paciente no haya completado su crecimiento y maduración esquelética. (76,77) Aunque sí parece claro, que el momento óptimo de tratamiento guarda una estrecha relación con el estado de maduración esquelética y de la sutura, los estudios muestran una gran variabilidad respecto a la edad en la que finaliza la osificación de SMP entre pacientes de mismas edades e incluso durante el recorrido de una misma sutura, siendo posible, aunque no tan frecuente encontrar suturas no osificadas sobrepasada la tercera década de edad. (17) De una forma generalizada podemos afirmar que, el cierre de la sutura comienza a ser más evidente a lo largo de la segunda década de la vida, continuando durante la tercera década, siendo posible encontrar la SMP abierta en sujetos postadolescentes y adultos jóvenes.

La gran variabilidad de la osificación de la sutura podría justificar el uso de CBCT apoyado en algunos métodos diagnósticos como el propuesto por Angelieri (89), pareciendo hasta ahora una forma fiable para la evaluación del estado de la osificación de la SMP, que nos orienta sobre la decisión clínica adecuada en cada caso. Si bien, este método ha sido considerado poco exacto por algunos autores debido a una falta de concordancia en su interpretación por parte del ortodoncista. (90, 91) La decisión sobre el tratamiento de elección ante una situación de falta de desarrollo transversal del maxilar no debe ser confiada únicamente a la edad cronológica del paciente, sino considerando la etapa de maduración de la sutura media palatina y la maduración esquelética individual del paciente. (47, 55, 92)

2.2. Problema transversal y su manejo desde el punto de vista ortodóncico.

La presencia de una adecuada dimensión transversal del maxilar es un componente crítico para una oclusión estable y funcional. (93) Las deficiencias transversales maxilares son un tipo de deformidad facial común, afectando entre el 8-23% de los pacientes adolescentes y con una prevalencia menor al 10% en adultos (91-95), pudiendo presentarse de forma aislada o sumada a otro tipo de deformidades y con una posibilidad de corrección espontánea baja. Se trata de una maloclusión que puede presentarse a cualquier edad, afectando tanto a dentición primaria como permanente, y no tratada a tiempo tiende a agravarse evolucionando hacia el desarrollo de maloclusiones más complejas, afectando a un correcto crecimiento y el desarrollo facial. (65) La oclusión dental normal se acompaña de un resalte transversal de los dientes superiores posteriores que sobrepasan a los inferiores en el sentido vestibulo-lingual, estableciendo una relación donde las cúspides vestibulares de los inferiores coinciden con las fosas centrales en las caras oclusales de los dientes superiores.

Siendo considerada cualquier alteración a esta norma una maloclusión transversal. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las maloclusiones son el tercer problema más frecuente en la salud pública odontológica (afectando a ambas denticiones), ocupando el problema transversal un 10-20% en la población general. (94-99) Sin embargo, este porcentaje se incrementa sensiblemente en las consultas de ortodoncia con una prevalencia de hasta el 51%. (100)

Las deficiencias transversales maxilares pueden ser clasificadas en dos categorías: relativas y absolutas. (101) Considerando una deficiencia relativa cuando ésta es observada durante el examen clínico, pero que evaluada sobre los modelos de estudio del paciente en oclusión de relación Clase I canina, puede observarse un adecuado tamaño de la arcada, de forma que en realidad la deformidad se debe a una deficiencia anteroposterior, representando una alteración de la relación sagital. En estos casos, no será necesario tratamiento para la corrección de la dimensión transversal. La deficiencia absoluta es aquella insuficiencia ósea transversal verdadera que, evaluada sobre los modelos en relación Clase I canina también muestra la presencia de una mordida cruzada unilateral o bilateral, debido a la diferencia de tamaño entre las anchuras de ambas arcadas dentarias. (102)

Las maloclusiones transversales se describen como alteraciones de la oclusión en el plano horizontal que, en algunos casos se presentan acompañadas de alteraciones de la erupción dental en sentido sagital, como son las maloclusiones de Clase I, II y III; la presencia de sobremordidas profundas o mordidas abiertas asociadas a discrepancias en el tamaño entre ambos maxilares por una dirección del crecimiento aumentada por parte de uno de los maxilares implicados, o por hábitos posturales inadecuados. Dentro de las maloclusiones transversales se describen dos situaciones:

la mordida cruzada posterior y la mordida en tijera. En el presente trabajo nos centraremos exclusivamente en el problema transversal por compresión esquelética maxilar.

La *mordida cruzada posterior* se ha definido como una discrepancia transversal en la que las cúspides palatinas de uno o más dientes posterosuperiores no ocluyen en las fosas centrales de los dientes inferiores, pudiendo afectar a una de las hemiarquadas (unilateral), dos hemiarquadas (bilateral) o a un solo diente de forma aislada. (88) Dichas maloclusiones son independientes de la relación sagital o vertical existente.

Su origen puede ser: *esquelético, dental o funcional*. La mordida cruzada *esquelética* es el resultado de una discrepancia transversal entre el tamaño de las estructuras óseas maxilar y mandibular. La mordida cruzada de origen *dental* resulta de un patrón de erupción deficiente; donde es posible que no se acompañe de irregularidades en el hueso basal. Su origen es *funcional* cuando se ha producido un desplazamiento mandibular a una posición anormal, causada por puntos de contacto prematuros y una desviación en el instante de la oclusión, pero a menudo más confortable. (103,104) Tradicionalmente los problemas transversales se han relacionado con la presencia de mordida cruzada, arcadas estrechas, y asimetrías esqueléticas sin un diagnóstico esquelético correcto. Sin embargo, resulta fundamental cuantificar la discrepancia entre la anchura de ambas arcadas para la realización un correcto diagnóstico. De lo contrario, el tratamiento realizado puede conducir a una respuesta periodontal adversa y función oclusal inadecuada e inestable, limitando los resultados de la estética dentofacial. (105)

2.3. Expansión maxilar.

Las discrepancias óseo-dentarias se relacionan con una compresión de las arcadas. Algunos autores como McNamara proponen medir la anchura transpalatina en la fase de evaluación inicial del paciente, tomando como referencia los puntos más cercanos entre los primeros molares superiores. (106) Considerando que, cuando partimos de un maxilar con una anchura transpalatina de entre 36 y 39 mm podemos esperar una dentición con tamaño promedio sin apiñamiento y sin exceso de espacio, y que cuando este valor es inferior a 31 mm, nos enfrentaremos a una situación de apiñamiento dentario, donde será necesaria su corrección mediante extracciones, tratamientos ortopédicos o la necesidad de asistencia quirúrgica según determine la indicación del caso. (107) Existen dos tipos de expansiones: la llamada *lenta*, que se realiza mediante aparatos de expansión para expandir la dentición; y la llamada *expansión rápida palatina* o *expansión rápida maxilar* (ERM), que se aplica para la expansión del hueso palatino mediante la apertura de la sutura intermaxilar o sutura media palatina. Esta expansión rápida palatina puede realizarse mediante la ayuda de disyuntores con soporte dentario, a la que llamaremos **expansión rápida del paladar convencional** o **expansión rápida del maxilar** (ERM), siendo los disyuntores más utilizados; el disyuntor tipo Hass con un tornillo de disyunción fijado a un bloque de acrílico que se apoya sobre los procesos alveolares laterales, el disyuntor tipo Hyrax, fijado mediante bandas a premolares y molares, y el disyuntor de McNamara, con un levante acrílico cementado sobre los dientes posteriores y, la **expansión rápida palatina esquelética** (MARPE) mediante el empleo de disyuntores fijados al hueso palatino a través minitornillos (disyuntores óseo soportados), tratándose de un anclaje puramente esquelético o, de anclaje mixto a hueso palatino y dientes (disyuntores óseo-dento soportados) (Figura 19).



Figura 19. a. Disyuntor tipo Hass. b. Disyuntor tipo Hyrax. c. Disyuntor de McNamara. d. Disyuntor de anclaje óseo. e. Disyuntor de anclaje óseo-dento soportado.

2.3.1. Expansión Rápida maxilar

Es un tratamiento dirigido a la expansión del maxilar mediante el empleo de disyuntores o dispositivos expansores que trabajan para estimular la apertura de la SMP en la corrección del problema transversal del maxilar. Su empleo es frecuente en la práctica clínica ortodóncica con una alta efectividad en el ensanchamiento ortopédico del maxilar (108-111), buscando inducir un cambio esquelético favorable durante el periodo de crecimiento y establecer así un patrón de cierre mandibular redirigiendo el desarrollo dentario a una posición más favorable. (112)

La ERM empleada con el diseño correcto y en el momento oportuno del crecimiento del paciente ofrece magníficos resultados en la corrección de los problemas transversales dentro de los límites de tratamiento de la ortopedia, provocando fundamentalmente modificaciones esqueléticas. Sin embargo, como sabemos a medida que su maduración esquelética aumenta y la interdigitación de la sutura se consolida, este tratamiento limita su eficacia y resultados llegando a crear alteraciones periodontales y dentales más que los cambios esqueléticos deseados. De forma que, a edades tempranas la corrección se produce por una combinación de expansión esquelética y dental, mientras que en grupos adolescentes el porcentaje de expansión esquelética puede verse reducido hasta un 35%. (60) La aparatología

disyuntora o expansora empleada será distinta en función de la necesidad de corrección dentaria o esquelética, como el estado de maduración en el que se encuentre la SMP. (113-115)

Por lo tanto, la planificación del tratamiento para el problema esquelético transversal requiere: un diagnóstico integral del componente esquelético y dental, la determinación de la gravedad de la discrepancia esquelética, la valoración del estado de madurez del esqueleto facial y de la SMP, y de la susceptibilidad periodontal.

Se han descrito varios factores a considerar en la indicación de expansión maxilar (93):

- El número de dientes implicados en la mordida cruzada, si se trata de un diente aislado o, por el contrario, de un sector y su amplitud.
- La angulación inicial de los premolares y molares superiores (Curva de Wilson superior).
- La angulación inicial de los premolares y molares inferiores (Curva de Wilson inferior). Su enderezamiento, aumentaría la necesidad de expansión maxilar.
- La presencia de mordida abierta anterior, valorar la indicación de expansión.
- En pacientes dolicofaciales, su perfil puede verse empeorado tras el tratamiento.
- Asimetrías del maxilar y/o la mandíbula.
- Discrepancias anteroposteriores severas, se puede contraindicar la expansión.

Dichos factores muestran un gran impacto sobre el pronóstico del tratamiento, debiendo tener una gran implicación en su decisión.

La ERM desde su aparición en 1860 de la mano de Angell continúa siendo el tratamiento de elección en el paciente joven mediante el disyuntor de Hyrax, disyuntor

de Hass o de McNamara. (116) Estos aparatos de ortopedia maxilar tienen un diseño con soporte dentario y sobre los tejidos, produciendo fuerzas intermitentes que incrementan la dimensión vertical en un rápido proceso que suele ocupar entre 14 y 30 días. Posteriormente se necesita un periodo de retención aproximado de entre 4 y 6 meses para la consolidación de la nueva situación ósea, con la reorganización de estructuras y remodelado de la SMP. El método de medición de la discrepancia transversal maxilar se realiza mediante el cálculo de la diferencia entre las anchuras del maxilar y la mandíbula, realizada sobre modelos de escayola (14,81), modelos digitales (117) o mediante CBCT o imágenes tridimensionales (Figura 20). (118)

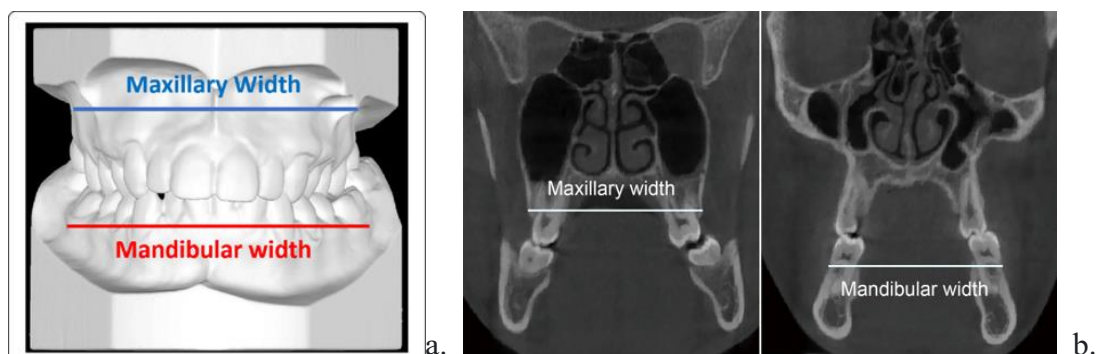


Figura 20. Medición de la diferencia de la anchura entre las arcadas maxilar y mandibular. a. mediante estudio de modelos de escayola. Tomada de Cantarella y cols. 2017, 2018 (14,81). b. mediante CBCT. Tomada de Li y cols. 2021. (118)

La incorporación de las imágenes radiográficas tridimensionales ha supuesto una notable mejoría en la precisión de la evaluación en este aspecto. El CBCT permite realizar una valoración tridimensional de las bases apicales en diferentes niveles, incluyendo las secciones horizontales, lo que facilita al clínico un análisis completo y preciso sobre la condición de las discrepancias y las asimetrías (119), siendo de gran importancia distinguir entre un déficit transversal del maxilar de origen esquelético o dental. (120) Estas ventajas justifican su realización en la evaluación y el diagnóstico

(121), siendo recomendado su uso por varios autores. (122,123) Tamburrino y cols. (124,125) a partir de varios estudios proponen el análisis transversal de la Universidad de Pensilvania (UPCBCT) para el diagnóstico de la constricción maxilar mediante CBCT, realizado a través del cálculo de la diferencia de las anchuras entre el maxilar (puntos Mx-Mx) y la mandíbula (puntos WALA-WALA) (Figura 21). La medida obtenida de la resta de la anchura mandibular a la anchura maxilar, en la que el maxilar tiene que medir 5 mm más, calculándose la expansión maxilar requerida al sumar 5 mm a la anchura mandibular existente, lo que nos daría la anchura maxilar que deberíamos obtener. Considerando idealmente una base maxilar esquelética 5 mm más ancha que su base mandibular esquelética. (124,126) Siendo, por tanto la resultante de la diferencia entre ésta y la anchura real maxilar del paciente tal como expresamos en el ejemplo: con una anchura mandibular de 56,9 mm, la anchura maxilar ideal = $56,9+5= 61,9$ mm. Si la anchura maxilar del paciente =50,9 mm, la expansión requerida: $61,9$ (anchura maxilar ideal) – $50,9$ (anchura maxilar real) = $11,0$ mm.



Figura 21. Distancias Mx-Mx y WALA-WALA. Tomada de Festila y cols. 2022. (123)

Brunetto y cols. (127) establecen dos aspectos principales que determinan la elección del tratamiento: el origen del problema transversal (dentario, dentoalveolar o esquelético) y la edad del paciente, dividiéndose principalmente en varias alternativas terapéuticas: expansión lenta del maxilar, expansión rápida del maxilar convencional (ERM), expansión rápida palatina asistida con microtornillos (MARPE) y expansión rápida palatina quirúrgicamente asistida (SARPE).

2.3.2. Expansión Rápida Palatina Asistida con Microtornillos (MARPE)

Tradicionalmente, la expansión rápida del maxilar ortopédica realizada para la corrección de los problemas transversales durante el crecimiento, ha mostrado resultados positivos con un mejor pronóstico y resultados en edades tempranas (38,106,128-130), dificultada a medida que aumenta la osificación de la sutura como hemos explicado anteriormente. (17,45) Tras la ERM se han descrito algunos cambios ortopédicos esqueléticos limitados con el uso de disyuntores convencionales en edades pospuberales, observándose efectos secundarios indeseables de inclinación dental, afinamiento del grosor de la cortical vestibular y desarrollo de recesiones gingivales en los dientes de anclaje, confirmando la importancia del tratamiento en edades tempranas. (131-136)

Con el objetivo de mejorar los resultados de la expansión maxilar convencional, y así los efectos indeseables descritos, surgió el empleo de anclaje esquelético en ortodoncia, denominada expansión rápida palatina asistida por microtornillos o con el acrónimo en inglés de MARPE (microimplant-assisted rapid palatal expansion). Wehrbein y cols. (137-141) desarrollaron una línea de investigación basada en el

empleo de microtornillos palatinos como sistema de anclaje, mostrando el paladar como una excelente zona de anclaje. Posteriormente, Lee y colaboradores (115), describieron el empleo de un dispositivo de anclaje esquelético palatino mediante minitornillos para la corrección de una discrepancia transversal severa acompañada de prognatismo mandibular en un paciente joven mostrando excelentes resultados. Los efectos esqueléticos mostrados fueron clínica y radiográficamente estables, siendo menores a nivel dental, alveolar y periodontal, concluyendo que esta nueva modalidad de tratamiento mostró ser eficaz para la corrección transversal del maxilar, pudiendo incluso eliminar la necesidad de recurrir a la cirugía en pacientes adolescentes y adultos jóvenes cuando la SMP se encontraba abierta. Estos hechos fueron posteriormente confirmados por Weissheimer en 2011 (142), quien observó que el uso de expansores sin anclaje absoluto tenía limitados efectos esqueléticos. De esta forma, el anclaje esquelético aparece como una nueva propuesta para el tratamiento de deficiencias transversales maxilares, debido a la limitada y variable respuesta esquelética de la ERM convencional, así como los efectos indeseables desarrollados. (143) Por otro lado, un estudio comparativo de Lagravère y cols. (128) no observó diferencias significativas en la expansión esquelética alcanzada entre ambos grupos de tratamiento sobre pacientes con edad media aproximada de 14 años.

Apoyados en esta filosofía de anclaje esquelético propuesta, Lee, Park y Hwang (115), Moon (144) y MacGinnis y cols. (145) desarrollaron el “expansor maxilar esquelético” (MSE) que consta de cuatro minitornillos insertados para la fijación de un tornillo de expansión central colocado paralelo a la SMP, idealmente en una posición lo más posterior posible, antes del límite entre el paladar blando y duro. (65) En los últimos años el Dr. Moon y su grupo de investigación de la Universidad de California (51) han realizado continuos cambios durante su desarrollo, describiendo los distintos

pasos para su confección, siendo similar a la de un disyuntor tipo Hyrax convencional con bandas en los primeros molares y al que se añaden 4 microtornillos de anclaje bicortical. La transmisión de estas fuerzas de expansión dirigidas directamente al hueso palatino permite una expansión fisiológica de la SMP, lo que reduce los efectos alveolares y dentales negativos (115, 130, 133, 135, 146, 147), convirtiendo a la MARPE en el tratamiento de elección en pacientes adolescentes, y adultos jóvenes. (43,65)

Desde la fecha de su aparición, se han publicado distintos diseños con el objetivo común de prevenir los efectos indeseables dentoalveolares optimizando su capacidad de expansión esquelética. Se han propuesto desde diseños que emplean únicamente apoyo palatino mediante microtornillos (disyuntor óseo) (11), a otros que emplean microtornillos y resina para una adaptación a la mucosa palatina (disyuntor óseo-muco soportado), y los que emplean microtornillos y apoyo dentario en premolares y/o molares (óseo-dentario) (Figura 22). (148) Todos ellos, con un mismo mecanismo de trabajo mediante la aplicación de fuerzas rápidas transversales sobre ambas mitades palatinas del maxilar, consiguiendo la apertura y separación de la SMP. (64)

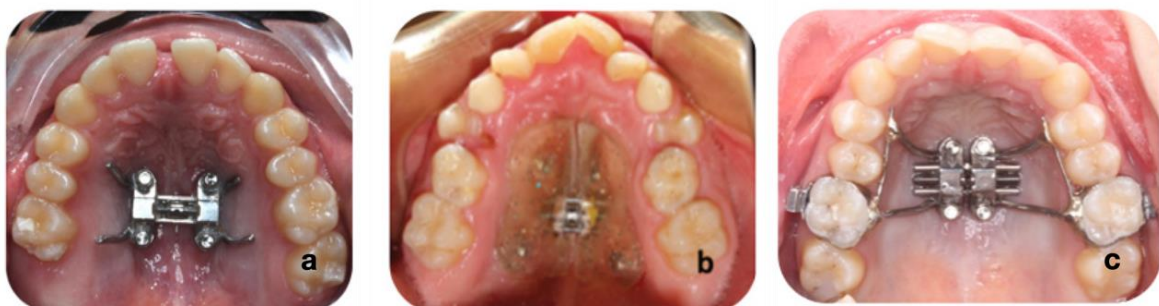


Figura 22. Tipos de disyuntores para expansión rápida palatina asistida con microtornillos (MARPE): a. Disyuntor de anclaje óseo. b. Disyuntor de anclaje óseo con apoyo mucoso c. Disyuntor de anclaje óseo-dentario.

Algunos estudios recientes que comparan la influencia de su diseño en los efectos producidos y distribución de fuerzas evidencian una eficacia en la expansión alcanzada tras MARPE mostrando cambios esqueléticos significativos para los distintos tipos de disyuntores. (149) Un estudio de elementos finitos realizado sobre adultos jóvenes mostró que la ERM mediante Hyrax indujo una mayor tensión a lo largo del proceso frontal del maxilar, de los dientes de anclaje y el área de la sutura, mientras que el disyuntor de anclaje óseo mostró una mayor tensión alrededor del microtornillo, limitada al área de la sutura. (149) El anclaje óseo-dentario mostró una distribución de tensión relativamente uniforme y reducida sobre la cortical vestibular de los dientes de anclaje, con una expansión suficiente en el área dentoalveolar y una inclinación mínima, por lo que se sugiere como un tratamiento efectivo y seguro en el adulto joven.

El tratamiento de MARPE ha sido evaluado en recientes revisiones sistemáticas, sin embargo, no disponemos apenas de estudios de calidad que comparen los efectos de los distintos tipos de disyuntores que emplean anclaje esquelético. (150-153) Una reciente revisión sistemática recoge la evidencia actual disponible que compara los efectos dentoalveolares según los distintos diseños, mostrando que ambos diseños (óseo soportados y óseo-dento soportados) resultaron en una expansión dentoalveolar significativa a nivel los dientes premolares y molares, con menores complicaciones, aunque una importante inclinación molar para los expansores de anclaje mixto. (154) Podemos establecer, que la ERM y MARPE son los tratamientos de elección descritos en la actualidad para la corrección de los problemas transversales del maxilar con un cierre incompleto de la SMP según el estadio de crecimiento y madurez esquelética (155), basados en la magnitud o severidad de dicha discrepancia, y la aún mantenida controversia sobre en un límite de edad establecido. (16, 119, 156-158)

Entre los efectos esqueléticos que se destacan tras la expansión maxilar, la apertura de la SMP juega el papel más importante, siendo fundamental su incompleta osificación. También se han descrito otros factores derivados de la técnica que pueden influir en los resultados como: el diseño y posicionamiento del expansor, el sistema de microtornillos de anclaje y el protocolo de expansión empleado. La localización del disyuntor en una posición más posterior del paladar parece mostrar una influencia en el patrón de apertura de la sutura. Según los distintos estudios, dicha posición favorece y facilita una apertura más paralela de la sutura en sentido antero-posterior (axialmente) (80,159), ya que concentra las fuerzas cerca de las placas pterigoideas (81), implicadas en ofrecer una gran resistencia ante la expansión (14, 80, 159) comparado con los expansores convencionales que muestran una tendencia a un patrón de apertura en forma de V, siendo más ancha en su zona anterior. (25, 160, 161) La MARPE parece mostrar una tendencia a desarrollar patrones de la apertura paralelos, tanto transversalmente (en sentido anteroposterior) como desde una visión axial (65,162), debido al mayor componente ortopédico en su efecto de expansión (Figura 23).

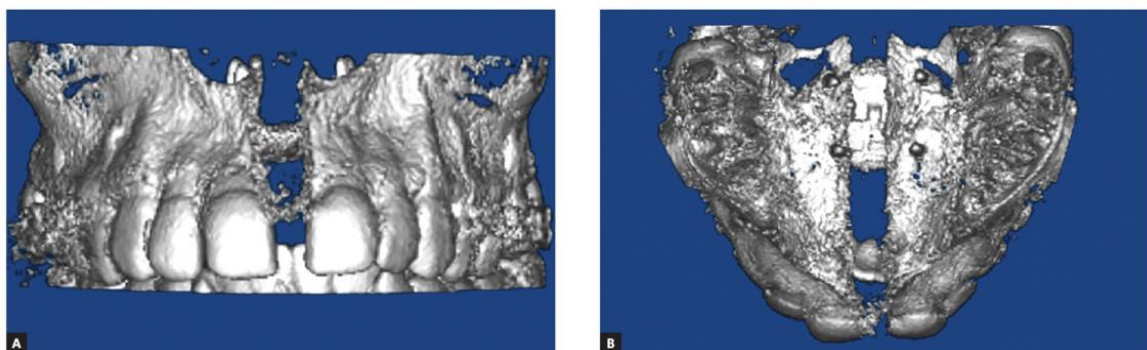


Figura 23. Imagen renderizada tridimensional del CBCT desde una visión frontal y transversal que muestra un patrón paralelo de apertura de la sutura media palatina tras MARPE. Tomada de Brunetto y cols. 2017. (65)

En una visión frontal, algunos estudios muestran un patrón piramidal en la apertura de la sutura, siendo menor a nivel de las estructuras anatómicas superiores (Figura 24). (77-86)



Figura 24. Patrón de apertura piramidal de sutura medio palatina en una visión frontal.

2.3.3. Expansión Rápida Palatina Asistida Quirúrgicamente (SARPE)

Con el fin de aumentar el efecto esquelético y reducir los efectos alveolares y dentales descritos tras la expansión maxilar, la SARPE se propone como la elección de tratamiento en etapas más avanzadas de crecimiento donde la sutura de encuentra cerrada o parcialmente osificada, generalmente asociado a estadios de maduración esquelética avanzados. El aumento transversal del arco maxilar se alcanza mediante la separación de las mitades maxilares (efecto ortopédico) junto a el movimiento vestibular de los dientes posteriores y procesos alveolares (efecto ortodóncico). Incluso mediante el empleo de disyuntores de anclaje esquelético, la SARPE ha mostrado una tendencia a una inclinación vestibular segmentaria de ambas mitades maxilares y dientes de apoyo, relacionados con la aplicación de las fuerzas

transversales en una posición mucho más inferior que los centros de resistencia existentes. (163)

En pacientes adultos, la cantidad de expansión deseada es un factor importante. Se establece que las discrepancias transversales maxilares menores de 5 mm pueden ser compensadas únicamente mediante fuerzas ortopédicas u ortodóncicas. Sin embargo, en aquellas situaciones donde dicha discrepancia es mayor de 5 mm, la necesidad de recurrir a la asistencia quirúrgica es imprescindible. (119) Esta opción de tratamiento quirúrgicamente asistida, a su vez se realiza mediante el empleo de distintos diseños de disyuntores anteriormente descritos. Siendo lo más usados los de anclaje óseo o mixto, ya que los de apoyo dentario han mostrado mayores problemas periodontales (164-166) o efectos como inclinación y extrusión de los dientes de anclaje. (167) La necesidad de realizar una intervención quirúrgica lo convierte en un procedimiento algo más invasivo, quedando limitado a aquellos casos donde la discrepancia entre ambos maxilares supere el límite establecido y la sutura se encuentre mayormente osificada. Siendo una alternativa de tratamiento menos frecuente en el paciente adulto joven y algunos adultos, optando por la MARPE en situaciones donde la maduración de la SPM no esté completada y permanezca parcialmente abierta.

Su ejecución ha sufrido una amplia evolución acompañado del desarrollo de la planificación digital aplicada a la cirugía ortognática, produciendo notables beneficios en la reducción del tiempo quirúrgico y su morbilidad. Durante la SARPE se realizan distintas osteotomías con el objetivo de liberar distintas estructuras anatómicas y permitir el movimiento transversal de ambas mitades del maxilar, que se completa con

la realización alternativa de la disyunción pterigomaxilar y la colocación del disyuntor que deberá permanecer colocado durante un tiempo medio de 3 hasta 6 meses completada la expansión (155,163). Establecido como el periodo de estabilización, en que las suturas necesitan una reparación hasta alcanzar la situación. (168)

De esta forma podemos establecer que la SARPE quedará limitada a aquellos pacientes esqueléticamente maduros en presencia de una sutura cerrada, y discrepancias transversales severas en pacientes adultos o periodontalmente comprometidos. Siguiendo la recomendación de individualizar la técnica empleada a cada paciente según propone la evidencia disponible, dependiendo de las áreas de resistencia, el estado periodontal, la magnitud de expansión y edad del paciente. (119)

2.4. Empleo de CBCT en el análisis de los cambios transversales.

La aplicación del CBCT en la investigación sobre los cambios producidos tras la ERM no fue incorporada hasta 2008, realizada hasta entonces mediante modelos, tomografía computerizada, cefalometrías frontales bidimensionales, radiografías oclusales u esqueletos humanos. Este giro aporta un gran valor clínico y científico permitiendo evaluar de forma cuantitativa los cambios en las tres dimensiones del espacio con una reducida distorsión y dosis de radiación comparado con la TC convencional. (169,170)

Frente a la TC, el CBCT ofrece muchas mejoras y ventajas obteniendo una mayor precisión con una menor dosis de radiación. La captura de ambos maxilares con una sola rotación del dispositivo de radiación lo convierte en una relación de 130

coste-beneficio para el paciente (171-173), con una radiación 4 veces menor que la TC convencional, siendo capaz de proporcionar imágenes volumétricas tridimensionales empleando menores valores de mA o colimación, aunque la calidad de imagen también puede verse afectada. (174,175) La Asociación Dental Americana recomienda el uso de técnicas radiográficas siguiendo el principio de ALARA (As Low As Reasonably Achievable), con una ratio aceptable entre la exposición y la calidad de la imagen, basada en el empleo de las radiografías necesarias determinadas por el clínico para el paciente, empleando los tiempos de exposición y colimación adecuados y la protección recomendada durante la radiación. (176)

Sin embargo, no fue hasta hace algo menos de dos décadas cuando se estudiaron en profundidad los efectos de la ERM sobre el hueso alveolar mediante CT (108,134), probablemente debido a dificultades metodológicas (177-181) donde únicamente se sugería el desarrollo de dehiscencias óseas basadas en observaciones clínicas de pérdida de inserción y recesión gingival de los dientes posteriores tras el movimiento de expansión y algún tiempo tras la expansión. A partir de ese momento se describe la posibilidad de realizar mediciones hasta ahora no consideradas y siendo éstas más fiables demostrando altos valores de correlación intraclase (CCI). (173) Hasta entonces, era realmente complicado cuantificar los cambios derivados de la flexión alveolar en varios puntos del plano sagital, siendo en la actualidad un parámetro analizado de gran valor. (162)

Una revisión reciente (182) destaca que los pacientes que presentan anomalías y deformidades dentofaciales pueden beneficiarse claramente de su uso, entre los que señalan: el déficit transversal del maxilar, las asimetrías faciales, paladar fisurado o la apnea obstructiva del sueño. (183-189) Ofrece un diagnóstico completo, ya que

permite un análisis tridimensional de la anatomía craneofacial y de las dimensiones transversales maxilares (121,176), imprescindibles para conocer el estado de maduración esquelética y de la sutura palatina (190, 191), así como el estado de la vía aérea orofaríngea. (186) Más aún, en los casos en los que se va a combinar una cirugía de expansión mediante SARPE o la colocación de anclaje esquelético con microtornillos o miniplacas con el tratamiento ortodóncico. (192-195) Todas estas ventajas implican una gran mejora en la fase diagnóstica y de tratamiento en la corrección de problemas transversales, motivo por el cual las radiografías tradicionales bidimensionales han sido desbancadas con la llegada de la imagen tridimensional en todas las áreas de la odontología, justificando su uso. Surgiendo un incremento en su aplicación a esta línea de investigación, influyendo positivamente en la calidad de los estudios disponibles y en la información que podemos extraer de estos análisis.

3.

JUSTIFICACIÓN

3. JUSTIFICACIÓN.

La ERM ha mostrado ser un tratamiento efectivo para la corrección de maloclusiones que presentan una discrepancia transversal del maxilar en el paciente joven mediante la combinación de alteraciones esqueléticas, dentoalveolares y dentales con excelentes resultados, consiguiendo una gran aceptación por parte de la mayoría de los ortodoncistas. (106, 129, 196) Sin embargo, a medida que el crecimiento avanza y la interdigitación de las suturas craneofaciales aumenta, entre ellas la osificación de la SMP, se ve limitada su apertura. (17,45)

Cuando esto ocurre, la cantidad de expansión esquelética del maxilar que podemos alcanzar se ve notablemente reducida, aumentando así su efecto a nivel dentoalveolar y dental, lo que en ocasiones puede dar lugar a la aparición de algunos efectos periodontales y dentales indeseados. En definitiva, la expansión esquelética maxilar pura o verdadera estaría limitada, a pensar del movimiento dental. La aparición de estos efectos adversos a nivel dentoalveolar, periodontal y dental, se producen al sobrepasar los límites de expansión esquelética, compensados fundamentalmente desde un punto oclusal o dental, nos debe hacer reflexionar sobre la necesidad de asegurar un efecto mayormente esquelético en nuestros tratamientos, minimizando los posibles efectos alveolares y dentales, basados en un diagnóstico completo.

Se han generado ciertas dudas relacionadas con el límite de edad para la realización de expansiones maxilares no quirúrgicas en pacientes que han completado el periodo puberal y en el adulto joven, lo que mantiene al clínico con la incertidumbre de cuál es el tratamiento de elección en estos casos. Aunque una gran mayoría de los estudios consideraban como edad límite los 15 años, la literatura más reciente

confirma que la edad no es un indicador preciso del estado de maduración de la SMP, por lo que se deben emplear otros métodos para determinar el estado de maduración sutural y esquelética del paciente con el fin de optimizar los efectos ortopédicos del tratamiento. Es por ello por lo que se plantea, si la ayuda de anclaje esquelético de estos pacientes puede ofrecer un tratamiento más seguro y evitar los posibles efectos descritos anteriormente con la ERM o, por el contrario, es preferible recurrir a asistencia quirúrgica.

En relación con el tipo de disyuntor empleado, son varios los estudios que apoyan que la expansión maxilar con empleo de el anclaje óseo mediante la MARPE tiene un mayor efecto esquelético comparado con los disyuntores convencionales. (245) Sin embargo, aunque muestra ser un tratamiento seguro y eficaz para la corrección esquelética de este problema transversal, persiste la gran duda si la MARPE reduce dichos efectos, existiendo bastante controversia entre los estudios disponibles. (150-153) Este entre otros, han sido uno de los principales motivos que nos ha impulsado al desarrollo de este estudio donde se pretende mostrar la respuesta de la MARPE mediante disyuntores de anclaje óseo-dentario en paciente adolescentes, analizando los cambios producidos a nivel esquelético, dentoalveolar y dental evaluados en CBCT, limitando la asistencia quirúrgica a aquellos donde la sutura se encuentre cerrada.

El plan de tratamiento en los casos que partimos de un problema transversal esquelético requiere comprender extensamente las diferencias diagnósticas entre los distintos componentes, permitiendo al clínico determinar la severidad de la discrepancia entre el componente esquelético y el problema dental. Diferenciando, la madurez esquelética, el estado de maduración de la SMP y la susceptibilidad de los

tejidos periodontales para una adecuada selección del dispositivo ortopédico o por el contrario recurrir a tratamiento quirúrgicos en los casos más severos y de osificación de la sutura.

4.

HIPÓTESIS DE
TRABAJO
Y

OBJETIVOS

4. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS.

Se desarrolla una metodología de investigación construida para anular o refutar la siguiente hipótesis nula, con el objeto de apoyar la hipótesis alternativa en el caso de que las pruebas estadísticas evidencien lo contrario.

4.1 Hipótesis de trabajo.

4.1.1 Hipótesis nula

La MARPE mediante el empleo de disyuntores óseo-dentarios no es un tratamiento seguro para la corrección de las compresiones transversales maxilares en pacientes adolescentes con cierre incompleto de la sutura, aumentando los efectos dentoalveolares y dentales, y reduciendo su efecto esquelético comparado con los datos que muestran los distintos estudios sobre el empleo de aparatos de expansión tradicionales.

4.1.2 Hipótesis alternativas

La MARPE mediante el empleo de disyuntores óseo-dentarios es un tratamiento seguro para la corrección de las compresiones transversales maxilares en pacientes adolescentes con cierre incompleto de la sutura, reduciendo los efectos dentoalveolares y dentales, y aumentando su efecto esquelético, comparado con los datos que muestran los distintos estudios sobre el empleo de aparatos de expansión tradicionales.

4.2 Objetivos generales y específicos.

4.2.1 Objetivo general

Evaluar la seguridad y la eficacia de MARPE a nivel esquelético, dentoalveolar y dental mediante el empleo de disyuntores de anclaje óseo-dentario en pacientes adolescentes con una edad media de 17 (\pm 4) años y osificación incompleta de la sutura media palatina.

4.2.2 Objetivos específicos

1. Evaluar los cambios transversales *esqueléticos* inmediatos que se producen tras la MARPE mediante el uso de disyuntores de anclaje óseo-dentario en pacientes adolescentes con una edad media de 17 (\pm 4) años y cierre incompleto de la sutura media palatina a través de CBCT.
2. Evaluar los cambios transversales *dentoalveolares* inmediatos que se producen tras la MARPE mediante el uso de disyuntores de anclaje óseo-dentario en pacientes adolescentes con un cierre incompleto de la sutura media palatina a través de CBCT.
3. Evaluar los cambios transversales *dentales* inmediatos que se producen en tras la MARPE mediante el uso de disyuntores de anclaje óseo-dentario en pacientes adolescentes con un cierre incompleto de la sutura media palatina a través de CBCT.
4. Evaluar la cantidad de componente *esquelético, dentoalveolar y dental* que se produce tras la MARPE mediante el uso de disyuntores de anclaje óseo-dentario

en pacientes adolescentes con un cierre incompleto de la sutura media palatina, a través de CBCT.

5. Establecer un protocolo de trabajo seguro en el diagnóstico, planificación de la confección y colocación del disyuntor óseo-dentario con el fin de evitar complicaciones y efectos indeseables derivados del tratamiento.

5.

MATERIAL Y

MÉTODOS

5. MATERIAL Y MÉTODOS.

5.1. Tipo de estudio.

Estudio intervencional prospectivo no controlado.

5.2. Ámbito de estudio.

La población de referencia del estudio incluyó sujetos que presentasen una dimensión transversal del maxilar reducida y requiriesen tratamiento ortodóncico para su corrección mediante expansión maxilar, acudiendo a tres centros de referencia: el Instituto de desarrollo odontológico IDEO, el Máster de Ortodoncia de la Universidad de Sevilla US y la clínica dental COINSOL CLINIC, todos ellos situados en Sevilla.

5.3. Periodo de estudio.

El periodo del estudio abarcó desde Febrero 2020 hasta Diciembre 2021.

5.4. Población y muestra.

Se estudiaron aquellos pacientes que cumpliesen los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

5.5. Criterios de Inclusión y exclusión.

5.5.1. Criterios de Inclusión:

1. Pacientes que presentasen deficiencia transversal esquelética del maxilar con o sin mordida cruzada posterior.

2. Pacientes que presentasen osificación incompleta de la sutura media palatina.
3. Pacientes que no hubieran recibido tratamiento de ortodoncia previo.
4. Pacientes en dentición permanente con erupción de primeros y segundos premolares y molares superiores.
5. Pacientes con la menarquia alcanzada.

5.5.2. Criterios de Exclusión:

1. Pacientes que presentasen compresión transversal del maxilar que no fuera de origen esquelético.
2. Pacientes que presentasen osificación completa de la sutura media palatina.
3. Pacientes que hubieran recibido tratamiento de ortodoncia previo.
4. Pacientes en dentición mixta.
5. Pacientes con ausencia de algún primer o segundo premolar o primer molar superior.
6. Pacientes que requiriesen tratamiento mediante cirugía ortognática.
7. Pacientes con dientes impactados.

8. Pacientes que presentasen síndromes craneofaciales o enfermedades sistémicas y congénitas.
9. Pacientes que presentasen enfermedad periodontal o defectos óseos.
10. Pacientes sin la menarquia alcanzada o embarazadas.
11. Pacientes que superasen los 25 años.
12. Pacientes que requiriesen el uso de aparatologías auxiliares removibles como máscara de tracción, o elásticos de mordida cruzada.
13. Pacientes o tutores que no aceptasen y firmasen el consentimiento informado para su participación en el estudio (Anexo III).

5.6 Tamaño muestral.

5.6.1. Cálculo del tamaño muestral

Considerando una diferencia clínicamente relevante para la reducción del espesor de la cortical vestibular de 0.5 mm y siendo la desviación estándar de las diferencias de 0.62, considerando un error alfa de 0.05 y una potencia del 85%, el número de sujetos mínimo a estudiar es 14.

Se reclutaron un total de 19 pacientes que cumplían los criterios de inclusión y exclusión establecidos, a los que se le realizó un tratamiento de expansión maxilar mediante MARPE con el empleo de disyuntores de anclaje óseo-dentario. Finalmente, la muestra analizada fueron 15 pacientes tratados que completaron con éxito el

estudio. Excluyendo del análisis: aquellos pacientes que no tuvieran registros válidos o incompletos o no completasen las activaciones del aparato (Figura 25).

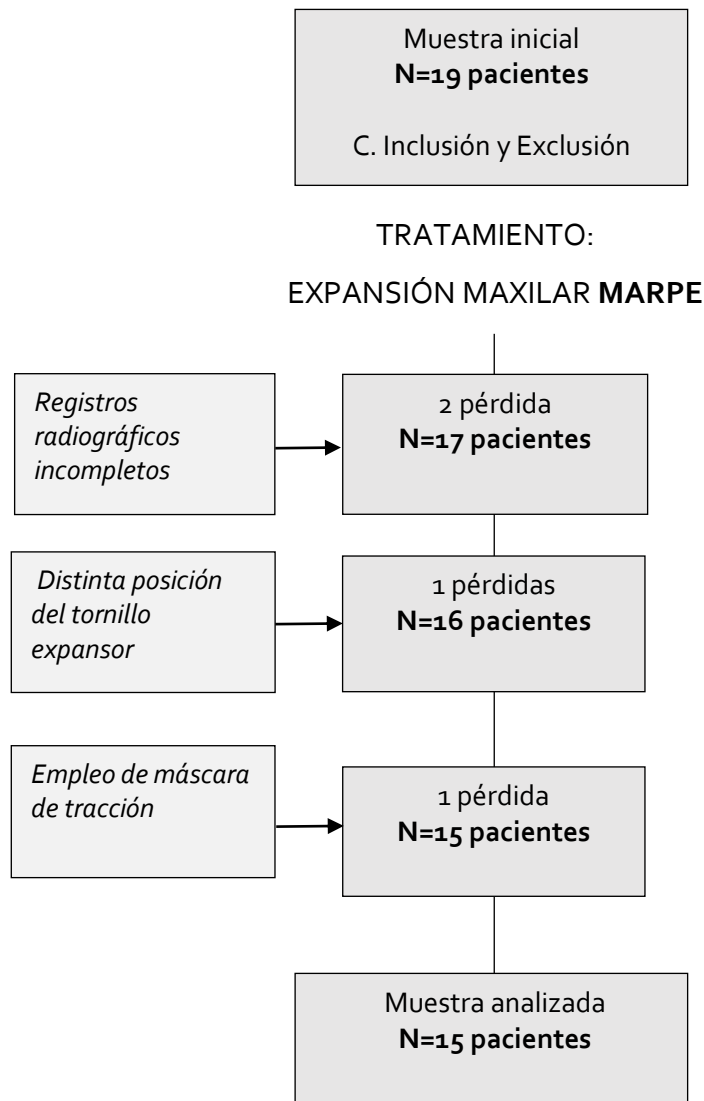


Figura 25: Diagrama de flujo de pérdidas de la muestra.

5.7. Fuentes de información.

- Recursos bibliográficos: búsqueda en las bases de datos electrónicas MEDLINE (vía PubMed), Scopus y Cochrane Database.
- Recursos físicos: registros radiográficos de CBCT (DICOM) y modelos digitalizados (STL) de cada paciente en dos momentos: pre y post-tratamiento (T1 y T2). Las imágenes digitales de los modelos de estudio se obtuvieron mediante el scanner intraoral iTero[®] Element 2 (Align Technology) y sus mediciones se realizaron con el software OrthoCAD[®] (OrthoCAD iCast Orthodontic 3D Digital Modeling Study of Align Technology, Inc.). Las mediciones radiográficas se realizaron mediante el software Anatomage[®] in Vivo 5.3. (i-CAT de Kavo).

5.7.1. Registros radiográficos de CBCT

Los registros radiográficos fueron recogidos de tres centros localizados en Sevilla: Facultad de Odontología de la Universidad de Sevilla (US), Centro de Radiología 3Dentac y COINSOL CLINIC. La US empleó el escáner radiográfico de Planmeca Promax[®] 3D de Sirona y los otros dos centros, emplearon el mismo escáner radiográfico: i-CAT[®] de Kavo modelo 1723 flat panel, estableciendo los mismos parámetros y calibración.

Se establecieron parámetros determinados para la toma de los CBCTs en los dos momentos T1 y T2 (CbctT1 y CbctT2, respectivamente). Para el scanner de Planmeca

Promax[®] 3D: 14 mA; 90KV; y un tiempo de exposición de 12 segundos, tamaño del voxel de 0.2 mm y un campo de visión de 8x8 FOV. A estos pacientes se les realizó una telerradiografía lateral de cráneo para la valoración del estado de maduración cervical. Para el scanner i-CAT[®] de Kavo:37mA; 120 kV; y 26 segundos de tiempo de escaneado, con un tamaño del voxel de 0.2 mm y un campo de visión de 10x14 cm FOV (cervicales incluidas). Los parámetros fueron seleccionados siguiendo el principio de ALARA con el objetivo de emplear la menor radiación posible con una afectación mínima de la calidad de la imagen. Para su realización el paciente se dispuso sentado, con la cabeza en posición natural orientando el plano de Frankfort paralelo al suelo, apoyando el mentón para evitar cualquier movimiento de la cabeza durante la toma de la radiografía. Los datos de cada paciente fueron reconstruidos con un grosor de corte de 0.5 mm. (173)

5.7.2. Registros de modelos

Se tomaron impresiones de alginato para la obtención de modelos de escayola de ambas arcadas en T1 y T2 (Mod1 y Mod2 respectivamente), posteriormente digitalizados con el escáner iTero[®] Element 2 comprobando que márgenes gingivales y cúspides tuvieran buena definición libres de poros o arrastres de la impresión.

Ambos registros en T2 se realizaron sin el disyuntor. En la misma visita se procedió a su retirada junto a los microtornillos de fijación, evitando posibles distorsiones en la imagen radiográfica y arrastres en el modelo, posteriormente de forma inmediata se procedió su colocación sin los microtornillos de fijación, bloqueando el tornillo expansor en la posición final alcanzada mediante una ligadura

de 0.12 mm para evitar posibles variaciones en la relación dental transversal alcanzada.

5.8. Aspectos ético-legales.

Este estudio de investigación se realizó conforme a los principios éticos para las investigaciones médicas con seres humanos, recogidos en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (AMM) actualizada en 2013, acorde a la Ley 14/2007, de Investigación Biomédica. Durante la recogida y análisis de datos, todos los registros fueron cegados respetando la confidencialidad y el anonimato, cumpliendo con la normativa estatal de Protección de Datos de carácter personal, Real Decreto 1720/2007 y la normativa europea Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo.

Los datos de carácter personal recogidos fueron tratados conforme al Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo del 27 de Abril del 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y al uso de los mismos, por lo que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento general de protección de datos), a la Ley Orgánica 3/2018, del 5 de diciembre, de Protección de Datos personales y garantía de los derechos digitales. Así mismo, se tomaron las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los datos personales utilizados.

El proyecto de investigación relativo a este trabajo fue aprobado por el Comité Coordinador de Ética de la Investigación Biomédica de Andalucía de los hospitales

universitarios Virgen Macarena-Virgen del Rocío, con un dictamen de resolución positiva en fecha del 14 de diciembre de 2020. (Anexo II). En el mismo, exponen que se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio, ajustándose a los principios éticos aplicables a este tipo de estudios, por lo que el Comité considera que dicho estudio puede ser realizado en los Centros de la Comunidad Autónoma de Andalucía que se relacionan.

5.9. Intervención sobre la muestra.

Cada uno de los participantes incluidos en el estudio fueron tratados con MARPE mediante el empleo de disyuntores óseo-dento soportados.

5.9.1. Confección y diseño del disyuntor

Todos los centros emplearon un mismo tipo de disyuntor confeccionado por un mismo laboratorio externo mediante la toma de impresión donde se posicionaron las bandas sobre los primeros molares superiores tomando una medida de arrastre. El disyuntor se confeccionó individualmente a partir de la radiografía y modelo inicial (Cbct1, Mod1), considerando: la altura del tornillo central de expansión y las longitudes de los microtornillos de fijación palatinos seleccionados según la anatomía palatina.

El diseño del disyuntor óseo-dentario constó de un tornillo de expansión MSE (Maxillary Skeletal Expander) diseñado por el Dr. Won Moon (11,81), del que emergían 4 brazos de acero inoxidable de 1.5 mm de diámetro, dos a nivel anterior y

dos a nivel posterior. Los brazos anteriores se extendieron de forma simétrica hacia la cara palatina de los primeros premolares superiores en su parte más cervical (sin apoyo), mientras que los posteriores se extendieron hasta la cara palatina de los primeros molares fijados a las bandas. El diseño se modificó mediante la colocación de unos brazos laterales de acero de 0.7 mm de grosor que conectaban con los brazos anteriores del disyuntor (Figura 26). El tornillo central presentó cuatro orificios de 1.8 mm de diámetro para la de inserción de los minitornillos de fijación empleados de 1.74 mm de diámetro y de 9, 11 y 13 mm de longitud (BMK modelo ACR de Recursos Médicos).



Figura 26: Disyuntor óseo-dentario.

5.9.2. Elección del tornillo de expansión

Para la selección del tornillo central de expansión (8, 10 o 12 mm de longitud) se consideró la anchura maxilar, y la expansión necesaria para la corrección transversal del maxilar.

5.9.3. Elección de los microtornillos de anclaje

Recibido el disyuntor, se comprobó su correcto posicionamiento sobre el modelo para así trasladar la posición exacta de las guías de inserción de los minitornillos. La longitud de los minitornillos se determinó mediante la suma de cuatro variables, con el objetivo de alcanzar la mayor adaptación palatina y anclaje del aparato:

1. Grosor de encía palatina: Anestesiada la zona, se realizó sondaje a hueso transgingival mediante una sonda periodontal calibrada (CPC-15, Hu-Friedy, Leinmen, Germany) en los puntos de interés.
2. Altura de hueso palatino: En el corte coronal del CBCT, se determinó la distancia desde la parte externa de la cortical palatina hasta el techo del suelo nasal en cada localización para un anclaje bicortical sin traspasar la cavidad (Figura 27).
3. Altura de la ranura de inserción: Todas midieron 2.2 mm.
4. Distancia de separación entre disyuntor y encía palatina: medida en el modelo mediante la sonda periodontal calibrada (CPC-15).

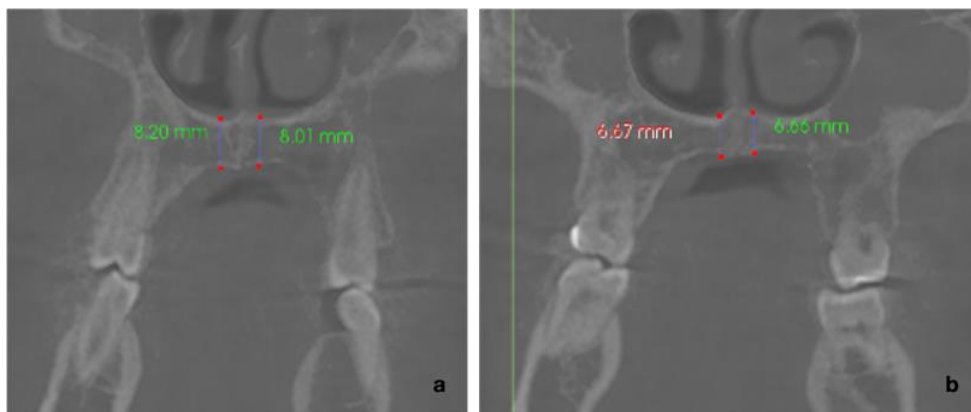


Figura 27: a. Medición de altura de hueso palatino a nivel del primer premolar
b. primer molar.

5.9.4. Colocación y activación del disyuntor

Para la colocación y activación consecutiva del disyuntor se procedió previamente a anestesiar el paladar (Articaína 1/100.000). Los pacientes realizaron enjuagues de Clorhexidina al 0.12 % durante un minuto y los minitornillos estériles quedaron sumergidos en la misma solución durante el periodo de preparación. El disyuntor se colocó centrado en el rafe palatino, con los orificios anteriores posicionados entre los primeros y segundos premolares y los más posteriores entre los segundos premolares y primeros molares superiores.

Los minitornillos fueron colocados con la ayuda de un contra ángulo (NSK iSD900 con adaptador SEB 12) a una fuerza de entre 15-20 N, finalizando su fijación de forma manual quedando totalmente fijado al arco palatino. Para su activación, se realizó una demostración al paciente y único tutor asignado, asegurando entendimiento para ambos sujetos. Cada paciente recibió una hoja con información sobre la secuencia de visitas, instrucciones de higiene y activación del expansor, registrando el número de vueltas realizadas (Anexo IV). El protocolo de activación empleado fue de 0.26 mm/día hasta conseguir la relación deseada, considerando la expansión planificada en cada caso en base compresión esquelética maxilar, a través de la diferencia de la anchura entre ambos maxilares (81). Esta diferencia expresada en milímetros indicó la cantidad de expansión necesaria, que se tradujo a un número de vueltas con relación de 0.26 mm por vuelta según sugieren los estudios correspondientes a la edad de la muestra. (64,65)

5.9.5. Seguimiento, visitas y tiempos de evaluación

El tiempo de intervención del estudio comprendió el periodo de la expansión maxilar desde la colocación hasta la corrección del problema transversal (determinado por la relación oclusal entre ambas arcadas donde la fosa de los molares superiores coincide con la cúspide de los inferiores), con revisiones cada 2 semanas por un mismo evaluador en los tres centros, quedando registrado el centro al que pertenece el paciente.

Resumen de secuencia de citas:

- Visita de selección (T1): Toma del primer registro radiográfico (Cbct1) y comprobación de osificación incompleta de la SMP por un único evaluador entrenado (B.S.M) (Figura 28). (41) Firma del consentimiento informado por el paciente o tutor en menores de 18 años. Profilaxis e instrucciones de higiene oral. Colocación de bandas en primeros molares. Toma de registros de impresiones (Mod1) y duplicado para la confección del disyuntor.

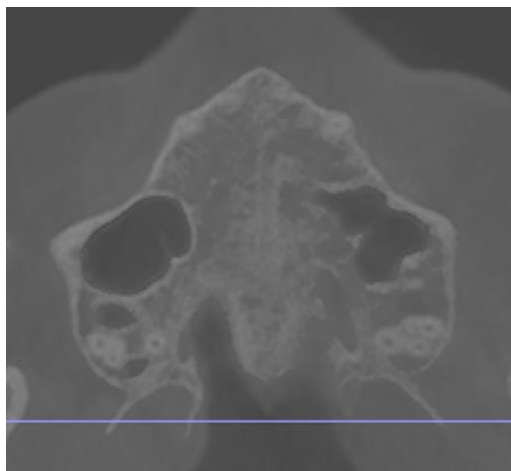


Figura 28: Corte axial del CBCT para valoración del estadio de maduración sutural.

- Primera Visita: Colocación y activación del disyuntor. Entrega de hoja.
- Segunda Visita y visitas consecutivas: Revisión a los 7 días de la colocación y cada 2 semanas hasta completar la expansión maxilar, verificando que la expansión conseguida era la adecuada y acorde a lo programado.
- Finalizada la expansión (T2): Retirada del disyuntor para la toma de registros post disyunción (Cbct2 y Mod2) y su colocación inmediata únicamente con las bandas (Figura 29). Recogida de hoja entregada.

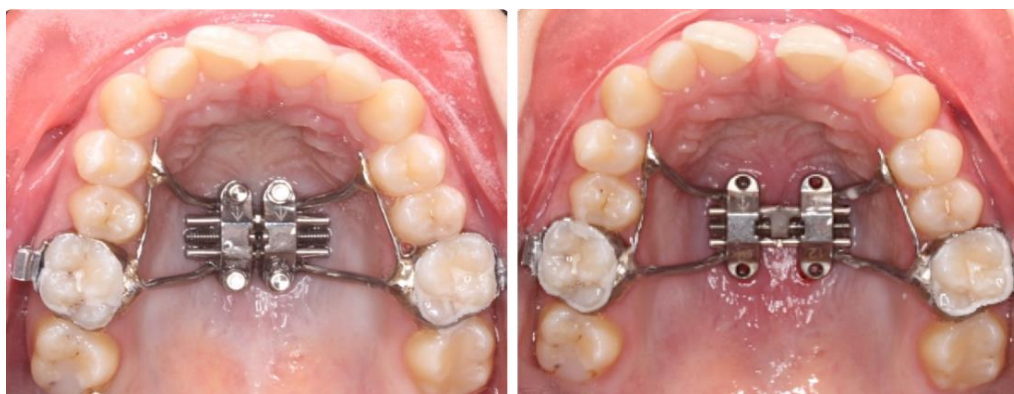


Figura 29: Situación inicial y final completada la disyunción. Retirada y recementado del disyunto para su retención.

5.9.6. Orientación y estandarización radiográfica de CBCT

Para asegurar que los cambios radiográficos evaluados fueron consecuencia únicamente del tratamiento de disyunción realizado, todas las radiografías (Cbct1, Cbct2) fueron estandarizadas reorientando las estructuras craneofaciales en los tres planos

del espacio (axial, sagital y coronal) a partir de puntos de referencias anatómicas preestablecidos (130) mediante el software in Vivo de Anatomage® 5.3, a una escala 1:1 y con un espesor de corte 0.5 mm, obteniendo imágenes comparables (Figura 30):

- Sección sagital (plano y): la cabeza del paciente se orientó con el plano palatino horizontal, tomando como referencia la espina nasal anterior y posterior (ENA-ENP).
- Sección axial (plano x): la imagen se orientó a lo largo de la SMP.
- Sección coronal (plano z): la imagen se orientó tangente al suelo nasal en su nivel más inferior, en el corte donde las raíces palatinas de los primeros molares maxilares se mostraban en su mayor longitud.



Figura 30. Orientación de las estructuras craneofaciales en los tres planos.

5.9.7. Creación de los cortes radiográficos de medición

Se tomaron puntos reproducibles en los tres dientes a evaluar a ambos lados (derecho e izquierdo): 1° y 2° premolar superior y 1° molar superior (1PM, 2PM y 1M) para la creación de cortes estandarizados validados. (197,198, 199)

- En el plano axial: Se identificaron a nivel de la furca del 1° molar superior para la evaluación de los dientes del lado correspondiente (Figura 31). (199)



Figura 31. Localización de la furca del primer molar superior para la selección del corte axial correspondiente.

- En el plano frontal o coronal: A nivel del 1° premolar y 1° molar, el corte se definió como el más anterior donde se mostrase la totalidad de la corona y longitud de la raíz palatina. A nivel del 2° premolar, el más anterior donde se observase la totalidad de la corona y raíz (Figura 32).

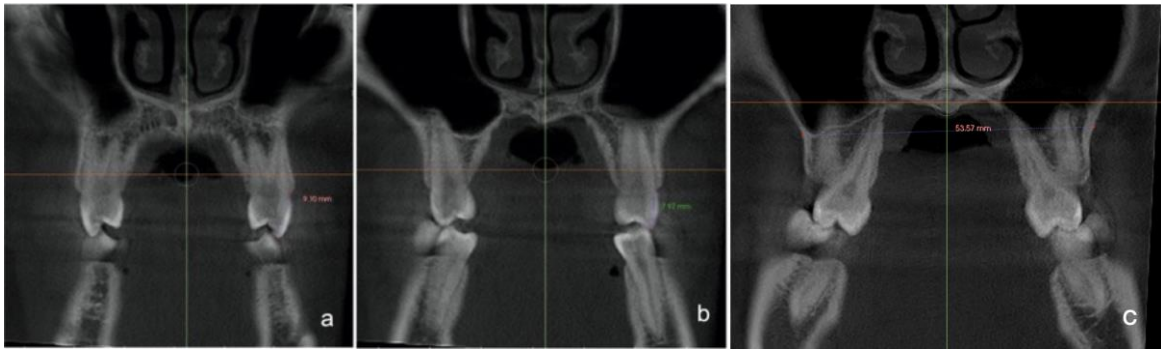


Figura 32. Corte coronal a. nivel del primer premolar. b. segundo premolar y c. primer molar superior del lado izquierdo.

5.9.8. Creación de modelos digitales

Los modelos digitales reales a partir del escaneado de los modelos de escayola con iTero[®] Element 2, con una exploración de alta resolución de 2 minutos por modelo, para la obtención de imágenes en archivos estereolitográficos (STL) con una precisión de 0.20 micras. Dichas imágenes fueron almacenadas con una codificación asignada que aseguraba su enmascaramiento.

5.9.9. Procesado y cuantificación de los modelos STL

Los modelos digitales en formato STL fueron importados al software informático analítico abierto OrthoCAD[®] de iTero[®] para la posterior realización de las mediciones digitales por un único examinador ciego calibrado (P.A.P). Previamente, cada modelo fue orientado en los tres planos del espacio (Figura 33), con el plano oclusal, la línea media y el rafe palatino para la visión lateral, frontal y oclusal respectivamente (Figura 34).

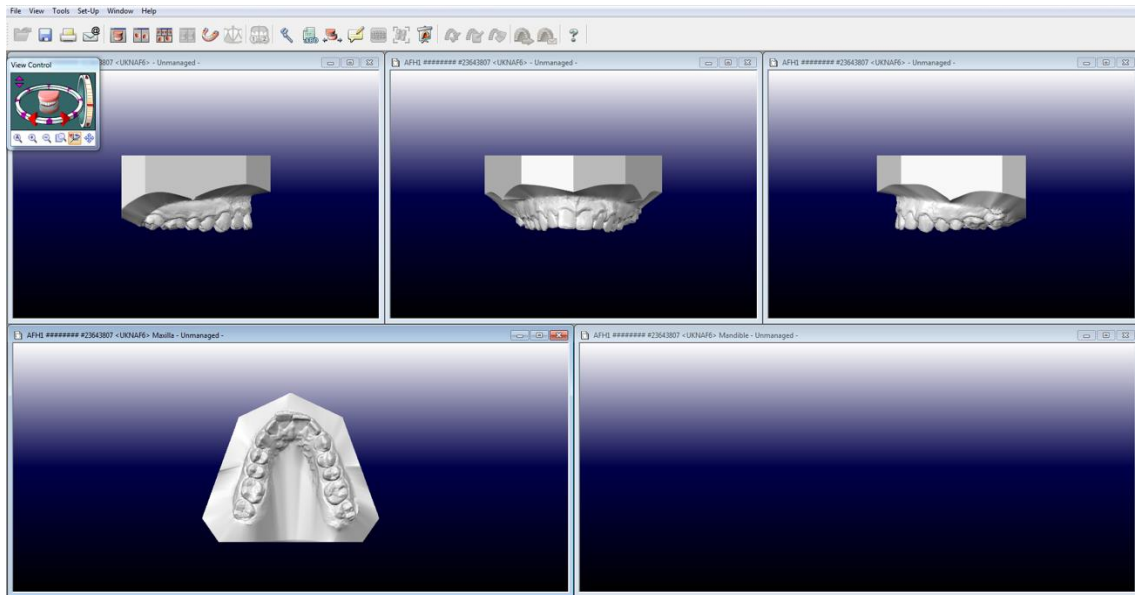


Figura 33: Orientación del modelo STL en los tres planos del espacio.

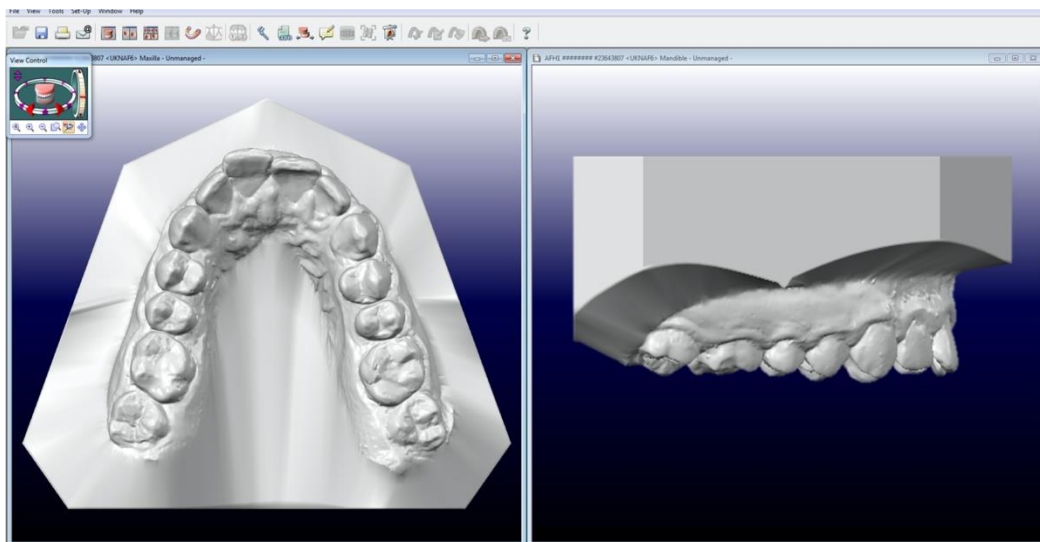


Figura 34. Modelo digital STL en su visión lateral y oclusal con el software Ortho CAD.

5.10. Variables del estudio.

5.10.1. Variables de información de la muestra

Variable	Definición conceptual	Definición operacional
Edad	Edad en momento de inicio de tratamiento (T1)	Cuantitativa continúa Años
Sexo	Sexo biológico del paciente	Cualitativa nominal dicotómica Femenino: 1 Masculino: 2
Mordida cruzada	Presencia de Mordida cruzada al inicio de tratamiento (T1) evaluada clínicamente	Cualitativa nominal dicotómica Presencia: 1 Ausencia: 2
Maduración Sutura Media palatina	Estadio de maduración de la SMP. (41) Evaluada en la visión axial, generando un corte en el plano horizontal que pasa por la mitad del hueso palatino, permitiendo la mejor visualización de la apertura de la sutura.	Cualitativa ordinal Estadio A:1 Estadio B:2 Estadio C:3 Estadio D:4 Estadio E:5 (Figura 28)
Maduración Esquelética	Maduración esquelética mediante la evaluación del estadio de maduración cervice vertebral (MCV). (79) Evaluado en la telerradiografía lateral de cráneo.	Cualitativa ordinal Estadio I:1 Estadio II:2 Estadio III:3 Estadio IV:4 Estadio V:5 Estadio VI:6 (Figura 17 y18)
Compresión Maxilar Déficit Transversal	Calculada mediante la diferencia entre la anchura maxilar y mandibular. (14,81)	Cuantitativa continúa Mm (Figura 20 a)

Maxilar		
Tiempo de expansión maxilar	Días desde primera activación hasta completar la expansión maxilar.	Cuantitativa continúa Días
Activaciones disyuntor	Número de vueltas realizadas en el disyuntor desde día de su colocación y activación hasta completar la corrección transversal del maxilar.	Cuantitativa continúa Vueltas/mm

Tabla 1. Variables de información de la muestra. Descripción conceptual y operacional.

El déficit transversal del maxilar fue analizado mediante la relación establecida entre las anchuras del maxilar y la mandíbula sobre el modelo inicial (Mod1). La anchura maxilar se definió como la distancia entre los puntos de mayor concavidad vestibular derecha e izquierda a nivel de las cúspides mesiovestibulares de los 1º molares superiores, y la anchura mandibular, como la distancia entre la cresta WALA derecha e izquierda a nivel del surco mesiovestibular de los 1º molares inferiores, donde la cresta WALA representa el punto más prominente del hueso alveolar vestibular. Este déficit transversal maxilar se calcula como la diferencia entre ambas anchuras, y representa la cantidad de expansión esquelética necesaria del paciente (Figura 20). (81)

5.10.2. Mediciones lineales y angulares radiográficas

Se evaluaron los cambios radiográficos tomográficos producidos tras MARPE en tres niveles: esquelético, dentoalveolar y dentario, mediante la comparación de las

mediciones lineales y angulares digitales realizadas en T1 y T2 (Cbct1 y Cbct2) en los dientes a estudiar (1PM, 2PM y 1M), a través las siguientes variables (Tabla 2 y 3):

a. Variables analizadas a nivel *esquelético*: **Anchura Nasal (AN), Anchura de la base Maxilar (AM), Apertura de la Sutura Palatina (ASP), Expansión Sutural Media (ESM), Expansión sutural del Suelo Nasal (SN) y Expansión sutural del Suelo Palatino (SP).**

Los cambios de la SMP se analizaron en un corte axial y coronal. En el corte axial, se evaluó la cantidad y el patrón de apertura en sentido anteroposterior (ASP). La expansión esquelética de la sutura se analizó en un corte coronal para la evaluación del patrón en sentido vertical o apicocoronal y su dimensión de su apertura a tres niveles: en el centro o altura media del paladar como Expansión Sutural Media (ESM), a nivel del Suelo Nasal (SN) y del Suelo Palatino (SP).

b. Variables analizadas a nivel *dentoalveolar*: **Anchura Maxilar Vestibular (AMV), Anchura Maxilar Palatina (AMP), Grosor de la Cortical Vestibular (GCV), Grosor de la Cortical Palatina (GCP), Nivel de la Cresta Ósea Alveolar Vestibular (NCOV) e Inclinación Alveolar Angular (IAA).**

c. Variables analizadas a nivel *dentario*: **Inclinación Dentaria (INCL) e Inclinación Dental Angular (IDA).**

La inclinación dental fue medida de 2 formas: respecto a su diente contralateral (INCL) y respecto a la línea vertical paralela al plano medio sagital (IDA).

Las mediciones radiográficas lineales y angulares fueron cercanas a 0.1 mm y 0.1 °, realizadas por un único examinador (P.S.M) ciego calibrado mediante el software In vivo Anatomage® 5.3 de i-Cat como se observan en las figuras de la tabla 3. Previamente, todos los registros fueron codificados para asegurar su enmascaramiento. La reproducibilidad intra-examinador fue evaluada mediante mediciones lineales repetidas de las variables analizadas sobre cuatro pacientes seleccionados aleatoriamente distanciadas 1 semana en un momento de evaluación.

d. Variables analizadas para el cálculo de expansión esquelética, dentoalveolar y dental: **Expansión sutural (ESM)** , **Anchura intermolar (AIM)** y **Anchura Maxilar Palatina (AMP)**.

Variables	Abreviatura	Medición
VARIABLES ESQUELÉTICAS	AN1	Anchura Nasal en T1
	AN2	Anchura Nasal en T2
	AM1	Anchura de la base Maxilar en T1
	AM2	Anchura de la base Maxilar en T2
	ASP1PM1	Apertura de la Sutura Palatina de 1PM en T1
	ASP1PM2	Apertura de la Sutura Palatina de 1PM en T2
	ASP2PM1	Apertura de la Sutura Palatina de 2PM en T1
	ASP2PM2	Apertura de la Sutura Palatina de 2PM en T2
	ASP1M1	Apertura de la Sutura Palatina de 1M en T1
	ASP1M2	Apertura de la Sutura Palatina de 1M en T2
	SN1	Expansión sutural de Suelo Nasal en T1
	SN2	Expansión sutural de Suelo Nasal en T2
	SP1	Expansión sutural de Suelo Palatino en T1
	SP2	Expansión sutural de Suelo Palatino en T2
	ESM1	Expansión Sutural Media en T1
	ESM2	Expansión Sutural Media en T2
VARIABLES DENTO	AMV1PM1	Anchura Maxilar Vestibular de 1PM en T1
	AMV1PM2	Anchura Maxilar Vestibular de 1PM en T2

ALVEOLARES	AMV2PM1	Anchura Maxilar Vestibular de 2PM en T1
	AMV2PM2	Anchura Maxilar Vestibular de 2PM en T2
	AMV1M1	Anchura Maxilar Vestibular de 1M en T1
	AMV1M2	Anchura Maxilar Vestibular de 1M en T2
	AMP1PM1	Anchura Maxilar Palatina de 1PM en T1
	AMP1PM2	Anchura Maxilar Palatina de 1PM en T2
	AMP2PM1	Anchura Maxilar Palatina de 2PM en T1
	AMP2PM2	Anchura Maxilar Palatina de 2PM en T2
	AMP1M1	Anchura Maxilar Palatina de 1M en T1
	AMP1M2	Anchura Maxilar Palatina de 1M en T2
	GCVD1PM1	Grosor Cortical Vestibular Derecha de 1PM en T1
	GCVD1PM2	Grosor Cortical Vestibular Derecha de 1PM en T2
	GCVD2PM1	Grosor Cortical Vestibular Derecha de 2PM en T1
	GCVD2PM2	Grosor Cortical Vestibular Derecha de 2PM en T2
	GCMVD1M1	Grosor Cortical de la raíz Mesiovestibular Derecha de 1M en T1
	GCMVD1M2	Grosor Cortical de la raíz Mesiovestibular Derecha de 1M en T2
	GCDVD1M1	Grosor Cortical de la raíz Distovestibular Derecha de 1M en T1

GCDVD1M2	Grosor Cortical de la raíz Distovestibular Derecha de 1M en T2
GCVI1PM1	Grosor Cortical Vestibular Izquierda de 1PM en T1
GCVI1PM2	Grosor Cortical Vestibular Izquierda de 1PM en T2
GCVI2PM1	Grosor Cortical Vestibular Izquierda de 2PM en T1
GCVI2PM2	Grosor Cortical Vestibular Izquierda de 2PM en T2
GCMVI1M1	Grosor Cortical de la raíz Mesiovestibular Izquierda de 1M en T1
GCMVI1M2	Grosor Cortical de la raíz Mesiovestibular Izquierda de 1M en T2
GCDVI1M1	Grosor Cortical de la raíz Distovestibular Izquierda de 1M en T1
GCDVI1M2	Grosor Cortical de la raíz Distovestibular Izquierda de 1M en T2
GCPD1PM1	Grosor Cortical Palatina Derecha de 1PM en T1
GCPD1PM2	Grosor Cortical Palatina Derecha de 1PM en T2
GCPD2PM1	Grosor Cortical Palatina Derecha de 2PM en T1
GCPD2PM2	Grosor Cortical Palatina Derecha de 2PM en T2
GCPD1M1	Grosor Cortical Palatina Derecha de 1M en T1
GCPD1M2	Grosor Cortical Palatina Derecha de 1M en T2
GCPI1PM1	Grosor Cortical Palatina Izquierda de 1PM en T1
GCPI1PM2	Grosor Cortical Palatina Izquierda de 1PM en T2

VARIABLES DENTO ALVEOLARES	GCPI2PM1	Grosor Cortical Palatina Izquierda de 2PM en T1
	GCPI2PM2	Grosor Cortical Palatina Izquierda de 2PM en T2
	GCPI1M1	Grosor Cortical Palatina Izquierda de 1M en T1
	GCPI1M2	Grosor Cortical Palatina Izquierda de 1M en T2
	NCOVD1PM1	Nivel de la Cresta Ósea Vestibular Derecha de 1PM en T1
	NCOVD1PM2	Nivel de la Cresta Ósea Vestibular Derecha de 1PM en T2
	NCOVD2PM1	Nivel de la Cresta Ósea Vestibular Derecha de 2PM en T1
	NCOVD2PM2	Nivel de la Cresta Ósea Vestibular Derecha de 2PM en T
	NCOVD1M1	Nivel de la Cresta Ósea Vestibular Derecha de 1M en T1
	NCOVD1M2	Nivel de la Cresta Ósea Vestibular Derecha de 1M en T2
	NCOVI1PM1	Nivel de la Cresta Ósea Vestibular Izquierda de 1PM en T1
	NCOVI1PM2	Nivel de la Cresta Ósea Vestibular Izquierda de 1PM en T2
	NCOVI2PM1	Nivel de la Cresta Ósea Vestibular Izquierda de 2PM en T1
	NCOVI2PM2	Nivel de la Cresta Ósea Vestibular Izquierda de 2PM en T2
	NCOVI1M1	Nivel de la Cresta Ósea Vestibular Izquierda de 1M en T1
	NCOVI1M2	Nivel de la Cresta Ósea Vestibular Izquierda de 1M en T2
IAAD1PM1	Inclinación Alveolar Angular Derecha de 1PM en T1	


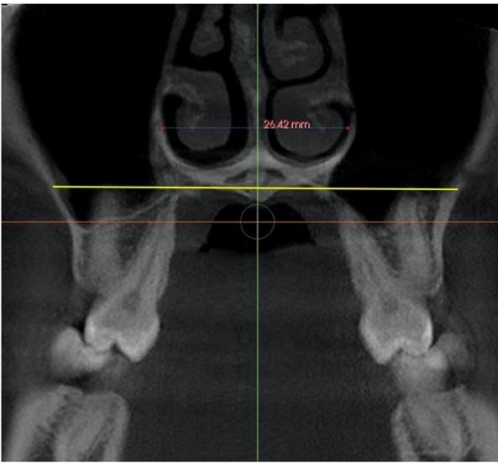
	IAAD1PM2	Inclinación Alveolar Angular Derecha de 1PM en T2
	IAAD2PM1	Inclinación Alveolar Angular Derecha de 2PM en T1
	IAAD2PM2	Inclinación Alveolar Angular Derecha de 2PM en T2
	IAAD1M1	Inclinación Alveolar Angular Derecha de 1M en T1
	IAAD1M2	Inclinación Alveolar Angular Derecha de 1M en T2
	IAAI1PM1	Inclinación Alveolar Angular Izquierda de 1PM en T1
	IAAI1PM2	Inclinación Alveolar Angular Izquierda de 1PM en T2
	IAAI2PM1	Inclinación Alveolar Angular Izquierda de 2PM en T1
	IAAI2PM2	Inclinación Alveolar Angular Izquierda de 2PM en T2
	IAAI1M1	Inclinación Alveolar Angular Izquierda de 1M en T1
	IAAI1M2	Inclinación Alveolar Angular Izquierda de 1M en T2
VARIABLES DENTARIAS	INCL1PM1	Inclinación dentaria de 1PM en T1
	INCL1PM2	Inclinación dentaria de 1PM en T2
	INCL2PM1	Inclinación dentaria de 2PM en T1
	INCL2PM2	Inclinación dentaria de 2PM en T2
	INCL1M1	Inclinación dentaria de 1M en T1
	INCL1M2	Inclinación dentaria de 1M en T2
	IDAD1PM1	Inclinación Dental Angular Derecha de 1PM en T1
	IDAD1PM2	Inclinación Dental Angular Derecha de 1PM en T2
	IDAD2PM1	Inclinación Dental Angular Derecha de 2PM en T1
	IDAD2PM2	Inclinación Dental Angular Derecha de 2PM en T2

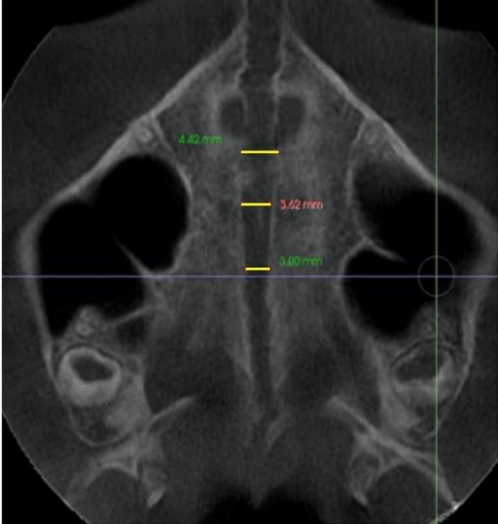
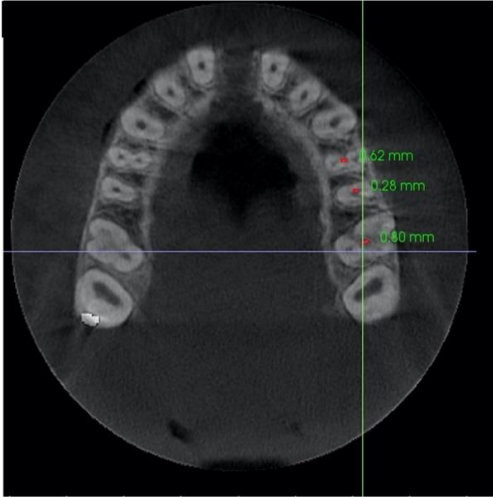
	IDAD1M1	Inclinación Dental Angular Derecha de 1M en T1
	IDAD1M2	Inclinación Dental Angular Derecha de 1M en T2
	IDAI1PM1	Inclinación Dental Angular Izquierda de 1PM en T1
	IDAI1PM2	Inclinación Dental Angular Izquierda de 1PM en T2
	IDAI2PM1	Inclinación Dental Angular Izquierda de 2PM en T1
	IDAI2PM2	Inclinación Dental Angular Izquierda de 2PM en T2
	IDAI1M1	Inclinación Dental Angular Izquierda de 1M en T1
	IDAI1M2	Inclinación Dental Angular Izquierda de 1M en T2

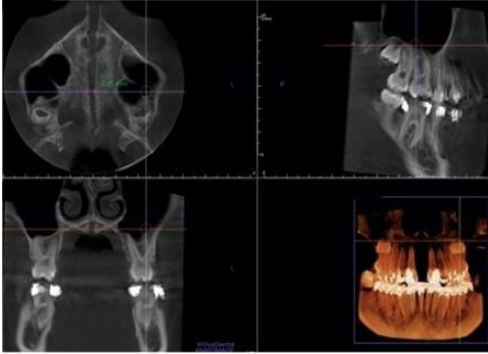

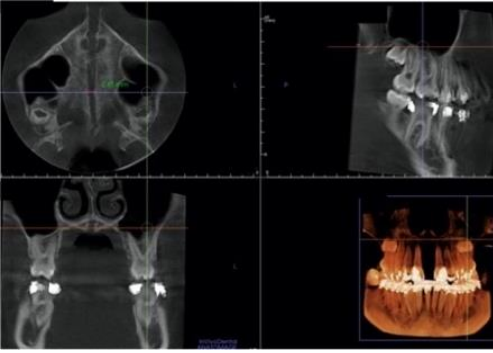
Tabla 2. Abreviatura de las variables radiográficas analizadas pre y post tratamiento.


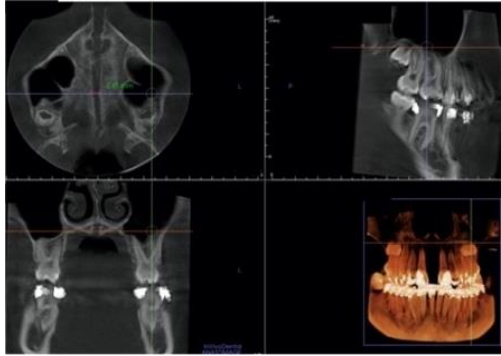
MEDICIONES LINEALES Y ANGULARES RADIOGRÁFICAS

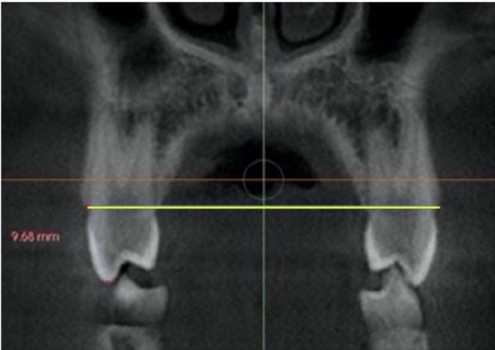
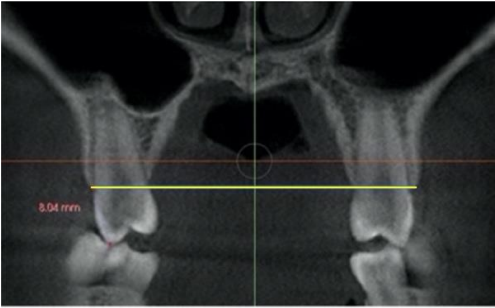
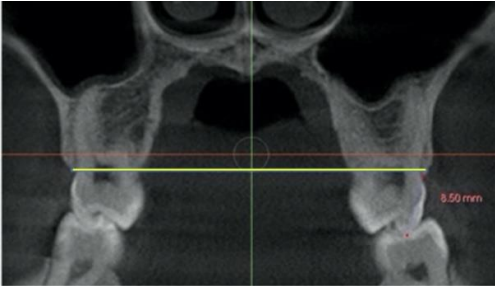
a. VARIABLES ANALIZADAS A NIVEL ESQUELÉTICO

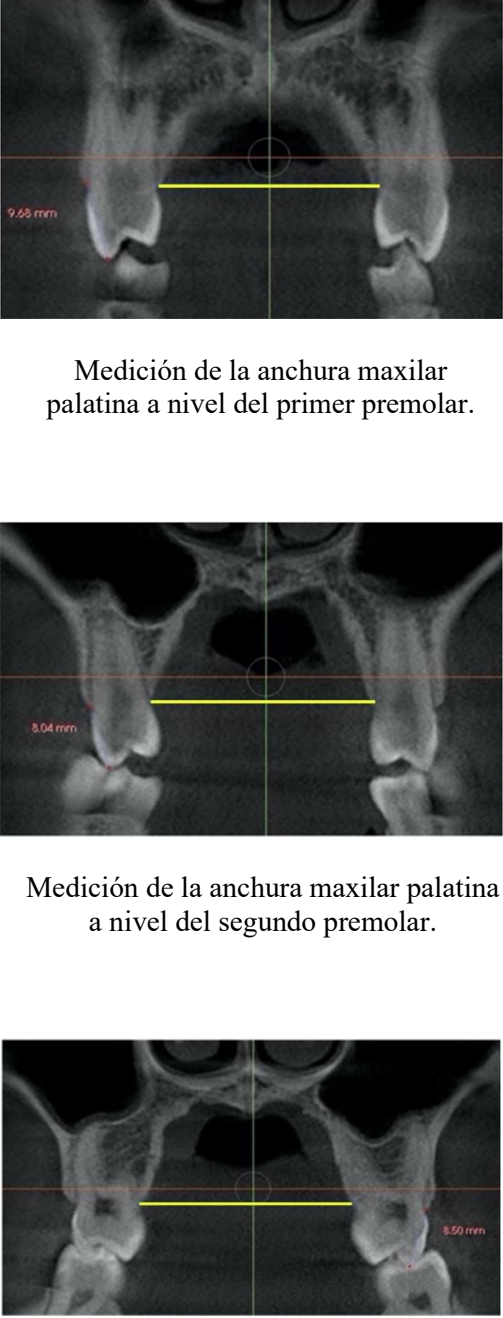
Variable Abreviatura	Descripción conceptual	Descripción operacional	Medición
Anchura Nasal AN	<p>Distancia entre los puntos nasolaterales derecho e izquierdo, definido como el punto más lateral de la cavidad nasal. Los puntos se unieron usando una línea paralela a la base para determinar el ancho máximo de la cavidad nasal. (197)</p> <p>Evaluada en el corte coronal, perpendicular al plano medio sagital, donde se visualiza la totalidad de la raíz palatina y corona del primer molar.</p>	<p style="text-align: center;">Cuantitativa continua Milímetros</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Medición Anchura nasal</p>	L i n e a l
Anchura de la base Maxilar AM	<p>Distancia entre las concavidades del hueso maxilar a nivel del primer molar del lado derecho e izquierdo. Se determinó el punto más inferior de la concavidad del contorno maxilar lateral. (197)</p> <p>Evaluada en el corte coronal, perpendicular al plano medio sagital, donde se visualiza la totalidad de la raíz palatina y corona del primer molar.</p>	<p style="text-align: center;">Cuantitativa continua Milímetros</p> <div style="text-align: center;">  </div>	Lineal

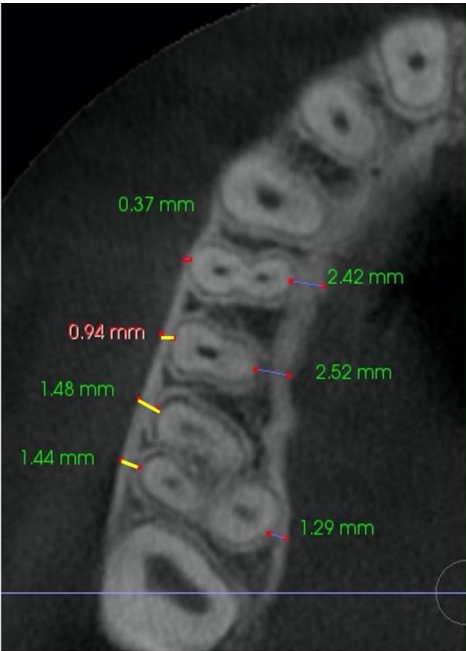
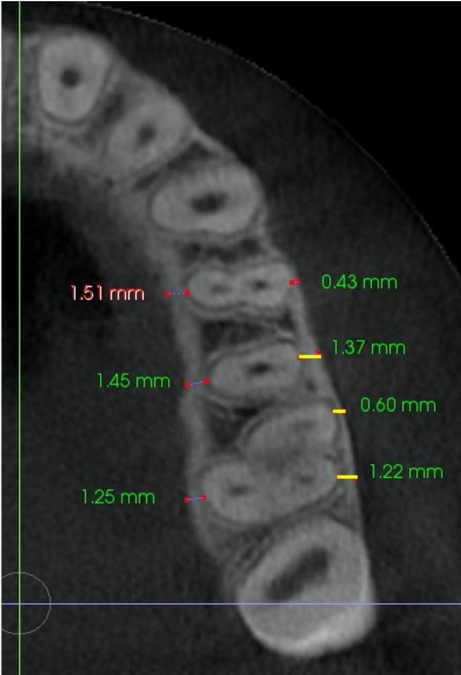
		Medición Anchura maxilar	
<p>Apertura de la Sutura Palatina</p> <p>ASP</p>	<p>Distancia entre los bordes externos de ambos maxilares derecho e izquierdo mediante el trazado de una línea recta, través del centro del paladar, a nivel de primer y segundo premolar y primer molar. (162)</p> <p>Evaluada en un corte transversal axial. Se identificaron y marcaron unos pequeños puntos de referencia a nivel de los premolares y primer molar en el corte transversal axial a través la furca del primer molar. Los bordes externos de la sutura se verificaron en el corte transversal coronal para cada posición probada, realizando la medición en el corte donde se visualice la sutura por completo en el corte más coronal seleccionado en la visión lateral.</p>	<p>Cuantitativa continúa Milímetros</p>  <p>Medición de la apertura de la sutura media palatina en el corte axial a nivel del primer y segundo premolar y el primer molar.</p> 	<p>Lineal</p>

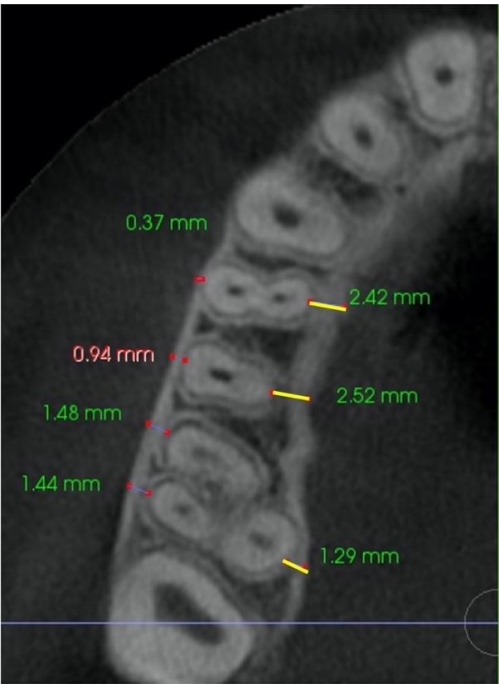
		 <p data-bbox="799 595 1278 725">Identificación de ambos premolares y primer molar en un corte transversal axial a través de la furca del primer molar.</p>	
<p data-bbox="134 831 288 994">Expansión sutural del Suelo Nasal SN</p>	<p data-bbox="320 831 746 994">Distancia entre los bordes externos de la sutura de ambos maxilares derecho e izquierdo mediante el trazando de una línea recta a nivel del suelo nasal. (162)</p> <p data-bbox="320 1070 746 1167">Evaluada en una visión transversal coronal a nivel de la mitad del primer molar.</p>	<p data-bbox="922 831 1177 898">Cuantitativa continúa Milímetros</p>  <p data-bbox="807 1391 1268 1451">Medición expansión sutural a nivel del suelo nasal.</p>  <p data-bbox="778 1888 1278 2018">Orientación de los puntos de referencia en el plano a. coronal y b. plano axial. Visión transversal coronal a nivel de la mitad del primer molar.</p>	<p data-bbox="1382 831 1458 864">Lineal</p>

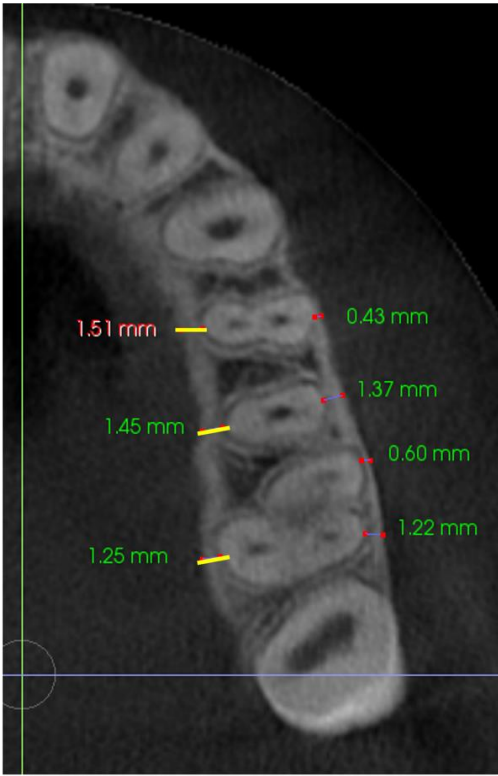

<p>Expansión sutural del Suelo Palatino</p> <p>SP</p>	<p>Distancia entre los bordes externos de la sutura de ambos maxilares derecho e izquierdo, mediante el trazando de una línea recta a nivel del suelo palatino. (162)</p> <p>Evaluada en un corte transversal coronal a nivel de la mitad del primer molar.</p>	<p>Cuantitativa continúa Milímetros</p>  <p>Medición expansión sutural a nivel del suelo palatino.</p>  <p>Orientación de los puntos de referencia en el plano a. coronal y b. plano axial. Visión transversal coronal a nivel de la mitad del primer molar.</p>	<p>Lineal</p>

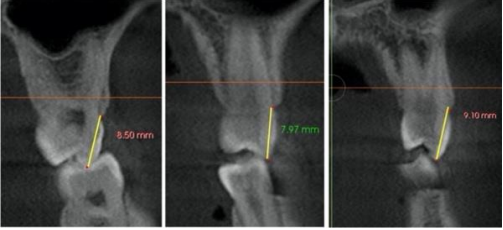

b. VARIABLES ANALIZADAS A NIVEL DENTOALVEOLAR-PERIODONTAL			
Variable Abreviatura	Descripción conceptual	Descripción operacional	Medición
<p>Anchura Maxilar Vestibular</p> <p>AMV</p>	<p>Distancia entre el punto más prominente la cresta ósea vestibular derecha e izquierda, evaluado a nivel del primer y segundo premolar y el primer molar superior. (197)</p> <p>Evaluado en la vista coronal, perpendicular al plano medio sagital. En el primer corte coronal anterior donde se muestra el centro de la raíz en los premolares y la totalidad de la raíz palatina y la corona del primer molar.</p>	<p style="text-align: center;">Cuantitativa continua Milímetros</p> <div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;">Medición de la Anchura maxilar vestibular a nivel del primer premolar.</p>  <p style="text-align: center;">Medición de la Anchura maxilar vestibular a nivel del segundo premolar.</p>  <p style="text-align: center;">Medición de la Anchura maxilar vestibular a nivel del primer molar.</p> </div>	<p>Lineal</p>


<p>Anchura Maxilar Palatina</p> <p>AMP</p>	<p>Distancia entre el punto más prominente de la cresta ósea palatina derecha e izquierda evaluado a nivel del primer y segundo premolar y el primer molar superior. (162,197)</p> <p>Evaluado en la vista coronal, perpendicular al plano medio sagital. En el primer corte coronal anterior donde se muestra el centro de la raíz en premolares y la totalidad de la raíz palatina y la corona del primer molar.</p>	<p>Cuantitativa continúa</p> <p>Milímetros</p>  <p>Medición de la anchura maxilar palatina a nivel del primer premolar.</p> <p>Medición de la anchura maxilar palatina a nivel del segundo premolar.</p> <p>Medición de la anchura maxilar palatina a nivel del primer molar.</p>	<p>Lineal</p>
--	--	--	---------------

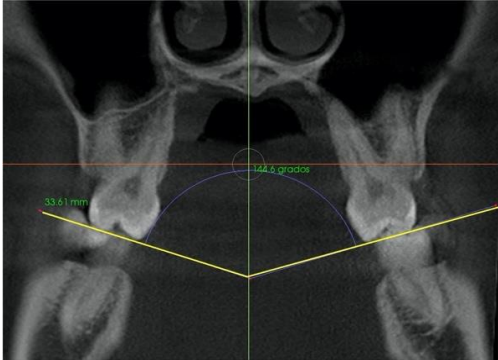
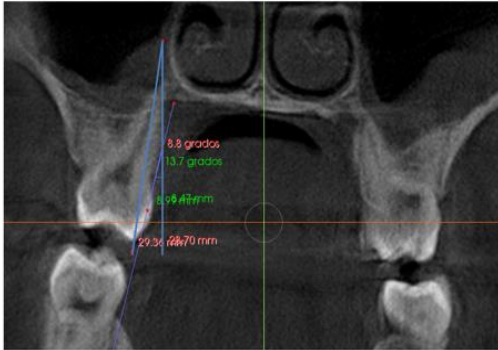
<p>Grosor Cortical Vestibular</p> <p>GCV</p>	<p>Distancia desde el borde externo de la cortical vestibular al centro de la raíz del primer y segundo premolar superior, y desde el borde externo de la cortical vestibular hasta el centro de las raíces mesiovestibular y distovestibular del primer molar superior. (197,198,199)</p> <p>Evaluadas en ambos lados: derecho (D) e izquierdo (I), en un corte axial, paralelo al plano palatino, a nivel de la furca del primer molar superior derecho para mediciones en lado derecho y a nivel de la furca del primer molar superior izquierdo para mediciones en lado izquierdo.</p>	<p style="text-align: center;">Cuantitativa continúa Milímetros</p>  <p style="text-align: center;">Medición del grosor de la cortical vestibular a nivel del primer y segundo premolar y el primer molar superior del lado derecho.</p>  <p style="text-align: center;">Medición del grosor de la cortical vestibular a nivel del primer y segundo premolar y el primer molar superior del</p>	<p style="text-align: center;">Lineal</p>
--	--	--	---

		lado izquierdo.	
Grosor Cortical Palatina GCP	<p>Distancia desde el borde externo de la cortical palatina al centro de la cara palatina de la raíz del primer y segundo premolar superior, y hasta el centro de la raíz palatina del primer molar superior. (197,198,199)</p> <p>Evaluadas a ambos lados: derecho (D) e izquierdo (I), en un corte axial, paralelo al plano palatino, a nivel de la furca del primer molar superior derecho para mediciones en lado derecho y a nivel de la furca del primer molar superior izquierdo para mediciones en lado izquierdo.</p>	<p>Cuantitativa continúa Milímetros</p>  <p>Medición del grosor de la cortical palatina a nivel del primer y segundo premolar y el primer molar superior del lado derecho.</p>	Lineal

		 <p>Medición del grosor de la cortical palatina a nivel del primer y segundo premolar y el primer molar superior del lado izquierdo.</p>	
<p>Nivel de la Cresta Ósea Alveolar Vestibular NCOV</p>	<p>Distancia vertical desde la cresta ósea vestibular a la punta de la cúspide vestibular para ambos premolares y hasta la cúspide mesiovestibular para el primer molar superior. (80)</p> <p>Evaluadas a ambos lados: derecho (D) e izquierdo (I), en un corte coronal, perpendicular al plano mediosagital, tomando el primer corte anterior donde se muestre el centro de la raíz en premolares y la totalidad de la raíz palatina y la</p>	<p>Cuantitativa continua Milímetros</p>  <p>Medición del nivel de la cresta ósea alveolar vestibular a nivel del primer y segundo premolar y primer molar superior del lado derecho.</p>	<p>Lineal</p>

	<p>corona del primer molar.</p>	 <p>Medición del nivel de la cresta ósea alveolar vestibular a nivel del primer y segundo premolar y el primer molar superior del lado izquierdo.</p>	
<p>Inclinación Alveolar Angular IAA</p>	<p>Ángulo formado entre la tangente al hueso alveolar palatino y la línea vertical paralela al plano mediano sagital. (199)</p> <p>Evaluadas a ambos lados: derecho (D) e izquierdo (I), en un corte coronal, perpendicular al plano mediano sagital, tomando el primer corte anterior donde se muestra el centro de la raíz de los premolares y la totalidad de la raíz palatina y la corona del primer molar.</p>	<p>Cuantitativa continua Grados sexagesimales</p>  <p>Medición de la inclinación angular del hueso alveolar a nivel del primer molar superior del lado derecho.</p> <p>Medición de la inclinación angular</p>	<p>Angular</p>

		del hueso alveolar a nivel del primer molar superior del lado izquierdo.	
c. VARIABLES ANALIZADAS A NIVEL DENTARIO			
Variable Abreviatura	Descripción conceptual	Descripción operacional	Medición
Inclinación dental INCL	<p>Ángulo formado por la intersección de dos tangentes que pasan por las cúspides vestibular y palatina de ambos premolares a su diente contralateral y por la cúspide mesiovestibular y mesiopalatina del primer molar superior a su contralateral. (163)</p> <p>En el primer corte anterior coronal donde se muestra la totalidad de la corona y raíz de los premolares y, la totalidad de la raíz palatina y la corona del primer molar superior.</p>	<p>Cuantitativa continua Grados sexagesimales</p>  <p>Medición de la inclinación dentaria a nivel del primer premolar superior.</p> <p>Medición de la inclinación dentaria a nivel del segundo premolar superior.</p>	Angular

		 <p data-bbox="820 786 1262 853">Medición de la inclinación dentaria a nivel del primer molar.</p>	
<p data-bbox="134 969 292 1144">Inclinación dental angular IDA</p>	<p data-bbox="320 969 751 1196">Ángulo formado entre la intersección de la línea que pasa por la cúspide y ápice de la raíz palatina del diente correspondiente y la línea vertical paralela al plano medio sagital. (199)</p> <p data-bbox="320 1368 751 1704">Evaluada en ambos lados: derecho (D) e izquierdo (I), en un corte coronal, perpendicular al plano mediosagital, tomando el primer corte anterior donde se muestra la corona y centro de la raíz de ambos premolares y la totalidad de la raíz palatina y la corona del primer molar superior.</p>	<p data-bbox="900 976 1171 1043">Cuantitativa continúa Grados sexagimales</p>  <p data-bbox="815 1514 1241 1608">Medición del ángulo de inclinación dental a nivel del molar superior del lado derecho.</p>	<p data-bbox="1369 976 1469 1003">Angular</p>


			
		<p>Medición ángulo de inclinación dental a nivel del primer molar superior del lado izquierdo.</p>	

Tabla 3. Variables radiográficas y descripción de las mediciones realizadas a nivel esquelético, dentoalveolar y dental.

La *expansión total* (ET) se definió como la diferencia de la anchura intermolar (AIM) entre los dos periodos de tiempo establecidos T1 y T2 (AIM2-AIM1), siendo la distancia entre las cúspides palatinas de los primeros molares derecho e izquierdo medida en el centro del 1º molar en un corte coronal. Ésta se compone de una parte *esquelética/ortopédica*: expansión sutural media (ESM), alcanzada por la separación de las dos mitades maxilares a través de la SMP y otra parte *dentoalveolar/ortodóncica*, que incluye la flexión del hueso alveolar e inclinación dental. De acuerdo con el método propuesto por Ngan y cols. (162) en un mismo corte transversal coronal se establecieron: la anchura intermolar (AIM), la expansión sutural media (ESM) y la anchura maxilar palatina (AMP) (Tabla 4 y 5), a partir de las cuales se calculó la expansión: esquelética, dentoalveolar y dental mediante la fórmula matemática:

ET (AIM2-AIM1) = Expansión esquelética (ESM) + Expansión dentoalveolar (flexión del hueso alveolar + inclinación dental).

La Expansión esquelética correspondió a la expansión sutural media (ESM) alcanzada, determinada a partir de la diferencia en los dos tiempos de evaluación (ESM2-ESM1).

La flexión del hueso alveolar se definió como cualquier expansión alveolar adicional a la separación sutural y su cálculo se determinó mediante la resta del cambio de expansión sutural media (ESM) a la anchura maxilar palatina (AMP):

$$\text{Flexión del hueso alveolar (FA)} = \text{AMP} - (\text{ESM2} - \text{ESM1})$$

El cambio de la flexión del hueso alveolar fue medido a través de la diferencia de grados (T2-T1) de la inclinación alveolar angular (IAA) en un corte coronal de los dientes evaluados. Un cambio positivo indicó una flexión en dirección vestibular.

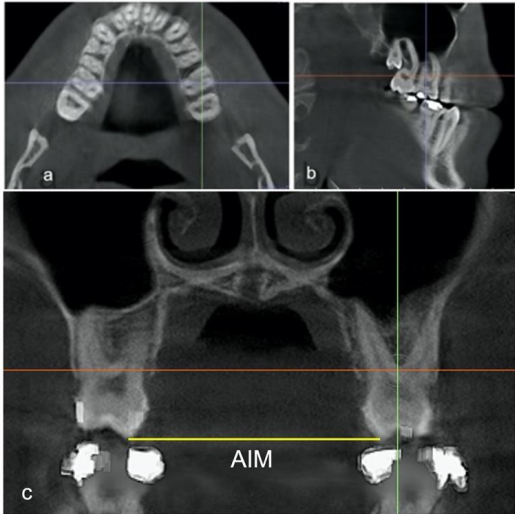
La inclinación dental o tipping, se definió como la diferencia de grados (T2-T1) de la inclinación dental angular (IDA) en un corte coronal de los dientes evaluados. Un cambio positivo en la IDA indicó un movimiento en dirección vestibular.

$$\text{INCLD: ET} - [(\text{ESM2} - \text{ESM1}) + (\text{FA2} - \text{FA1})]$$

Abreviatura	Medición
AIM1	Anchura Intermolar en T1
AIM2	Anchura Intermolar en T2

ESM1	Expansión Sutural Media en T1
ESM2	Expansión Sutural Media en T2
AMP1	Anchura Maxilar Palatina en T1
AMP2	Anchura Maxilar Palatina en T2

Tabla 4. Nomenclatura de las variables radiográficas analizadas para el cálculo de expansión.

VARIABLES ANALIZADAS PARA EL CÁLCULO DE LA EXPANSIÓN ESQUELÉTICA, DENTOALVEOLAR Y DENTAL			
Variable Abreviatura	Descripción conceptual	Descripción operacional	Medición
Anchura Intermolar AIM	<p>Distancia horizontal entre la punta de la cúspide palatina del primer molar derecho e izquierdo. (162)</p> <p>Evaluada en un corte transversal coronal, a nivel de la furca en la mitad del primer molar: Orientación de las referencias: a. en el plano axial; b. en el plano sagital; y c. en el plano coronal.</p>	<p>Cuantitativa continua Milímetros</p>  <p>Medición de anchura intermolar. Orientación y detección de la furca en la mitad del primer molar.</p>	Lineal

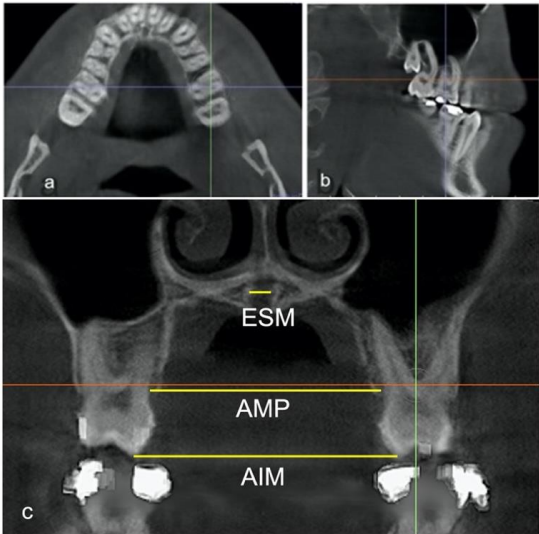
<p>Anchura Maxilar Palatina</p> <p>AMP</p>	<p>Distancia horizontal entre los bordes externos derecho e izquierdo del hueso maxilar palatino, a nivel de la furca en la mitad del primer molar. (162)</p> <p>Evaluada en un corte transversal coronal, a nivel de la furca en la mitad del primer molar: Orientación de las referencias: a. en el plano axial; b. en el plano sagital; y c. en el plano coronal.</p>	<p>Cuantitativa continúa</p> <p>Milímetros</p>  <p>Medición de anchura maxilar palatina.</p>	<p>Lineal</p>
--	--	--	---------------

Tabla 5. Variables y descripción de las mediciones radiográficas analizadas para el cálculo de la expansión esquelética, dentoalveolar y dental.

5.10.3. Mediciones lineales sobre modelo digital

A su vez los cambios dentales y gingivales generados tras la MARPE fueron evaluados mediante la comparación de las mediciones realizadas sobre modelos tridimensionales digitales a nivel de los primeros y segundos premolares y primeros molares superiores en los tiempos de evaluación T1 y T2 (ModT1 y ModT2) a través de las variables: **Anchura Cuspídea Palatina (ACP)**, **Anchura Gingival Palatina (AGP)** y **Atura de la Corona Clínica (ACC)** (Tablas 6 y 7). En la vista oclusal se analizó la **ACP** y la **AGP**, y desde una vista lateral la **ACC** para el lado correspondiente.

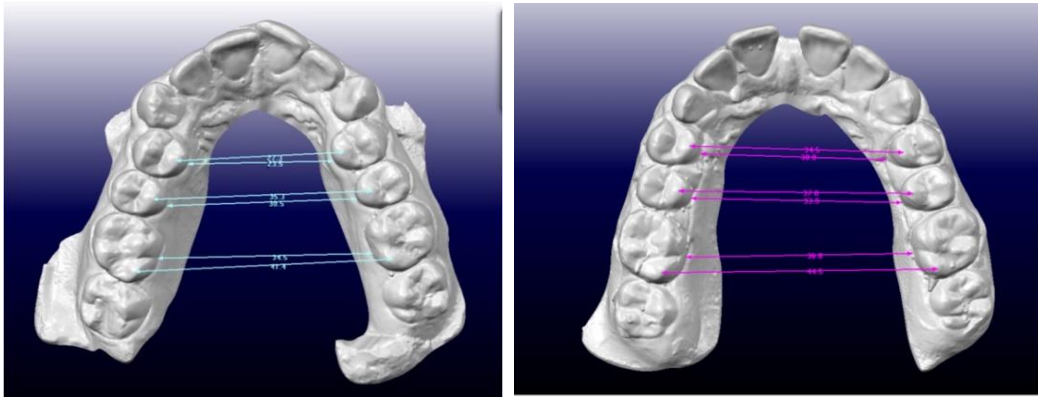
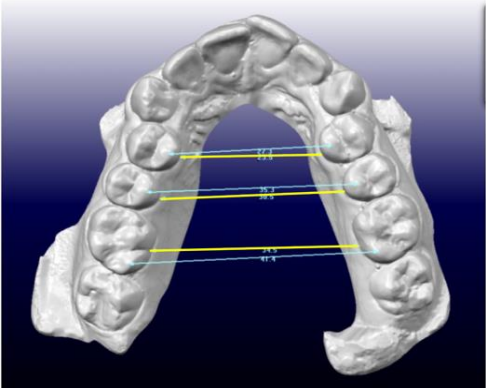


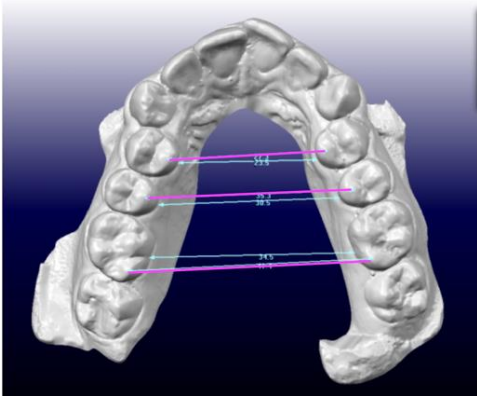
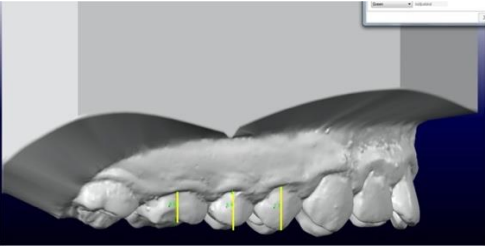
Figura 35: Mediciones lineales de Anchura Cuspídea Palatina y Anchura Gingival Palatina sobre modelo digital mediante software OrthoCAD®.

Abreviatura	Medición
AGP1PM1	Anchura Gingival Palatina de 1PM en T1
AGP1PM2	Anchura Gingival Palatina de 1PM en T2
AGP2PM1	Anchura Gingival Palatina de 2PM en T1
AGP2PM2	Anchura Gingival Palatina de 2PM en T2
AGP1M1	Anchura Gingival Palatina de 1M en T1
AGP1M2	Anchura Gingival Palatina de 1M en T2
ACP1PM1	Anchura Cuspídea Palatina de 1PM en T1
ACP1PM2	Anchura Cuspídea Palatina de 1PM en T2
ACP2PM1	Anchura Cuspídea Palatina de 2PM en T1
ACP2PM2	Anchura Cuspídea Palatina de 2PM en T2
ACP1M1	Anchura Cuspídea Palatina de 1M en T1
ACP1M2	Anchura Cuspídea Palatina de 1M en T2
ACCD1PM1	Altura de Corona Clínica Derecha de 1PM en T1

ACCD1PM2	Altura de Corona Clínica Derecha de 1PM en T2
ACCD2PM1	Altura de Corona Clínica Derecha de 2PM en T1
ACCD2PM2	Altura de Corona Clínica Derecha de 2PM en T2
ACCD1M1	Altura de Corona Clínica Derecha de 1M en T1
ACCD1M2	Altura de Corona Clínica Derecha de 1M en T2
ACCI1PM1	Altura de Corona Clínica Izquierda de 1PM en T1
ACCI1PM2	Altura de Corona Clínica Izquierda de 1PM en T2
ACCI2PM1	Altura de Corona Clínica Izquierda de 2PM en T1
ACCI2PM2	Altura de Corona Clínica Izquierda de 2PM en T2
ACCI1M1	Altura de Corona Clínica Izquierda de 1M en T1
ACCI1M2	Altura de Corona Clínica Izquierda de 1M en T2

Tabla 6. Nomenclatura de las variables analizadas sobre modelo STL.

MEDICIONES LINEALES SOBRE MODELO DIGITAL			
Variable Abreviatura	Descripción conceptual	Descripción operacional	Medición
Anchura Gingival Palatina AGP	Distancia desde el centro del margen gingival palatino del diente de interés a su contralateral en una visión oclusal. (163)	Cuantitativa Continua expresada en mm 	Lineal

		Medición de la anchura gingival palatina a nivel de los dientes de interés.	
<p>Anchura Dentaria Cuspídea Palatina</p> <p>ACP</p>	<p>Distancia desde el centro de la cúspide palatina del primer y segundo premolar a su contralateral, y entre las cúspides distopalatinas del primer molar en una visión oclusal. (163)</p>	<p>Cuantitativa Continua expresada en mm.</p>  <p>Medición de la anchura cuspídea palatina a nivel de los dientes de interés.</p>	Lineal
<p>Altura de Corona Clínica</p> <p>ACC</p>	<p>Distancia desde la cúspide vestibular al centro del margen gingival a nivel del primer y segundo premolar; y desde la mitad de la cara vestibular de la corona al centro del margen gingival en el primer molar. (43)</p>	<p>Cuantitativa Continua expresada en mm</p>  <p>Medición de la altura de corona clínica a nivel de los dientes de interés del lado izquierdo.</p>	Lineal

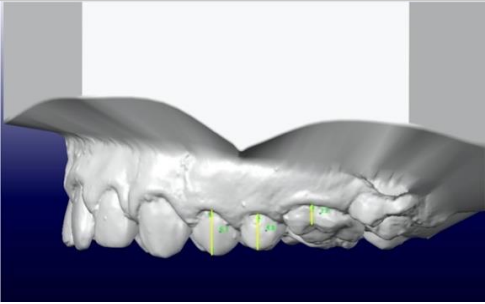
		 <p data-bbox="774 560 1260 660">Medición de la altura de corona clínica a nivel de los dientes de interés del lado derecho.</p>	
--	--	--	--

Tabla 7. Variables y mediciones analizadas sobre el modelo STL con OrthoCAD®.

6.

ANÁLISIS DE

DATOS

6. ANÁLISIS DE DATOS.

Con la definición operativa de las variables analizadas se creó una base de datos recogidas en formato Excel que posteriormente fueron exportadas al paquete estadístico SPSS IBM 26 con el que se efectuó el análisis de datos.

6.1. Concordancia intra-observador.

Todas las mediciones fueron realizadas por dos examinadores ciegos calibrados en pre y post tratamiento (T1 y T2). Un examinador (P.S.M) realizó todas las mediciones radiográficas (Cbct1 y Cbct2) con el software In vivo Anatomage® 5.3 de i-Cat y otro (P.A.P) sobre modelo (Mod1 y Mod2) con el software OrthoCAD.

La reproducibilidad intra-examinador fue evaluada para cuantificar el error de medición intra-observador mediante mediciones lineales repetidas de todas las variables analizadas sobre cuatro pacientes seleccionados aleatoriamente distanciadas 1 semana en un momento de evaluación (T1). Previamente a la recogida de datos, cada examinador realizó de forma ciega e individualizada dichas mediciones, lo que supuso un total de 178 mediciones radiográficas y 24 mediciones sobre modelos realizadas por paciente. La concordancia intra-observador se analizó mediante el coeficiente de correlación intraclase (CCI).

Este coeficiente, una vez cumplidos los requisitos para su aplicación, determina el promedio de las correlaciones entre todas las posibles ordenaciones de los pares de observaciones disponibles, estimando que la proporción de la variabilidad total se debe a la variabilidad de los sujetos. Sus valores oscilan entre 0 y 1, de modo que se obtiene la máxima concordancia cuando el CCI=1.

El coeficiente de correlación intraclase (CCI):

- CCI=1, indica que la variabilidad observada se explica por las diferencias entre los individuos y no por la diferencia entre los observadores.
- CCI=0, indica que la concordancia observada es igual a la esperada por azar.

Los valores observados por encima de 0.9 son considerados como una muy buena correlación; siendo buena cuando se encuentran entre 0.9 y 0.7; moderada entre 0.7 y 0.5; mediocre entre 0.5 y 0.3; y mala o nula cuando los valores son inferiores a 0.3 mm.

6.2. Análisis exploratorio.

Se realizó una exploración de los datos para identificar valores atípicos y o aberrantes. Dicho análisis se efectuó para la totalidad de la muestra estudiada, así como para los diferentes grupos generados.

6.3. Análisis descriptivo.

Las variables de tipo cualitativo (sexo, presencia de mordida cruzada, maduración esquelética y estadio de maduración sutural) fueron descritas mediante tablas de distribuciones de frecuencias (N) y porcentaje (%). Las de tipo cuantitativas o numéricas (edad, cantidad de compresión esquelética, tiempo de expansión, número de vueltas realizadas, mediciones radiográficas a *nivel esquelético*: **AN, AM, ASP, SN, SP** y **SEM**; a *nivel dentoalveolar*: **AMV, AMP, GCV, GCP, NCOV, IAA**; y a *nivel dentario*: **INCL** e **IDA**; otras mediciones radiográficas empleadas para el cálculo

de expansión esquelética, dentoalveolar y dentaria: **AIM, ESM, AMP**; y las mediciones sobre modelos digitalizados: **ACP, AGP y ACC**) se resumieron mediante medidas de centralización y dispersión. Para aquellas variables que presentaron una distribución simétrica, se empleó la media y la desviación típica: \bar{x} (DE), mientras que para aquellas que presentaron una distribución muy asimétrica, se empleó la mediana y recorrido intercuartílico: Me (P₂₅, P₇₅). Se obtuvieron estimadores puntuales e intervalos de confianza al 95% (IC 95%) para promedios y porcentajes.

Para todos los contrastes estadísticos se estableció el nivel de significación estadística para un valor de $p < 0.05$ y un intervalo de confianza del 95%.

6.4. Análisis inferencial bivalente.

Para evaluar el cambio de las variables numéricas entre los dos momentos (T1 y T2) se realizó la *t de Student* para datos apareados una vez validados los requisitos de aleatoriedad y normalidad. En caso de no cumplir el requisito de normalidad (*test de Shapiro Wilks*) se aplicó la prueba no paramétrica con el *test de Wilcoxon*.

Para comparar las medias entre dos grupos independientes se realizó el test de *t de Student*, para datos independientes una vez validados los requisitos de aleatoriedad, normalidad (*test de Shapiro Wilks*) e igualdad de varianza (*test de Levene*). En caso de no cumplirse este último, se realizó una *t de Student* para datos independientes, con la corrección de Welch. En caso de no cumplirse el requisito de normalidad se aplicó el test no paramétrico (*U de Mann Whitney*) para variables mixtas cuanti-cualitativas.

Para evaluar si la apertura de la sutura palatina es de la misma magnitud en primeros y segundos premolares, y primeros molares se aplicó un modelo *ANOVA* de medidas repetidas, con comparaciones múltiples basadas en la *prueba de Bonferroni*. El mismo modelo para comparar las variaciones de PGW y PCW en función del tipo de diente.

En todos los contrastes de hipótesis se ha considerado un nivel de significación de $p < 0.05$.

7.

RESULTADOS

7. RESULTADOS

7.1. Concordancia intra-observador.

El CCI observado mostró valores que oscilaron desde 0.73 hasta 1.00, indicando un buen nivel de reproducibilidad sobre todas las mediciones realizadas. En la mayoría de las variables, los CCI fueron superiores a 0.95, aceptándose un elevado grado de concordancia intra-examinador. Sólo en casos puntuales fueron inferiores a 0.85.

Para las variables radiográficas analizadas, los CCI observados fueron mayores de 0.95 para la mayoría de los parámetros, correspondientes a: la anchura maxilar vestibular y palatina (AMV y AMP), anchura nasal (AN), apertura de la sutura palatina (ASP), grosor de la cortical vestibular derecha del 1º y 2º premolar y de la raíz mesial de 1º molar (GCVD1PM, GCVD2PM y GCMVD1M), grosor de la cortical vestibular izquierda del 1º premolar (GCVI1PM), grosor de la cortical vestibular izquierda de la raíz distal del 1º molar (GCDVI1M), grosor de la cortical palatina derecha e izquierda (GCPD, GCPI), nivel de la cresta ósea vestibular derecha e izquierda (NCOVD, NCOVI) e inclinación dentaria (INCL). La anchura maxilar vestibular del 2º premolar (AMV2PM) y el grosor de la cortical vestibular izquierda del 2º premolar (GCVI2PM) mostraron CCI de 0.91 y 0.90 respectivamente, lo que indica un grado de concordancia muy bueno. La anchura maxilar (AM), el grosor de la cortical derecha de la raíz distovestibular del primer molar (GCDVD1M), y el grosor de la cortical izquierda de la raíz mesiovestibular del 1º molar (GCMVI1M) mostraron CCI desde 0.73 a 0.86, lo que indica un grado de concordancia bueno. Únicamente se observó un menor grado de concordancia para el grosor de la cortical palatina derecha del 2º premolar (GCPD2PM) (Tablas 8 y 9).

Para las variables analizadas sobre modelos digitales, los CCI observados fueron mayores de 0.98 para todos los parámetros, lo que indica un grado de concordancia muy bueno (Tablas 8 y 9).

Cbct1 y Cbct1 Rep		CCI	IC 95%
Anchura Nasal	AN1	0.99	0.98 – 1.00
Anchura Maxilar	AM1	0.76	0.36 – 0.98
Apertura Sutura Palatina 1PM	ASP1PM1	0.99	0.91 – 0.99
Apertura Sutura Palatina 2PM	ASP2PM1	0.99	0.93 – 1.00
Apertura Sutura Palatina 1M	ASP1M1	0.99	0.90 – 0.99
Anchura Maxilar Vestibular 1PM	AMV1PM1	0.98	0.82 – 0.99
Anchura Maxilar Vestibular 2PM	AMV2PM	0.91	0.34 – 0.99
Anchura Maxilar Vestibular 1M	AMV1M1	0.98	0.79 – 0.99
Anchura Maxilar Palatina 1PM	AMP1PM1	0.95	0.58 – 0.99
Anchura Maxilar Palatina 2PM	AMP2PM1	0.97	0.72 – 0.99
Anchura Maxilar Palatina 1M	AMP1M1	0.98	0.85 – 0.99
Grosor Cortical Vestibular Derecho 1PM	GCVD1PM1	0.98	0.77 – 0.99
Grosor Cortical Vestibular Derecho 2PM	GCVD2PM1	0.98	0.82 – 0.99
Grosor Cortical Mesiovestibular Derecha 1M	GCMVD1M1	0.99	0.90 – 0.99
Grosor Cortical Distovestibular Derecha 1M	GCDVD1M1	0.73	0.53 – 0.99
Grosor Cortical Vestibular Izquierda 1PM	GCVI1PM1	1.00	1.00 – 1.00
Grosor Cortical Vestibular Izquierda 2PM	GCVI2PM1	0.90	0.32 – 0.99
Grosor Cortical Mesiovestibular Izquierda 1M	GCMVI1M1	0.86	0.15 – 0.99
Grosor Cortical Distovestibular Izquierda 1M	GCDVI1M1	0.95	0.58 – 0.99
Grosor Cortical Palatina Derecha 1PM	GCPD1PM1	0.97	0.70 – 0.99
Grosor Cortical Palatina Derecha 2PM	GCPD2PM1	0.94	0.70 – 0.99
Grosor Cortical Palatina Derecha 1M	GCPD1M1	0.99	0.99 – 1.00
Grosor Cortical Palatina Izquierda 1PM	GCPI1PM1	0.97	0.71 – 0.99
Grosor Cortical Palatina Izquierda 2PM	GCPI2PM1	1.00	1.00 – 1.00
Grosor Cortical Palatina Izquierda 1M	GCPI1M1	0.99	0.94 – 1.00
Nivel Cresta Ósea Vestibular Derecha 1PM	NCOVD1PM1	0.99	0.98 – 1.00
Nivel Cresta Ósea Vestibular Derecha 2PM	NCOVD2PM1	0.99	0.92 – 0.99
Nivel Cresta Ósea Vestibular Derecha 1M	NCOVD1M1	1.00	0.99 – 1.00

Nivel Cresta Ósea Vestibular Izquierda 1PM	NCOVI1PM1	0.97	0.70 – 0.99
Nivel Cresta Ósea Vestibular Izquierda 2PM	NCOVI2PM1	1.00	1.00 – 1.00
Nivel Cresta Ósea Vestibular Izquierda 1M	NCOVI1M1	0.97	0.77 – 0.99
Inclinación 1PM	INCL1PM1	0.98	0.85 – 0.99
Inclinación 2PM	INCL2PM1	0.99	0.98 – 1.00
Inclinación 1M	INCL1M1	0.99	0.98 – 1.00

Tabla 8. Reproducibilidad intra-examinador: coeficiente de correlación intra-clase (CCI) de las variables radiográficas analizadas distanciadas en un intervalo de 1 semana.

Mod1 y Mod1 Rep		ICC	IC 95%
Anchura Gingival Palatina 1PM	AGP1PM1	0.99	0.97 – 1.00
Anchura Gingival Palatina 2PM	AGP2PM1	0.99	0.97 – 1.00
Anchura Gingival Palatina 1M	AGP1M1	0.99	0.98 – 1.00
Anchura Cuspídea Palatina 1PM	ACP1PM1	0.99	0.97 – 1.00
Anchura Cuspídea Palatina 2PM	ACP2PM1	0.98	0.85 – 0.99
Anchura Cuspídea Palatina 1M	ACP1M1	0.99	0.90 – 0.99
Altura Corona Clínica Derecha 1PM	ACCD1PM1	0.99	0.94 – 1.00
Altura Corona Clínica Derecha 2PM	ACCD2PM1	1.00	0.99 – 1.00
Altura Corona Clínica Derecha 1M	ACCD1M1	0.99	0.92 – 0.99
Altura Corona Clínica Izquierda 1PM	ACCI1PM1	0.98	0.82 – 0.99
Altura Corona Clínica Izquierda 2PM	ACCI2PM1	0.98	0.79 – 0.99
Altura Corona Clínica Izquierda 1M	ACCI1M1	0.98	0.88 – 0.99

Tabla 9. Reproducibilidad intra-examinador: coeficiente de correlación intra-clase (CCI) de las variables sobre modelo analizadas distanciadas en un intervalo de 1 semana.

7.2. Variables Pretratamiento (T1).

Se analizaron un total de 15 pacientes sistémicamente y periodontalmente sanos que completaron con éxito el tratamiento de expansión maxilar mediante MARPE cumpliendo los criterios de inclusión y exclusión establecidos, con edades comprendidas entre 13 y 24 años, siendo la edad promedio 17.0 (± 4.0) años. El 80% [IC 95%: (55.6;94.0), n=12] fueron mujeres y el resto varones (Tabla 10 y 11).

Previo al tratamiento, el 80 % (N=12) de las arcadas partían de una mordida cruzada bilateral de uno o varios dientes, y el 20% (N=3) restante presentaban una compresión maxilar sin presencia de mordida cruzada.

En relación con el estadio de maduración sutural, un 86.7 % [IC 95%: (83.7;97.1), N=13] de la muestra presentó un estadio tipo C y un 6.7% (N=1), estadio tipo B y D. Los estadios de maduración esquelética más frecuentes fueron los estadios IV y V (CS4 y CS5), con una distribución del 46.7% (N=7) y 40% (N=6) respectivamente (Tabla 10).

Variable		N (%)	IC 95%
Sexo	Hombre	3 (20)	6.0; 44.4
	Mujer	12 (80)	55.6; 94.0
Mordida cruzada	Ausencia	3 (20)	6.0; 44.4
	Bilateral	12 (80)	56.6; 94.0
Maduración Esquelética	Estadio I	0 (0)	0.0; 21.8
	Estadio II	0 (0)	0.0; 21.8
	Estadio III	2 (13.3)	2.9; 36.3
	Estadio IV	7 (46.7)	23.9; 70.6
	Estadio V	6 (40.0)	18.8; 64.7

	Estadio VI	0 (0)	0.0; 21.8
Estadio Sutural	Estadio A	0 (0)	0.0; 21.8
	Estadio B	1 (6.7)	0.7; 27.2
	Estadio C	13 (86.7)	63.7; 97.1
	Estadio D	1 (6.7)	0.7; 27.2
	Estadio E	0 (0)	0.0; 21.8

Tabla 10. Características clínicas de pacientes sometidos a MARPE (variables cualitativas).

La compresión esquelética del maxilar osciló entre de 2.5 y de 8.7 mm con una media de 5.4 (2.1) mm. La media de activación del tornillo de expansión hasta completar la disyunción fue de 6.8 mm (1.8), con un rango de 3.4 a 9.4 mm, y un tiempo medio de 22 días, siendo el mínimo de 10 días y un máximo de 35 (Tabla 11).

Variable	N	Min	Max	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Me	Me (P ₂₅ ;P ₇₅)	IC 95% Me
Edad	15	13.0	24.0	17.0 (4.0)	15.0; 19.0	16.0	(14.0;20.0)	16.0; 21.0
Compresión Esquelética	15	2.5	8.7	5.4 (2.1)	4.2; 6.5	5.1	(3.7;7.5)	3.8; 7.5
Tiempo de Expansión	15	10.0	35.0	22.0 (8.0)	17.0; 26.0	20	(15.0;30.0)	(15.0;30.0)

Tabla 11. Características clínicas de pacientes sometidos a MARPE (variables cuantitativas).

7.3. Mediciones Pretratamiento T1.

7.3.1. Mediciones radiográficas esqueléticas (Cbct1)

Las mediciones radiográficas pretratamiento realizadas sobre CBCT (Cbct1) a nivel esquelético mostraron valores medios (\bar{x}) de anchura nasal y maxilar de 29.1 (3.6) mm y 55.5 (2.9) mm respectivamente. El estado de apertura de la SMP previa a la disyunción mostró valores medios (\bar{x}) iguales a 0, similares a los encontrados en su zona media, a nivel del suelo nasal y del suelo palatino (0.1-0.2) (Tabla 12).

Medición Pre-tto (T1)		N	Min	Max	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Me (P ₂₅ ;P ₇₅)	IC 95% Me
Anchura Nasal	AN1	15	23.5	38.6	29.1 (3.6)	27.1; 31.1	28.4 (26.9;31.0)	27.3; 31.0
Anchura Maxilar	AM1	15	51.0	59.8	55.5 (2.9)	53.8; 57.1	55.4 (52.9;58.4)	53.0; 58.4
Apertura de la Sutura Palatina	AS1PM1	15	0	0	0 (0)	0;0	0 (0.0;0.0)	0.0; 21.8
	AS2PM1	15	0	0	0 (0)	0;0	0 (0.0;0.0)	0.0; 21.8
	AS1M1	15	0	0	0 (0)	0;0	0 (0.0;0.0)	0.0; 21.8
Expansión sutural Suelo Nasal	SN1	15	0	0.6	0.1 (0.2)	-0.0;0.2	0 (0.0;0.0)	0.0;0.0
Expansión sutural Suelo Palatino	SP1	15	0	1.6	0.2 (0.5)	-0.0;0.5	0 (0.0;0.3)	0.0;0.0

Expansión Sutural Media	ESM1	15	0	0.6	0.1 (0.2)	0.0; 0.3	0 (0.0; 0.3)	0.0; 0.0
-------------------------------	-------------	----	---	-----	--------------	----------	-----------------	----------

Tabla 12. Mediciones radiográficas analizadas pre-disyunción (CBCT1) a nivel esquelético.

7.3.2. Mediciones radiográficas dentoalveolares (Cbct1)

Las mediciones radiográficas pre-disyunción (Cbct1) a nivel dentoalveolar de la anchura maxilar vestibular y palatina mostraron ser superiores para el primer molar con valores medios (\bar{x}) de 53.0 (3.4) mm y 28.4 (2.4) mm respectivamente. Se observó una tendencia a un mayor grosor de la cortical vestibular a nivel del segundo premolar y la raíz distovestibular del primer molar con valores medios (\bar{x}) de: 1.7 (1.0) mm y 1.7 (0.8) mm respectivamente en el lado derecho; y de 1.3 (0.9) mm y 1.7 (0.9) mm en el lado izquierdo. Siendo, 4 mm el máximo espesor de cortical vestibular hallado para el segundo premolar derecho y 1.5 mm el espesor mínimo para el primer premolar del lado izquierdo. Sin embargo, en palatino, el mayor grosor cortical fue a nivel del primer premolar derecho de 2.0 (1.5) mm de espesor, y el menor para el primer molar del mismo lado de 0.9 (0.6) mm de espesor (Tabla 13).

El nivel de la cresta ósea alveolar se mostró bastante homogéneo entre los dientes de ambos lados, indicando una posición ligeramente más apical para el primer premolar de (\bar{x}) 9.0 (1.2) mm y 8.6 (2.4) mm para el lado derecho e izquierdo respectivamente. El menor nivel de la cresta ósea se observó en los primeros molares de ambos lados a (\bar{x}) 8.2 (0.9) y 8.1 (0.6) mm respectivamente, lo que indica una posición más coronal. Se apreció una ligera mayor inclinación alveolar en los dientes más anteriores, mostrando valores muy similares entre los dientes de ambos lados,

siendo: (\bar{x}) 19.2 (7.0)° para el primer premolar, 16.9 (7.0)° para el segundo premolar y 13.6 (6.0)° para el primer molar en el lado derecho, y 18.7 (7.1)°, 16.0 (5.5)°, y 13.8 (5.4)° para el lado izquierdo respectivamente (Tabla 13).

Medición Pre-tto (T1)		N	Min	Max	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Me (P ₂₅ ;P ₇₅)	IC 95% Me
Anchura Maxilar Vestibular	AMV1PM1	15	40.0	46.2	43.0 (1.9)	41.9; 44.5	43.4 (41.7;44.2)	41.8; 44.2
	AMV2PM1	15	44.0	50.8	47.5 (2.1)	46.3; 48.7	47.2 (46.3;50.1)	46.4; 50.1
	AMV1M1	15	46.7	58.6	53.0 (3.4)	51.1; 54.9	52.6 (50.8;56.3)	50.8; 56.3
Anchura Maxilar Palatina	AMP1PM1	15	19.6	26.6	22.9 (2.2)	21.7; 24.1	22.9 (21.1;24.0)	21.4; 24.0
	AMP2PM1	15	24.6	31.0	27.1 (1.8)	26.1; 28.1	26.6 (25.8;27.8)	26.0; 27.8
	AMP1M1	15	24.4	31.8	28.4 (2.4)	27.0; 29.7	27.8 (26.4;31.1)	26.7; 31.1
Grosor Cortical Vestibular Derecha	GCVD1PM1	15	0	2.1	0.7 (0.6)	0.4; 1.1	0.9 (0.2;1.1)	0.2; 1.1
	GCVD2PM1	15	0.2	4.0	1.7 (1.0)	1.1; 2.3	1.3 (1.2;2.6)	1.2; 2.6
	GCMVD1M1	15	0	3.0	1.1 (0.7)	0.8; 1.5	1.0 (0.8;1.4)	0.9; 1.7
	GCDVD1M1	15	0.6	3.5	1.7 (0.8)	1.2; 2.1	1.5 (1.0;2.4)	1.0; 2.4
Grosor Cortical Vestibular Izquierda	GCVI1PM1	15	0	1.5	0.9 (0.5)	0.6; 1.2	1.0 (0.6;1.3)	0.7; 1.3
	GCVI2PM1	15	0	3.0	1.3 (0.9)	0.9; 1.8	1.2 (0.6;1.9)	0.8; 1.9
	GCMVI1M1	15	0	2.5	1.0 (0.7)	0.6; 1.5	0.8 (0.3;1.5)	0.7; 1.5
	GCDVI1M1	15	0	3.4	1.7	1.3; 2.2	1.8	1.2; 2.3

					(0.9)		(1.2;2.3)	
Grosor Cortical Palatina Derecha	GCPD1PM1	15	0.6	6.3	2.0 (1.5)	1.2; 2.8	1.6 (1.1;2.3)	1.1; 2.3
	GCPD2PM1	15	0.7	3.4	1.6 (0.7)	1.2; 2.1	1.5 (1.0;2.0)	1.2; 2.0
	GCPD1M1	15	0	1.7	0.9 (0.6)	0.5; 1.2	0.8 (0.5;1.3)	0.7; 1.3
Grosor Cortical Palatina Izquierda	GCPI1PM1	15	0.7	3.0	1.5 (0.6)	1.1; 1.9	1.4 (1.0;1.9)	1.2; 1.9
	GCPI2PM1	15	0.7	2.9	1.7 (0.6)	1.4; 2.1	1.6 (1.4;2.0)	1.4; 2.0
	GCPI1M1	15	0	2.0	1.2 (0.5)	0.9; 1.5	1.3 (0.9;1.5)	1.0; 1.5
Nivel Cresta Ósea Derecha	NCOD1PM1	15	6.0	10.8	9.0 (1.2)	8.3; 9.6	9.2 (8.1;9.7)	8.4; 9.7
	NCOD2PM1	15	5.8	10.0	8.5 (0.9)	7.9; 9.0	8.6 (8.1;9.1)	8.2; 9.1
	NCOD1M1	15	6.5	10.6	8.2 (0.9)	7.6; 8.7	8.1 (7.6;8.4)	7.9; 8.4
Nivel Cresta Ósea Izquierda	NCOI1PM1	15	1.1	10.7	8.6 (2.4)	7.3; 9.9	9.1 (8.5;9.8)	8.8; 9.8
	NCOI2PM1	15	6.5	9.9	8.4 (0.8)	7.9; 8.8	8.5 (7.9;8.8)	8.1; 8.8
	NCOI1M1	15	7.0	9.1	8.1 (0.6)	7.8; 8.5	8.1 (7.7;8.6)	7.9; 8.6
Inclinación Alveolar Angular Derecha	IAAD1PM1	15	7.8	31.2	19.2 (7.0)	15.3;23.1	18.8 (15.2;21.7)	15.2;21.7
	IAAD2PM1	15	0.6	26.2	16.9 (7.0)	12.9;20.7	17.9 (13.6;23.0)	13.6;23.0
	IAAD1M1	15	5.3	24.3	13.6 (6.0)	10.2;16.9	12.7 (7.7;18.0)	7.7;18.0
Inclinación Alveolar Angular Izquierda	IAAI1PM1	15	10.5	36.5	18.7 (7.1)	14.7;22.6	19.0 (12.7;22.0)	12.7;22.0
	IAAI2PM1	15	6.2	26.2	16.0 (5.5)	12.9;19.0	15.8 (13.9;20.0)	13.9;20.0

	IAAI1M1	15	0.0	21.6	13.8 (5.4)	10.7;16.7	14.2 (11.1;18.4)	11.1;18.4
--	----------------	----	-----	------	---------------	-----------	---------------------	-----------

Tabla 13. Mediciones radiográficas analizadas pretratamiento (Cbct1) a nivel dentoalveolar.

7.3.3. Mediciones radiográficas dentales (Cbct1)

Las mediciones de inclinación dentaria pre-tratamiento (Cbct1) evaluadas respecto a su diente contralateral mostraron una tendencia similar entre los primeros y segundos premolares de (\bar{x}) 170.3 (25.3)° y 171.8 (19.4)° respectivamente, siendo aproximadamente 10° menor a nivel del primer molar. La inclinación dental angular inicial no mostró similitud entre ambos lados, con un mínimo de 0.0° y un máximo 20.1° correspondientes al primer molar, siendo: (\bar{x}) 7.9 (6.2)° para el primer premolar, 9.6 (4.8)° para el segundo premolar y 7.1 (4.9)° para el primer molar del lado derecho, y 4.2 (2.9)°, 7.4 (5.3)°, y 10.3 (4.7)° para los mismos dientes correspondientes del lado izquierdo (Tabla 14).

Variable Pre-tto (T1)		N	Min	Max	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Me (P ₂₅ ;P ₇₅)	IC95% Me
Inclinación Dental	INCL1PM1	15	137.8	203.8	170.3 (25.3)	156.4;184.3	161.4 (148.7;202.5)	155.6;202.5
	INCL2PM1	15	135.7	209.1	171.8 (19.4)	161.1;182.5	173.1 (162.2;178.6)	164.2;178.6
	INCL1M1	15	135.0	176.0	159.7 (10.2)	154.0;165.4	164.5 (150.2;165.5)	157.0;165.5
Inclinación Dental Angular Derecha	IDAD1PM1	15	0.2	17.7	7.9 (6.2)	4.5;11.3	7.4 (1.4;13.0)	1.4;13.0
	IDAD2PM1	15	1.4	19.3	9.6 (4.8)	6.9;12.2	8.9 (6.1;13.4)	6.1;13.4
	IDAD1M1	15	0.0	14.6	7.1 (4.9)	4.4;9.8	8.3 (2.0;10.4)	2.0;10.4

Inclinación Dental Angular Izquierda	IDA11PM1	15	0.1	9.1	4.2 (2.9)	2.6;5.8	3.8 (1.8;7.5)	1.8;7.5
	IDA12PM1	15	0.2	18.4	7.4 (5.3)	4.5;10.3	6.4 (3.5;10.3)	3.5;10.3
	IDA11M1	15	2.9	20.1	10.3 (4.7)	7.6;12.8	9.0 (7.2;13.3)	7.2;13.3

Tabla 14. Mediciones radiográficas analizadas pretratamiento (Cbct1) a nivel dental.

7.3.4. Mediciones sobre modelo (Mod1)

Las mediciones dentarias realizadas sobre modelos digitales pre-tratamiento (Mod1) mostraron valores similares de anchura gingival palatina a nivel del segundo premolar y primer molar, de (\bar{x}) 28.0 (1.9) mm y 31.1 (2.7) mm respectivamente, y menor para el primer premolar de (\bar{x}) 24.3 (1.7) mm. La anchura cuspídea palatina mostró variabilidad entre los dientes analizados. La altura de las coronas clínicas fue coincidente entre los dientes de ambos lados, siendo (\bar{x}) 7.5 mm para el primer premolar, 6.1 mm para el segundo premolar y 5.0 mm para el primer molar (Tabla 15).

Medición Pre-tto (T1)		N	Min	Max	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Me (P ₂₅ ;P ₇₅)	IC95% Me
Anchura Gingival Palatina	AGP1PM1	15	21.8	27.4	24.3 (1.7)	23.4;25.2	23.6 (23.2;25.9)	23.3;25.9
	AGP2PM1	15	25.0	31.6	28.0 (1.9)	27.0;29.1	28.3 (26.1;29.5)	27.0;29.5
	AGP1M1	15	25.1	36.0	31.1 (2.7)	29.6;32.6	31.7 (29.0;32.8)	29.1;32.8
Anchura Cuspídea	ACP1PM1	15	24.5	32.3	27.8 (2.1)	26.6;29.0	27.8 (26.0;28.9)	26.0;28.9

Palatina	ACP2PM1	15	28.0	35.3	31.6 (2.2)	30.4;32.8	32.0 (29.9;33.0)	31.0;34.4
	ACPI1M1	15	33.5	48.0	38.9 (3.9)	36.7;41.1	38.9 (35.5;42.0)	36.9;42.2
Altura Corona Clínica Derecha	ACCD1PM1	15	6.2	8.6	7.5 (0.6)	7.2;7.9	7.5 (7.1;7.9)	7.1;7.9
	ACCD2PM1	15	4.7	7.6	6.1 (0.8)	5.7;6.6	6.2 (5.8;6.6)	6.1;6.7
	ACCD1M1	15	3.7	6.5	5.0 (0.7)	4.7;5.4	5.0 (4.6;5.2)	4.9;5.8
Altura Corona Clínica Izquierda	ACCI1PM1	15	6.6	8.7	7.5 (0.7)	7.1;7.9	7.4 (6.8;8.1)	7.0;8.1
	ACCI2PM1	15	5.0	7.5	6.1 (0.7)	5.7;6.5	6.1 (5.6;6.7)	5.7;6.7
	ACCI1M1	15	2.8	6.0	5.0 (0.8)	4.6;5.4	5.1 (4.7;5.5)	4.9;5.5

Tabla 15. Mediciones sobre modelo analizadas pretratamiento (Mod1).

7.4. Mediciones Postratamiento T2.

7.4.1. Mediciones radiográficas esqueléticas (Cbct2)

Las mediciones radiográficas analizadas a nivel esquelético una vez completada la disyunción (Cbct2) mostraron una media (\bar{x}) de 58.0 (3.8) mm para la anchura maxilar y 31.2 (3.7) mm para la anchura nasal. La apertura de la sutura mostró una anchura de (\bar{x}) 3.3 (1.3) mm a nivel del primer premolar (desde 1.7 a 6 mm), de (\bar{x}) 2.9 (1.4) mm a nivel del segundo premolar y de (\bar{x}) 2.6 (1.3) mm en el primer molar. La expansión sutural observada en la visión coronal fue de (\bar{x}) 2.5 (1.0) mm, 2.6 (1.1) mm y 2.7 (1.0) a nivel del suelo nasal, suelo palatino y parte media respectivamente (Tabla

16), no encontrando diferencias estadísticamente significativas entre el suelo nasal y palatino analizada mediante el paired t-test (Tabla 17).

Medición Post-tto (T2)		N	Min	Max	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Me (P ₂₅ ;P ₇₅)	IC95% Me
Anchura Nasal	AN2	15	25.8	39.0	31.2 (3.7)	29.2; 33.2	30.0 (29;32.3)	29.2; 32.3
Anchura Maxilar	AM2	15	52.7	66.0	58.0 (3.8)	55.9;60.1	57.5 (54.9;60.6)	55.5; 60.6
Apertura de la Sutura Palatina	ASP1PM2	15	1.7	6.0	3.3 (1.3)	2.5; 4.0	2.7 (2.4;4.4)	2.4; 4.4
	ASP2PM2	15	1.2	6.0	2.9 (1.4)	2.1; 3.6	2.4 (1.6;3.8)	1.7; 3.8
	ASP1M2	15	1.0	6.0	2.6 (1.3)	1.9; 3.3	2.2 (1.8;3.4)	1.8; 3.4
Expansión sutural Suelo Nasal	SN2	15	1.4	5.2	2.5 (1.0)	1.9;3.0	2.4 (1.7;3.1)	1.7;3.1
Expansión sutural Suelo Palatino	SP2	15	1.1	5.5	2.6 (1.1)	2.0;3.2	2.6 (1.7;3.2)	1.7;3.2
Expansión Sutural Media	ESM2	15	0.7	5.3	2.7 (1.0)	2.2;3.3	2.6 (2.2;3.3)	2.2;3.3

Tabla 16. Mediciones radiográficas analizadas postratamiento (Cbct2) a nivel esquelético.

Post-tto (T2)	N	Min	Max	\bar{x} (DE)	IC95% \bar{x}	Me (P ₂₅ ;P ₇₅)	IC 95% Me	Nivel de significación (P)
SP - SN	15	-0.3	0.6	0.1 (0.2)	0.0;0.2	0.1 (0.0;0.2)	0.0;0.2	0.100

Tabla 17. Comparación de las medidas radiográficas esqueléticas postratamiento (Cbct2) de la expansión a nivel del suelo nasal y suelo palatino.

7.4.2. Mediciones radiográficas dentoalveolares (Cbct2)

Las mediciones radiográficas a nivel dentoalveolar una vez completada la disyunción (Cbct2) mostraron que la máxima anchura maxilar vestibular se mantuvo a nivel de primer molar con una media (\bar{x}) de 56.8 (3.8) mm. La anchura maxilar palatina fue similar para el segundo premolar y primer molar (30.3 (2.7) mm y 30.6 (3.5) mm respectivamente), siendo algo menor para el primer premolar (26.5 (3.1) mm). El mayor grosor de la cortical vestibular se encontró a nivel del segundo premolar de (\bar{x}) 1.6 (1.1) mm de espesor y consecutivamente en las raíces distovestibulares del primer molar de ambos lados (1.3 (0.7) mm y 1.3 (0.8) mm para el lado derecho e izquierdo respectivamente). Siendo, 4 mm el mayor espesor hallado, correspondiente al segundo premolar derecho, y el mínimo entre 0.5 (0.5) mm y 0.6 (0.4) mm para el primer premolar de ambos lados. En palatino, el grosor cortical fue menor para el primer molar de ambos lados (1.0 (0.6) mm y 1.4 (0.5) mm derecho e izquierdo respectivamente) (Tabla 18).

El nivel de la cresta ósea alveolar se observó en una posición similar para los tres dientes evaluados en ambos lados. Se apreció una ligera mayor inclinación alveolar en los dientes más anteriores, mostrando valores similares entre los segundos premolares y primeros molares de ambos lado, siendo: (\bar{x}) 16.9 (6.5)° para el primer premolar, 15.6 (6.1)° para el segundo premolar y 14.3 (5.1)° para el primer molar en el lado derecho, y 21.1 (7.2)°, 17.3 (7.9)°, y 15.2 (6.1)° para el lado izquierdo respectivamente (Tabla 18).

Medición Post-tto (T2)		N	Min	Max	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Me (P₂₅;P₇₅)	IC 95% Me
Anchura Maxilar Vestibular	AMV1PM2	15	42.8	53.4	46.6 (2.8)	45.1;48.2	46.3 (44.8;48.4)	45.4; 48.4
	AMV2PM2	15	47.0	63.6	51.6 (4.4)	49.2;54.1	51.0 (48.4;52.6)	48.8; 52.6
	AMV1M2	15	51.9	65.4	56.8 (3.8)	54.7;58.9	56.4 (53.2;59.5)	54.4; 59.5
Anchura Maxilar Palatina	AMP1PM2	15	22.4	34.0	26.5 (3,1)	24.8;28.3	26.8 (23.7;28.2)	24.1; 28.2
	AMP2PM2	15	27.5	38.0	30.3 (2.7)	28.8;31.8	29.0 (28;31.3)	28.8; 31.3
	AMP1M2	15	25.5	39.0	30.6 (3.5)	28.6;32.5	29.8 (28;32.8)	29.1; 32.8
<i>Grosor Cortical Vestibular Derecha</i>	GCVD1PM2	15	0	1.5	0.5 (0.5)	0.2;0.8	0.3 (0;0.8)	0.0; 0.8
	GCVD2PM2	15	0	4.0	1.6 (1.1)	0.9;2.1	1.2 (0.9;2.5)	1.1; 2.5
	GCMVD1M2	15	0	2.0	0.8 (0.6)	0.5;1.1	0.8 (0.5;1.1)	0.8; 1.3
	GCDVD1M2	15	0.3	2.6	1.3 (0.7)	0.9;1.7	1.2 (0.7;2.0)	1.0; 2.1
<i>Grosor Cortical Vestibular Izquierda</i>	GCVI1PM2	15	0.0	1.2	0.6 (0.4)	0.3; 0.8	0.7 (0;0.1)	0.2; 0.1
	GCVI2PM2	15	0.0	2.6	1.1 (0.8)	0.6; 1.5	1.1 (0.4;1.7)	0.5; 1.7
	GCMVI1M2	15	0.0	2.5	0.7 (0.8)	0.2; 1.1	0.5 (0;1.2)	0.0; 1.2
	GCDVI1M2	15	0.0	3.2	1.3 (0.9)	0.8; 1.8	1.3 (0.7;2.0)	0.9; 2.0
Grosor Cortical Palatina	GCPD1PM2	15	1.0	6.3	2.1 (1.3)	1.4; 2.8	1.8 (1.3;2.2)	1.6; 2.2

Derecha	GCPD2PM2	15	0.8	4.1	1.8 (0.8)	1.4; 2.3	1.8 (1.3;2.2)	1.5; 2.2
	GCPD1M2	15	0.0	1.8	1.0 (0.6)	0.7; 1.3	1.0 (0.5;1.5)	0.7; 1.5
Grosor Cortical Palatina Izquierda	GCPI1PM2	15	0.9	3.0	1.7 (0.6)	1.4; 2.0	1.6 (1.1;2.0)	1.2; 2.0
	GCPI2PM2	15	1.0	3.1	1.9 (0.6)	1.5; 2.2	1.7 (1.5;2.2)	1.5; 2.2
	GCPI1M2	15	0.4	2.4	1.4 (0.5)	1.1; 1.7	1.5 (1.1;1.7)	1.1; 1.7
Nivel Cresta Ósea Derecha	NCOD1PM2	15	6.0	10.7	8.8 (1.1)	8.2; 9.5	8.9 (8.1;9.7)	8.5; 9.7
	NCOD2PM2	15	5.8	9.2	8.4 (0.9)	7.9; 8.9	8.5 (8.2;9.0)	8.2; 9.0
	NCOD1M2	15	6.2	10.0	8.2 (1.0)	7.6; 8.7	8.0 (7.4;9.0)	7.5; 9.0
Nivel Cresta Ósea Izquierda	NCOI1PM2	15	1.1	10.8	8.4 (2.3)	7.1; 9.7	8.9 (8.4;9.5)	8.5; 9.5
	NCOI2PM2	15	6.6	9.0	8.2 (0.6)	7.8; 8.5	8.3 (8.0;8.7)	8.0; 8.7
	NCOI1M2	15	7.1	9.7	8.3 (0.7)	7.9; 8.7	8.3 (7.8;8.9)	8.1; 8.9
Inclinación Alveolar Angular Derecha	IAAD1PM2	15	5.1	25.3	16.9 (6.5)	13.3;20.5	16.2 (12.1;24.3)	12.1;24.3
	IAAD2PM2	15	3.8	25.7	15.6 (6.1)	12.2;17.1	17.1 (12.6;19.1)	12.6;19.1
	IAAD1M2	15	7.9	25.7	14.3 (5.1)	11.5;17.1	13.2 (10.7;17.2)	10.7;17.2
Inclinación Alveolar Angular Izquierda	IAAI1PM2	15	6.8	34.8	21.1 (7.2)	17.1;25.1	21.2 (17.5;26.2)	17.5;26.2
	IAAI2PM2	15	0.0	30.2	17.3 (7.9)	12.9;21.7	17.4 (14.4;22.6)	14.4;22.6
	IAAI1M2	15	0.0	21.9	15.2 (6.1)	11.8;18.6	18.0 (10.9;20.1)	10.9;20.1

Tabla 18. Mediciones radiográficas analizadas postratamiento (Cbct2) a nivel dentoalveolar.

7.4.3. Mediciones radiográficas dentales (Cbct2)

Tras la disyunción maxilar se mostró una inclinación dental respecto a su diente contralateral con una distribución similar a nivel premolar, con valores medios (\bar{x}) de 168.3 (16.3)° y 169.8 (12.1)° para el primer y segundo premolar respectivamente, siendo algo menor para el primer molar (156.4 (10.3)°. La inclinación dental angular mostró valores similares entre los primeros y segundos premolares de ambos lados, siendo algo más distintos a nivel del primer molar, con valores medios de (\bar{x}) 8.8 (4.3)° en el lado derecho y 12.5 (6.4)° en el lado izquierdo. Se observó una mayor semejanza en la inclinación entre los dientes del lado derecho (Tabla 19).

Medición Post-tto (T2)		N	Min	Max	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Me (P ₂₅ ;P ₇₅)	IC 95% Me
Inclinación Dental	INCL1PM2	15	141.6	202.5	168.8 (16.3)	159.8;177.8	166.0 (156.4;178.7)	158.8;178.7
	INCL2PM2	15	149.3	203.4	169.8 (12.1)	163.1;175.2	168.2 (164;174.3)	164.5;174.3
	INCL1M2	15	134.0	168.0	156.4 (10.3)	150.7;162.1	160.2 (151.7;163.2)	155.5;163.2
Inclinación Dental Angular Derecha	IDAD1PM2	15	0.2	14.0	6.7 (4.4)	4.3;9.1	5.9 (2.9;10.1)	2.9;10.1
	IDAD2PM2	15	0.1	19.1	8.0 (5.8)	4.7;11.1	7.8 (2.1;13.7)	2.1;13.7
	IDAD1M2	15	1.7	18.9	8.8 (4.3)	6.4;11.2	7.7 (6.1;9.9)	6.1;9.9
Inclinación Dental Angular Izquierda	IDAI1PM2	15	1.4	10.3	5.0 (2.7)	3.5;6.5	4.1 (3.4;7.5)	3.4;7.5
	IDAI2PM2	15	0.0	11.9	6.3 (3.0)	4.6;7.9	6.3 (4.5;7.5)	4.5;7.5

	IDAI1M2	15	1.9	24.3	12.5 (6.4)	8.9;16.0	11.2 (8.5;16.5)	8.5;16.5
--	----------------	----	-----	------	---------------	----------	--------------------	----------

Tabla 19. Mediciones radiográficas analizadas postratamiento (Cbct2) a nivel dental.

7.4.4. Mediciones sobre modelo (Mod2)

Completada la disyunción maxilar, las mediciones sobre modelos digitales reflejaron unas anchuras gingivales palatinas de (\bar{x}) 28.3 (2.5) mm, 31.8 (2.8) mm y 35.0 (3.3) mm desde el primer premolar hasta el primer molar. Las anchuras cuspidas palatinas observadas fueron de (\bar{x}) 32.3 (3.0) mm, 36.0 (2.9) mm y 42.5 (3.5) mm para estos mismos dientes. La altura de corona clínica fue muy similar en ambos lados, siendo mayor para el primer premolar de (\bar{x}) 7.6 (0.6) mm y 7.6 (0.7) mm de altura para el lado derecho y el lado izquierdo respectivamente (Tabla 20).

Medición Post-tto (T2)		N	Min	Max	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Me (P ₂₅ ;P ₇₅)	IC 95% Me
Anchura Gingival Palatina	AGP1PM2	15	23.8	34.7	28.3 (2.5)	26.9;29.7	27.8 (26.6;29.8)	27.0;29.8
	AGP2PM2	15	27.4	39.1	31.8 (2.8)	30.3;33.4	31.1 (30.3;33.5)	31.0;33.5
	AGP1M2	15	30.3	42.8	35.0 (3.3)	33.1;36.8	34.1 (32.8;36.9)	33.0;36.9
Anchura Cuspídea Palatina	ACP1PM2	15	28.0	39.6	32.3 (3.0)	30.6;33.9	32.4 (29.8;33.8)	30.0;33.8
	ACP2PM2	15	30.9	42.6	36.0 (2.9)	34.3;37.6	35.6 (34.3;37.5)	35.0;37.5
	ACP1M2	15	38.0	50.3	42.5 (3.5)	40.5;44.5	42.0 (39.3;44.8)	39.8;44.8
Altura Corona Clínica	ACCD1PM2	15	6.2	8.7	7.6 (0.6)	7.2;7.9	7.5 (7.2;7.9)	7.4;8.1

Derecha	ACCD2PM2	15	4.7	7.6	6.2 (0.8)	5.7;6.6	6.2 (5.8;6.7)	6.1;7.0
	ACCD1M2	15	4.2	6.9	5.1 (0.7)	4.7;5.6	5.0 (4.7;5.3)	4.8;5.3
Altura Corona Clínica Izquierda	ACCI1PM2	15	6.8	8.8	7.6 (0.7)	7.2;8.0	7.5 (6.9;8.3)	7.1;8.3
	ACCI2PM2	15	5.1	7.7	6.3 (0.8)	5.8;6.7	6.2 (5.6;6.7)	6.0;6.7
	ACCI1M2	15	2.8	6.0	5.0 (0.7)	4.6;5.5	5.1 (4.8;5.5)	4.9;5.5

Tabla 20. Mediciones sobre modelo analizadas postratamiento (Mod2).

7.5. Comparación de mediciones analizadas pre y postratamiento (T1-T2).

Las mediciones realizadas para estudiar la eficacia de la expansión maxilar finalizado el tratamiento de la MARPE mediante disyuntores de anclaje óseo-dentario fue determinada mediante la comparativa de los registros radiográficos y de modelos digitales iniciales y finales. Todas las variables radiográficas, excepto: el grosor de la cortical palatina del lado derecho de ambos premolares y primer molar, la posición de la cresta ósea vestibular derecha e izquierda a nivel de los premolares y primer molar, y la inclinación dentaria obtuvieron un valor de $p < 0.05$, mostrando cambios estadísticamente significativos. El cambio en la posición de la cresta ósea vestibular tras la expansión únicamente fue significativo para el primer premolar del lado izquierdo. De las variables analizadas sobre modelo, todas mostraron cambios significativos con un valor de $p < 0.05$, exceptuando la altura de corona clínica de los dientes del lado derecho.

7.5.1. Comparación de mediciones radiográficas esqueléticas (Cbct2-Cbct1)

Los cambios observados para la anchura nasal y maxilar una vez completada la disyunción fueron estadísticamente significativos ($p < 0.05$) con un aumento (\bar{x}) de 2.1 (1.1) mm y 2.5 (1.6) mm respectivamente. Del mismo modo, la sutura media palatina mostró cambios significativos ($p < 0.001$) en su apertura en una visión axial a lo largo de su recorrido en los tres puntos analizados; siendo de (\bar{x}) 3.3 (1.3) mm en el primer premolar, 2.9 (1.4) mm en el segundo premolar y 2.6 (1.3) mm en el primer molar (Figura 36, Tabla 21).

En la visión coronal, la expansión sutural media mostró un cambio significativo ($p = 0.001$) de (\bar{x}) 2.7 (1.0) mm (Figura 37). A nivel del suelo nasal y palatino también se observaron cambios significativos de (\bar{x}) 2.4 (1.0) mm para ambos ($p = 0.001$), sin diferencias significativas entre ellos (Figura 38).

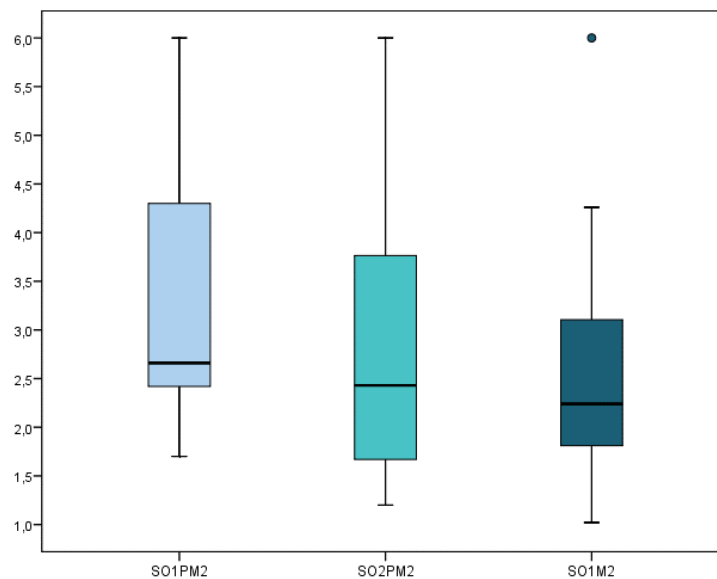


Figura 36. Gráfico Box-plot que representa la distribución de la apertura de la sutura palatina (ASP=SOP) a nivel del 1º y 2º premolar y 1º molar entre T2 y T1.

La caja concentra al 50% de los casos, siendo la Mediana la línea horizontal que la divide. Los bordes inferior y superior de la caja corresponden con el 1º y 3º cuartil, por debajo de los cuales está el 25% y 75% respectivamente de la muestra. Los “bigotes” se extienden hasta los valores en un rango aceptable, por encima de los cuales están los atípicos (círculos) y los extremos (asteriscos). (*)

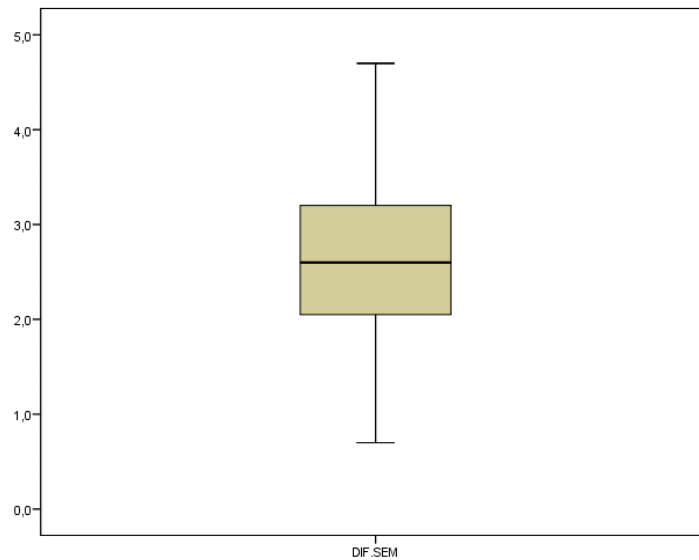


Figura 37. Gráfico Box-plot que representa la distribución del cambio de la expansión sutural media (ESM=SEM) entre T2 y T1. *

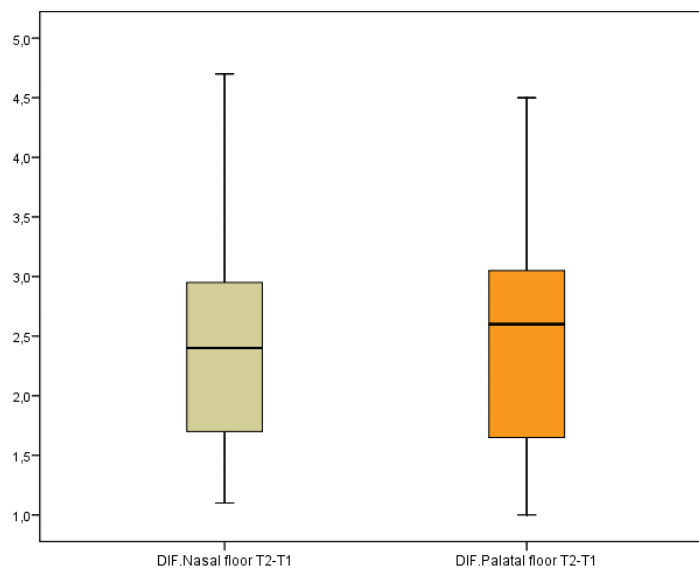


Figura 38. Gráfico Box-plot que representa la distribución del cambio de la expansión sutural a nivel del suelo nasal (Nasal floor) y palatino (Palatal floor) entre T2 y T1. *

Post-tto (Cbct2) VS Pre-tto (Cbct1)		N	Min	Max	\bar{x} (DE)	IC95% \bar{x}	Me (P ₂₅ ;P ₇₅)	IC95% Me	Nivel de significación (P)
<i>Anchura Nasal</i>	AN	15	0.4	4.6	2.1 (1.1)	1.5;2.7	2.3 (1.1;2.7)	1.3;2.7	<0.001
<i>Anchura Maxilar</i>	AM	15	0.4	6.2	2.5 (1.6)	1.6;3.4	2.1 (1.3;3.8)	1.9;3.8	<0.001
Apertura de la Sutura Palatina	ASP1PM	15	1.7	6.0	3.3 (1.3)	2.5;4.0	2.7 (2.4;4.4)	2.4;4.4	<0.001
	ASP2PM	15	1.2	6.0	2.9 (1.4)	2.1;3.6	2.4 (1.6;3.8)	1.7;3.8	<0.001
	ASP1M	15	1.0	6.0	2.6 (1.3)	1.9;3.3	2.2 (1.8;3.4)	1.8;3.4	<0.001
Expansión sutural Suelo Nasal	SN	15	1.1	4.7	2.4 (1.0)	1.9;3.0	2.4 (1.7; 3.1)	1.7; 3.1	<0.001
Expansión sutural Suelo Palatino	SP	15	1.0	4.5	2.4 (1.0)	1.8;3.0	2.6 (1.6;3.2)	1.8; 3.6	<0.001
Expansión Sutural Media	ESM	15	0.7	4.7	2.7 (1.0)	2.1;3.1	2.6 (1.9;3.3)	2.2;3.3	0.001

Tabla 21. Comparativa de las mediciones radiográficas a nivel esquelético pre-post tratamiento (Cbct2-Cbct1).

7.5.2. Comparación de mediciones radiográficas dentoalveolares (Cbct2-Cbct1)

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la anchura maxilar vestibular tras la disyunción en todos los dientes analizados con un valor de $p < 0.05$. Con un 95% de confianza podemos afirmar que el promedio (\bar{x}) del cambio oscilará entre 2.6 y 4.8 mm para el primer premolar, y la mediana (Me) oscilará entre

2.4 y 4.3 mm para el segundo premolar. La anchura maxilar palatina también mostró cambios estadísticamente significativos para los dientes evaluados ($p < 0.05$). El primer premolar, con un valor de la mediana (Me) de 3.4 mm, y un promedio (\bar{x}) del cambio de 3.2 (1.6) mm y 2.2 (2.6) mm para el segundo premolar y primer molar respectivamente (Tabla 22).

Los cambios observados en el grosor de la cortical vestibular fueron estadísticamente significativos a ambos lados del maxilar ($p < 0.05$). En el lado derecho, todas las localizaciones mostraron una reducción (\bar{x}) que oscilaron entre 0.1 (0.2) y 0.3 (0.3) mm, similares a las del lado izquierdo (\bar{x}) entre 0.3 (0.4) y 0.4 (0.4) mm. Especialmente en la raíz disto vestibular del primer molar del lado izquierdo con una reducción (\bar{x}) 0.4 mm [IC95%: (-0.6; -0.2); $p = 0.001$]. Sin embargo, el grosor de la cortical palatina únicamente mostró cambios significativos en el lado izquierdo, con un aumento (\bar{x}) de espesor de 0.2 (0.2) mm para el primer premolar y primer molar y, de 0.1 (0.2) mm para el segundo premolar con un valor de $p=0.013$, $p=0.012$ y $p=0.003$ respectivamente (Tabla 22).

La posición de la cresta ósea vestibular se mantuvo estable sin mostrar cambios significativos. Únicamente el primer premolar del lado izquierdo presentó un cambio significativo con una reducción (\bar{x}) de 0.2 (0.4) mm con una $p=0.012$, no siendo clínicamente relevante (Tabla 22).

La inclinación alveolar angular no mostró cambios significativos para ninguno de los lados evaluados, con un cambio (\bar{x}) que osciló desde 0.7 (5.5)° hasta -2.3 (5.8)° para el primer premolar y primer molar del lado derecho y desde 0.7 (5.5)° hasta 2.5 (5.6)° en el lado izquierdo (Figuras 39 y 40, Tabla 22).

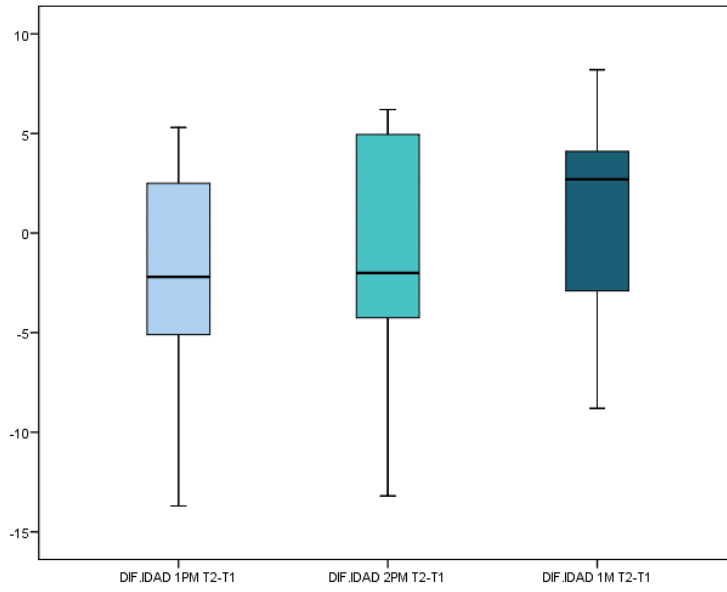


Figura 39. Gráfico Box-plot que representa la distribución del cambio de la inclinación alveolar angular en el lado derecho (IAAD=IDAD) para el 1º, 2º premolar y 1º molar entre T2 y T1. *

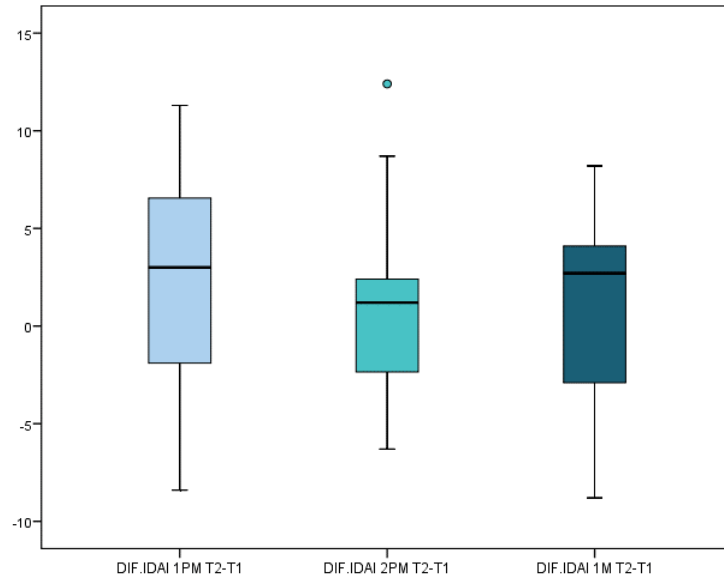


Figura 40. Gráfico Box-plot que representa la distribución del cambio de la inclinación alveolar angular en el lado izquierdo (IAAI=IDAI) para el 1º, 2º premolar y 1º molar entre T2 y T1. *

Post-tto (Cbct2) VS Pre-tto (Cbct1)		N	Min	Max	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Me (P ₂₅ ;P ₇₅)	IC 95% Me	Nivel de significación (P)
<i>Anchura Maxilar Vestibular</i>	AMV1PM	15	0.6	7.8	3.7 (2.0)	2.6;4.8	3.5 (2.1;5.0)	2.2; 5.0	<0.001
	AMV2PM	15	0.8	14.8	4.1 (3.6)	2.1;6.1	2.6 (2.2;4.3)	2.4;4.3	0.001
	AMV1M	15	1.1	9.7	3.7 (2.1)	2.6;4.9	3.3 (2.6;4.0)	3.1;4.0	0.001
<i>Anchura Maxilar Palatina</i>	AMP1PM	15	1.0	8.4	3.7 (1.8)	2.7;4.7	3.4 (2.6;4.8)	2.9;4.8	<0.001
	AMP2PM	15	1.6	7.8	3.2 (1.6)	2.3;4.1	3.0 (2.2;3.6)	2.8;4.4	0.001
	AMP1M	15	1.1	7.2	2.2 (2.6)	0.7;3.6	2.3 (1.7;3.0)	1.8;3.0	0.009
<i>Grosor Cortical Vestibular Derecha</i>	GCVD1PM	15	-1.0	0.0	-0.3 (0.3)	-0.4;-0.1	-0.2 (-0.4;0.0)	-0.2;-0.0	0.003
	GCVD2PM	15	-0.4	0.3	-0.1 (0.2)	-0.2;-0.0	-0.2 (-0.2;-0.0)	-0.2;-0.0	0.013
	GCMVD1 M	15	-0.9	0.0	-0.3 (0.3)	-0.5;-0.2	-0.2 (-0.6;-0.1)	-0.3;-0.1	0.001
	GCDVD1 M	15	-0.9	0.0	-0.3 (0.3)	-0.5;-0.2	-0.3 (-0.5;-0.2)	-0.4;-0.2	<0.001
<i>Grosor Cortical Vestibular Izquierda</i>	GCVI1PM	15	-1.3	-0.2	-0.3 (0.4)	-0.6;-0.1	-0.2 (-0.5;-0.1)	-0.5;-0.1	0.004
	GCVI2PM	15	-0.6	0.0	-0.3 (0.2)	-0.3;-0.1	-0.3 (-0.4;-0.1)	-0.3;-0.1	<0.001
	GCMVI1M	15	-1.1	0.0	-0.4 (0.4)	-0.6;-0.2	-0.3 (-0.6;0.0)	-0.6;0.0	0.003

							0.7;0.0)		
	GCDVI1M	15	-1.5	0.0	-0.4 (0.4)	-0.6;-0.2	-0.3 (-0.7;- 0.1)	-0.5;-0.1	0.001
<i>Grosor Cortical Palatina Derecha</i>	GCPD1PM	15	-1.8	1.1	0.1 (0.7)	-0.3;0.5	0.2 (-0.3- 0.4)	-0.0;0.4	0.552
	GCPD2PM	15	-0.7	0.8	0.2 (0.4)	-0.4;0.5	0.3 (0.0;0.4)	0.0;0.4	0.09
	GCPD1M	15	-0.2	0.9	0.1 (0.3)	-0.0;0.3	0.0 (0.0;0.3)	0.0;0.3	0.073
<i>Grosor Cortical Palatina Izquierda</i>	GCPI1PM	15	-0.4	0.6	0.2 (0.2)	0.0;0.3	0.2 (0.1;0.3)	0.1;0.3	0.013
	GCPI2PM	15	-0.3	0.5	0.1 (0.2)	0.0;0.3	0.2 (0.1;0.3)	0.1;0.3	0.012
	GCPI1M	15	-0.1	0.5	0.2 (0.2)	0.1;0.3	0.1 (0.0;0.4)	0.1;0.4	0.003
<i>Cresta Ósea Vestibular Derecha</i>	NCOVD1P M	15	-2.3	0.7	-0.1 (0.7)	-0.5;0.3	0.0 (- 0.2;0.2)	0.0;0.3	0.448
	NCOVD2P M	15	-1.1	0.5	-0.1 (0.5)	-0.4;0.2	0.0 (- 0.4;0.2)	-0.1;0.2	0.420
	NCOVD1 M	15	-2.2	1.0	-0.0 (0.8)	-0.5;0.5	0.2 (- 0.6;0.6)	-0.2;0.6	0.493
<i>Cresta Ósea Vestibular Izquierda</i>	NCOVI1P M	15	-1.2	0.3	-0.2 (0.4)	-0.4;0.0	0.0 (- 0.2;0.1)	-0.0;0.1	0.012
	NCOVI2P M	15	-1.6	0.7	-0.2 (0.5)	-0.5;0.1	-0.1 (-)	-0.5;0.1	0.145

							0.6;0.1)		
	NCOVI1M	15	-0.4	1.5	0.2 (0.6)	-0.1;0.5	0.1 (- 0.1;0.4)	-0.1;0.4	0.144
<i>Inclinación</i>	IAAD1PM	15	-13.7	5.3	-2.3 (5.8)	-5.5;0.9	-2.2 (- 5.5;2.6)	-5.5;2.6	0.141
<i>Alveolar</i>									
<i>Angular</i>	IAAD2PM	15	-13.2	6.2	-1.3 (6.1)	-4.6;2.1	-2.0 (- 5.2;5.4)	-5.2;5.4	0.441
<i>Derecha</i>									
	IAAD1M	15	-8.8	8.2	0.7 (5.5)	-2.3;3.8	2.7 (- 3.8;4.5)	-3.8;4.5	0.615
<i>Inclinación</i>	IAAI1PM	15	-8.4	11.3	2.5 (5.6)	-0.6;5.5	3.0 (- 2.1;6.9)	-2.1;6.9	0.109
<i>Alveolar</i>									
<i>Angular</i>	IAAI2PM	15	-6.3	12.4	1.3 (5.1)	-1.5;4.1	1.2 (- 2.6;3.0)	-2.6;3.0	0.319
<i>Izquierda</i>									
	IAAI1M	15	-8.8	8.2	0.7 (5.5)	-2.3;3.7	2.7 (- 3.8;4.5)	-3.8;4.5	0.615

Tabla 22. Comparativa de las mediciones radiográficas a nivel dentoalveolar pre-post tratamiento (Cbct2-Cbct1).

7.5.3. Comparación de mediciones radiográficas dentales (Cbct2-Cbct1)

No se observaron cambios significativos en las mediciones lineales de inclinación dentaria (INCL) tras la MARPE, siendo mínimos los cambios producidos. De igual forma, las mediciones angulares tampoco mostraron cambios significativos con un valor de $p > 0.05$ (Figuras 41 y 42). Únicamente, el primer molar izquierdo mostró un cambio en el límite de la significación de la inclinación dental angular (\bar{x}) de 2.2 (4.0) ° con un valor de $p = 0.05$ (Tabla 23).

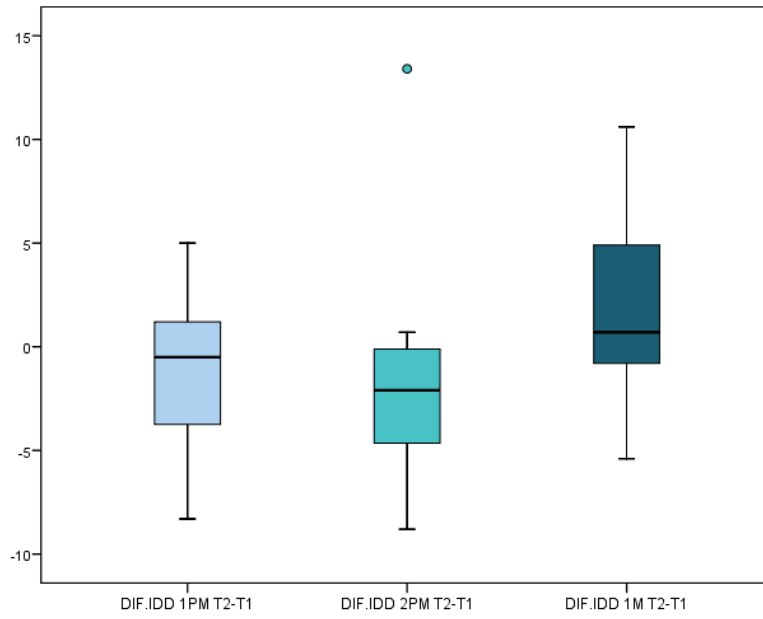


Figura 41. Gráfico Box-plot que representa la distribución del cambio de la inclinación dental angular en el lado derecho (IDAD=IDD) para el 1º, 2º premolar y 1º molar entre T2 y T1. *

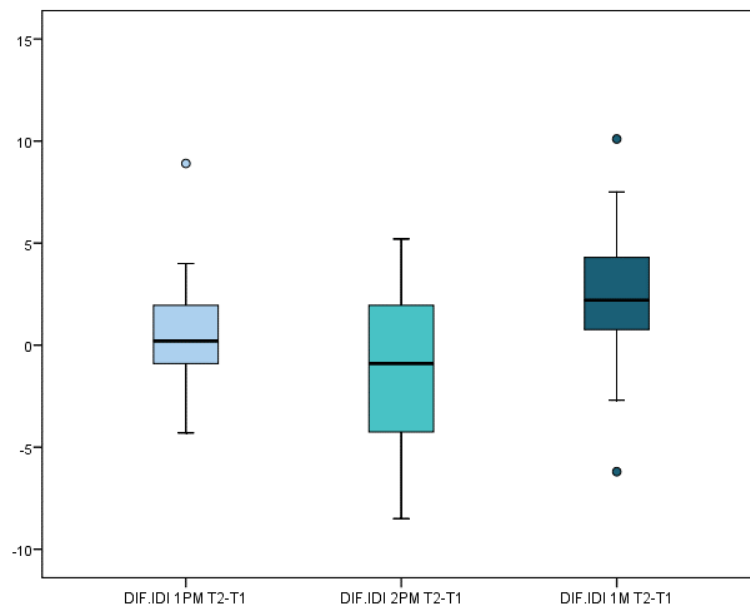


Figura 42. Gráfico Box-plot que representa la distribución del cambio de la inclinación dental angular en el lado izquierdo (IDAI=IDI) para el 1º, 2º premolar y 1º molar entre T2 y T1. *

Post-tto (Cbct2) VS Pre-tto (Cbct1)		N	Min	Max	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Me (P ₂₅ ;P ₇₅)	IC 95% Me	Nivel de significación (P)
<i>Inclinación dental</i>	INCL1PM	15	-33.6	22.4	-1.6 (15.9)	-10.4;7.3	-0.2 (-13.2;8.6)	-2.0;8.6	0.71
	INCL2PM	15	-22.5	32.3	-2.0 (15.6)	-10.6;6.7	-5.7 (-14.0;6.0)	-12.9;6.0	0.62
	INCL1M	15	-15.3	21.7	-3.3 (9.4)	-8.5;1.9	-3.7 (-10.0;-1.3)	-8.0;-1.3	0.200
<i>Inclinación Dental Angular Derecha</i>	IDAD1PM	15	-8.3	5.0	-1.2 (3.5)	-3.2;0.7	-0.5 (-4.0;1.3)	-3.5;1.3	0.196
	IDAD2PM	15	-8.8	13.4	-1.6 (5.0)	-4.4;1.2	-2.1 (-4.9;0.0)	-4.4;0.0	0.232
	IDAD1M	15	-5.4	10.6	1.7 (4.5)	-0.8;4.2	0.7 (-1.1;5.7)	-0.5;5.7	0.162
<i>Inclinación Dental Angular Izquierda</i>	IDAI1PM	15	-4.3	8.9	0.8 (3.1)	-0.9;2.6	0.2 (-1.3;2.5)	-0.5;2.5	0.330
	IDAI2PM	15	-8.5	5.2	-1.2 (4.3)	-3.5;1.2	-0.9 (-5.5;3.4)	-3.0;3.4	0.311
	IDAI1M	15	-6.2	10.1	2.2 (4.0)	0.0;4.5	2.2 (0.5;4.7)	1.0;4.7	0.050

Tabla 23. Comparativa de las mediciones radiográficas a nivel dental pre-post tratamiento (Cbct2-Cbct1).

7.5.4. Comparación de mediciones sobre modelos (Mod2-Mod1)

Las anchuras gingivales y cuspídeas palatinas mostraron cambios significativos en todos los dientes evaluados con un valor de $p < 0.05$ (Figuras 43 y 44). Las diferencias de las anchuras gingivales palatinas observadas fueron similares para los tres dientes con un valor promedio (\bar{x}) de 4.0 (1.4) mm y 3.8 (1.6) mm a nivel del primer y segundo premolar; y de 3.9 (1.7) mm para el primer molar. Según el modelo Anova de medidas repetidas, no existen diferencias estadísticamente significativas en

la variación de la AGP según el tipo de diente ($p=0.421$). Concretamente, no observaron diferencias significativas entre 1PM y 2PM ($p=0.541$), ni entre 1PM y 1M ($p=1.000$), ni entre 2PM y 1M ($p=1.000$).

Las anchuras cuspídeas palatinas observadas también fueron similares entre dientes. Sin mostrar de nuevo diferencias estadísticamente significativas en la variación de la ACP según el tipo de diente ($p=0.312$). Concretamente, no observaron diferencias significativas entre 1PM y 2PM ($p=1.000$), ni entre 1PM y 1M ($p=0.384$), ni entre 2PM y 1M ($p=0.619$).

La altura de corona clínica únicamente mostró cambios significativos en el lado izquierdo, con un incremento (\bar{x}) de 0.2 (0.2) mm, 0.1 (0.2) mm y 0.1 (0.1) mm a nivel del primer y segundo premolar, y primer molar superior respectivamente y unos valores de $p=0.003$, $p=0.027$ y $p=0.024$ correspondientes, no siendo apreciables clínicamente (Tabla 24).

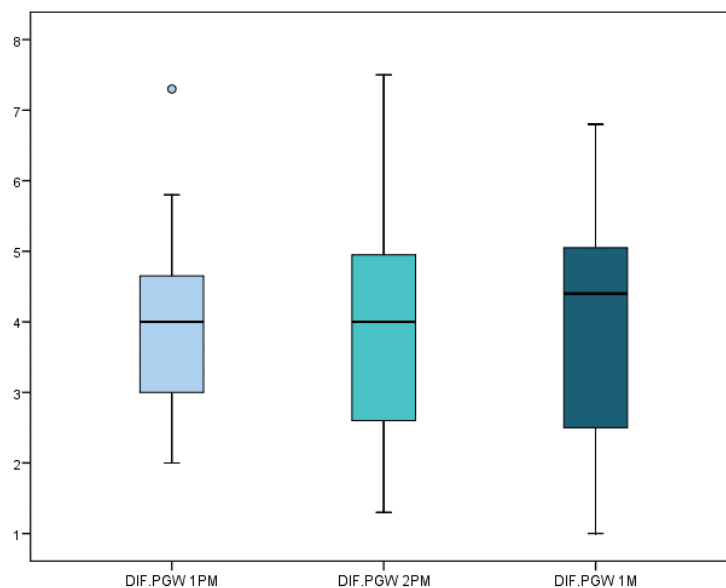


Figura 43. Gráfico Box-plot que representa la distribución del cambio de la anchura gingival palatina (AGP=PGW) para el 1º, 2º premolar y 1º molar entre T2 y T1. *

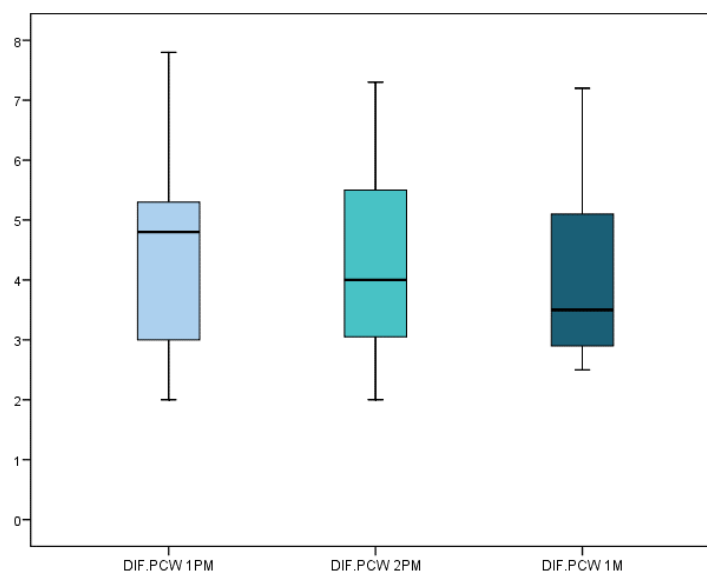


Figura 44. Gráfico Box-plot que representa la distribución del cambio de la anchura cuspídea palatina (ACP=PCW) para el 1º, 2º premolar y 1º molar entre T2 y T1. *

Post-tto (Mod2) VS Pre-tto (Mod1)		N	Min	Max	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Me (P ₂₅ ;P ₇₅)	IC 95% Me	Nivel de significación (P)
<i>Anchura Gingival Palatina</i>	AGP1PM	15	2.0	7.3	4.0 (1.4)	3.2;4.8	4.0 (2.9;4.7)	3.1;4.7	<0.001
	AGP2PM	15	1.3	7.5	3.8 (1.6)	2.9;4.7	4.0 (2.6;5.0)	2.6;5.0	<0.001
	AGP1M	15	1.0	6.8	3.9 (1.7)	2.9;4.7	4.4 (2.2;5.1)	2.8;5.1	<0.001
<i>Anchura Cuspídea Palatina</i>	ACP1PM	15	2.0	7.8	4.5 (1.8)	3.5;5.5	4.8 (2.9;5.6)	3.1;5.6	<0.001
	ACP2PM	15	2.0	7.3	4.3 (1.5)	3.5;5.2	4.0 (3.0;5.5)	3.1;5.5	<0.001
	ACP1M	15	4.5	7.2	3.6 (2.7)	2.1;5.1	3.5 (2.9;5.2)	2.9;5.2	<0.001
<i>Altura Corona Clínica Derecha</i>	ACCD1P M	15	0.1	0.3	0.1 (0.1)	-0.0;0.1	0.0 (0.0;0.1)	0.0;0.1	0.160
	ACCD2P M	15	0.1	0.4	0.0 (0.1)	-0.0;0.1	0.0 (0.0;0.0)	0.0;0.4	0.340

	ACCDIM	15	0.1	0.5	0.1 (0.2)	0.0;0.2	0.0 (0.0;0.3)	0.0;0.4	0.058
<i>Altura Corona</i>	ACCI1PM	15	0.0	1.0	0.2 (0.2)	0.0;0.3	0.1 (0.0;0.2)	0.1;0.2	0.003
<i>Clínica Izquierda</i>	ACCI2PM	15	0.0	0.6	0.1 (0.2)	0.0;0.3	0.0 (0.0;0.3)	0.0;0.3	0.027
	ACCI1M	15	0.0	0.4	0.1 (0.1)	0.0;0.1	0.0 (0.0;0.1)	0.0;0.1	0.024

Tabla 24. Comparativa de las mediciones sobre modelo pre-post tratamiento (Mod2-Mod1).

7.6. Cálculo de expansión Total, esquelética, dentoalveolar y dental.

Completada la disyunción se observaron cambios significativos para la anchura intermolar, la anchura maxilar palatina y la expansión sutural media calculados con *paired t-test*. Con un intervalo de confianza del 95% podemos afirmar que la media (\bar{x}) de la anchura intermolar de la población tras la disyunción fue de 4.5 (1.8) mm, oscilando entre de 1.8 y 7.8 mm. A su vez, la mediana (Me) de anchura maxilar palatina fue de 2.9 mm. En una visión coronal, la expansión sutural media manifestó una apertura de (\bar{x}) de 2.7 (1.0) mm, con un mínimo de 0.7 y un máximo de 4.7 mm (Tabla 25).

Post-tto (T2) VS Pre-tto (T1)	N	Min	Max	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Me (P₂₅;P₇₅)	IC 95% Me	Nivel de significación (P)
<i>Anchura Intermolar AIM</i>	15	1.8	7.8	4.5 (1.8)	3.5;5.5	4.3 (3.4;6.0)	3.6;6.0	0.001
<i>Anchura Maxilar</i>	15	0.6	6.6	3.5 (1.9)	2.4;4.5	2.9 (2.1;5.2)	2.1;5.2	0.001

<i>Palatina</i>								
APM								
<i>Expansión</i>	15	0.7	4.7	2.7	2.1;3.1	2.6	2.2;3.3	0.001
<i>Sutural</i>				(1.0)		(1.9;3.3)		
<i>Media</i>								
ESM								

Tabla 25. Comparativa de las mediciones radiográficas analizadas para el cálculo de la expansión esquelética, dentoalveolar y dental.

La flexión del hueso alveolar y la inclinación dental calculada a partir de la anchura intermolar, la anchura maxilar palatina y la expansión sutural media, mostraron valores promedios (\bar{x}) de 0.7 (1.6) mm y 1.1 (1.3) mm respectivamente. Siendo la expansión dentoalveolar (\bar{x}) de 1.8 mm (1.7) mm (Tabla 26).

Post-tto (T2) VS Pre-tto (T1)	N	Min	Max	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Me (P₂₅;P₇₅)	IC 95% Me
Flexión del Hueso Alveolar	15	-2.0	3.3	0.7 (1.6)	-0.1;1.6	0.7 (-0.8;2.2)	-0.2;2.2
Inclinación Dental INCLD	15	-0.7	3.9	1.1 (1.3)	0.4;1,8	1.2 (-0.2;2.0)	0.4;2.0

Tabla 26. Cálculo de la flexión del hueso alveolar e inclinación dental tras MARPE.

La media (\bar{x}) de expansión total alcanzada, definida como el cambio de la anchura intermolar a nivel del primer molar fue de 4.5 (1.8) mm; compuesta por la suma de la expansión esquelética (ESM de (\bar{x}) 2.7 (1.0) mm a nivel del primer molar)

y la expansión dentoalveolar (de \bar{x}) 1.8 (1.7) mm). Estos valores expresan que la expansión esquelética ocupó el 60% de la expansión total, siendo el 40% restante la correspondiente al componente dentoalveolar (1.8 mm) (Tabla 26 y 27).

La flexión del hueso alveolar, calculada a través de la resta de la expansión sutural media (2.7 (1.0) mm) a partir del cambio de la anchura maxilar palatina (3.5 (1.9) mm), fue de 0.8 (0.9) mm, representando el 15,5% de la expansión total. La fracción restante de la expansión total en el primer molar derivada de la inclinación dental fue del 24,4%.

Expansión	N	Min	Max	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Me (P₂₅;P₇₅)	IC 95% Me
Expansión Total ET	15	1.8	7.8	4.5 (1.8)	3.5;5.4	4.3 (3.4;6.0)	3.6;6.0
Expansión Esquelética	15	0.7	5.3	2.7 (1.0)	2.2;3.3	2.6 (2.2;3.3)	2.2;3.3
Expansión Dentoalveolar (TE-SEM)	15	-1.4	4.1	1.8 (1.7)	0.8;2.6	1.5 (0.5;3.6)	1.0;3.6

Tabla 27. Cálculo de la expansión dentoalveolar tras MARPE.

8.

D

ISCUSIÓN

8. DISCUSIÓN.

Tradicionalmente, la expansión maxilar rápida ortopédica (EMR) se ha realizado como el tratamiento de elección para la corrección de los problemas de déficit transversal del maxilar durante el período de crecimiento del paciente, mostrando resultados positivos con un mejor pronóstico y mayor efecto ortopédico en edades tempranas. (38,106,128-130) A medida que el paciente crece, y se produce una calcificación progresiva de las suturas craneofaciales (incluido el cierre de la sutura media palatina), la expansión rápida maxilar se ve dificultada por una mayor resistencia mecánica (45,201), limitando así los cambios ortopédicos esqueléticos, lo que deriva en el desarrollo de los posibles efectos indeseables descritos como la inclinación dental, reducción del espesor de las corticales óseas y el desarrollo de dehiscencias óseas y recesiones gingivales (131-136), y nos hace replantearnos si éste es el tratamiento de elección en pacientes jóvenes que estén cerca de alcanzar la madurez esquelética. Cada vez más se confirma la importancia de realizar este tipo de tratamientos en una fase temprana de madurez esquelética, ya que algunos de estos efectos se han observado en pacientes jóvenes. (202)

La incorporación del empleo de apoyo esquelético con el uso de microtornillos en la expansión rápida maxilar mediante la MARPE permite una mejor distribución de las fuerzas aplicadas cuando el cierre de la SMP es incompleto, logrando así un mayor efecto esquelético (ortopédico) en su apertura, ayudando a minimizar algunos de los efectos dentoalveolares y dentales derivados de la ortodoncia. (115) Varios estudios revelan un aumento significativo de la dimensión esquelética y dentoalveolar positiva en pacientes adolescentes y adultos jóvenes tratados con la MARPE (159) mediante el uso del CBCT, reduciendo los efectos secundarios anteriormente mencionados cuando la sutura intermaxilar no está completamente cerrada (108,109,203), lo que hace

considerar la MARPE como una opción de tratamiento adecuada para la corrección de las discrepancias transversales maxilares (43,64,204) con un potencial efecto esquelético. (162,196) Sin embargo, al mismo tiempo diversos estudios muestran resultados contradictorios del efecto ortopédico de la MARPE y la RME convencional en pacientes adultos jóvenes con diferentes diseños de disyuntores (205), razón principal que nos ha llevado a plantear la hipótesis de que la MARPE mediante el empleo de expansores óseo-dentarios podría ser un tratamiento eficaz y seguro para la corrección de las discrepancias transversales maxilares en pacientes adolescentes con osificación incompleta de la SMP, logrando efectos esqueléticos más predecibles con la reducción de efectos dentoalveolares y dentales indeseados.

El diseño experimental no controlado de carácter prospectivo empleado para la evaluación de la eficacia de la intervención presenta algunas limitaciones frente a otros modelos de estudio ideales como; ensayos clínicos controlados aleatorizados (ECCA) y no aleatorizados (ECC). Sin embargo, dado que no siempre es posible realizar ECCA, el diseño empleado también permite comprobar la magnitud del efecto de la intervención realizada, sumado a una muestra homogénea del estado de apertura de la sutura evaluada, con estadios de maduración y un rango de edad similar en la muestra empleada. El hecho de realizar la intervención por parte de un único profesional experimentado mediante el empleo de un mismo diseño de disyuntor óseo-dentario, así como el análisis de las mediciones radiográficas realizadas por un único operador (P.S.M) añade una mayor validez a nuestro estudio, eliminando diversas fuentes de sesgos. (206) Son varios los estudios que justifican el uso del CBCT mostrando superioridad en la exactitud y fiabilidad en este tipo de maloclusiones (207-209), superando en precisión al análisis cuantitativo y cualitativo diagnóstico 2D. (210) El

error de medición intra-observador calculado, expresado a partir del CCI, mostró valores altos entre 0.95 y 0.98 e incluso superiores para la mayoría de los parámetros evaluados, indicando un alto nivel de reproducibilidad sobre las mediciones realizadas. El empleo de un único examinador calibrado, sumado al alto nivel de reproducibilidad mostrado para las mediciones radiográficas cuantitativas realizadas sobre CBCT como método validado en el diagnóstico tridimensional ortodóncico, y la evaluación de los resultados del tratamiento (169,186,211-213) soporta la fiabilidad de los resultados obtenidos, pudiendo considerar un tamaño muestral aceptable. A través de los estudios disponibles, se puede concluir que el análisis transversal 3D ha mostrado ser fiable y reproducible. (214,215) Sin embargo, la validez diagnóstica, sensibilidad y especificidad del método necesitan mayor investigación para respaldar su superioridad clínica frente a otras técnicas diagnósticas empleadas. (216) Leung y cols. mostraron valores de CCI elevados (0.87) para las mediciones relacionadas con los márgenes óseos (altura de cresta ósea y defectos alveolares), aunque menores para la fenestración y dehiscencias. (217) Para espesores corticales menores de 0.5 mm, el CBCT parece ser relativamente preciso. (218)

De acuerdo con otras investigaciones similares a nuestro estudio tomadas como referencia (199,219), y habiendo cumplido los objetivos deseados, debemos considerar el tamaño de la muestra empleada y el seguimiento a corto plazo. El tamaño muestral ha sido uno de los aspectos meditados, analizando un total de 15 pacientes por los motivos expuestos anteriormente, evitando sesgos que pudiesen invalidar la muestra. A pesar de parecer una muestra relativamente pequeña, son varios los estudios de calidad que evalúan dichos cambios empleando el mismo tamaño muestral, como el realizado por Park y cols. (80) con 14 pacientes, los estudios de Cantarella y cols. (14,81) con 15 pacientes o el estudio de Yi y cols. 2020 (220) con 19 pacientes.

Incluso, algunos de los estudios comparativos donde se contrastan los efectos de la ERM mediante disyuntores dentosoportados frente a la MARPE con disyuntores de anclaje óseo-dentario, emplean tamaños muestrales similares en cada grupo, como el estudio realizado por Gunyuz Toklu y cols. (199) sobre 25 pacientes, Bazargani y cols. 2020 (221) con 26 pacientes, el estudio de Lin (219) y Davami y cols. (222) con un total de 28 y 29 pacientes divididos en dos grupos de tratamiento, o los estudios de Moslesh (147) y An y cols. (223) realizados sobre 20 y 21 pacientes respectivamente. Sin embargo, también se han analizado grupos de mayor tamaño de forma retrospectiva (43,224,225), y prospectiva, entre los que podemos destacar los ECCA de Lagravère y cols. con una muestra de 62 pacientes analizados (128) y 50 pacientes en un estudio realizados 10 años más tarde (226) o el estudio de Celenk-Koka y cols. (143) sobre 40 pacientes. En cambio, también podemos encontrar un gran número de artículos que presentan un reporte de un caso, (64,65,115,146), ya que la incorporación de anclaje esquelético en el paciente adulto joven no es mucho mayor a una década. (115)

De acuerdo con nuestro momento de evaluación y seguimiento, la mayoría de los estudios evalúan cambios a muy corto plazo, siendo muy pocos los que lo hacen a un año o dos años (43,159,221,222,225,227), ya que además, una evaluación a largo plazo implicaría el resultado de la combinación del efecto de la MARPE y del tratamiento ortodóncico posteriormente realizado. Para comparar los cambios observados, inicialmente se planteó el empleo de una muestra control con un diseño distinto de disyuntor o tratamiento alternativo de expansión maxilar, lo que dificultó en gran medida la homogeneidad de la muestra, no haciéndola comparable. En síntesis, la alta precisión del análisis cuantitativo realizado sobre las imágenes CBCT

manifiesta una alta fiabilidad de los resultados, lo que hace aceptable el tamaño muestral empleado (134), coincidiendo a su vez con los de los estudios anteriormente evaluados. De cara a futuro, resulta interesante confirmar estos mismos resultados a más largo plazo y con un mayor tamaño muestral.

Para superar algunas de las limitaciones de los métodos de evaluación convencionales encontrados en otros estudios tales como, la superposición de estructuras anatómicas, o la dificultad inherente al método en la identificación de puntos de referencia y la reproducibilidad de la posición craneal, los estudios más recientes analizan los efectos derivados del tratamiento mediante CBCT (198,211,227,228, 229), permitiendo evaluar si ocurren cambios en el espesor de las corticales indetectables con las técnicas 2D. Las imágenes del CBCT tienen capacidad de proporcionar cambios en las dimensiones del hueso alveolar vestibular con precisión y fiabilidad (230), sin embargo, también se advierte que factores como, el tamaño del vóxel empleado y las condiciones de los tejidos blandos pueden afectar a la precisión de las medidas como nos muestra algún estudio. (231) Según la revisión sistemática realizada por Sawchuk y cols., la cual estudia la reproducibilidad, precisión y fiabilidad de los métodos empleados para la evaluación de las discrepancias maxilares, el CBCT se posiciona como el método diagnóstico más fiable. Concretamente, el empleo de cortes frontales o coronales cuando se trata de un problema transversal, aunque requiere mayor validación para confirmar su precisión y superioridad. (216)

El alto potencial diagnóstico del CBCT ha sido confirmado para la evaluación de estructuras maxilares. Entre sus principales ventajas destacan la buena resolución, precisión (solo alrededor del 2% de aumento), no invasividad, menor dosis de

radiación efectiva en comparación con otros métodos de diagnóstico, con un corto tiempo de adquisición (60 s). (232-235) A pesar de todos los esfuerzos para minimizar al paciente la exposición de radiación tanto como sea posible, son necesarias imágenes de calidad óptimas que permitan realizar mediciones precisas, fiables y reproducibles. Varios estudios que evalúan mediciones lineales de los huesos craneales sobre CBCT (236-238), describen algunos efectos desfavorables inevitables como la reducida nitidez de la imagen o artefactos que pueden influir en la precisión de las mediciones alveolares (239,240), a su vez influenciadas por tamaño del vóxel empleado. (217,239) Concretamente el estudio de Sun y cols. (239), observaron que se pueden lograr mediciones lineales de la altura y el grosor del hueso alveolar con una reproducibilidad categorizada de buena a excelente, empleando tamaños de vóxel reducidos de 0.4 a 0.25 mm, lo que ayuda a mejorar la precisión de las mediciones. A su vez, observaron que las medidas realizadas con un tamaño de vóxel de 0.25 mm son comparables a mediciones realizadas de forma directa (estándar de referencia o “gold standard”). La necesidad de una mejor resolución para este tipo de medidas justifica el empleo de un menor tamaño de vóxel, aunque la dosis de radiación recibida sea inevitablemente mayor. Sin embargo, el estudio de Patcas y cols. mostraron resultados igualmente precisos con imágenes tomadas a un vóxel de 0.4 mm y 0.125 mm. (241) A estos resultados se suman los observados por Torres y cols. (242), no encontrando tampoco diferencias en la evaluación de mediciones óseas lineales con un vóxel de 0.2 a 0.4 mm.

En la actualidad de forma generalizada se acepta que, la edad cronológica no es un parámetro preciso para fundamentar el diagnóstico de la maduración esquelética del paciente (204) debido a la alta variabilidad del desarrollo de la sutura media palatina

durante las distintas etapas de vida de nuestros pacientes. (58) Mientras unos autores observan que la fusión de la SMP se produce entre los 15 y 19 años (10, 17, 35), otros estudios reportan suturas que pueden mantenerse sin una osificación completa hasta los 32 (17) e incluso 54 años (40), no siendo esta última etapa una situación frecuente. Los efectos esqueléticos derivados de la expansión maxilar son mayores en pacientes en crecimiento, durante la etapa prepuberal, mientras que en las etapas puberal o pospuberal pueden tener mayores efectos dentoalveolares. (79) Sin embargo, aproximadamente un 11% de la población adulta puede presentar una maduración esquelética (MCV) estadio CS4, que, aunque no es un porcentaje alto, debemos considerar relevante desde el punto de vista clínico. (243)

Según los datos del estudio de Angelieri (58) únicamente los estadios CS2 y CS3 deben ser usados de una forma fiable para la identificación de maduración de la SMP B y C respectivamente, donde el estadio MCV 5 nos indica que la fusión de la SMP ya debe haberse producido parcial o totalmente (estadios D y E de la SMP). Sin embargo, este mismo autor recomienda que en pacientes pospuberales (estadios CS4 y CS5) es fundamental realizar una evaluación individual de la maduración de la SMP mediante CBCT como sugiere Baccetti (79), ya que observó que el 13,5% de los pacientes con un estadio CS5 presumiblemente podrían ser tratados con ERM convencional o en nuestro caso mediante la MARPE, con el objetivo de maximizar el efecto esquelético de la expansión. Choi y cols. en un estudio posterior observaron apertura radiográfica de la SMP y del diastema interincisivo en el 86.9% de una muestra de adultos jóvenes con una media de edad de 20.9 (2.9) años tras la MARPE, correspondiente a un estadio CS6. (43) Un estudio realizado por del grupo de Angelieri (41), sobre una muestra de 140 sujetos con edades comprendidas entre 5.6-58.4 años, confirma la gran variabilidad en la distribución de los estadios madurativos de los SMP con respecto a

la edad cronológica, observando algunas osificaciones incompletas de la sutura correspondiente a estadios C en pacientes adultos, y sujetos de entre 14 y 18 años con fusión de la sutura en etapa D o E (siendo la mayoría mujeres).

En nuestra muestra para un rango de edad entre 13 y 24 años, con una media de 17 (± 4.0) años, el estado de la SMP más frecuente fue el tipo C en un 86.7%, generalmente relacionado con un estadio vertebral CS3. (58) Sin embargo, los estadios de MCV más frecuentes fueron los CS4 y CS5, en un 46.7% y 40.0% respectivamente, siendo el 13.3% restante un estadio CS3. Es importante recalcar que, este estado de maduración sutural tipo C mayormente observado en la muestra, permite una expansión maxilar exitosa con el uso de anclaje esquelético mediante la MARPE, evitando la necesidad de intervención quirúrgica cuando se inicia inmediatamente debido a que el inicio de su fusión podría ser inminente. (58) En estos casos, la ERM convencional ofrece una menor respuesta esquelética que en las etapas A y B, ya que hay los puentes óseos a lo largo de la sutura ofrecen una mayor resistencia. (54) La posibilidad de encontrar una osificación incompleta de la SMP en postadolescentes y adultos jóvenes es mayor a la que los ortodoncistas creían años atrás, manteniendo una elevada probabilidad de un 70.8% de hallarla abierta en sujetos de entre 10 a 15 años, y una decreciente probabilidad a medida que incrementa la edad, siendo de un 21.2% para sujetos de entre 16 y 20 años y de un 17% entre los 21 y 25 años. (244) Debido a la alta variabilidad en su osificación, son varios los estudios que recomiendan el uso de CBCT fundamentalmente centrado en los casos de déficit transversal maxilar. (244, 41)

8.1. Efectos esqueléticos, dentoalveolares y dentales derivados de la expansión maxilar mediante MARPE.

La expansión transversal maxilar obtenida tras la MARPE medida radiográficamente a través de la anchura intermolar a nivel del primer molar (AIM) entre los distintos estudios revisados hasta la actualidad varía entre 4.9 a 8.3 mm. (224, 245) En relación con los cambios observados en nuestro estudio, los resultados indican una media de expansión total alcanzada de 4.5 (1.8) mm, definida como el cambio de la anchura intermolar (AIM) evaluada radiográficamente, similar al valor medio reportado por los estudios de Almaqrami y cols. (224) de 4.9 (2.1) mm (AIM), Asscherickx y cols. (200) de 4.8 (0.5) mm (Mx-Mx) y el estudio de Moon y cols. (246) con 4.9 (1.5) mm, aunque algo menor que la encontrada por Ngan y cols. (162) de 6.3 (1.3) mm (AIM), y el estudio de Wilmes y cols. (196) con una expansión total de 5.0 (1.5) mm evaluada sobre modelo digital. Choi y cols. (43) sobre una muestra de pacientes con una edad media de 21.6 (2.9) años reportó una expansión total inmediata de 8.3 (0.1) mm (AIM), y 2.3 (0.5) mm (Ma-Ma), observando un decrecimiento de casi 4 mm de la AIM desde la finalización de la expansión hasta completar el tratamiento de ortodoncia, desde el que trascurrieron 17.4 meses. El estudio observacional retrospectivo de Park y cols. (80) realizado sobre pacientes adultos jóvenes con una edad media de 20.1 años reportó un valor de expansión total de 5.4 (1.7) mm para AIM y de 2.4 (1.3) mm a nivel maxilar (Ma-Ma), similares a los mostrados por Lim y cols. (159) sobre una muestra de edades parecidas, con una expansión total de 5.6 (1.9) mm sobre imágenes radiográficas renderizadas y 2.6 (0.8) mm a nivel maxilar. Concretamente este último estudio que evalúa un año finalizada la expansión observó una significativa reducción de la AIM de -2.02 (2.9) mm y de la anchura maxilar a nivel alveolar (Ma-Ma) de -0.50 (0.9) mm, distinta a la

estabilización de la dimensión esquelética (Ma-Ma) observada por Choi y cols. (43), aunque con una reducción significativa de la AIM en una media de 30.2 (13.2) meses desde la finalización del tratamiento. Toklu y cols. (199) reportaron un mayor valor de la AIM alcanzada tras la MARPE de 9.1 (2.7) mm, tres veces mayor que a nivel primer premolar.

Una posterior investigación de Cantarella y cols. (247) observó un aumento significativo de la AIM, casi del doble que la observada en nuestro estudio de 8.3 (2.2) mm ($p < 0.0001$) evaluada mediante el mismo método, sin observar cambios significativos en la inclinación del hueso basal a nivel del primer molar, debido al movimiento rotacional del complejo cigomáticomaxilar. Este hecho lo explica debido a que tras la MARPE, el maxilar y los huesos cigomáticos realizan un movimiento rotacional, lo que deriva en que la AIM alcanzada (8.3 mm) sea superior a la cantidad de activación del tornillo (6.8 mm). Estas diferencias encontradas entre los distintos estudios pueden estar relacionadas con la suma de distintos factores, no por ello implicando que el efecto esquelético alcanzado sea menor. Ya que podemos alcanzar una mayor expansión transversal, pero con un menor efecto esquelético, siendo mayor a nivel dentoalveolar y dental o por lo contrario, la expansión total puede ser igual o menor, pero donde predomine el componente esquelético como ocurre en nuestra investigación. Estudios tridimensionales de elementos finitos nos confirman que la distribución de las fuerzas esta influenciada por los distintos diseños de disyuntores de empleados, concretamente la localización del anclaje muestra influencia en los resultados y en el patrón de apertura de la SMP. (248-250)

Entre los posibles factores que afectan a los resultados de la expansión transversal del maxilar, se ha hablado del estado de osificación de la sutura (54,58), la

edad cronológica del paciente (17,43,45), el estadio de maduración esquelética (76,79), incluso haber realizado una sobreexpansión o el momento de la evaluación tras la MARPE. Aunque el protocolo de activación del dispositivo puede ser común entre los distintos estudios, la cantidad de activación variará en relación a la severidad de la discrepancia transversal entre ambas arcadas (251), también inconsistente entre la literatura disponible, descrita en la mayoría de los estudios como la situación donde se percibe la sobrecorrección de la discrepancia transversal por los contactos creados entre las cúspides palatinas de los dientes posteriores superiores y las cúspides linguales de los dientes posteriores inferiores (252), o contactos entre las cúspides palatinas de los dientes posteriores superiores y las cúspides vestibulares de los dientes posteriores inferiores. (251) Concretamente algunos autores especifican que el punto de finalización de la actividad del disyuntor empleado fue la observación clínica de una sobreexpansión de 2-3 mm determinada por el clínico. (162,251) Otros estudios, como del Ngan y cols. (162) consideraron que la expansión adecuada era cuando la relación oclusal de las cúspides linguales de los primeros molares superiores contactaba con las cúspides vestibulares de los primeros molares inferiores, así como Wilmes y cols. (196) hasta alcanzar un 30% de sobrecorrección. Brunetto y cols. (65) justifican no realizar sobrecorrección, ya que el efecto de la MARPE es fundamentalmente ortopédico y las fuerzas se aplican directamente al hueso; eliminando por tanto, la necesidad de sobrecorrección. Por el contrario, en el caso de realizar ERM convencional recomiendan la sobrecorrección debido a un mayor efecto ortodóncico de inclinación vestibular que suele recaer. (170, 253)

En nuestro estudio, la cantidad media de expansión del tornillo obtenida fue 6.8 (1.8) mm (desde 3.4-9.4 mm) con un tiempo medio de expansión de 22 (8.0) días con un CI95%: (17.0, 26.0), similar a la reportada por otros estudios: de 6.7 mm (4.5-8.8)

en un tiempo medio de 27 días (80) y de 6.5 mm en 5 semanas (159), con una activación de 1 vuelta de 0.26/día, acorde al protocolo empleado en los estudios de Brunetto, Park y Lim (65,80,159), sin realizar una mayor expansión una vez alcanzada la relación transversal molar deseada. (80,159) Sin embargo, comparado con los distintos estudios, resulta frecuente encontrar que la mayoría de ellos realizan sobrecorrección de la expansión, empleando protocolos de activación mayores de 0.5/día, común en varios de los estudios revisados. (81, 220, 221, 226, 254) Unos emplean protocolos de activación combinados, comenzando con un rango de activación que posteriormente se modifica una vez observado el diastema interincisivo. (65, 81, 130, 247, 255, 256) Otros, simplemente indican el número de vueltas sin especificar la cantidad de activación realizada. (199, 254)

Otro de los aspectos que muestra una alta variabilidad en el diseño de los estudios disponibles son: el segundo tiempo de evaluación empleado una vez alcanzada la relación intermaxilar transversal deseada y el tiempo de retención del disyuntor, no siempre coincidente con el momento de evaluación. Particularmente, nuestro estudio evalúa como segundo momento de evaluación comparativo (T2), inmediatamente finalizada la expansión como proponen varios estudios (147,162, 221,257) para facilitar el análisis de la apertura de la sutura antes de que se produzca el nuevo crecimiento óseo (81), mantenimiento el dispositivo sin actividad, únicamente para la estabilización y consolidación de la SMP durante los próximos 6 meses. Entre los estudios disponibles, podemos encontrar algunas investigaciones que valoran los cambios producidos en un tiempo próximo a la finalización de la expansión en periodos aproximados de 3 o 4 semanas (14,80,159,256), mientras que otros estudios evalúan a los 3 meses (43,108,130,199,220,246,254,255,257,258), 4 meses (65) o 6

meses. (81,143, 221, 225, 226, 251) Incluso un estudio evalúa tras un promedio de 7.8 meses (259) y tan solo algunos estudios muestran resultados superiores o iguales a 1 año. (159, 221, 222, 225) Ekstrom y cols. (260) observaron que la mineralización de las SMP se completa a los 3 meses de la ERM, aconsejando tiempos de retención de entre 3 y 6 meses para asegurar una estabilidad a largo plazo.

8.1.1. Efectos esqueléticos

Los cambios significativos observados en nuestro estudio en el aumento de la anchura maxilar (AM) y anchura nasal (AN) de 2.5 (1.6) y 2.1 (1.1) mm respectivamente, explican un efecto de disyunción en la cavidad nasal como muestran algunos estudios previos (45,129, 130). Similares a los valores de AM reportados por Choi y cols. (2.2 (0.5) mm), An y cols. (2.7 (1.5) mm) y Toklu y cols. (2.6 (2.3) mm). (43, 223, 199) Los estudios de Almaqrami y cols. (224) y Chun y cols. (257) alcanzaron un ligero mayor aumento de AM con una media de 3.5 (1.6) mm y 3.3 (0.8) mm respectivamente. El estudio de Jia y cols. (261) reportó el mayor aumento con una media de 3.8 (1.1) mm. Sin embargo, Lim y cols. (159) observaron un menor aumento de que osciló desde 1.8 a 2.3 mm, medida a 3 distintos niveles comparables con nuestra medición. La AN (2.1 (1.1) mm) observada tras la disyunción en nuestro estudio, coincide con los resultados de estos mismos estudios analizados (199, 221, 223, 224, 257, 261), siendo mayor a la observada por Choi y cols (1.7 mm). (43)

En cuanto a la apertura de la sutura, la literatura disponible reporta un marcado patrón tras la expansión maxilar que se describe con una tendencia piramidal en el aspecto vertical. (81) Según algunos estudios, el patrón de apertura triangular presenta

el ápice en el área nasal y la base en las cúspides dentales, independientemente del mecanismo utilizado. (108, 251, 262) Lim y cols. apoyan que la MARPE no se limita sólo al maxilar, sino que también puede involucrar a las estructuras circunmaxilares. (159) En el caso de los estudios que utilizan expansores de anclaje dental (ERM convencional) tienden a describir un patrón triangular en un corte transversal, siendo más ancha en la porción anterior del maxilar (170,219,263), mientras que se observa un patrón más paralelo para los expansores de anclaje óseo. (219) Estos hallazgos también podrían verse influenciados por la ubicación del aparato. (162) En cuanto a su localización hay una tendencia a una ubicación en una posición palatina intermedia, descrita como "zona T palatina" (264) para asegurar un anclaje bicortical más alto, lo que promueve un patrón de apertura de sutura más paralelo. (265)

El patrón de apertura observado de la SMP en el corte frontal, evaluado a nivel del suelo nasal y suelo palatino (SN y SP), no ha mostrado diferencias estadísticamente significativas ($p=0.100$) entre ellos, con una media de 2.4 (1.0) mm lo que confirma un tipo de apertura paralela en la vista coronal, similar a los reportados por otros estudios. (147, 219, 247, 249, 250) Concretamente un estudio reciente realizado por el grupo del Dr. Moon (246), observó una expansión maxilar coronal a nivel del suelo nasal idéntica a nuestro estudio (2.4 mm) tras la expansión realizada con un disyuntor de anclaje mixto comparable al empleado en nuestra investigación. Estos valores a su vez muestran congruencia con la dimensión de la expansión sutural media (ESM), también evaluada al nivel del primer molar en una visión coronal (2.7 (1.0) mm). Lim y cols. reportaron una apertura de la sutura bastante homogénea sin apenas discrepancia entre los distintos niveles y dientes evaluados, cuantificado el volumen que osciló desde 12 mm a 16.8 mm². (159) Contario a un patrón más

triangular, observado en otros estudios. (43, 80, 219) Choi y cols. (43) describen una apertura triangular de la sutura con un menor incremento a nivel nasal, siendo 3 veces mayor la expansión a nivel dental (AIM) que a nivel de la anchura maxilar.

El análisis realizado para cuantificar el efecto esquelético, dentoalveolar y dental observado tras MARPE, nos muestra una expansión total alcanzada de 4.5 mm, similar aunque algo menor a algunos resultados reportados por otros estudios con valores que oscilan entre 5.4 mm y 5.6 mm analizados a través de la anchura intermolar (AIM). (80, 82, 159) La mayor proporción de la expansión total alcanzada corresponde a una expansión esquelética (60%), determinada por la expansión sutural media (ESM) de la SMP medida en la mitad del paladar a nivel del primer molar en un corte coronal (2.7 (1.0) mm), coincidente a la proporción reportada por otros estudios. (82, 162, 266) Concretamente, el estudio de Ngan y cols. (162) en una muestra similar a la de nuestro estudio sobre pacientes esqueléticamente maduros (CVM 4) empleando el mismo método de medición y tipo de expansor óseo-dentario, informaron de un 41% de expansión esquelética (2.5 (0.7) mm) y una expansión total (ET) de 6.2 (1.3) mm, lo que significa que proporcionalmente nuestro estudio observa un mayor porcentaje de expansión esquelética, sobre todo teniendo en cuenta que la mayoría de nuestra muestra ha sido clasificada como pacientes esqueléticamente maduros (estadios 4 y 5) con una edad media de 17.1 (3.5) años. Según una revisión sistemática reciente del 2021, este efecto puede variar entre un 25-61%, con valores medios de entre 1.1 hasta 4.5 mm correspondientes a la apertura de la SMP en su visión coronal. (245) Clement y cols. (266) mostraron los porcentajes más altos de expansión esquelética tras MARPE (61%), con menores y similares porcentajes de expansión alveolar y dental (20% y 19% respectivamente), superiores a los observados tras la ERM convencional

mediante disyuntores tipo Hyrax (23), (siendo el 50% reportado por Profitt, el 40% por Kartalian y cols. y el 55% informado por Garrett y cols. (22,267), relacionado con el anclaje esquelético bicortical empleado comparable con el observado en nuestro estudio. El reciente estudio de Almqrami y cols. (224) también observaron un gran componente de expansión esquelética (65.4%) a través de apertura de la SMP (3.2 mm) mediante el empleo de disyuntor de anclaje óseo-dentario. De forma similar Zong y cols. (82) atribuyen un $59.2 \pm 17,7$ % de expansión esquelética (3,1 (1,6) mm) de la expansión total alcanzada. Sin embargo, algún estudio también muestra menores porcentajes del efecto esquelético inmediato de la MARPE. (43)

Los estudios de Choi, Park, Lim y Ngan (43, 80, 159, 162) observaron una apertura de la sutura de 2-2.5 mm similar a la observada en nuestro estudio, correspondiente a la expansión esquelética inmediata que osciló entre desde un 25% hasta un 61%. Un metaanálisis realizado recientemente determinó una tasa media de éxito del 92.5 % (95 % IC: 88,7%–96,3%), con un aumento de la anchura esquelética de 2.3 mm (IC 95%: 1.6 mm–3.0 mm) y 6.5 mm (IC 95 %: 5,50 mm–7,59 mm) de anchura dental intermolar. Estimando que la expansión esquelética tras MARPE ocupó un 35,6% de la expansión total alcanzada. (245) Comparable con la expansión observada por otros estudios tras la ERM convencional o a la SARPE, que oscilan desde un 40 a un 55% (227,267) y desde un 21.5 hasta un 46.3 % (163,268-270) respectivamente. Esta revisión apunta que resultados obtenidos con la MARPE son clínicamente comparables a la expansión lograda con la SARPE, existiendo una evidencia limitada que demuestre que la MARPE puede inducir efectos secundarios dentales y periodontales, aunque los datos deben ser interpretados de forma cuidadosa. (245)

Contrario a lo que recomienda la literatura actual revisada, recurriendo al tratamiento quirúrgico en estos casos de estadios suturales avanzados en los que partimos de una osificación donde se observa una fusión parcial y total de la sutura. Otro estudio retrospectivo realizado este mismo año, sobre una muestra de pacientes adultos con estadios suturales D y E, ha observado cambios significativos tras la MARPE mediante disyuntores óseo-dentarios mostrando un patrón de apertura de la sutura casi paralelo en el plano coronal, con una apertura media de la SMP de 3.2 mm y una anchura intermolar de 4.9 mm, muy similares a los encontrados en nuestro estudio. Estos valores corresponden a un 66.4% de expansión esquelética, un 5% de expansión alveolar (0.25 mm) y un 28.5% de expansión dental (1.4 mm). (224) Análogos a los reportados por los estudios de Zong y Clemeent (82,266) y, concordantes con los porcentajes observados de nuestra investigación: con un 60% de expansión esquelética, un 15,5% de expansión alveolar y un 24,4% de expansión dental. Al mismo tiempo, Paredes y cols. (256) mostraron valores casi idénticos, distribuidos en un 60-56.8% de expansión esquelética, un 16.5% de expansión alveolar y un 23.6-26.6% de expansión dental. Por el contrario, distintos estudios han mostrado menores proporciones de expansión esquelética con un mayor componente dental. Como el estudio de Lim y cols. (159) quienes observaron una expansión con una proporción: 39% esquelética, 7.1 % alveolar y un 53.8 % dental, o los estudios de Ngan y Park (162,80) con proporciones:41%, 12% y 47% y 37%, 22% y 40,7% respectivamente.

En la evaluación de su apertura desde una visión axial, se han observado cambios significativos a lo largo de su recorrido desde la zona anterior a medida que avanzamos a la zona posterior molar en los tres puntos analizados, con una apertura

media de 3.3 (1.3) mm en el primer premolar, similar en los tres dientes analizados con diferencias inferiores a 0.5 mm (Tabla 21), por lo que podemos describir una abertura uniforme casi paralela a lo largo de su recorrido, en concordancia con resultados de los estudios previos que emplean disyuntores de anclaje puramente óseo u óseo-dentario mediante la MARPE. (64, 80, 162, 219) Nuestros valores coinciden con la cantidad de apertura sutural reportada por otros estudios que emplean disyuntores óseo-dentario (colocado en una posición posterior) como el de Almaqrami y cols. (224), con una media de 3.4 mm, 3.2 mm y 3.0 mm en el primer y segundo premolar y primer molar respectivamente, siendo algo menores a los observados por Cantarella y cols. (81) con una media de 4.8 mm a nivel de la ENA y 4.3 mm en la ENP, aunque también con un patrón paralelo.

También resulta interesante revisar que influencia puede tener el tipo o diseño de disyuntor empleado (anclaje óseo-dentario o anclaje puramente óseo) a efectos de la expansión esquelética obtenida tras la MARPE. Lo cierto, es que no existen muchos estudios comparativos de calidad que evalúen estos datos, y de los que disponemos no aportan una evidencia clara. Un estudio reciente realizado por el grupo del profesor Moon (246) que compara ambos tipos de anclaje óseo y mixto, observó una expansión esquelética similar para ambos grupos, sin diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, el efecto dentoalveolar y la inclinación dental de la expansión fue mayor para el anclaje mixto (anclaje óseo-dentario), siendo nula la inclinación dental y con una mayor flexión alveolar pura en el grupo óseo. La revisión sistemática de Yacout y cols. (154), en el que sólo se incluyó un único ensayo clínico aleatorizado (ECA) realizado sobre 53 pacientes tratados con la MARPE frente a la ERM convencional mediante superposición de modelos, observaron que ambos diseños empleados

mostraron cambios significativos en el movimiento vestibular de los premolares sin diferencias estadísticas entre ellos. Sin embargo, a nivel de los molares, la inclinación no mostró cambios significativos para el disyuntor óseo, pero sí se observó una mayor inclinación en el grupo de disyuntores de anclaje óseo-dentario. (271)

La eficacia y estabilidad clínica tras la MARPE realizada en sujetos jóvenes (entre 19 y 26 años) reportan tasas de éxito del 86,96%, manteniendo los cambios esqueléticos y dentoalveolares tras la disyunción, así como la solidez de las estructuras periodontales durante período de retención. (43) Shin y cols. (272) en un estudio preliminar realizado sobre una muestra de 31 adultos jóvenes determinaron que la edad, la longitud del paladar y el estadio de maduración de la SMP pueden ser predictores de la expansión de la SMP para esta población.

8.1.2. Efectos dentoalveolares

El patrón de la expansión maxilar se compone de una combinación de movimiento de rotación del complejo naso-maxilar, flexión del hueso alveolar e inclinación de los dientes. Tras la expansión maxilar exitosa en la que se produce una separación de ambas mitades del hueso maxilar, el complejo naso-maxilar sufre una división transversal con un patrón piramidal en una visión coronal, donde el centro de rotación se sitúa en la sutura frontonasal. (80,273) Inevitablemente esta rotación del complejo naso-maxilar se acompaña de un cambio en la inclinación del hueso alveolar, a través de la remodelación o la flexión. (246)

En la expansión total alcanzada tras la disyunción, una menor proporción (40%) corresponde al componente dentoalveolar (1.8 mm), donde la flexión alveolar y la inclinación dental (INCL) mostraron valores medios reducidos de 0.7 (1.6) mm y 1.1 (1.3) mm respectivamente, correspondientes al 15.5% y 24.4% de la expansión total, a nivel del primer molar. Nuestros datos coinciden con las mismas proporciones observadas en el estudio de Paredes y cols. (256), donde las mediciones lineales indican un 16.5% de flexión alveolar y entre un 23.6-26.6% de inclinación dental para ambos lados, correspondientes a 2.9-3.0 mm y 3.8-4.1 mm respectivamente. Sin embargo las mediciones angulares realizadas en este mismo estudio reportaron una distribución muy distinta, donde la flexión alveolar y la inclinación dental tan solo ocuparon un 0.3° y 3.0-4.2° respectivamente, lo que sugiere una rotación pura de las estructuras medifaciales con una insignificante flexión del hueso alveolar o inclinación dental. (256) Lin y cols. (130) observaron un predominante efecto esquelético (57.5-77.0%) tras la MARPE con disyuntores de anclaje puramente esquelético, sin embargo también se apreció un impacto dentoalveolar que supera a la inclinación dental, con una ratio 0.9-1.3, ambos mostrando cambios significativos. Los estudios de Clement (266) y Helmkamp (274) observaron una expansión alveolar del 20 y 22% de la expansión total respectivamente. Por otro lado, según Handlemen y cols. (275) la cantidad de expansión alveolar es mayor en adultos que en adolescentes, ocupando alrededor de un 33% de la expansión total en pacientes adultos tratados con ERM convencional.

Ngan y cols. (162) reportaron un mayor efecto dentoalveolar de la expansión (59%), en el que la flexión alveolar solo ocupó un 12 % (0.7 mm) similar al encontrado en nuestro estudio, y el 47% restante correspondiente a la inclinación

dental (2.9 mm), sin observar cambios significativos en las medidas angulares de la flexión alveolar en primeros premolares y primeros molares de ambos lados. Los valores de flexión alveolar observados oscilaron desde 3-8° en el lado derecho y desde -2.3-1.4° en el lado izquierdo, siendo superiores a los hallados en nuestro estudio, no encontrando cambios significativos igualmente. Otro estudio, reportó valores incluso aún menores de inclinación alveolar, que oscilan desde 0.7°-1.4° en la lado derecho y desde 0.6°-0.8° en la lado izquierdo. (130) Sin embargo, el estudio retrospectivo de Park y cols. (80) realizado sobre pacientes adultos jóvenes tratados con MARPE mediante disyuntores óseo-dentarios, observaron una corrección transversal del maxilar con un 37.0% de expansión esquelética, un 22.2% de expansión alveolar y un 40.7% de expansión dental, donde se observaron cambios dentoalveolares tanto en el espesor de la cortical vestibular (0.6–1.1 mm) como la reducción del nivel de la cresta alveolar (1.7–2.2 mm), comparables a los observados con la ERM convencional. (134, 211, 276) A pesar de estos efectos acompañados de la inclinación vestibular de los primeros molares, la expansión esquelética fue considerable (37%).

Kapetanović y cols. (245) en su revisión sistemática recogen porcentajes de expansión alveolar inmediatos tras la MARPE que oscilaron desde un 7.1 % (159) hasta un 22% (80) sin incluir el componente dental, entre los que nuestro porcentaje se encuentra en una situación intermedia, concluyendo que la MARPE puede alcanzar una expansión maxilar estable, tanto a nivel esquelético como dentoalveolar, siendo mayoritariamente dentoalveolar en pacientes pospuberales. Si incluimos el componente dental, Choi y cols. (43) reportaron hasta un 74.6% de efecto dentoalveolar, con un reducido efecto esquelético (25.4%). En cambio, Almaqrami y

cols. (224) tan solo observaron un efecto dentoalveolar del 5% (0.2 mm) de la expansión total alcanzada.

Aunque el concepto del efecto de la MARPE por su naturaleza de anclaje óseo debe ser mayormente esquelético sin afectar a las estructuras dentoalveolares, son muchos los estudios que muestran que no hay una expresión esquelética pura de la expansión (64,80,111,115,128,130,147,196,199,256,259,277,278), mostrando porcentajes de flexión del hueso alveolar e inclinación dental considerables (80,130,159,162,199,245,266), incluso cuando se compara el efecto de anclaje puramente esquelético (disyuntor óseo) o combinado (disyuntor óseo-dentario). (130,271) Estos resultados pueden estar relacionados con dos problemas principales, el empleo de medidas lineales para diferenciar los tres componentes de la expansión, y que estos se encuentren más alejados del punto de fulcro debida y previamente definido, como explican Paredes y cols. (256) en su estudio.

En la actualidad no existe consenso claro en la literatura sobre la superioridad en el diseño de los disyuntores soportados por minitornillos, divididos principalmente en dos categorías (óseo-dentario u óseo) (154,279), alcanzando ambos una expansión maxilar significativa a nivel dentoalveolar, aunque la forma, extensión de la distribución de las fuerzas y, en consecuencia, los efectos esqueléticos y dentoalveolares de la expansión puedan variar con el empleo de apoyo dentario. (149) Canan y cols. (271) en un ECA donde se comparan los efectos dentoalveolares de tres tipos de diseños (ERM convencional: apoyo dentario y MARPE: apoyo óseo y óseo-dentario) sobre una muestra de pacientes de 12 y 13 años, observaron una expansión significativa en todos los grupos de diseños empleados, con similares efectos

dentoalveolares, mostrando una significativa menor expansión en el lado derecho en el grupo tratado con disyuntor óseo. Este mismo estudio no observó diferencias significativas en la inclinación dental entre ambos tipos de disyuntores, similar a los resultados inmediatos reportados por los estudios de Oh y Moon (280,246), observando una inclinación vestibular del molar ligeramente menor con el disyuntor óseo frente al disyuntor de anclaje mixto.

El estudio de Moon (246), que también compara los efectos de la MARPE mediante ambos tipos de disyuntores sobre una muestra de adolescentes tardíos (24 años de media) observó una expansión esquelética similar para ambos tipos de expansores (2.4 mm), sin diferencias significativas entre ellos, coincidente con nuestros resultados y el de otros estudios. (43,147) Sin embargo, la expansión dentoalveolar sí mostró diferencias entre los diseños, siendo más del doble para el disyuntor óseo-dentario comparado con el disyuntor de anclaje óseo (1.6 mm y 0.8 mm respectivamente), similar a la reportada por los estudios de Choi, Park y Mosleh (43, 80, 147) y, a la flexión alveolar angular obtenida a través del cálculo en nuestro estudio (0.7 (1.6) mm) (1.8 mm la expansión dentoalveolar). Todo ello relacionado con una significativa mayor expansión dental encontrada en el grupo de disyuntor mixto frente al anclaje óseo puro. De acuerdo con estos cambios observados, establecieron que la cantidad de expansión dentoalveolar (1.6 mm) fue debida principalmente al movimiento dentario en el grupo de disyuntores de anclaje óseo-dentario y a la cantidad de flexión alveolar en el grupo de disyuntores de anclaje óseo, en el que no se observaron cambios en la inclinación dental. Este estudio (246) junto a otro (280), han observado incluso un aumento significativo de la inclinación de los premolares tras la expansión maxilar con disyuntores de anclaje óseo-dentario, a pesar

de no tener apoyo premolar, posiblemente en conexión con la flexión del hueso alveolar o rotación de las mitades maxilares.

En cuanto a los cambios alveolares en la anchura maxilar vestibular (AMV) y palatina (AMP) hemos podido observar un aumento significativo en todos los dientes analizados, lo que confirma los resultados de estudios previos. (162,199) Respecto a otro aspecto alveolar fundamental, centrado en el grosor de las corticales vestibulares y palatinas y el nivel de la cresta ósea, existe disparidad sobre los efectos periodontales que producen las fuerzas de expansión sobre los dientes de anclaje. Así como estudios previos han mostrado una reducción significativa del espesor de la cortical vestibular, junto a la aparición de dehiscencias óseas y la reducción en la posición de la cresta ósea tras ERM convencional en los dientes empleados como anclaje (134, 211, 281), otros autores observan cambios mínimos o inexistentes. (178,229) Algunos factores han mostrado una correlación significativa de estos cambios, entre los que destacan la edad, la magnitud de expansión del aparato o el grosor inicial de la cortical, mientras otros, como la tasa de expansión y el tiempo de retención del disyuntor parecen no mostrar dicha correlación. (211) Un estudio comparativo prospectivo muy reciente realizado sobre 60 pacientes adolescentes tratados con MARPE mediante disyuntores de anclaje mixto frente a una ERM convencional confirma que, cambios dentoalveolares tales como, la reducción del grosor cortical vestibular y el aumento de la altura de la cresta ósea vestibular son mayores con el uso de expansores de anclaje dentario. (261) Observaron tasas de éxito superiores en la separación de la sutura palatina media para MARPE frente a la ERM (100 % frente 86.7 %). La Expansión esquelética y la relación esquelético-dental a nivel del primer molar, también fueron significativamente mayores en el grupo MARPE (3.82 mm y 61.4%, respectivamente)

que en el grupo Hyrax (2.20 mm y 32.3%, respectivamente) ($p < 0,01$); así como, menores efectos dentoalveolares y dentales de reducción de la altura del hueso alveolar vestibular e inclinación de los primeros molares en el grupo MARPE ($p < 0,01$). Estos autores (261) concluyeron que, la MARPE permitió una mayor y más predecible expansión esquelética con menores efectos dentoalveolares y dentales, proponiéndola como la mejor alternativa para el tratamiento de pacientes con deficiencia esquelética del maxilar durante la etapa de crecimiento pospuberal. Dichos resultados coinciden con los reportados por otros estudios realizados sobre pacientes de mismas edades tratados mediante la MARPE y mismo tipo de disyuntor (82) o mediante disyuntores de anclaje óseo exclusivo. (143)

Sin embargo, son varios los estudios que han observado dichos cambios indistintamente según el tipo de expansión realizada (ERM y MARPE), ya que también emplean anclaje mediante bandas a los primeros molares. (80, 134, 199, 211, 246) Lin y cols. (219) encontraron una mayor expansión esquelética y menor efecto dentoalveolar con el empleo de anclaje óseo sobre una muestra de adolescentes tardíos, siendo casi dos veces mayor la expansión esquelética alcanzada con MARPE mediante disyuntores de anclaje óseo (57%-77%) frente a la ERM con disyuntores de apoyo dentario tipo Hyrax (25%-43%).

En nuestro análisis, el grosor de la cortical vestibular (GCV) mostró cambios significativos con reducciones que oscilan entre 0.1 (0.2) mm y 0.4 (0.4) mm para los premolares y molares, sin embargo, la posición de la cresta ósea (CO) se mantuvo casi intacta (0.1-0.2 mm). Si además consideramos que el grosor medio del espesor de las corticales vestibulares oscilaron entre 0.7-0.9 mm para primeros premolares, entre 1.3-

1.7 mm para segundos premolares y 1-1.7 mm para las raíces mesio y disto-vestibulares de los primeros molares, la cantidad de adelgazamiento podría considerarse clínicamente aceptable, siendo similar entre los dientes sin anclaje (0.3 mm) y los dientes con anclaje (0.3-0.4mm). Toklu y cols. (199) reportaron una reducción del espesor de la cortical vestibular en los primeros molares embandados en ambos grupos, de aproximadamente de 0.7 a 1.2 mm, superior a la observada en nuestro estudio, junto a un aumento del grosor de la cortical palatina (GCP) en pacientes con una edad media de 13.8 años. Sin embargo, en el grupo tratado con MARPE no observaron cambios en el grosor de la cortical vestibular de los dientes donde no se empleó anclaje, coincidiendo con lo observado en un estudio de Garib y cols. (146). En cuanto al espesor de la cortical palatina (GCP), en nuestro estudio observamos un aumento significativo de 0.1 a 0.2 mm en el lado izquierdo para los tres dientes analizados, como sugieren algunos estudios. (146,199) Podemos deducir que estos cambios tendieron a mostrar un patrón de expansión maxilar más esquelético, coincidente con los estudios que informan un aumento del grosor del hueso palatino bilateral tras la MARPE (146,199) o posterior a la ERM. (134,211)

Son muchos los estudios que, a pensar de observar un mayor efecto esquelético tras la MARPE, también observan cambios alveolares y dentales significativos, siendo la mayoría clínicamente no relevantes e indetectables. (245) La revisión sistemática de Kapetanović y cols. (245) reportó cambios inmediatos significativos tras la MARPE en el espesor cortical vestibular que oscilaban entre 0.3 y 0.6 mm para tres de los estudios incluidos (80, 159, 162), concordante con nuestros resultados y a su vez similares a los observados en algunos estudios tras la ERM. (134, 211, 276) Estos

cambios, aunque significativos, son considerados clínicamente insignificantes por la mayoría de los estudios. (245,246)

En esta misma línea, Moon y cols. (246) mostraron una mayor reducción del grosor de la cortical vestibular y aumento de la altura de la cresta ósea con el disyuntor óseo-dentario, no observando cambios significativos del grosor cortical y una reducción menor a 0.1 mm de altura de la cresta para el disyuntor de anclaje mucóseo. Este mismo estudio estableció una probabilidad mucho mayor de la evolución de dehiscencias con el uso de disyuntores de anclaje óseo-dentario frente al anclaje óseo (31.3 % frente a 4.2% respectivamente). Ngan y cols. (162) también informaron sobre ligeros cambios similares con un promedio de reducción del espesor cortical vestibular de 0.3 mm a 0.6 mm en el primer molar donde se colocaron bandas. Lin y cols. (219) confirman estos hallazgos, observando la aparición de dehiscencias óseas con una media de 0.1-0.2 mm. Respecto a la estabilidad de dichos cambios durante el periodo de retención, podemos encontrar resultados muy contradictorios, desde algunos estudios que observan una disminución del grosor cortical vestibular tras los 6 meses de retención (136), a otros que muestran remodelación y recuperación parcial de la cortical después de 6 meses de retención (281), o incluso estudios que no encuentran correlación ($p < .05$) entre la pérdida ósea vestibular y el tiempo de retención. (211)

En nuestro estudio, no se observaron cambios significativos en la posición de la cresta ósea una vez completada la expansión. Sin embargo, si hemos encontrado algunos estudios que muestran cambios significativos inmediatos tras la MARPE que oscilan entre 0.7 y 1.7 mm. (80,162) Lin y cols. (219) también observaron cambios,

aunque menores en su posición que oscilan de 0.3-0.5 mm en lado derecho y 0.1-0.2 mm en el lado izquierdo.

Aunque algunos estudios han reportado correlaciones significativas de la edad y el grosor inicial de la cortical vestibular con los cambios óseos vestibulares observados del uso de disyuntores de anclaje dentario en pacientes adolescentes. (134,211) Parece que, para el uso de disyuntores de anclaje óseo, ni la edad y las condiciones dentoalveolares iniciales muestran correlación significativa con los cambios óseos vestibulares. Según Moon y cols. (246) la posición de la cresta ósea vestibular para los disyuntores óseo-dentarios, ha mostrado una correlación positiva con la edad del paciente ($R:0.37$, $p<.01$) y negativa con el grosor inicial de dicha cortical ($R=-0.43$, $p<.01$). Para este mismo tipo de disyuntor (óseo-dentario) también se ha observado una correlación positiva significativa entre la reducción de la posición de la cresta ósea vestibular y la inclinación dental ($R=0.29$). Por el contrario, para el disyuntor óseo, la pérdida de altura de la cresta ósea vestibular no mostró una relación positiva significativa con la condición inicial de la cresta ósea. Para los cambios producidos en el grosor de la cortical vestibular, no se observaron correlaciones significativas con las condiciones iniciales para ninguno de los tipos de disyuntores.

En relación con las complicaciones descritas comparando ambos diseños para la MARPE, se han observado mayores complicaciones clínicas con el anclaje óseo frente al óseo-dentario o mixtos (154,271) asociadas principalmente la pérdida de estabilidad del aparato o de sus microtornillos de anclaje, ya que todas las fuerzas de expansión se transmiten sobre éstos, mientras que en el diseño mixto los dientes de anclaje contrastan la posible inestabilidad cuando aparece. (149) Entre algunas de las ventajas

del diseño mixto, se describen: el mecanismo de seguridad contra la deglución o aspiración en caso de fallo gracias al apoyo molar (147), o la facilidad de la inserción de los microtornillos a modo de guía quirúrgica. (282)

8.1.3. Efectos dentales

El fenómeno de flexión e inclinación del hueso alveolar descrito tras la expansión maxilar conlleva un cambio en la inclinación dental inherente al proceso alveolar que lo acompaña, convirtiéndolo en un hallazgo frecuente finalizado el tratamiento. (27, 108, 128, 170, 211, 227, 229, 283) Sin embargo, la mayoría de los estudios revisados reportan poca relevancia estadística. Pese a que la mayoría de los estudios muestran cambios significativos en la inclinación dental como un efecto derivado de la ERM (108, 196, 199, 211) tanto del complejo dentoalveolar como su inclinación absoluta (199, 227, 245), los cambios de inclinación dental observados en nuestro estudio tras la MARPE no fueron significativos en ninguno de los análisis realizados. Ni analizados respecto a su diente contralateral (-1.6° - -3.3°), ni de forma individual en ambos lados del maxilar (-1.2° - 1.7° en lado derecho, y de -1.2° - 2.2° en el lado izquierdo), siendo mínima en todos los dientes evaluados, y mostrando una tendencia a un tipping positivo, aumentado ligeramente desde el primer molar hasta el primer premolar. De la expansión total alcanzada (4.5 mm), un 24.4% corresponde a la expansión dental con una media de 1.1 (1.3) mm, en nuestro caso con un mayor componente dental que alveolar.

A pesar de encontrar valores de expansión esqueléticos cercanos al 40% tras MARPE (80, 159, 162), son varios los estudios que también reportan un elevado

componente dental en la expansión total que oscilan desde un 40.7% (80), 47% (162) hasta un 53.8 %. (159) O al menos, casi en las mismas proporciones, repartidas en un 20% del efecto dentoalveolar y un 19% del efecto dentario. (266) Zong y cols. (82) con un porcentaje superior de expansión esquelética (59.2%), también observaron una inclinación vestibular de los primeros molares de 2.5° (2.6°) en pacientes adolescentes con efectos secundarios dentoalveolares mínimos. Siendo menores a la inclinación del primer molar mostrada por los estudios de Wilmes (196) o Toklu (199) (5.3°-6.5° y 2.5°-3° respectivamente). Clement y cols. (266) a pesar de mostrar una mayor proporción del componente esquelético de la expansión total alcanzada (61%), también observaron una evidente inclinación dental vestibular en algunos casos, ocupando un 19% de la expansión total a nivel del primer molar. Similar a informes anteriores que emplean la MARPE y la ERM (130), en el que los molares experimentan una inclinación superior a la observada a nivel premolar, atribuida a la incapacidad de no transmitir fuerzas de expansión a los molares mediante el alambre estabilizador o, al espacio que se genera entre el microtornillo y la ranura de inserción del microtornillo. (64)

Algunos autores afirman que es inevitable encontrar un aumento de la inclinación molar de entre 1° a 24° tras la expansión maxilar, probablemente debido a la flexión alveolar y al efecto de inclinación de los dientes posteriores que le acompañan. (80,284) Tras la ERM, Christie y cols. (198) observaron una significativa inclinación vestibular bilateral del primer molar de 5.6° (6.2°). El estudio de Park y cols. (80) informan valores similares después de la MARPE, observando un mayor grado de inclinación vestibular en el primer molar (4.9°-6.9°) comparado con el primer premolar (aunque estas diferencias no fueron significativas), relacionado con la

reducción del cortical vestibular y los cambios en la altura de la cresta ósea observados en su estudio. Comparado con nuestros resultados, esta mayor inclinación observada en este último estudio puede estar influenciada por la superioridad de edad empleada en la muestra (20.1 (2.4) años, rango: 16-26 años). En línea con estos resultados, otras investigaciones informan sobre cambios de inclinación similares, aunque con valores de inclinación inferiores de 2.5° (134) y 3.9°. (286). También se ha observado una reducción de dicha inclinación vestibular de 0.2° por año tras la finalización de la MARPE, asociada a la remodelación que se acompaña de aposición ósea vestibular explicada anteriormente. (159)

Cuando se compara este efecto de inclinación dental relacionado con el diseño de disyuntores empleados mediante ERM convencional con Hyrax o MARPE con disyuntores óseo-dento soportados, podemos encontrar discrepancias entre los distintos estudios. Toklu y cols. (199) observaron un aumento significativo de la inclinación dental en los primeros premolares y molares de ambos lados para el grupo tratado con ERM. Al comparar ambos grupos de tratamiento, se mostraron diferencias significativas en la inclinación del primer premolar izquierdo, observando un aumento de 2.3° (3.0) en los pacientes tratados con ERM, mientras que ésta se mantuvo sin ningún cambio en el grupo de pacientes tratados con disyuntores óseo-dento soportados. Para la inclinación dental absoluta, no se observaron diferencias significativas entre los grupos de tratamiento. Sin embargo, estos mismos autores en su discusión advierten que este hallazgo debe ser cautelosamente interpretado debido a la gran variabilidad individual observada en estudios previos. (211,286) Concretamente el estudio de Adkins y cols. (286) reportan que dicha variabilidad puede ser de aproximadamente 6° (6°). Asimismo, tanto el método de evaluación

empleado como la expansión diferencial realizada pueden influir en la discrepancia de resultados entre los distintos estudios, esta última con una correlación significativa. (211) En esta misma línea de investigación, Lagraverè y cols. (128) en un estudio comparativo entre disyuntores dento y óseo-dento soportados mostraron cambios transversales similares y una importante inclinación de la corona en los segmentos posteriores con ambos tipos de disyuntores. En nuestro estudio, la inclinación dental evaluada respecto a su diente contralateral no mostró cambios significativos tras la expansión, por lo tanto, podríamos decir que, la MARPE mediante disyuntores de anclaje mixto es un método eficaz y seguro de tratamiento para la corrección de discrepancias transversales maxilares en pacientes adolescentes cuando la sutura mediopalatina aún no está completamente osificada y se encuentra parcialmente abierta, sin un mayor componente de expansión dental.

Mediante el análisis de modelos podemos apreciar que la expansión oclusal observada tras la disyunción presentó un patrón paralelo, mostrando una anchura cuspídea similar entre premolares (4.5 mm para primer premolar y 4.3 mm para segundo premolar) y algo menor a nivel del primer molar (3.6 mm). Contrario a lo observado por Toklu y cols. (199) con una tendencia a un patrón más triangular, en la que la anchura intermolar hallada fue hasta 3 veces mayor que la encontrada a nivel del primer premolar, indicando una expansión de arcada con un patrón de “V” invertida. Wilmes y cols. (196) sin embargo, describieron un patrón de forma de “V”, decreciendo de la zona anterior a la posterior. Estas diferencias observadas entre los distintos estudios se encuentran relacionadas con una respuesta más esquelética a las fuerzas de expansión en pacientes de edades jóvenes (edad media, 11 años), ya demostrada por la relación existente entre las edades cronológicas y esqueléticas de los

sujetos y los efectos ortopédicos y ortodóncicos de ERM. (10, 59, 76, 199) Respecto a los valores de anchura gingival palatina observados tras la expansión para el primer premolar y molar (4.0 (1.4) mm y 3.9 (1.7) mm respectivamente), éstos fueron menores comparados con los reportados por Wilmes y cols. (196) sobre modelos digitales superpuestos sobre CBCT (6.3 (2.9) mm y 5.0 (1.5) mm), probablemente debido a un potencial efecto de la sobreexpansión realizada (30%) y combinación del uso de máscara de tracción y elásticos.

La altura de corona clínica únicamente mostró cambios significativos en el lado izquierdo para los tres dientes analizados, con un reducido incremento de 0.1 (0.1)-0.2 (0.2) mm. Sin embargo, dichos cambios no fueron clínicamente apreciables. La medición de la altura de la corona clínica es una cuantificación indirecta que se relaciona con la pérdida de inserción vestibular, pero que no necesariamente implica o refleja el tejido duro adjunto. (287) No obstante, la mayoría de los estudios previos nos advierten del riesgo de desarrollo de recesiones gingivales y/o dehiscencias óseas derivados de una expansión dentoalveolar. (17, 43, 105, 179) Los hallazgos encontrados en nuestro análisis de datos muestran resultados y una relación coherente con otros parámetros analizados, ya que tampoco se observaron cambios significativos en la posición de la cresta ósea vestibular (únicamente para primer premolar del lado izquierdo con un cambio de 0.2 (0.4) mm, no siendo clínicamente relevante), así como en la inclinación alveolar y dental. Lin y cols. (130) también observaron cambios en la corona clínica relacionados con recesiones gingivales que oscilan desde 0.2 a 0.5 mm, superiores a los cambios observados en nuestro estudio, refiriendo del mismo modo que éstos no fueron clínicamente significativos durante el tratamiento de ortodoncia

con MARPE. Por el contrario, el estudio de Choi y cols. (43) no observaron cambios significativos en la altura de corona clínica evaluada.

9.

C ONCLUSIONES

9. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de nuestro estudio se presentan a continuación:

- En relación con el Objetivo General, los datos reflejados en el presente estudio muestran:
 1. La expansión maxilar rápida asistida con microtornillos (MARPE) mediante anclaje óseo-dentario, resulta ser un tratamiento eficaz para la expansión maxilar en pacientes adolescentes que presentan osificación incompleta de la sutura media palatina, alcanzando una expansión total media de 4.5 mm en la muestra analizada y con una apertura en el 100% de los pacientes, permitiendo una corrección del problema transversal en todos los pacientes tratados.
 2. Al mismo tiempo, este tratamiento ha mostrado ser seguro, ya que no se registraron incidencias, ni urgencias durante el tiempo empleado que obligaran a su retirada u interrupción de éste.
 3. Los cambios significativos observados a nivel esquelético confirman un mayor efecto esquelético del tratamiento realizado a través de la apertura de la SMP. A nivel dentoalveolar, se observaron algunos cambios significativos ($p < 0.05$) aunque menores en la reducción del grosor de la cortical vestibular a ambos lados y aumento de la cortical palatina del lado izquierdo. La inclinación alveolar angular y la posición de la cresta ósea vestibular se mantuvieron sin apenas ningún cambio significativo. A nivel dental, únicamente el primer molar izquierdo mostró un cambio significativo en la inclinación dental angular (\bar{x}) de 2.2 (4.0) ° con un valor de $p = 0.050$.

- En referencia al 1º Objetivo Específico: Cambios esqueléticos:

La MARPE mediante el empleo de disyuntores de anclaje óseo-dentario produjo cambios esqueléticos significativos para la anchura maxilar y nasal. La sutura media palatina mostró una apertura a nivel del primer premolar de (\bar{x}) 3.3 (1.3) mm en su visión axial, y (\bar{x}) 2.7 (1.0) mm en la visión coronal, con un patrón paralelo en ambas visiones.

- En referencia al 2º Objetivo Específico: Cambios dentoalveolares:

La MARPE mediante el empleo de disyuntores de anclaje óseo-dentario mostró cambios dentoalveolares mínimos, aunque significativos ($p < 0.05$): en el grosor de la cortical vestibular de todos los dientes evaluados a ambos lados, observando una reducción que osciló entre 0.1-0.4 mm y; en el grosor de la cortical palatina, observando un aumento de entre 0.1-0.2 mm en los dientes del lado izquierdo. La inclinación alveolar angular y la posición de la cresta ósea vestibular se mantuvieron sin apenas cambios significativos. Únicamente, el primer premolar del lado izquierdo presentó un cambio significativo en la posición de la cresta ósea vestibular con una reducción de 0.2 (0.4) mm. La altura de corona clínica no mostró cambios significativos, a excepción de un ligero aumento observado para los dientes del lado izquierdo que osciló entre 0.1-0.2 mm, no siendo apreciables clínicamente.

- En referencia al 3° Objetivo Específico: Cambios dentarios:

La MARPE mediante el empleo de disyuntores de anclaje óseo-dentario no mostró cambios dentarios significativos en las mediciones lineales de inclinación sobre pacientes adolescentes con cierre incompleto de la sutura media palatina. Para la inclinación dental angular, únicamente se observó un cambio significativo ($p=0.050$) de (\bar{x}) de 2.2 (4.0) ° en el primer molar izquierdo.

- En referencia al 4° Objetivo Específico:

De la expansión total alcanzada finalizado el tratamiento de la MARPE mediante el empleo de disyuntores de anclaje óseo-dentario en pacientes adolescentes con cierre incompleto de la sutura media palatina, el mayor efecto encontrado fue esquelético, ocupando el 60%, correspondiente a la apertura de la SMP (2.7 mm). El 40% restante corresponde a una expansión dentoalveolar (1.8 (1.7) mm), donde la flexión del hueso alveolar ocupó el 15,5% (0.7 (1.6) mm) y un 24,4% (1.1 (1.3) mm) de expansión dental.

- En referencia al 5° Objetivo Específico: Protocolo:

El protocolo de trabajo descrito para la confección y uso del disyuntor ha mostrado ser seguro, aconsejando la evaluación del estado de la sutura media palatina como parte del diagnóstico inicial.

10.

BIBLIOGRAFIA

10. BIBLIOGRAFIA

1. Sorni M, Guarinos J, Peñarrocha M. Implants in anatomical buttresses of the upper jaw. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2005;10:163-8.
2. Rouvière H, Delmas A. Anatomía humana, descriptiva, topográfica y funcional. Vol.1. 11º ed. Barcelona: Elsevier Masson;2005.
3. Stuart DA, Wiltshire WA. Rapid palatal expansion in the young adult: time for a paradigm shift?. *J Can Dent Assoc*. 2003;69:374-7.
4. N'Guyen T, Gorse FC, Vacher C. Anatomical modifications of the mid palatal suture during ageing: a radiographic study. *Surg Radiol Anat*. 2007;29:253-9.
5. Silau AM, Njio B, Solow B, Kjaer I. Prenatal sagittal growth of the osseous components of the human palate. *J Craniofac Genet Dev Biol*. 1994;14:252-6.
6. Lathan RA. Maxillary development and growth: the septo-premaxillary ligament. *J Anat*. 1971;107:471-8.
7. Cantín M, Fernández RF, Rojas M. A proposed explanation for the development of the torus palatinus. *Clin Anat*. 2011;24:789-90.
8. Cantín M. Morphometrical study of human palatine sutures in newborns, infants, and children for distraction osteogenesis treatment purposes. *Int J Morphol*. 2013;31:1130-6.
9. Skrzat J, Holiat D, Walocha J. A morphometrical study of the human palatine sutures. *Folia Morphol (Warsz)*. 2003;62:123-7.
10. Melsen B. Palatal growth studied on human autopsy material. A histologic microradiographic study. *Am J Orthod*. 1975;68:42-54.
11. Suzuki H, Moon W, Previdente LH, Suzuki SS, Garcez AS, Consolaro A. Miniscrew-assisted rapid palatal expander (MARPE): the quest for pure orthopedic movement. *Dental Press J Orthod*. 2016;21:17-23.
12. Kraus BS. Prenatal growth and morphology of the human bony palate. *J Dent Res*. 1960;39:1177-99.
13. Moore KL, Persand TVN. Embriología básica. 5a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000.
14. Cantarella D, Dominguez-Mompell R, Moschik C, Sfogliano L, Elkenawy I, Pan HC, et al. Zygomaticomaxillary modifications in the horizontal plane induced by micro-implant-supported skeletal expander, analyzed with CBCT images. *Prog Orthod*. 2018;19:41-8.
15. Brown GVI. The surgery of oral and facial diseases and malformations: their diagnosis and treatment including plastic surgical reconstruction. 4 ed. London: 1938.
16. Timms DJ, Vero D. The relationship of rapid maxillary expansion to surgery with special reference to midpalatal synostosis. *Br J Oral Surg*. 1981;19:180-96.
17. Persson M, Thilander B. Palatal suture closure in man from 15 to 35 years of age. *Am J Orthod*. 1977;72:42-52.
18. Lines PA. Adult rapid maxillary expansion with corticotomy. *Am J Orthod*. 1975;67:44-56.
19. Bell WH, Jacobs JD. Surgical-orthodontic correction of horizontal maxillary deficiency. *J Oral Surg*. 1979;37:897-902.
20. Kennedy JM, Bell WH, Kimbrough OL, James B. Osteotomy as an adjunct to rapid maxillary expansion. *Am J Orthod*. 1976;70:123-37.
21. Chaconas SJ, Caputo AA. Observation of orthopedic force distribution produced by maxillary orthodontic appliances. *Am J Ortho*. 1982;82:492-501.

22. Timms DJ. A study of basal movement with rapid maxillary expansion. *Am J Orthod.* 1980;77:500-7.
23. Bell RA. A review of maxillary expansion in relation to rate of expansion and patient's age. *Am J Orthod.* 1982;81:32-7.
24. Holberg C, Rudzki-Janson I. Stresses at the cranial base induced by rapid maxillary expansion. *Angle Orthod.* 2006;76:543-50.
25. Wertz RA. Skeletal and dental changes accompanying rapid mid-palatal suture opening. *Am J Orthod.* 1970;58:41-66.
26. Gardner GE, Kronman JH. Cranioskeletal displacements caused by rapid palatal expansion in the rhesus monkey. *Am J Orthod* 1971;59:146–55.
27. Shetty V, Caridad JM, Caputo AA, Chaconas SJ. Biomechanical rationale for surgical-orthodontic expansion of the adult maxilla. *J Oral Maxillofac Surg.* 1994;52:742–9.
28. Starnbach H, Bayne D, Cleall J, Subtelny JD. Facioskeletal and dental changes resulting from rapid maxillary expansion. *Angle Orthod.* 1966;36:152–64.
29. Ghoneima A, Abdel-Fattah E, Hartsfield J, El-Bedwehi A, Kamel A, Kula K. Effects of rapid maxillary expansion on the cranial and circummaxillary sutures. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;140:510-9.
30. Pritchard JJ, Scott JH, Girgis FG. The structure and development of cranial and facial sutures. *J Anat.* 1956;90:73-86.
31. Persson M. Structure and growth of facial sutures. *Odont Revy.* 1973;24:1-146.
32. Björk A. Roentgen cephalometric growth analysis. Congenital anomalies in the face and associated structures. Samuel Pruzansky. Springfield: Charles C Thomas Publisher;1961:237-50.
33. Björk A. Sutural growth of the upper face studied by the implant method. *Trans. Acta Odontol Scand.* 1966;24:109-27.
34. Björk A. The use of metallic implants in the study of facial growth in children: method and application. *Am J Phys Anthropol.* 1968;29:243-54.
35. Björk A, Skieller V. Growth in width of the maxilla studied by the implant method. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1974;8:26–33.
36. Revelo B, Fishman LS. Maturational evaluation of ossification of the midpalatal suture. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994;105:288–92.
37. Villa MP, Rizzoli A, Miano S, Malagola C. Efficacy of rapid maxillary expansion in children with obstructive sleep apnea syndrome: 36 months of follow-up. *Sleep Breath.* 2011;15:179–84.
38. Haas AJ. The Treatment of Maxillary Deficiency By Opening the Midpalatal Suture. *Angle Orthod.* 1965;35:200–17.
39. Wehrbein H, Yildizhan F. The mid-palatal suture in young adults. A radiological-histological investigation. *Eur J Orthod.* 2001;23:105-14.
40. Knaup B, Yildizhan F, Wehrbein H. Age-related changes in the midpalatal suture. A histomorphometric study. *J Orofac Orthop.* 2004;65:467-74.
41. Angelieri F, Cevidanes LH, 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;144:759-69.
42. Del Santo M, Minarelli A, Liberti E. Morphological aspects of the mid-palatal suture in the human foetus: a light and scanning electron microscopy study. *Eur J Orthod.* 1998;20:93-9.

43. Choi SH, Shi KK, Cha JY, Park YJ, Lee KJ. Nonsurgical miniscrew-assisted rapid maxillary expansion results in acceptable stability in young adults. *Angle Orthod.* 2016;86:713-20.
44. Kumar SA, Gurunathan D, Muruganandha Sharma, S. Rapid maxillary expansion: a unique treatment modality in dentistry. *J Clin Diagn Res.* 2011; 5:906-11.
45. Melsen B, Melsen F. The postnatal development of the palatamaxillary region studied on human autopsy material. *Am J Orthod.* 1982;82:329-42.
46. 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;68:364-76.
47. Poorsattar BMK, Poorsattar BMA, Bejeh MP, Haghanifar S. A unique functional craniofacial suture that may normally never ossify: A cone-beam computed tomography-based report of two cases. *Indian J Dent.* 2016;7:48-50.
48. Mann RW, Jantz RL, Bass WM, Willey PS. Maxillary suture obliteration: a visual method for estimating skeletal age. *J Forensic Sci.* 1991;36:781-91.
49. Ennes J, Consolaro A. Sutura palatina mediana: avalicao do grau de ossificacao em crânios humanos. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial.* 2004;9:64-73.
50. Thadani M, Shenoy U, Patle B, Karla A, Goel S, Toshinawal N. Midpalatal Suture Ossification and Skeletal Maturation: A Comparative Computerized Tomographic Scan and Roentgenographic Study. *J Indian Acad Oral Med Radiol.* 2010;22:81-7.
51. 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;69:1298-306.
52. Montoya K. Tomografía Cone Beam como método de diagnóstico preciso y confiable en odontología [Tesis]. México: Univ Veracruzana; 2011. Recuperado a partir de <https://www.academia.edu/22423351>.
53. Isfeld D, Lagravère M, Leon-Salazar V, Flores-Mir C. Novel methodologies and technologies to assess mid-palatal suture maturation: a systematic review. *Head Face Med.* 2017;13:13-27.
54. Angelieri F, Franchi L, Cevidanes LHS, Bueno-Silva B, McNamara JA. Prediction of rapid maxillary expansion by assessing the maturation of the midpalatal suture on cone beam CT. *Dental Press J Orthod.* 2016;21:115-25.
55. N'Guyen T, Ayrat X, Vacher C. Radiographic and microscopic anatomy of the mid-palatal suture in the elderly. *Surg Radiol Anat.* 2008;30:65-8.
56. Chrcanovic BR, Custódio AL. Orthodontic or surgically assisted rapid maxillary expansion. *Oral maxillofac Surg.* 2009;13:123-37.
57. Primožič J, Perinetti G, Richmond S, Ovsenik M. Three-dimensional longitudinal evaluation of palatal vault changes in growing subjects. *Angle Orthod.* 2012;82:632-36.
58. Angelieri F, Franchi L, Cevidanes LH, McNamara JA Jr. Diagnostic performance of skeletal maturity for the assessment of midpalatal suture maturation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015;148:1010-6.
59. Wertz R, Dreskin M. Midpalatal suture opening: a normative study. *Am J Orthod.* 1977;71:367-81.
60. Krebs A. Midpalatal expansion studied by the implant method over a seven year period. *Trans Eur Orthod Soc.* 1964;40:131-42.
61. Fricke-Zech S, Gruber RM, Dullin C, Zapf A, Kramer FJ, Kubein-Meesenburg D. Measurement of the midpalatal suture width. *Angle Orthod.* 2012;82:145-50.

62. Villarroel T, Alvarado MJ, Concha G, Vicuña D, Oyonarte R. Maduración de la Sutura Palatina Media En Adolescentes y Adultos Jóvenes Chilenos: Estudio Transversal. *Int J Interdiscip Dent.* 2021;14:140-3.
63. Delgado C, Rosenberg F, Keith F, Scheu J. Compresión Maxilar: actualización sobre su tratamiento.Revisión bibliográfica. *Rev Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría.* 2019. <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2019/art-21/>.
64. Carlson C, Sung J, Mc Comb RW, Machado AW, Moon W. Microimplant-assisted rapid palatal expansion appliance to orthopedically correct transverse maxillary deficiency in an adult. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016;149:716-28.
65. Brunetto DP, Sant'Anna EF, Machado AW, Moon W. Non-surgical treatment of transverse deficiency in adults using Microimplant-assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE). *Dent Press J Orthod.* 2017;22:110-25.
66. Flores-Mir C, Nebbe B, Major PW. Use of Skeletal Maturation Based on Hand-Wrist Radiographic Analysis as a Predictor of Facial Growth: A Systematic Review. *Angle Orthod.* 2004;74:118-24.
67. Greulich WW, Pyle S. Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist. 2º Ed. The American Journal of the Medical Sciences. 1959;238:393. Tomado de: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/14/7218/xml>.
68. Björk A, Helm S. Prediction of the age of maximum puberal growth in body height. *Angle Orthod.* 1967;37:134-43.
69. Rakosi T, Jonas I, Rateitschak K. *Farbatlanten der Zahnmedizin: Kieferorthopaedie Diagnostik.* 8º Ed. Stuttgart, Germany: Georg Thieme Verlag; 1989.
70. Grave KC, Brown T. Skeletal ossification and the adolescent growth spurt. *Am J Orthod.* 1976;69:611-9.
71. Fishman LS. Chronological versus skeletal age, an evaluation of craniofacial growth. *Angle Orthod.* 1979;49:181-9.
72. Lamparsky DG. Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae. *J Anat.* 1975;1:49-68.
73. O'Reilly MT, Yanniello GJ. Mandibular growth changes and maturation of cervical vertebrae. A longitudinal cephalometric study. *Angle Orthod.*1988;58:179-84.
74. Vilar MT, Casas F, Serra L. Vértebras cervicales, radiología de la mano y ortopantomografía. Correlación entre desarrollo óseo, vertebral y tercer molar. *Ortod Esp.* 1994;107:58-66.
75. Hong-Po C, Chien-Hui L, Yi-Hsin Y, Hsin-Fu C, Kun-Chee C. Correlation of cervical vertebra maturation with hand-wrist maturation in children. *J med Sci.* 2001;17:29-31.
76. Baccetti T, Franchi L, Cameron CG; McNamara JA. Treatment timing for rapid maxillary expansion. *Angle Orthod.* 2001;5:343-50.
77. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the Assessment of mandibular growth. *Angle Orthod* 2002;4:316-23.
78. Hassel B, Farman A. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1995;107:58-66.
79. Baccetti T, Franchi L, McNamara J. The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. *Semin Orthod.* 2005;11:119-29.
80. Park JJ, Park YC, Lee KJ, Cha JY, Tahk JH, Choi YJ. Skeletal and dentoalveolar changes after miniscrew-assisted rapid palatal expansion in young adults: A cone-beam computed tomography study. *Korean J Orthod.* 2017;47:77-86.

81. Cantarella D, Dominguez-Mompell R, Mallya SM, Moschik C, Pan HC, Miller J, Moon W. Changes in the midpalatal and pterygopalatine sutures induced by microimplant-supported skeletal expander, analyzed with a novel 3D method based on CBCT imaging. *Prog Orthod.* 2017;18:34-46.
82. Zong C, Tang B, Hua F, He H, Ngan P. Skeletal and Dentoalveolar Changes in the Transverse Dimension using Microimplant-Assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE) Appliances. *Semin Orthod.* 2019;25:46-59.
83. Annarumma F, Posadino M, De Mari A, Drago S, Aghazada H, Gravina GM, et al. Skeletal and dental changes after maxillary expansion with a bone-borne appliance in young and late adolescent patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2021;159:363-75.
84. Tanner JM. Growth at adolescence. 2^oed. Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1962. [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=679562](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=679562).
85. Nanda RS. The rates of growth of several facial components measured from serial cephalometric roentgenograms. *Am J Orthod.* 1955; 41:658-73.
86. Bowden BD. Sesamoid bone appearance as an indicator of adolescence. *Aust Orthod J.* 1971;2:242-8.
87. Hunter CJ. The correlation of facial growth with body height and skeletal maturation at adolescence. *Angle Orthod* 1966;36:44-54.
88. Andrade AS, Gameiro GH, Derossi M, Gavião MB. Posterior crossbite and functional changes. A systematic review. *Angle Orthod.* 2009;79:380-6.
89. Angelieri F, Franchi L, Cevidanes LHS, Goncalves JR, Nieri M, Wolford LM et al. Cone beam computed tomography evaluation of midpalatal suture maturation in adults. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2017;46:1557-61.
90. Isfeld D, Flores-Mir C, Leon-Salazar V, Lagravère M. Evaluation of a novel palatal suture maturation classification as assessed by cone-beam computed tomography imaging of a pre and post expansion treatment cohort. *Angle Orthod.* 2019;89:252-61.
91. Barbosa NMV, Castro AC, Conti F, Capelozza-Filho L, Almeida-Pedrin RR, Cardoso MA. Reliability and reproducibility of the method of assessment of midpalatal suture maturation: A tomographic study. *Angle Orthod.* 2019;89:71-7.
92. 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;108:443-9.
93. Bishara SE, Staley RN. Maxillary expansion: clinical implications. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987;91:3-14.
94. Foster TD, Hamilton MC. Occlusion in the primary dentition study of children at 2.5 to 3 years of age. *Brit Dent J.* 1969;21:76-9.
95. Thailander B, Wahlund S, Lennartsson B. The effect of early interceptive treatment in children with posterior cross-bite. *Eur J Orthod.* 1984;6:25-34.
96. Carol Murillo J, Álvarez Sánchez MT. Epidemiología de las maloclusiones en la población escolar de Barcelona. *Ortod Esp.* 1987;28:17-26.
97. Kurol J, Berglund L. Longitudinal study and cost-benefit analysis of the effect of early treatment of posterior cross-bites in the primary dentition. *Eur J Orthod.* 1992;14:173-9.
98. González Cuesta FJ, Tejero A, Wang E. Estudio epidemiológico de las maloclusiones en dentición temporal en una muestra de 434 preescolares. *Odont Ped.* 1995;4:15-22.

99. Murcia MJ, Bravo LA. Epidemiología de la maloclusión dentaria en población murciana de 13 a 16 años de edad. *Rev Esp Ortod.* 1998;28:103-16.
100. Langlade M. Optimisation transversale. Paris: Maloine SA;1996.
101. Jacobs JD., Bell WH, Williams CE. Control of the transverse dimension with surgery and orthodontics. *Am J Orthod.* 1980;77:284-306.
102. Betts NJ, Vanarsdall RL, Barber HD. Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg.* 1995;10:75-96.
103. Proffit WR, Fields WH, Ackerman JL, Sinclair PM, Thomas PM, Tulloch C. Ortodoncia, teoría y práctica. 2º ed. Madrid: Mosby; 1994:125-32.
104. Moyers RE. Manual de ortodoncia. 4º ed. Buenos Aires: Panamericana; 1992:330-50.
105. Vanarsdall RL. Transverse dimension and long-term stability. *Semin Orthod.* 1999;5:171-80.
106. McNamara JA. Maxillary transverse deficiency. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;117:567-70.
107. Howe RP, McNamara JA, O'Connor KA. An examination of dental crowding and its relationship to tooth size and arch dimension. *Am J Orthod.* 1983;83:363-73.
108. Garib DG, Henriques JF, Janson G, Freitas MR, Coelho RA. Rapid maxillary expansion tooth tissue-borne versus tooth-borne expanders: a computed tomography evaluation of dentoskeletal effects. *Angle Orthod.* 2005;75:548-57.
109. Gurel HG, Memili B, Erkan M, Sukurica Y. Long-term effects of rapid maxillary expansion followed by fixed appliances. *Angle Orthod.* 2010;80:5-9.
110. Zhou Y, Long H, Ye N, Xue J, Yang X, Liao L, et al. The effectiveness of non-surgical maxillary expansion: a meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2014;36:233-42.
111. Yılmaz A, Arman-Özçırpıcı A, Erken S, Polat-Özsoy Ö. Comparison of short-term effects of mini-implant-supported maxillary expansion appliance with two conventional expansion protocols. *European Journal of Orthodontics.* 2015;37: 556-64.
112. Kocadereli I. Early treatment of posterior and anterior crossbite in a child with bilaterally constricted maxilla: report of case. *ASDC J Dent Child.* 1998;65:41-6.
113. Asher C. The removable quadhelix appliance. *Br J Orthod.* 1985;12:40-5.
114. Birnie DJ, McNamara TG. The Quadhelix Appliance. *British Journal of Orthodontics.* 1980;7:115-120.
115. Lee KJ, Park YC, Park JY, Hwang WS. Miniscrew-assisted nonsurgical palatal expansion before orthognathic surgery for a patient with severe mandibular prognathism. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2010;137:830-9.
116. Kennedy DB, Osepchook M. Unilateral posterior crossbite with mandibular shift: a review. *J Can Dent Assoc.* 2005;71:569-73.
117. Redmond WR. Digital models: a new diagnostic tool. *J Clin Orthod* 2001;35:386-7.
118. Li J, Shi L, Zhang X, Weng L, Chen H, Lin J. Evaluating the effect of midpalatal corticotomy-assisted rapid maxillary expansion on the upper airway in young adults using computational fluid dynamics. *J Zhejiang Univ Sci B.* 2021;22:146-55.
119. Suri L, Taneja P. Surgically assisted rapid palatal expansion: a literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133:290-302.
120. Proffit WR, Fields HW, Larson BE, Sarver DM. *Contemporary Orthodontics*; 6º ed. Philadelphia, USA: Elsevier;2019.
121. Kapila SD, Nervina JM. CBCT in orthodontics: Assessment of treatment outcomes and indications for its use. *Dentomaxillofac Radiol.* 2015;44:20140282:1-19.

122. Leonardi R, Lo Giudice A, Rugeri M, Muraglie S, Cordasco G, Barbato E. Three-dimensional evaluation on digital casts of maxillary palatal size and morphology in patients with functional posterior crossbite. *Eur J Orthod.* 2018;40:556–62.
123. Feștilă D, Enache AM, Nagy EB, Hedeșiu M, Ghergie M. Testing the Accuracy of Pont's Index in Diagnosing Maxillary Transverse Discrepancy as Compared to the University of Pennsylvania CBCT Analysis. *Dent J.* 2022;10:23-36.
124. Tamburrino RK, Boucher NS, Vanarsdall RL, Secchi A. The Transverse Dimension: Diagnosis and Relevance to Functional Occlusion. *Roth Williams Int Soc Orthod J.* 2010;2:13–22.
125. Simontacchi-Gbologah MS, Tamburrino RK, Boucher NS, Vanarsdall RL, Secchi, AG. Comparison of Three Methods to Analyze the Skeletal Transverse Dimension in Orthodontic Diagnosis. [Thesis]. University of Pennsylvania; 2010. <https://es.scribd.com/document/474870028/16-Tamburino-transverse-dimension-2010-RWISO-JOURNAL-final-bleed-08-02-pdf>.
126. Tamburrino RK. Complete Clinical Orthodontics. ©Orthodontic Treatment Design 2021. https://www.raffaelespenaortodonzia.it/public/files/page_79/ccotreatment%20design%202018.pdf.
127. Brunetto M, Pereira Andriani JS, Ribeiro GL, Locks A, Correa M, Correa LR. Three-dimensional assessment of buccal alveolar bone after rapid and slow maxillary expansion: a clinical trial study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;143:633-44.
128. Lagravère MO, Carey J, Heo G, Toogood RW, Major PW. Transverse, vertical, and anteroposterior changes from Bone-Anchored Maxillary Expansion vs Traditional Rapid Maxillary Expansion: A Randomized Clinical Trial. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2010;137:304:1-12.
129. Franchi L, Pavoni C, Faltin K, McNamara JA, Cozza P. Long-Term Skeletal and Dental Effects and Treatment Timing for Functional Appliances in Class II Malocclusion. *Angle Orthod.* 2013;83:334–40.
130. Lin Y, Chen G, Fu Z, Ma L, Li W. Cone-Beam Computed Tomography Assessment of Lower Facial Asymmetry in Unilateral Cleft Lip and Palate and Non-Cleft Patients with Class III Skeletal Relationship. *PLoS One.* 2015;10:1–18.
131. Erverdi N, Okar I, Küçükkeles N, Arbak S. A Comparison of Two Different Rapid Palatalexpansion Techniques from the Point of Root Resorption. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1994;106:47–51.
132. Schuster G, Borel-Scherf I, Schop PM. Frequency of and Complications in the Use of RPE Appliances-Results of a Survey in the Federal State of Hesse, Germany. *J Orofac Orthop.* 2005;66:148-61.
133. Harzer W, Schneider M, Gedrange T, Tausche E. Direct Bone Placement of the Hyrax Fixation Screw for Surgically Assisted Rapid Palatal Expansion (SARPE). *J Oral Maxillofac Surg.* 2006;64:1313–17.
134. Garib DG, Henriques JF, Janson G, Freitas MR, Fernandes AY. Periodontal effects of rapid maxillary expansion with tooth-tissue-borne and tooth-borne expanders:a computed tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;129:749-58.
135. Tausche E, Hansen L, Hietschold V, Lagravère MO, Harzer W. Three-Dimensional Evaluation of Surgically Assisted Implant Bone-Borne Rapid Maxillary Expansion: A Pilot Study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2007; 131:92–9.

136. Baysal A, Uysal T, Veli I, Ozer T, Karadede I, Hekimoglu S. Evaluation of alveolar bone loss following rapid maxillary expansion using cone-beam computed tomography. *Korea J Orthod.* 2013;43:83–95.
137. Wehrbein H, Glatzmaier J, Mundwiler U, Diedrich P. The Orthosystem; a new implant system for orthodontic anchorage in the palate. *Journal of Orofacial Orthopedics.* 1996;57:142–53.
138. Wehrbein H, Merz BR, Diedrich P, Glatzmaier J. The use of palatal implants for orthodontic anchorage. Design and clinical application of the Orthosystem. *Clinical Oral Implant Research.* 1996;7:410–16.
139. Wehrbein H, Diedrich P. Endosseous titanium implants during and after orthodontic load an experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res.* 1993;4:76-82.
140. Wehrbein H, Merz BR, Diedrich P. Palatal bone support for orthodontic implant anchorage. A clinical and radiological study. *Eur J Orthod.* 1999;21:65-70.
141. Wehrbein H, Feifel H, Diedrich P. Palatal implant anchorage reinforcement of posterior teeth: a prospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;116:678-86.
142. Weissheimer A, de Menezes LM, Mezomo M, Dias MD, de Lima EM, Rizzato SM. Immediate effects of rapid maxillary expansion with Haas-type and hyrax-type expanders: A randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;140:366-76.
143. Celenk-Koca T, Erdinc AE, Hazar S, Harris L, English JD, Akyalcin S. Evaluation of miniscrew- supported rapid maxillary expansion in adolescents: A prospective randomized clinical trial. *Angle Orthod.* 2018;88:702-9.
144. Moon W, Machado A. Interview with Won Moon. *Dental Press J Orthod.* 2013;18:12-28.
145. MacGinnis M, Chu H, Youssef G, Wu KW, Machado AW, Moon W. The effects of micro-implant assisted rapid palatal expansion (MARPE) on the nasomaxillary complex—a finite element method (FEM) analysis. *Prog Orthod.* 2014;15:52:1-15.
146. Garib DG, Navarro R, Francischone CE, Oltramari PV. Rapid maxillary expansion using palatal implants. *J Clin Orthod.* 2008;42:665-71.
147. Mosleh MI, Kaddah MA, Abd ElSayed FA, ElSayed HS. Comparison of transverse changes during maxillary expansion with 4-point bone-borne and tooth-borne maxillary expanders. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015;148:599-607.
148. Kilinc DD, Sayar G. Various Contemporary Intraoral Anchorage Mechanics supported with temporary anchorage devices. *Turkish J Orthod.* 2017;29:109-13.
149. Seong EH, Choi SH, Kim HJ, Yu HS, Park YC, Lee KJ. Evaluation of the effects of miniscrew incorporation in palatal expanders for young adults using finite element analysis. *Korean J Orthod.* 2018;48:81-9.
150. Krüsi M, Eliades T, Papageorgiou SN. Are there benefits from using bone-borne maxillary expansion instead of tooth-borne maxillary expansion? A systematic review with meta-analysis. *Prog Orthod.* 2019;20:9:1-12.
151. Algharbi M, Bazargani F, Dimberg L. Do different maxillary expansion appliances influence the outcomes of the treatment?. *Eur J Orthod.* 2018;40:97–106.
152. Khosravi M, Ugolini A, Miresmaeili A, Mirzaei H, Shahidi-Zandi V, Soheilifar S, et al. Tooth-borne versus bone-borne rapid maxillary expansion for transverse maxillary deficiency: a systematic review. *Int Orthod.* 2019;17:425–36.
153. Copello FM, Marañón-Vásquez GA, Brunetto DP, Caldas LD, Masterson D, Maia LC, et al. Is the buccal alveolar bone less affected by mini-implant assisted rapid

- palatal expansion than by conventional rapid palatal expansion? A systematic review and meta-analysis. *Orthod Craniofac Res.* 2020;23:237-49.
154. Yacout YM, Hassan MG, El-Harouni NM, Ismail HA, Zaher AR. Tooth-Bone-Borne Vs. Bone-Borne Palatal Expanders: A Systematic Review. *Front Dent Med.* 2021;2:1-8.
 155. Laudemann K, Santo G, Revilla C, Harth M, Kopp S, Sader RA, et al. Assessment of surgically assisted rapid maxillary expansion regarding pterygomaxillary disjunction using thin volume-rendering technique: in variance analysis and in reliability, accuracy, and validity. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011;69:2631–43.
 156. Hidalgo García V, Solano Mendoza B, Solano Reina E. Indicación de las distintas técnicas de expansión rápida del paladar quirúrgicamente asistida y comparativa de la estabilidad. *Rev Española Cirugía Oral y Maxilofac.* 2018;40:27-32.
 157. Epker BN, Stella JDA, Fish LC. *Dentofacial deformities: integrated orthodontic and surgical correction.* 2° ed. Mosby;1995.
 158. Mossaz CF, Byloff FK, Richter M. Unilateral and bilateral corticotomies for correction of maxillary transverse discrepancies. *Eur J Orthod.*1992;14:110–6.
 159. Lim HM, Park YC, Lee KJ, Kim KH, Choi YJ. Stability of dental, alveolar, and skeletal changes after miniscrew-assisted rapid palatal expansion. *Korean J Orthod.* 2017;47:313-22.
 160. Akkaya S, Lorenzon S, Uçem TT. Comparison of dental arch and arch perimeter changes between bonded rapid and slow maxillary expansion procedures. *European Journal of Orthodontics.* 1998;20:255–61.
 161. Davidovitch M, Efstathiou S, Sarne O, Vardimon AD. Skeletal and dental response to rapid maxillary expansion with 2 versus 4 band appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005;127:483-92.
 162. Ngan P, Nguyen UK, Nguyen T, Tremont T, Martin C. Skeletal, dentoalveolar, and periodontal changes of skeletally matured patients with maxillary deficiency treated with microimplant-assisted rapid palatal expansion appliances: A pilot study. *APOS Trends Orthod.* 2018;8:71-85.
 163. Asscherickx K, Govaerts E, Aerts J, Vande Vannet B. Maxillary changes with bone-borne surgically assisted rapid palatal expansion: A prospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016;149:374-83.
 164. Bays RA, Greco JM. Surgically assisted rapid palatal expansion: an outpatient technique with long-term stability. *J Oral Maxillofac Surg.* 1992;50:110-3.
 165. Glassman AS, Nahigian SJ, Medway JM, Aronowitz HL. Conservative surgical orthodontic adult rapid palatal expansion: sixteencases. *Am J Orthod.* 1984;86:207-13.
 166. Kraut RA. Surgically assisted rapid maxillary expansion by opening the midpalatal suture. *J Oral Maxillofac Surg.* 1984;42:651-5.
 167. Byloff FK, Mossaz CF. Skeletal and dental changes following surgically assisted rapid palatal expansion. *Eur J Orthod.* 2004;26:403-9.
 168. Cleall JF, Bayne DI, Posen JM, Subtelny JD. Expansion of the midpalatal suture in the monkey. *Angle Orthod.* 1965;35:23-35.
 169. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dental Assoc.* 2006;72:75–80.
 170. Garrett BJ, Caruso JM, Rungcharassaeng K, Farrage JR, Kim JS, Taylor GD. Skeletal effects to the maxilla after rapid maxillary expansion assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;134:8-9.

171. Winter AA, Pollack AS, Frommer HH, Koenig L. Cone beam volumetric tomography vs medical CT scanners. *N Y State Dent J.* 2005;71:28-33.
172. Honda K, Larheim TA, Maruhashi K, Matsumoto K, Iwai K. Osseous abnormalities of the mandibular condyle: diagnostic reliability of cone beam computed tomography compared with helical computed tomography based on an autopsy material. *Dentomaxillofac Radiol.* 2006;35:152-7.
173. Hashimoto K, Kawashima S, Araki M, Iwai K, Sawada K, Akimaya Y. Comparison of image performance between cone- beam computed tomography for dental use and four-row multidetector helical CT. *J Oral Sci.* 2006;48:27-34.
174. Schulze D, Heiland M, Thurmann H, Adam G. Radiation exposure during midfacial imaging using 4 and 16 slice computed tomography, cone beam computed tomography systems and conventional radiography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2004;33:83-6.
175. Schulze D, Heiland M, Schmelzle R, Rother U. Diagnostic possibilities of cone-beam computed tomography in the facial skeleton. *Int Congr Ser.* 2004;1268:1179-83.
176. Tsiklakis K, Donta C, Gavala S, Karayianni K, Kamenopoulou V, Hourdakis C. Dose reduction in maxillofacial imaging using low dose Cone Beam CT. *Eur J Radiol.* 2005;56:413-7.
177. Melsen B. Biological reaction of alveolar bone to orthodontic tooth movement. *Angle Orthod.* 1999;69:151-8.
178. Greenbaum KR, Zachrisson BU. The effect of palatal expansion therapy on the periodontal supporting tissues. *Am J Orthod.* 1982;81:12-21.
179. Northway WM, Meade JB. Surgically assisted rapid maxillary expansion: a comparison of technique, response, and stability. *Angle Orthod.* 1997;67:309-20.
180. Vanarsdall RL. Periodontal/orthodontic interrelationships. In: Graber TM, Vanarsdall RL. *Orthodontics: current principle and techniques.* 2^o ed. St Louis: Mosby;1994:712-49.
181. Watson WG. Expansion and fenestration or dehiscence. *Am J Orthod.* 1980;77:330-2.
182. Abdelkarim A. Cone-Beam Computed Tomography in Orthodontics. *Dent J.* 2019;7:89:1-31.
183. Scarfe WC, Azevedo B, Toghyani S, Farman AG. Cone Beam Computed Tomographic imaging in orthodontics. *Aust Dent J.* 2017;62:33-50.
184. De Grauwe A, Ayaz I, Shujaat S, Dimitrov S, Gbadegbegnon L, Vande Vannet B, et al. CBCT in orthodontics: A systematic review on justification of CBCT in a pediatric population prior to orthodontic treatment. *Eur J Orthod.* 2019;41:381-9.
185. Korbmacher H, Kahl-Nieke B, Schollchen M, Heiland M. Value of two cone-beam computed tomography systems from an orthodontic point of view. *J Orofac Orthop.* 2007;68:278–89.
186. Aboudara CA, Hatcher D, Nielsen IL, Miller A. A three-dimensional evaluation of the upper airway in adolescents. *Orthod Craniofac Res.* 2003;6:173–5.
187. Ogawa T, Enciso R, Memon A, Mah JK, Clark GT. Evaluation of 3D airway imaging of obstructive sleep apnea with cone-beam computed tomography. *Stud Health Technol Inform.* 2005;111:365–8.
188. Enciso R, Nguyen M, Shigeta Y, Ogawa T, Clark GT. Comparison of cone-beam CT parameters and sleep questionnaires in sleep apnea patients and control subjects. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;109: 285-93.

189. Schendel SA, Hatcher D. Automated 3-dimensional airway analysis from cone-beam computed tomography data. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010;68:696–701.
190. Vig KW, Mercado AM. Overview of orthodontic care for children with cleft lip and palate, 1915–2015. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2015;148:543–56.
191. Gandedkar NH, Liou EJ. The immediate effect of alternate rapid maxillary expansions and constriction on the alveolus: A retrospective cone beam computed tomography study. *Prog Ortho;* 2018;19:40-7.
192. Farnsworth D, Rossouw PE, Ceen RF, Buschang PH. Cortical bone thickness at common mini-screw implant placement sites. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2011;139:495–503.
193. Kau CH, English JD, Muller-Delgado MG, Hamid H, Ellis RK, Winkleman S. Retrospective cone-beam computed tomography evaluation of temporary anchorage devices. *Am J Orthod Dentofac Orthop,* 2010;137:161–7.
194. Alves M, Baratieri C, Nojima LI. Assessment of mini-implant displacement using cone-beam computed tomography. *Clin Oral Implant Res.* 2011;22:1151-6.
195. Hong C, Truong P, Song HN, Wu BM, Moon W. Mechanical stability assessment of novel orthodontic mini-implant designs: Part 2. *Angle Orthod* 2011;81:1001–09.
196. Wilmes B, Nienkemper M, Drescher D. Application and effectiveness of a mini-implant and tooth-borne rapid palatal expansion device: the hybrid hyrax. *World J Orthod.* 2010;11:323-30.
197. Podesser B, Williams S, Crismani AG, Bantleon HP. Evaluation of the effects of rapid maxillary expansion in growing children using computed tomography scanning: a pilot study. *Eur J Orthodont.* 2007;29:37-44.
198. Christie KF, Boucher N, Chung CH. Effects of bonded rapid palatal expansion on the transverse dimensions of the maxilla: A cone-beam computed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137:79-85.
199. Gunyuz Toklu G, Germec-Cakan D, Tozlu M. Periodontal, dentoalveolar, and skeletal effects of tooth-borne and tooth-bone-borne expansion appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015;148:97-109.
200. Asscherickx K, Govaerts E, Aerts J, Vande Vannet B. Maxillary changes with bone-borne surgically assisted rapid palatal expansion: A prospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016;149:374-83.
201. Persson M, Thilander B. Palatal Suture Closure in Man from 15 to 35 Years of Age. *Am J Orthod.* 1977;72:42–52.
202. Fishman LS. Radiographic Evaluation of Skeletal Maturation. A Clinically Oriented Method Based on Hand-Wrist Films. *Angle Orthod.* 1982;52:88–112.
203. 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;28:498–505.
204. Jang HI, Kim SC, Chae JM, Kang KH, Cho JW, Chang NY, et al. Relationship between Maturation Indices and Morphology of the Midpalatal Suture Obtained Using Cone-Beam Computed Tomography Images. *Korean J Orthod.* 2016;46:345–55.
205. Silva-Ruz I, Tort-Barahona F, Acuña-Aracena P, Villalon-Pooley P. Disyunción Maxilar Rápida Asistida Con Microtornillos en pacientes en crecimiento con deficiencia maxilar transversal. *Int J Interdiscip Dent.* 2021;14:61–6.
206. Argimon Pallás J, Jimenez Villa J. Método de investigación clínica y epidemiológica. 4º ed. Barcelona: Elsevier; 2013.

207. Cheung G, Goonewardene MS, Islam SM, Murray K, Koong B. The validity of transverse intermaxillary analysis by traditional PA cephalometry compared with cone-beam computed tomography. *Aust Orthod J.* 2013;29:86-95.
208. Tai B, Goonewardene MS, Murray K, Koong B, Islam SM. The reliability of using postero-anterior cephalometry and cone-beam CT to determine transverse dimensions in clinical practice. *Aust Orthod J.* 2014;30:132-42.
209. Lee KM, Hwang HS, Cho JH. Comparison of transverse analysis between posteroanterior cephalogram and cone-beam computed tomography. *Angle Orthod.* 2014;84:715-9.
210. Lagravère MO, Carey J, Toogood RW, Major PW. Three dimensional accuracy of measurements made with software on cone-beam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;134:112-6.
211. Rungcharassaeng K, Caruso JM, Kan JY, Kim J, Taylor G. Factors affecting buccal bone changes of maxillary posterior teeth after rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;132:428:1-8.
212. Maki K, Inou N, Takanishi A, Miller AJ. Computer-assisted simulations in orthodontic diagnosis and the application of a new cone beam x-ray computed tomography. *Orthod Craniofac Res.* 2003;6:95-101.
213. Baumrind S, Carlson S, Beers A, Curry S, Norris K, Boyd RL. Using three-dimensional imaging to assess treatment outcomes in orthodontics: a progress report from the University of the Pacific. *Orthod Craniofac Res.* 2003;6:132-42.
214. Miner RM, Al Qabandi S, Rigali PH, Will LA. Cone-beam computed tomography transverse analysis. Part I: Normative data. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;142:300-7.
215. Podesser B, Williams S, Bantleon HP, Imhof H. Quantitation of transverse maxillary dimensions using computed tomography: a methodological and reproducibility study. *Eur J Orthod.* 2004;26:209-15.
216. Sawchuk D, Currie K, Vich ML, Palomo JM, Flores-Mira C. Diagnostic methods for assessing maxillary skeletal and dental transverse deficiencies: A systematic review. *Korean J Orthod.* 2016;46:331-42.
217. Leung CC, Palomo L, Griffith R, Hans MG. Accuracy and reliability of cone-beam computed tomography for measuring alveolar bone height and detecting bony dehiscences and fenestrations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137:109-19.
218. Fuhrmann RA, Wehrbein H, Langen HJ, Diedrich PR. Assessment of the dentate alveolar process with high resolution computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol.* 1995;24:50-4.
219. Lin L, Ahn HW, Kim SJ, Moon SC, Kim SH, Nelson G. Tooth-Borne vs Bone-Borne Rapid Maxillary Expanders in Late Adolescence. *Angle Orthod.* 2015;85:253-62.
220. Yi F, Liu S, Lei L, Liu O, Zhang L, Peng Q, et al. Changes of the upper airway and bone in microimplant-assisted rapid palatal expansion: A cone-beam computed tomography (CBCT) study. *J Xray Sci Technol.* 2020;28:271-83.
221. Bazargani F, Lund H, Magnuson A, Ludwig B. Skeletal and Dentoalveolar Effects Using Tooth-Borne and Tooth-Bone-Borne RME Appliances: A Randomized Controlled Trial with 1-Year Follow-Up. *Eur J Orthod.* 2021;43:245-53.
222. Davami K, Talma E, Harzer W, Lagravère MO. Long Term Skeletal and Dental Changes between Tooth-Anchored versus Dresden Bone-Anchored Rapid Maxillary

- Expansion Using CBCT Images in Adolescents: Randomized Clinical Trial. *Int Orthod.* 2020;18:317–29.
223. An JS, Seo BY, Ahn SJ. Comparison of dentoskeletal and soft tissue changes between tooth-borne and tooth-bone-borne hybrid nonsurgical rapid maxillary expansions in adults: a retrospective observational study. *BMC Oral Health.* 2021;21:658:1-11.
 224. Almaqrami BS, Alhammadi MS, Al-Somairi MA, ALyafrouse ES, Xiong H, He H. Three-dimensional assessment of asymmetric mid-palatal suture expansion assisted by a customized microimplant-supported rapid palatal expander in non-growing patients: Uncontrolled Clinical Trial. *Orthod Craniofac Res.* 2022;25:234-42.
 225. Mehta S, Wang D, Kuo CL, Mu J, Vich ML, Allareddy V, et al. Long-term effects of mini-screw-assisted rapid palatal expansion on airway. *Angle Orthod.* 2021;91:195-205.
 226. Lagravère MO, Ling CP, Woo J, Harzer W, Major PW, Carey JP. Transverse, vertical, and anterior-posterior changes between tooth-anchored versus Dresden bone-anchored rapid maxillary expansion 6 months post-expansion: A CBCT randomized controlled clinical trial. *International Orthodontics.* 2020;18:308-16.
 227. Kartalian A, Gohl E, Adamian M, Enciso R. Cone-beam computerized tomography evaluation of the maxillary dentoskeletal complex after rapid palatal expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138:486-92.
 228. Habersack K, Karoglan A, Sommer B, Benner KU. High-resolution multislice computerized tomography with multiplanar and 3-dimensional reformation imaging in rapid palatal expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131:776-81.
 229. Akyalcin S, Schaefer JS, English JD, Stephens CR, Winkelmann S. A cone-beam computed tomography evaluation of buccal bone thickness following maxillary expansion. *Imaging Sci Dent.* 2013;43:85-90.
 230. Timock AM, Cook V, McDonald T, Leo MC, Crowe J, Benninger BL, et al. Accuracy and reliability of buccal bone height and thickness measurements from cone-beam computed tomography imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;140:734-44.
 231. Wood R, Sun Z, Chaudhry J, Tee BC, Kim DG, Leblebicioglu B, et al. Factors affecting the accuracy of buccal alveolar bone height measurements from cone-beam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;143:353-63.
 232. Nada RM, Van Loon B, Schols JG, Maal TJ, de Koning MJ, Mostafa YA, et al. Volumetric changes of the nose and nasal airway 2 years after Tooth-Borne and Bone-Borne Surgically Assisted Rapid Maxillary Expansion. *Eur J Oral Sci.* 2013;121:450–6.
 233. Nada RM, Van Loon B, Maal TJ, Bergé SJ, Mostafa YA, Kuijpers-Jagtman AM, et al. Three-Dimensional evaluation of soft tissue changes in the orofacial region after Tooth-Borne and Bone-Borne Surgically Assisted Rapid Maxillary Expansion. *Clin Oral Investig.* 2013;17:2017-24.
 234. Gauthier C, Voyer R, Paquette M, Rompré P, Papadakis A. Periodontal effects of Surgically Assisted Rapid Palatal Expansion evaluated clinically and with cone-beam computerized tomography: 6-Month Preliminary Results. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2011;139:16–19.
 235. Camps-Perepérez I, Guijarro-Martínez R, Peiró-Guijarro MA, Hernández-Alfaro F. The value of Cone Beam Computed Tomography imaging in Surgically Assisted

- Rapid Palatal Expansion: A Systematic Review of the Literature. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2017;46:827–38.
236. Lascala CA, Panella J, Marques MM. Analysis of the accuracy of linear measurements obtained by Cone Beam Computed Tomography (CBCT-NewTom). *Dentomaxillofac Radiol.* 2004;33:291-4.
 237. Berco M, Rigali PH, Miner RM, DeLuca S, Anderson NK, Will LA. Accuracy and reliability of linear cephalometric measurements from Cone-Beam Computed Tomography scans of a dry human skull. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2009;136:17–8.
 238. Hilgers ML, Scarfe WC, Scheetz JP, Farman AG. Accuracy of linear temporomandibular joint measurements with Cone Beam Computed Tomography and digital cephalometric radiography. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2005;128:803–11.
 239. Sun Z, Smith T, Kortam S, Kim DG, Tee BC, Fields H. Effect of bone thickness on alveolar bone-height measurements from Cone-Beam Computed Tomography images. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2011;139:117–27.
 240. Scarfe WC, Farman AG. What Is Cone-Beam CT and How Does It Work? *Dent. Clin N Am.* 2008;52:707-30.
 241. Patcas R, Müller L, Ullrich O, Peltomäki T. Accuracy of Cone-Beam Computed Tomography at different resolutions assessed on the bony covering of the mandibular anterior teeth. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2012;141:41-50.
 242. Torres MG, Campos PS, Segundo NP, Navarro M, Crusoé-Rebello I. Accuracy of linear measurements in Cone Beam Computed Tomography with different voxel sizes. *Implant Dent.* 2012; 21:150–5.
 243. Perinetti G, Braga C, Contardo L, Primožic J. Cervical Vertebral Maturation: Are postpubertal stages attained in all subjects? *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2020;157:305–12.
 244. Jiménez-Valdivia LM, Malpartida-Carrillo V, Rodríguez-Cárdenas YA, Dias-Da Silveira HL, Arriola-Guillén LE. Midpalatal suture maturation stage assessment in adolescents and young adults using cone-beam computed tomography. *Prog Orthod.* 2019;20:38:1-7.
 245. Kapetanović A, Theodorou CI, Bergé SJ, Schols JG, Xi T. Efficacy of Miniscrew-Assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE) in late adolescents and adults: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2021;43:313-23.
 246. Moon HW, Kim MJ, Ahn HW, Kim SJ, Kim SH, Chung KR, et al. Molar inclination and surrounding alveolar bone change relative to the design of bone-borne maxillary expanders: A CBCT study. *Angle Orthod.* 2020;90:13-22.
 247. Cantarella D, Dominguez-Mompell R, Moschik C, Mallya SM, Pan HC, Alkahtani MR, et al. Midfacial changes in the coronal plane induced by microimplant-supported skeletal expander, studied with conebeam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2018;154:337–45.
 248. Lee HK, Bayome M, Ahn CS, Kim SH, Kim KB, Mo SS, et al. Stress distribution and displacement by different bone-borne palatal expanders with micro-implants: a three-dimensional finite-element analysis. *Eur J Orthod.* 2014;36:531-40.
 249. Lee SC, Park JH, Bayome M, Kim KB, Araujo EA, Kook YA. Effect of bone-borne rapid maxillary expanders with and without surgical assistance on the craniofacial structures using finite element analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014;145:638–48.

250. Ludwig B, Baumgaertel S, Zorkun B, Bonitz L, Glasl B, Wilmes B, et al. Application of a new viscoelastic finite element method model and analysis of miniscrew-supported hybrid hyrax treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;143:426–35.
251. Garib D, Lauris RC, Calil LR, Alves AC, Janson G, De Almeida AM, et al. Dentoskeletal outcomes of a rapid maxillary expander with differential opening in patients with bilateral cleft lip and palate: A prospective clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016;150:564-74.
252. Coloccia G, Inchingolo AD, Inchingolo AM, Malcangi G, Montenegro V, Patano A, et al. Effectiveness of dental and maxillary transverse changes in Tooth-Borne, Bone-Borne, and Hybrid palatal expansion through Cone-Beam Tomography: A Systematic Review of the Literature. *Medicina* 2021;57:288-90.
253. Basdra EK, Zoller JE, Komposch G. Surgically assisted rapid palatal expansion. *J Clin Orthod.* 1995;29:762-6.
254. Kavand G, Lagravère M, Kula K, Stewart K, Ghoneima A. Retrospective CBCT analysis of airway volume changes after Bone-Borne vs Tooth-Borne Rapid Maxillary Expansion. *Angle Orthod.* 2019;89:566–74.
255. Li Q, Tang H, Liu X, Luo Q, Jiang Z, Martin D, et al. Comparison of dimensions and volume of upper airway before and after mini-implant assisted rapid maxillary expansion. *Angle Orthod.* 2020;90:432–41.
256. Paredes N, Colak O, Sfogliano L, Elkenawy I, Fijany L, Fraser A, et al. Differential assessment of skeletal, alveolar, and dental components induced by Microimplant-Supported Midfacial Skeletal Expander (MSE), utilizing novel. angular measurements from the fulcrum. *Prog Orthod.* 2020;21:18:1-12.
257. Chun JH, de Castro ACR, Oh S, Kim KH, Choi SH, Nojima LI, et al. Skeletal and alveolar changes in conventional rapid palatal expansion (RPE) and miniscrew-assisted RPE (MARPE): a prospective randomized clinical trial using low-dose CBCT. *BMC Oral Health.* 2022;22:114-28.
258. Hans MG, Palomo JM, Valiathan M. History of imaging in orthodontics from Broadbent to Cone-Beam Computed Tomography. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2015;148:914–21.
259. Vassar JW, Karydis A, Trojan T, Fisher J. Dentoskeletal effects of a Temporary Skeletal Anchorage Device-Supported Rapid Maxillary Expansion Appliance (TSADRME): A Pilot Study. *Angle Orthod.* 2016;86:241–9.
260. Ekström C, Henrikson CO, Jensen R. Mineralization in the midpalatal suture after orthodontic expansion. *Am J Orthod.* 1977;71:449-55.
261. Jia H, Zhuang L, Zhang N, Bian Y, Li S. Comparison of skeletal maxillary transverse deficiency treated by microimplant-assisted rapid palatal expansion and tooth-borne expansion during the post-pubertal growth spurt stage. *Angle Orthod.* 2021;91:36-45.
262. Hass AJ. Rapid Expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening of the mid-palatal suture. *Angle Orthod.* 1961;31:73-90.
263. Lione R, Ballanti F, Franchi L, Baccetti T, Cozza P. Treatment and posttreatment skeletal effects of Rapid Maxillary Expansion studied with low-dose Computed Tomography in growing subjects. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008;134:389–92.

264. Wilmes B, Ludwig B, Vasudavan S, Nienkemper M, Drescher D. The T-Zone: Median vs. Paramedian Insertion of Palatal Mini-Implants. *J Clin Orthod.* 2016;50:543–51.
265. Ludwig B, Glasl B, Kinzinger GS, Lietz T, Lisson JA. Anatomical guidelines for Miniscrew insertion: vestibular interradicular sites. *J Clin Orthod.* 2011;45:165–73.
266. Clement EA, Krishnaswamy NR. Skeletal and dentoalveolar changes after skeletal anchorage-assisted rapid palatal expansion in young adults: A cone beam computed tomography study. *APOS Trends in Orthodontics.* 2017;7:113-9.
267. Garrett BJ, Caruso JM, Rungcharassaeng K, Farrage JR, Kim JS, Taylor GD. Skeletal effects to the maxilla after rapid maxillary expansion assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;134:8-9.
268. Chamberland S, Proffit WR. Short-term and long-term stability of surgically assisted rapid palatal expansion revisited. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;139:815–22.
269. Goldenberg DC, Goldenberg FC, Alonso N, Gebrin ES, Amaral TS, Scanavini MA, et al. Hyrax appliance opening and pattern of skeletal maxillary expansion after surgically assisted rapid palatal expansion: a computed tomography evaluation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;106:812–9.
270. Zandi M, Miresmaeili A, Heidari A. Short-term skeletal and dental changes following bone-borne versus tooth-borne surgically assisted rapid maxillary expansion: a randomized clinical trial study. *J Craniomaxillofac Surg.* 2014;42:1190–5.
271. Canan S, Şenışık NE. Comparison of the treatment effects of different rapid maxillary expansion devices on the maxilla and the mandible. Part 1: evaluation of dentoalveolar changes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017;151:1125–38.
272. Shin H, Hwang CJ, Lee KJ, Choi YJ, Han SS, Yu HS. Predictors of midpalatal suture expansion by miniscrew-assisted rapid palatal expansion in young adults: A preliminary study. *Korean J Orthod.* 2019;49:360-71.
273. Braun S, Bottrel JA, Lee KG, Lunazzi JJ, Legan HL. The biomechanics of rapid maxillary sutural expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;118:257–61.
274. Helmkamp MH. Three-Dimensional Evaluation of Implant-Supported Rapid Maxillary Expansion vs. Traditional Tooth-Borne Rapid Maxillary Expansion using Cone-Beam Computed Tomography. (Thesis) St. Louis University;2012. <https://www.semanticscholar.org/paper/Three-dimensional-evaluation-of-implant-supportedHelmkamp/5e0bb34c47eb29a99bb294ec1bdc64dac76da0b1>.
275. Handelman C. Palatal expansion in adults: The nonsurgical approach. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;140:462-6.
276. Corbridge JK, Campbell PM, Taylor R, Ceen RF, Buschang PH. Transverse dentoalveolar changes after Slow Maxillary Expansion. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2011;140:317–25.
277. Lombardo L, Carlucci A, Maino BG, Colonna A, Paoletto E, Siciliani G. Class III malocclusion and bilateral cross-bite in an adult patient treated with miniscrew-assisted rapid palatal expander and aligners. *Angle Orthod.* 2018;88:649–64.
278. Seo YJ, Chung KR, Kim SH, Nelson G. Camouflage treatment of skeletal class III malocclusion with asymmetry using a bone-borne rapid maxillary expander. *Angle Orthod.* 2015;85:322–34.
279. Krüsi M, Eliades T, Papageorgiou SN. Are there benefits from using bone-borne maxillary expansion instead of tooth-borne maxillary expansion? A systematic review with meta-analysis. *Prog Orthod.* 2019;20:9-21.

280. Oh H, Park J, Lagravère-Vich MO. Comparison of traditional RPE with two types of micro-implant assisted RPE: CBCT study. *Semin Orthod.* 2019;25:60–8.
281. Ballanti F, Lione R, Fanucci E, Franchi L, Baccetti T, Cozza P. Immediate and post-retention effects of rapid maxillary expansion investigated by computed tomography in growing patients. *Angle Orthod.* 2009;79:24-9.
282. Cantarella D, Savio G, Grigolato L, Zanata P, Berveglieri C, Lo Giudice A, et al. New methodology for the digital planning of micro-implant supported maxillary skeletal expansion. *Med Devices.* 2020;13:93–106.
283. Lagravère MO, Gamble J, Major PW, Heo G. Transverse dental changes after tooth-borne and bone-borne maxillary expansion. *Int Orthod.* 2013;11:21-34.
284. Lione R, Franchi L, Cozza P. Does rapid maxillary expansion induce adverse effects in growing subjects? *Angle Orthod.* 2013;83:172-82.
285. Lagravère MO, Heo G, Major PW, Flores-Mir, C. Metaanalysis of immediate changes with rapid maxillary expansion treatment. *J Am Dent Assoc.* 2006;137:44–53.
286. Adkins MD, Nanda RS, Currier GF. Arch Perimeter Changes on Rapid Palatal Expansion. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1990; 97,194–9.
287. 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;70:129-44.

11.

ANEXOS

11. ANEXOS

11.1. Anexo I. Abreviaturas.

- ERM: Expansión Rápida del Maxilar
- ERP: Expansión Rápida Palatina
- MARPE: Expansión Rápida Palatina Asistida con Microtornillo. Miniscrew-Assisted Rapid Palatal Expander.
- SARPE: Expansión Rápida Palatina Asistida Quirúrgicamente. Surgically Assisted Rapid Palatal Expansión.
- CBCT: Cone Beam Computed Tomography. Tomografía Computarizada de Haz Cónico
- MSE: Expansor Maxilar Esquelético. Maxillary Skeletal Expander.
- T1: Momento pretratamiento
- T2: Momento postratamiento
- SMP: Sutura Media Palatina o Palatina Media
- SPMA: Sutura Palatina Media Anterior
- SPMP: Sutura Palatina Media Posterior
- SPT: Sutura Palatina Transversa
- SPPMX: Sutura Palatina Premaxilar
- SPTA: Sutura Palatina Transversa Anterior
- TC: Tomografía Computarizada
- MCV: Maduración Cérvico Vertebral ó de las Vértebras Cervicales
- CS1-CS6: Cuerpo vertebral C1-C6
- OMS: Organización Mundial de la Salud
- UPCBCT: Análisis transversal de la Universidad de Pensilvania
- WALA: Will Andrews y Lawrence Andrews
- ALARA: Tan bajo como sea razonablemente posible. As Low As Reasonably Achievable.
- CCI: Coeficiente de Correlación Intraclase
- DICOM: Digital Imaging and Communications in Medicine
- STL: Archivos estereolitográficos
- US: Universidad de Sevilla
- Cbct1: Tomografía Computarizada de Haz Cónico inicial (Pretratamiento)
- Cbct2: Tomografía Computarizada de Haz Cónico final (Postratamiento)

- mA: Miliamperio
- KV: Kilovoltio
- FOV: field of view. Campo de visión
- Mod1: Modelo digital inicial (Pretratamiento)
- Mod2: Modelo digital final (Postratamiento)
- AMM: Asociación Médica Mundial
- B.S.M: Beatriz Solano Mendoza
- ENA: Espina Nasal Anterior
- ENP: Espina Nasal Posterior
- 1PM: Primer premolar superior
- 2PM: Segundo premolar superior
- 1M: Primer molar superior
- AN: Anchura Nasal
- AM: Anchura de la base Maxilar
- ASP: Apertura de la Sutura Palatina
- ESM: Expansión Sutural Media
- SN: Expansión sutural del Suelo Nasal
- SP: Expansión sutural del Suelo Palatino
- AMV: Anchura Maxilar Vestibular
- AMP: Anchura Maxilar Palatina
- GCV: Grosor de la Cortical Vestibular
- GCP: Grosor de la Cortical Palatina
- NCOV: Nivel de la Cresta Ósea Alveolar Vestibular
- IAA: Inclinación Alveolar Angular
- INCL: Inclinación Dentaria
- IDA: Inclinación Dental Angular
- P.A.P: Patricia Solano Mendoza
- P.A.P: Paula Aceituno Poch
- MV: Raíz Mesiovestibular
- DV: Raíz Distovestibular
- D: Derecha
- I: Izquierda
- ET: Expansión total

- AIM: Anchura Intermolar
- AIM1: Anchura Intermolar pretratamiento (T1)
- AIM2: Anchura Intermolar postratamiento (T2)
- ESM: Expansión Sutural Media
- ESM1: Expansión Sutural Media pretratamiento (T1)
- ESM2: Expansión Sutural Media postratamiento (T2)
- FA: Flexión del hueso alveolar
- FA1: Flexión del hueso alveolar pretratamiento (T1)
- FA2: Flexión del hueso alveolar postratamiento (T2)
- ACP: Anchura Cuspídea Palatina
- AGP: Anchura Gingival Palatina
- ACC: Atura de la Corona Clínica
- DE: Desviación Estándar
- Me: Mediana
- IC: Intervalo de Confianza
- GCVD1PM: Grosor de la Cortical Vestibular Derecha del primer premolar
- GCVD2PM: Grosor de la Cortical Vestibular Derecha del segundo premolar
- GCMVD1M: Grosor de la Cortical Vestibular Derecha de la raíz Mesiovestibular del primer molar
- GCVI1PM: Grosor de la Cortical Vestibular Izquierda del primer premolar
- GCVI2PM: Grosor de la Cortical Vestibular Izquierda del segundo premolar
- GCDVI1M: Grosor de la Cortical Vestibular Izquierda de la raíz Distovestibular del primer molar
- GCPD: Grosor de la Cortical Palatina Derecha
- GCPI: Grosor de la Cortical Palatina izquierda
- GCPD2PM: Grosor de la Cortical Palatina Derecha del segundo premolar
- NCOVD: Nivel de la Cresta Ósea Vestibular Derecha
- NCOVI: Nivel de la Cresta Ósea Vestibular Izquierda
- AMV2PM: Anchura Maxilar Vestibular del segundo premolar
- N: Número
- ECCA: Ensayos Clínicos Controlados Aleatorizados
- ECC: Ensayos Clínicos Controlados

11.2. Anexo II. Proyecto de aprobación del comité ético de la Junta de Andalucía.

JUNTA DE ANDALUCÍA

CONSEJERÍA DE SALUD Y FAMILIAS

DICTAMEN ÚNICO EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ANDALUCÍA

D/D^a: Carlos García Pérez como secretario/a del CEI de los hospitales universitarios Virgen Macarena-Virgen del Rocio

CERTIFICA

Que este Comité ha evaluado la propuesta del promotor/investigador (No hay promotor/a asociado/a) para realizar el estudio de investigación titulado:

TÍTULO DEL ESTUDIO: ESTUDIO RETROSPECTIVO. CAMBIOS PERIODONTALES, DENTOALVEOLARES, ESQUELÉTICOS Y DENTARIOS OBSERVADOS TRAS LA EXPANSIÓN MAXILAR MEDIANTE EL USO DE DISYUNTORES DE ANCLAJE MIXTO FRENTE APARATOLGÍA FIJA CON SISTEMA DAMON. ,(Exp. Maxilar2017)

Protocolo, Versión: resumen
HIP, Versión: cuaderno resumen
CI, Versión: hoja

Y que considera que:

Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y se ajusta a los principios éticos aplicables a este tipo de estudios.

La capacidad del/de la investigador/a y los medios disponibles son apropiados para llevar a cabo el estudio.

Están justificados los riesgos y molestias previsibles para los participantes.

Que los aspectos económicos involucrados en el proyecto, no interfieren con respecto a los postulados éticos.

Y que este Comité considera, que dicho estudio puede ser realizado en los Centros de la Comunidad Autónoma de Andalucía que se relacionan, para lo cual corresponde a la Dirección del Centro correspondiente determinar si la capacidad y los medios disponibles son apropiados para llevar a cabo el estudio.

Lo que firmo en Sevilla a 14/12/2020



D/D^a: Carlos García Pérez, como Secretario/a del CEI de los hospitales universitarios Virgen Macarena-Virgen del Rocio

Código Seguro De Verificación:	238e1b02c492fe6c37e2e9cf37c737297f4cf746	Fecha	14/12/2020
Normativa	Este documento incorpora firma electrónica reconocida de acuerdo a la Ley 59/2003, de 19 de diciembre, de firma electrónica.		
Firmado Por	Carlos García Pérez		
Url De Verificación	https://www.juntadeandalucia.es/salud/portaldeetico/shtml/ayuda/verificofirmaDocumento.iFace/code/238e1b02c492fe6c37e2e9cf37c737297f4cf746	Página	1/2



CERTIFICA

Que este Comité ha ponderado y evaluado en sesión celebrada el 24/11/2020 y recogida en acta 20/2020 la propuesta del/de la Promotor/a (No hay promotor/a asociado/a), para realizar el estudio de investigación titulado:

TÍTULO DEL ESTUDIO: ESTUDIO RETROSPECTIVO. CAMBIOS PERIODONTALES, DENTOALVEOLARES, ESQUELÉTICOS Y DENTARIOS OBSERVADOS TRAS LA EXPANSIÓN MAXILAR MEDIANTE EL USO DE DISYUNTORES DE ANCLAJE MIXTO FRENTE APARATOLGÍA FIJA CON SISTEMA DAMON. ,(Exp. Maxilar2017)

Protocolo, Versión: resumen
HIP, Versión: cuaderno resumen
CI, Versión: hoja

Que a dicha sesión asistieron los siguientes integrantes del Comité:

Presidente/a

D/Dª. Víctor Sánchez Margalet

Vicepresidente/a

D/Dª. Dolores Jiménez Hernández

Secretario/a

D/Dª. Carlos García Pérez

Vocales

D/Dª. Enrique Calderón Sandubete

D/Dª. Gabriel Ramírez Soto

D/Dª. Ana Melcón de Dios-

D/Dª. Cristina Pichardo Guerrero

D/Dª. Javier Vitorica Fernandez

D/Dª. MARIA EUGENIA ACOSTA MOSQUERA

D/Dª. Enrique de Álava Casado

D/Dª. EVA MARIA DELGADO CUESTA

D/Dª. ANGELA CEJUDO LOPEZ

D/Dª. Amancio Carnero Moya

D/Dª. Regina Sandra Benavente Cantalejo

D/Dª. M José Carbonero Celis

D/Dª. LUIS GABRIEL LUQUE ROMERO

D/Dª. ANTONIO PÉREZ PÉREZ

D/Dª. María Pilar Guadix Martín

D/Dª. ESPERANZA GALLEGO CALVENTE

Que dicho Comité, está constituido y actúa de acuerdo con la normativa vigente y las directrices de la Conferencia Internacional de Buena Práctica Clínica.

Lo que firmo en Sevilla a 14/12/2020



Código Seguro De Verificación:	238e1b02c492fe6c37e2e9cf37c737297f4cf746	Fecha	14/12/2020
Normativa	Este documento incorpora firma electrónica reconocida de acuerdo a la Ley 59/2003, de 19 de diciembre, de firma electrónica.		
Firmado Por	Carlos García Pérez		
Url De Verificación	https://www.juntadeandalucia.es/salud/portaldeetica/xhtml/ayuda/verifica?FirmaDocumento.iface/code/238e1b02c492fe6c37e2e9cf37c737297f4cf746	Página	2/2



11.3. Anexo III. Consentimiento informado.

Yo, _____
(NOMBRE Y APELLIDOS DEL PACIENTE)

Si el paciente no ha alcanzado la mayoría de edad, completar por el tutor que este a cargo.

He recibido la hoja de información

He podido hacer preguntas sobre el estudio

He recibido respuesta satisfactoria a mis preguntas

He recibido suficiente información sobre el estudio

He hablado con el Dr./Dra. _____
(NOMBRE Y APELLIDOS)

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- Cuando lo desee
- Sin tener que dar explicaciones
- Sin que esto repercuta en mi tratamiento dental.

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

_____, ____ de _____ de 200__

Firma del PACIENTE

11.4. Anexo IV. Hoja de Instrucciones de disyuntor y activaciones.

INSTRUCCIONES Y RECOMENDACIONES TRAS LA COLOCACIÓN DEL DISYUNTOR

Tras la colocación del disyuntor es importante seguir las siguientes recomendaciones para un correcto mantenimiento del mismo:

- Limpieza: Las medidas de higiene oral deben realizarse las tres veces al día después de cada comida, mediante cepillado dental. Las dos primeras semanas tras la colocación del aparato deben realizarse enjuagues y aplicación en gel de Clorhexidina al 0,12 % (PERIOAID TRATAMIENTO) dos veces al día. Transcurridos los primeros quince días ya podemos abandonar el uso de enjuagues de Clorhexidina al 0,12 % para evitar tinciones.

Para la limpieza diaria del disyuntor, además de las medidas de higiene oral rutinarias de cepillado debemos emplear el uso de un irrigador (Water pick).

- Alimentación: Los primeros días se recomienda realizar una dieta blanda. Conforme note que ya no presenta dolor ni molestias, podrá ir incorporando a su dieta una alimentación normal, siempre evitando alimentos duros o pegajosos (chicles, caramelos blandos) que puedan impactarse en el paladar o dañar el dispositivo. Se desaconseja comer alimentos a mordiscos.
- Medicación: Tome analgésico o antiinflamatorio cada ocho horas durante las 24-48 h tras la colocación del dispositivo. Si transcurridos los primeros cuatros días persiste el dolor, acuda a revisión.



Se considera normal la molestia durante los primeros días. En caso de que el dolor no cese o impida realizar su vida con normalidad, debe de acudir a la consulta para su revisión.

- Activación del aparato: La activación del disyuntor se realiza dando una vuelta consecutiva al día con ayuda de la llave metálica entregada, de forma que, el punto que viene dibujado en el tornillo hacia fuera deberá quedar en el extremo contrario del tornillo una vez finalizada la activación.
- Visitas: Debe acudir a revisiones programadas cada quince días hasta completar la expansión. Finalizada cada visita, se programará la siguiente

11.5. Anexo V. Artículo científico.

Article

Skeletal, Dentoalveolar and Dental Changes after “Mini-Screw Assisted Rapid Palatal Expansion” Evaluated with Cone Beam Computed Tomography

Patricia Solano Mendoza , Paula Aceytuno Poch, Enrique Solano Reina and Beatriz Solano Mendoza 

Department of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, School of Dentistry, University of Seville, 41009 Sevilla, Spain

* Correspondence: patriciasolano83@hotmail.com

Abstract: The purpose of this study was to evaluate skeletal, dentoalveolar and dental changes after Mini-screw Assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE) using tooth bone-borne expanders in adolescent patients after analyzing different craniofacial references by Cone beam computed tomography (CBCT) and digital model analysis. This prospective, non-controlled intervention study was conducted on fifteen subjects (mean age 17 ± 4 years) with transversal maxillary deficiency. Pre (T1) and post-expansion (T2) CBCTs and casts were taken to evaluate changes at the premolars and first molar areas. To compare means between two times, paired samples *t*- or Wilcoxon test were used following criteria. Significant *skeletal changes* were found after treatment for Nasal width and Maxillary width with means of 2.1 (1.1) mm and 2.5 (1.6) mm ($p < 0.00005$). Midpalatal suture showed a tendency of parallel suture opening in the axial and coronal view. For *dentoalveolar* changes, a significant but small buccal bone thickness (BBT) reduction was observed in all teeth with a mean reduction of 0.3 mm for the right and left sides, especially for the distobuccal root of the first molar on the left side (DBBTL1M) [IC95%: (-0.6; -0.2); $p = 0.001$] with 0.4 (0.4) mm. However, a significant augmentation was observed for the palatal bone thickness (PBT) on the left side. The buccal alveolar crest (BACL) and dental inclination (DI) showed no significant changes after treatment in all the evaluated teeth. MARPE using tooth bone-borne appliances can achieve successful skeletal transverse maxillary expansion in adolescent patients, observing small dentoalveolar changes as buccal bone thickness (BBT) reduction, which was not clinically detectable. Most maxillary expansions derived from skeletal expansion, keeping the alveolar bone almost intact with minor buccal dental tipping.

Keywords: micro implant-assisted rapid palatal expansion; maxillary transverse deficiency; Cone-beam computed tomography; alveolar bone; midpalatal suture; skeletal expansion; palatal expansion



Citation: Solano Mendoza, P.; Aceytuno Poch, P.; Solano Reina, E.; Solano Mendoza, B. Skeletal, Dentoalveolar and Dental Changes after “Mini-Screw Assisted Rapid Palatal Expansion” Evaluated with Cone Beam Computed Tomography. *J. Clin. Med.* **2022**, *11*, 4652. <https://doi.org/10.3390/jcm11164652>

Academic Editors: Letizia Perillo, Vincenzo Grassia and Fabrizia d'Apuzzo

Received: 30 June 2022

Accepted: 29 July 2022

Published: 9 August 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Transversal maxillary deficiency (TMD) is a quite common condition that affects between 8–23% of deciduous and mixed dentitions. However, a lower prevalence has been reported in adult orthodontic patients [1–4]. This transverse deficiency [5], or maxillary hypoplasia [6], is one of the main problems related to facial growth that should be corrected as it is diagnosed, with the objective to reestablish a normal transverse skeletal relationship between maxillary and mandibular basal bones to obtain a stable occlusion [7].

Its etiology is multifactorial, frequently influenced by myofunctional disorders of the stomatognathic system and generally associated with oral breathing or deleterious habits such as thumb sucking [4,8,9]. Genetic and hereditary factors are also related, thus determining the development of maxillary transverse deficiencies. These factors promote structural changes in the maxilla which will generally lead to posterior crossbite (bilateral or unilateral), constriction of the nasal cavity and frequent dental crowding [8,10].

Traditionally, orthopedic rapid maxillary expansion (RME) has been performed to correct this matter during patient's growing period showing positive results with a better