



VNIVERSITAT
ID VALÈNCIA (ò 人)
Facultat de Medicina i Odontologia

**ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL HUESO ALVEOLAR
Y PALATINO EN LAS ZONAS DE COLOCACIÓN DE
MINITORNILLOS UTILIZANDO CBCT**

**PROGRAMA DE DOCTORADO
ODONTOLOGÍA**

**DOCTORANDA
ANA MORA CERVERA**

**DIRECTORES TESIS DOCTORAL
NATALIA ZAMORA MARTÍNEZ
VERÓNICA GARCÍA SANZ
JOSÉ LUIS GANDÍA FRANCO**

Valencia, enero de 2022



FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGÍA.

UNIDAD DOCENTE DE ORTODONCIA DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA.

Dña. Natalia Zamora Martínez, Profesora Asociada del Departamento de Estomatología de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universitat de València,

Dña. Verónica García Sanz, Profesora Asociada del Departamento de Estomatología de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universitat de València,

D. José Luis Gandía Franco, Profesor Titular del Departamento de Estomatología de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universitat de València,

CERTIFICAN QUE: Dña. **Ana Mora Cervera**, ha realizado bajo nuestra dirección el presente trabajo titulado: **“ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL HUESO ALVEOLAR Y PALATINO EN LAS ZONAS DE COLOCACIÓN DE MINITORNILLOS UTILIZANDO CBCT”**, y reúne, en nuestro criterio, los requisitos y méritos suficientes para optar, mediante el mismo, al Grado de Doctor en Odontología por la Universitat de València.

Fdo. Natalia Zamora Fdo. Verónica García Fdo. José Luis Gandía

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que, de un modo u otro, han contribuido a la realización de esta tesis doctoral, en especial:

A la Dra. Natalia Zamora, tutora, directora, amiga y principal guía en el difícil y a la vez bonito camino de la investigación. Gracias por tus palabras de cariño, consejos y ánimo constante.

A la Dra. Verónica García, directora de tesis y gran amiga. Gracias por estar a mi lado siempre y apoyarme con cariño en cada decisión que he tomado, tanto personal como profesional. Por transmitirme su pasión investigadora y por demostrarme que los únicos límites que existen son los que uno se marca. Llegar hasta aquí no hubiese sido posible sin ti.

Al Dr. José Luis Gandía por creer en mí y darme la oportunidad de estudiar el máster de ortodoncia en la Universitat de València. Gracias por introducirme en el mundo de la ortodoncia y por transmitirme tu sabiduría y cariño durante estos años.

A los “orthoamigables”, mis compañeros de máster y mi familia durante 3 años. Por todos los buenos momentos vividos y por seguir estando a mi lado hoy en día. Gracias por cada palabra de

ánimo y cariño. Vuestras risas y las aventuras que vivimos, hicieron del máster una etapa inolvidable.

A mi compañero de máster y buen amigo el Dr. Nacho Faus, por su ayuda en la recopilación de datos de esta tesis y por transmitirme su pasión por la ortodoncia y los minitornillos.

A todo el equipo del máster de ortodoncia de la Universitat de València, por su dedicación y entusiasmo por la docencia. Por haberme enseñado todo sobre la ortodoncia con una ilusión y una bondad máxima.

A mis padres, pilares fundamentales de mi vida. Por haber estado siempre a mi lado, sin vosotros no hubiese llegado hasta aquí. Soy quien soy gracias a vuestro ejemplo de humildad, trabajo, cariño, amor y empatía, viviendo siempre con una sonrisa. Esta tesis es para vosotros.

A mis hermanos, la alegría de mi vida. No me creo la suerte que tengo de teneros a mi lado, sois magia.

A Victor, mi compañero de vida, mi amigo, mi familia. Sin ti, nada de esto hubiera sido posible. Inspiras sin saberlo, motivas sin creerlo y das lecciones sin pretenderlo. Gracias por apoyarme en los momentos que más flaqueaba, por darme ánimos, quererme tanto y regalarme palabras de cariño cuando más lo necesité. Te quiero.

A Mario, mi hijo, “mijn zonnetje”, la luz que ilumina mi camino para superarme cada día más, como mamá y como ortodoncista. T'estime fins allà dalt de les muntanyes.

ÍNDICE

ÍNDICE

1- INTRODUCCIÓN	21
------------------------	-----------

2- REVISIÓN DE LA LITERATURA	27
-------------------------------------	-----------

- 2.1. Desarrollo de las técnicas tridimensionales en ortodoncia.
- 2.2. El anclaje en ortodoncia.
- 2.3. Historia de los dispositivos de anclaje temporal (TADs) en ortodoncia.
- 2.4. Colocación de minitornillos en el complejo craneofacial
- 2.5. Minitornillos colocados por vestibular.
- 2.6. Minitornillos colocados en el área palatina.
- 2.7. Densidades óseas.
- 2.8. El patrón facial y su relación con las dimensiones óseas.

3- HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	141
---------------------------------	------------

4- MATERIAL Y MÉTODOS	147
------------------------------	------------

- 4.1. Material

- 4.2. Metodología
- 4.3. Mediciones en el maxilar
- 4.4. Mediciones en la mandíbula
- 4.5. Mediciones en el área palatina
- 4.6. Método estadístico

5- RESULTADOS _____ **207**

- 5.1. Análisis de la reproducibilidad
- 5.2. Resultados muestrales y división del patrón esquelético facial y clase esquelética
- 5.3. Mediciones maxilares
- 5.4. Mediciones mandibulares
- 5.5. Mediciones en el área palatina

6- DISCUSIÓN _____ **295**

- 6.1. Análisis de la metodología
- 6.2. Minitornillos colocados por vestibular y su relación con el patrón facial/sexo y edad
- 6.3. Minitornillos colocados en el área palatina y su relación con el patrón facial/sexo y edad

6.4 Limitaciones del estudio

7- CONCLUSIONES _____ **337**

8- BIBLIOGRAFÍA _____ **343**

ANEXOS

Anexo 1. Documentos _____ **393**

Anexo 1.1 Certificado del Comité Ético de Investigación en Humanos.

Anexo 1.2 Consentimiento informado.

Anexo 1.3 Compromiso de confidencialidad y protección de datos.

Anexo 2. Abreviaturas específicas _____ **399**

Anexo 3. Aportación a congresos _____ **415**

ABREVIATURAS Y SIGLAS

CBCT: Cone Beam Computed Tomography o tomografía computarizada de haz cónico

CBVI: Cone Beam Volumetric Image o imagen volumétrica de haz cónico

CBVT: Cone Beam Volumetric Tomography o tomografía volumétrica de haz cónico

CCI: Coeficiente de correlación interclase

CT: Computed Tomography o tomografía computarizada

CTMD: Computed Tomography MultiDetector o tomografía computarizada multidetector

CV: Coeficiente de Variación

DICOM: Digital Imaging and Communication On Medicine

DS o d.e. : Desviación estándar

FEM: Finite Element Method o método de elementos finitos

FOV: Field Of View o campo de visión

MARPE: Miniscrew Assisted Rapid Palatal Expansión o expansión rápida palatina asistida por minitornillos.

STL: STereoLithography

UAC: Unión amelocementaria

UH: Unidades Hounsfield

VV: Voxel Value o valor de voxel

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN.

En los últimos años, aparecen con más frecuencia en las consultas de ortodoncia pacientes adultos referidos por el prostodoncista, el periodoncista y el cirujano para el estudio ortodóncico y posterior rehabilitación bucodental ya sea con implantes o prótesis.

Estos pacientes frecuentemente presentan ausencias dentarias, poco soporte periodontal, migraciones dentarias, sobreerupciones y una inadecuada oclusión que dificulta el tratamiento ortodóncico debido a la falta de anclaje.

El anclaje en ortodoncia se define como la resistencia al movimiento dentario no deseado. Controlando el anclaje evitamos movimientos indeseables de los dientes. El anclaje en ortodoncia se puede dividir en anclaje ortodóncico, que se consigue gracias a la colocación de aparatología extraoral o intraoral de anclaje, y en anclaje esquelético, también llamado anclaje óseo, que se realiza mediante dispositivos de anclaje temporal (minitornillos o miniplacas) insertados en hueso maxilar, mandibular o palatino.

Recientemente se han comenzado a utilizar dichos dispositivos de anclaje esquelético temporal, sobre todo los minitornillos, los

cuales tienen múltiples ventajas frente al anclaje ortodóncico convencional: son fáciles de insertar y de retirar, son cómodos, no necesitamos la colaboración del paciente para su funcionamiento, son de pequeño tamaño, bajo coste y biocompatibles.

Sin embargo, para que la colocación de los minitornillos se realice de manera exitosa, es importante que se conozca en profundidad la anatomía del complejo craneofacial.

Con este fin utilizamos hoy en día la tomografía computarizada de haz cónico (Cone Beam Computed Tomography - CBCT), también llamada imagen volumétrica de haz cónico (Cone Beam Volumetric Image- CBVI), o tomografía volumétrica de haz cónico (Cone Beam Volumetric Tomography- CBVT).

El CBCT es un método diagnóstico tridimensional que supera las carencias de la telerradiografía y ortopantomografía convencional (superposición de estructuras anatómicas, magnificación, distorsión e imposibilidad de análisis transversal, entre otras) y minimiza los problemas planteados por la tomografía computarizada médica convencional, también llamado CT, reduciendo las dosis de radiación y disminuyendo su elevado coste. Además, los cortes que se obtienen con el CBCT son más finos que los que se obtienen con un CT médico, proporcionando mayor precisión en los tres planos del espacio.

Todo esto ha aumentado la disponibilidad y accesibilidad a la realización de este registro diagnóstico sobre todo en el campo de la ortodoncia y se hace imprescindible en casos complejos. Tanto es así, que el CBCT nos permite obtener en un solo registro la información que obtenemos de la ortopantomografía, la telerradiografía lateral y frontal del cráneo, proporcionando más información de todas las estructuras a nivel tridimensional.

Por tanto, el CBCT nos proporciona información más precisa para la correcta colocación ósea de mini-implantes. En particular nos permite conocer el espesor de las corticales óseas tanto maxilares como mandibulares, lo que nos ayudará a mejorar los conocimientos acerca de la estabilidad de los minitornillos.

El CBCT también nos permite conocer de manera más precisa las distancias mesiodistales existentes entre los espacios interradiculares, para poder seleccionar el correcto diámetro y evitar dañar las raíces de dientes adyacentes. También nos permite conocer la anchura del proceso alveolar tanto maxilar como mandibular y el espesor del hueso palatino. De este modo nos ayudará a seleccionar la longitud y el diámetro correcto del minitornillo. Este registro también nos permite estudiar con exactitud la localización de nervios y arterias importantes así como conocer la morfología del seno maxilar y del suelo nasal, evitando que la colocación de minitornillos se realice en dichos emplazamientos anatómicos.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA.

2.1. DESARROLLO DE LAS TÉCNICAS TRIDIMENSIONALES EN ORTODONCIA

2.1.1. Desde el 2D hasta la actualidad

Broadbent introdujo la cefalometría radiográfica en el año 1931 utilizando su diseño de cefalostato para analizar las estructuras craneofaciales a partir de la telerradiografía lateral del cráneo y la posteroanterior, para así emplearlas en el estudio del crecimiento craneofacial en los tratamientos ortodóncicos.

En los años 40 y 50, se comenzó a emplear la radiografía bidimensional para el estudio diagnóstico en ortodoncia. Así, Ricketts (1960) desarrolló un método cefalométrico posteroanterior y Sassouni, en el año 1958, describió una forma de correlacionar la vista lateral y posteroanterior 2D.

Moyers y Bookstein (1979) describieron todos los problemas relacionados con los métodos cefalométricos radiográficos convencionales.

En el año 1983, Baumrind buscó una solución para mejorar la identificación de puntos 3D, descrita por Broadbent, basándose en dos pares de imágenes coplanares.

Así mismo, Grayson (1983) describió un método multiplanar que combinaba varias vistas laterales, vista posteroanterior y basilar para poder medir relaciones tridimensionales entre unas estructuras y otras.

El desarrollo del CT en el año 1979 por Cormack y Hounsfield, se convirtió en una herramienta radiológica muy importante a nivel mundial.

El desarrollo del CT espiral (1989) y la introducción de detectores con múltiples cortes (1998), permitieron adquirir volúmenes de datos con mucha más precisión (Wahl, 2006; Lane y Harrell, 2008).

La introducción del CBCT en radiología maxilofacial y odontología tuvo lugar en el año 1998 por Mozzo et al. en Italia y en el año 1999 por Arai et al. en Japón. En el año 2000, el CBCT se introdujo en Estados Unidos (Mah y Hatcher, 2004) y se demostró que tenía características ventajosas tales como elevada resolución espacial, bajo coste y bajas dosis de radiación.

Por otro lado, otros autores como Kapila et al. (2011), a pesar de que el CBCT presenta numerosas ventajas en el mundo ortodóncico, recomendaron en su artículo el uso del CBCT con cautela, valorando beneficios y riesgos. Éste se debía utilizar en casos seleccionados, tales como pacientes con paladar fisurado, dientes supernumerarios, dientes incluidos o no erupcionados, pacientes que necesiten cirugía ortognática y/o para identificar reabsorciones radiculares.

Aunque en la actualidad existen múltiples y diferentes escáneres de CBCT cada vez más avanzados y con baja dosis de radiación (Cattaneo et al., 2008), los autores Silva et al. (2008) recomiendan el uso de los métodos radiológicos 2D convencionales para aquellos pacientes ortodóncicos sin patologías dentales y maxilares graves. También sugieren que en el caso de que sea requerida la utilización de imágenes en 3 dimensiones para nuestro diagnóstico, es preferible utilizar el CBCT antes que el CT, ya que la dosis de radiación es más baja.

2.1.2. Tomografía computarizada (CT) y tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) vs 2D: fiabilidad de las mediciones

La reproducibilidad es uno de los principios esenciales del método científico, y se refiere a la capacidad que tenga una prueba o experimento de ser reproducido o replicado.

Otra medida de calidad en un estudio cuantitativo es la fiabilidad, o la precisión de un instrumento. La fiabilidad describe la consistencia de una prueba y la estabilidad de los resultados obtenidos cuando una misma evaluación es realizada por los mismos individuos en distintas ocasiones o por diferentes individuos de niveles similares. En otras palabras, es la medida en que un instrumento de investigación obtiene sistemáticamente los mismos resultados si se utiliza en la misma situación en repetidas ocasiones.

La fiabilidad se relaciona con la validez, ya que si una prueba no es fiable tampoco será válida, es decir, no cumplirá con su objetivo de medir lo que pretende medir. Es por ello, que se considera importante validar los distintos métodos radiográficos que existen y están a nuestro alcance en odontología,

especialmente en estudios que incluyan medidas lineales y angulares.

El término genérico “tomografía” hace referencia a una técnica que proporciona imágenes de los tejidos en diferentes planos. Estos planos generan un corte de la anatomía que se quiera analizar (Quintero et al., 1999).

Los sistemas CT y CBCT generan imágenes volumétricas que proporcionan medidas no distorsionadas a diferencia de los sistemas tradicionales de 2D. Si se comparan las radiografías panorámicas convencionales con aquellas reconstruidas de un CBCT, se observa que tienen una imagen diferente, ya que en los segundos se evitan los artefactos que aparecen en la radiografía convencional como pueden ser las superposiciones o la magnificación (Cattaneo y Melsen, 2008).

Moshiri et al. (2007) compararon la fiabilidad de las medidas lineales a partir de imágenes 2D obtenidas del CBCT con otras a partir de radiografías laterales digitalizadas, concluyendo que eran más fiables aquellas obtenidas del CBCT.

En el año 2007, Ludlow et al., realizaron mediciones lineales en 28 cráneos disecados y con una orientación mal posicionada y las compararon con las mismas mediciones realizadas en CBCT.

Se midieron utilizando técnicas de medición de software bidimensionales y tridimensionales y se evaluaron las distancias entre los puntos anatómicos y los puntos de referencia. En sus resultados, la precisión de la medición no se vio afectada significativamente por las alteraciones en la posición del cráneo tanto en las técnicas bidimensionales como las tridimensionales proporcionando una medición precisa de la anatomía mandibular.

Kumar et al. (2008) estudiaron medidas lineales y angulares en radiografías laterales convencionales comparándolas con otras obtenidas de CBCT y concluyeron que no era necesario la realización de telerradiografías en aquellos pacientes que ya se les había realizado un CBCT, ya que estas medidas eran lo suficientemente fiables y similares a las obtenidas en radiografías convencionales.

En el año 2008, Cattaneo et al. concluyeron tras realizar un estudio similar a los anteriores, que las proyecciones obtenidas a partir de CBCT podían reemplazar a la radiografía convencional, siendo reproducibles sus mediciones sin existir diferencias estadísticamente significativas.

Van Vlijmen et al. (2009) realizaron diversos estudios analizando telerradiografías laterales con las imágenes del

CBCT. Seleccionaron 40 cráneos y compararon 12 medidas angulares y lineales en la telerradiografía lateral y en la reconstrucción 3D. Concluyeron que la reproducibilidad en las telerradiografías fue mayor que en las reconstrucciones 3D pero sin que esta diferencia fuera clínicamente relevante para la mayoría de las mediciones. Sin embargo, en los casos en los que se emplea una línea en 2D y un plano en 3D para realizar una medición, sí que puede existir una diferencia clínicamente relevante, por lo que los trazados 3D no serían recomendables para realizar trabajos longitudinales donde los registros iniciales se hayan registrado en 2D. En cambio, sí que servirían las mediciones realizadas de un mismo paciente que tenga registros en 3D para comparar los cambios pre y post-tratamiento o aquellos debidos al crecimiento.

Berco et al. (2009) compararon en su estudio la fiabilidad y precisión de las mediciones realizadas en cráneos humanos disecados con imágenes de los mismos en CBCT. Se realizaron 29 mediciones lineales en 2 cráneos humanos con diferente orientación de cabeza y se compararon con las mismas mediciones en CBCT. Todas las mediciones se realizaron por dos operadores en 4 ocasiones separadas en el tiempo. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las

mediciones a excepción de 5 medidas lineales. Esto fue debido al tamaño del voxel y fueron insignificantes. Los autores concluyeron que el CBCT nos permite realizar mediciones lineales fiables del complejo craneofacial y que la orientación de la cabeza durante el escaneo no afecta a la precisión y fiabilidad de las medidas.

Brown et al. (2009) realizaron un estudio donde comparaban la fiabilidad y precisión in vitro de las mediciones lineales entre puntos de referencia cefalométricos en imágenes volumétricas 3D de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) con mediciones directas en cráneos humanos. Se midieron directamente 16 dimensiones lineales entre 24 sitios anatómicos marcados en 19 cráneos humanos. Se tomaron imágenes de los cráneos con CBCT. En sus resultados no se encontró ninguna diferencia en el error absoluto medio, entre las configuraciones de escaneo, para casi todas las mediciones. Las imágenes en CBCT dieron como resultado mediciones más bajas para nueve dimensiones aunque no se detectaron diferencias significativas.

Nalçaci et al. (2010) compararon 14 medidas angulares en 10 pacientes a los que se les había realizado una telerradiografía lateral de cráneo y un CT. Los resultados de su estudio mostraron únicamente diferencias estadísticamente significativas

entre la telerradiografía lateral y el CT en dos de las 14 medidas angulares. En el resto de mediciones no se observaron diferencias entre ambos tipos de registros, concluyendo que el análisis angular 3D es un método fiable, siendo además más adecuado para el análisis y diagnóstico de casos asimétricos y complejos.

Zamora et al. en el año 2011 estudiaron 10 mediciones angulares y 3 lineales en 8 pacientes a los que se les había realizado tanto una telerradiografía lateral de cráneo como un CBCT. Concluyeron que las mediciones en 3D eran comparables a las mediciones en imágenes 2D, sin presentar diferencias estadísticamente significativas y afirmando que era un método fiable y reproducible.

Yitschaky et al. (2011) midieron 28 medidas lineales y angulares realizadas en 10 cráneos disecados a los que les había realizado tanto una telerradiografía lateral de cráneo como un CT. No encontraron diferencias estadísticamente significativas en las medidas lineales, pero sí en los ángulos en los que el punto Sella estaba incluido.

Timock et al. (2011) investigaron la precisión y fiabilidad de las medidas en CBCT de la altura y anchura de la cortical ósea vestibular. Escanearon 12 cabezas de cadáveres y realizaron

mediciones de la altura y la anchura de la cortical ósea vestibular en 65 dientes. Todas las mediciones se repitieron 3 veces por 2 operadores distintos. Al comparar las mediciones realizadas mediante disección de esos mismos dientes, no encontraron diferencias estadísticamente significativas y los autores afirmaron que el CBCT puede ser usado como método cuantitativo y preciso en la medición de la altura y la anchura de la cortical ósea vestibular.

Estudios similares fueron realizados por Hamed et al. en el año 2019, en cambio en sus resultados se mostraron mayores valores en las mediciones lineales en el CBCT comparados con las realizadas con un calibre in situ en cráneos humanos secos.

El-Beialy et al. en el año 2011 estudiaron la fiabilidad de las mediciones en CBCT mediante el escaneado del complejo craneofacial en diferentes orientaciones de la cabeza. Los resultados de su investigación determinaron que la orientación de la cabeza en el escaneado no afecta a la precisión en las mediciones en CBCT.

Flores-Mir et al. en el año 2014 realizaron un estudio in vivo donde se realizaron mediciones en la longitud de premolares maxilares comparándolas con las radiografías panorámicas convencionales y otras reconstruidas a partir de un CBCT. La

muestra consistió en sujetos que tenían CBCT junto con radiografías panorámicas convencionales y que requirieron la extracción de premolares maxilares para el tratamiento de ortodoncia de rutina. Se midieron un total de 48 dientes extraídos de 26 sujetos directamente con calibradores digitales. Las imágenes radiográficas se escanearon y midieron digitalmente en el software Dolphin 3D. En comparación con las longitudes reales de los dientes, las radiografías panorámicas convencionales eran relativamente inexactas, sobreestimando las longitudes en un 29%, mientras que las reconstrucciones panorámicas CBCT subestimaron las longitudes en un 4%.

En el año 2016, Hariharan et al. compararon la precisión y reproducibilidad de las medidas 2D cefalométricas laterales con mediciones en CBCT. Para ello utilizaron una muestra de 30 pacientes y 23 mediciones (9 lineales y 14 angulares). Las mediciones se realizaron en CBCT de cráneo completo, en CBCT de medio cráneo y en cefalometrías laterales en 2D. Los autores concluyeron que las mediciones en CBCT del cráneo completo fueron menos precisas comparadas con las medidas 2D de la cefalometría.

En 2018, Fokas et al. realizaron una revisión sistemática para identificar, revisar y analizar la evidencia disponible sobre la

precisión de las mediciones lineales cuando se utiliza la tomografía computarizada de haz cónico maxilofacial (CBCT) en el campo de la odontología de implantes. En total, se incluyeron 22 estudios en el análisis final. De ellos, dos fueron investigaciones clínicas y 20 ex vivo. Los principales hallazgos de la revisión indican que el CBCT proporciona imágenes transversales que demuestran una alta precisión y fiabilidad para las mediciones lineales óseas en imágenes transversales. Concluyeron que un tamaño de vóxel de 0,3 a 0,4 mm es adecuado para proporcionar imágenes CBCT de calidad de diagnóstico aceptable. En la práctica clínica, la precisión y fiabilidad de las mediciones lineales en las imágenes CBCT probablemente se reduzcan debido a factores como el movimiento del paciente, los artefactos metálicos, los parámetros de exposición específicos del dispositivo, el software utilizado y los procedimientos manuales frente a los automatizados.

En un estudio más actual del año 2021, Möhlhenrich et al. propusieron el uso de telerradiografías laterales en 2D para determinar la dimensión vertical real de la altura palatina, en lugar de realizarlo en CBCT. Para ello estudiaron 30 telerradiografías con sus correspondientes CBCTs midiendo en

cada uno de ellos la altura palatina en los planos mediales y paramediales laterales. En sus resultados se observó que las mediciones en CBCT eran mayores que las realizadas en las telerradiografías y concluyeron que se podría usar la telerradiografía lateral para poder tener una estimación del espesor óseo palatino para la colocación de minitornillos, aunque ésta no sería tan precisa como las imágenes que nos proporciona el CBCT.

2.1.3. Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) vs tomografía computarizada (CT): fiabilidad de las mediciones lineales en ambos métodos diagnósticos

La tomografía computarizada (CT) se ha usado en odontología y más especialmente en implantología por la cantidad de información que proporciona a nivel óseo y su relación con las diferentes estructuras anatómicas. Actualmente, el CBCT ha ido ganando importancia en el diagnóstico del campo de la odontología ya que presenta unas ventajas frente al CT como son su bajo coste, el tiempo empleado y su baja dosis de radiación.

Al emplearse el CBCT como forma de diagnóstico más accesible en nuestras consultas, se realizaron numerosos estudios donde se analizaba como de precisas y reproducibles eran las mediciones lineales que proporcionaba el CT frente al CBCT.

Loubele et al. (2008) realizaron un estudio donde se estudiaba la precisión de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) y el CT multicorte (MSCT) para las mediciones lineales del hueso de la mandíbula. Se obtuvieron imágenes de un maxilar humano con CBCT y MSCT. Se usaron pequeños marcadores de gutapercha en los tejidos blandos que recubren el hueso maxilar en la parte superior y en ambos lados de la cresta alveolar para definir un conjunto de medidas lineales reproducibles en 11 planos. Las mediciones de imágenes fueron realizadas por 2 observadores. Las mediciones físicas se realizaron con un calibre por 3 observadores. Los resultados mostraron que no había diferencias estadísticamente significativas en las mediciones tanto físicas como en las imágenes. Por tanto se concluyó que el CBCT como MSCT producen una precisión submilimétrica para las mediciones lineales.

Patcas et al. en el año 2012 realizaron un estudio donde el objetivo era comparar la precisión de las mediciones óseas lineales de el CT de haz cónico (CBCT) con el CT multidetector

(CTMD) y validar las mediciones de tejidos blandos intraorales en CBCT. Se obtuvieron vistas de CBCT y CTMD de ocho cabezas de cadáveres intactas. Se determinaron las posiciones anatómicas del margen gingival y el reborde óseo alveolar vestibular. Las medidas radiológicas fueron precisas con una diferencia media de las medidas anatómicas de 0,14 mm (CBCT) y 0,23 mm (CTMD). Estas diferencias no fueron estadísticamente significativas a nivel óseo pero sí a nivel de tejidos blandos, por tanto se concluyó que el CBCT es ligeramente más fiable para mediciones lineales que el CTMD y menos afectado por artefactos metálicos. Se concluyó por tanto, que la precisión del CBCT en las mediciones lineales de tejidos blandos intraorales es similar a la precisión de las mediciones óseas in situ.

En el año 2019 Tayman et al. analizaron la precisión de la medición lineal y volumétrica de defectos periodontales mediante el uso de imágenes de CBCT y micro-CT obtenidas en diferentes tamaños de voxel. Se crearon 66 defectos periodontales en mandíbulas secas humanas. Con el programa informático Planmeca ProMax 3D Max (CBCT) se tomaron imágenes de los dientes con defectos periodontales y a continuación, se midieron todos los defectos linealmente

(profundidad, ancho y altura) y volumétricamente. Los volúmenes medidos por micro-CT fueron levemente más altos (aunque sin ser estadísticamente significativos) que los de las medidas del CBCT independientemente del tamaño del vóxel.

2.1.4. Precisión y validación de las mediciones de la densidad ósea (UH) en CT

En las imágenes que se obtienen del CT, es posible realizar mediciones de la densidad ósea y su uso preoperatorio en la cirugía de implantes ayuda a tener una idea del tipo de hueso que se va a tratar.

La unidad de Hounsfield (UH) es una medida cuantitativa relativa de la densidad utilizada por los radiólogos en la interpretación de imágenes de tomografía computarizada (CT).

El coeficiente de absorción / atenuación de la radiación es un valor numérico que expresa el grado de atenuación que proyectan los tejidos del cuerpo en el haz de rayos X. Se utiliza durante la reconstrucción por CT para producir una imagen en escala de grises y expresa la densidad.

La densidad física del tejido es proporcional a la absorción / atenuación del haz de rayos X. Por tanto, el tejido más denso, con mayor absorción del haz de rayos X, tiene valores positivos y el tejido menos denso, con menor absorción del haz de rayos X, tiene valores negativos y aparece más oscuro.

La unidad Hounsfield se calcula en base a una transformación del coeficiente de atenuación lineal del haz de rayos X, donde el agua destilada (a temperatura y presión estándar) se define arbitrariamente como 0 unidades Hounsfield y el aire se define como -1000 UH.

Esta transformación lineal, es una escala relativa y produce una escala de tonos grises donde los límites superiores pueden alcanzar valores de hasta 1000 UH para huesos, 2000 UH para huesos más densos y de más de 4000 UH para metales (Hounsfield, 1980).

Por tanto, las diferentes energías del haz de rayos X, darán como resultado una absorción tisular diferente en el CT, y por lo tanto, diferentes UH. En cambio para la medición de la densidad en el CBCT, el grado de atenuación de los rayos X se muestra mediante una escala de grises pero en valor de vóxel (Razi et al., 2014).

Los primeros estudios mostraron que las UH dependen de los diversos parámetros del CT: El tipo de algoritmo de reconstrucción, el diseño del CT y el kilovoltaje de rayos X fueron los factores más importantes identificados. Estos factores necesitan estandarización para ayudar a que la medición de la densidad en UH sea una herramienta fiable de medición de diagnóstico (Levi et al., 1982).

Los artefactos del CT pueden afectar las medidas de las unidades Hounsfield. Uno de los artefactos de CT más encontrados, es el artefacto de endurecimiento del haz que afecta la medición de la radiodensidad, lo que lleva a mediciones de UH falsamente reducidas y parece menos denso o más oscuro en las imágenes del CT.

Los continuos avances en el CT como herramienta de diagnóstico, han dado lugar a diferentes diseños de CT, los cuales pueden alterar la medición de las UH.

Wakimoto et al. (2012) realizó un estudio de la densidad ósea, midiendo las unidades Hounsfield en CTs, procedentes del hueso en la zona anterior de la maxila. La muestra consistió en 33 pacientes y se usó el programa informático Simplant 11.0. Se observaron diferencias estadísticamente significativas respecto a

la densidad ósea, la edad y el sexo de los pacientes, siendo las mujeres las que menos densidad ósea presentaban.

Turkyilmaz et al. en el año 2006 estudiaron en CTs las mediciones de densidad de hueso en unidades Hounsfield (UH), el torque utilizado para la colocación de los implantes y su correlación con la estabilidad de los mismos. Los resultados demostraron que puede ser posible predecir la estabilidad primaria de un implante en relación a la calidad de hueso y la medición de su densidad desde el diagnóstico con CTs prequirúrgicos.

Lee et al. (2007) publicaron una serie de artículos en los que estudiaron en mandíbulas de cadáveres, la relación entre la densidad ósea y la resistencia al torque en la inserción de los implantes autorroscentes. Llegaron a la conclusión de que sí existía una correlación entre el torque de inserción de los implantes y las densidades óseas medidas en CT y CBCT.

2.1.5. Precisión y validación de las mediciones de la densidad ósea (UH) en el CBCT

Recientemente con el desarrollo de la Tomografía Computarizada de Haz cónico (CBCT), las mediciones de densidad ósea en unidades Hounsfield han sido posibles.

Aunque el uso del CBCT como método diagnóstico dental tiene múltiples ventajas por la baja dosis de radiación que supone, sigue siendo un método dudoso y poco predecible en la medición de la densidad ósea. Según algunos autores, no existe un consenso sobre la precisión de la determinación de las escalas de grises que proporciona el CBCT (Kim 2014).

Los valores de grises obtenidos con CBCT muestran una relación lineal con los coeficientes de atenuación de los materiales, al igual que los valores de las unidades Hounsfield obtenidos con la tomografía computarizada médica y los valores de densidad de la absorciometría de rayos X de energía dual. (Silva et al., 2014).

Sin embargo, se esperan errores cuando se utilizan imágenes CBCT para definir la calidad de las estructuras escaneadas porque estas imágenes muestran inconsistencias y arbitrariedad en los valores de grises. Sobre todo cuando se relacionan con

algunos factores tales como: cambios abruptos en la densidad del objeto, efecto de endurecimiento del haz de rayos X, radiación dispersa, efecto relacionado con la discontinuidad de los datos de proyección, diferencias entre dispositivos CBCT, cambios en el volumen del campo de visión (FOV) y cambios en las relaciones de tamaño y posición entre el FOV y el objeto evaluado.

Es por ello que en algunos estudios se han propuesto la utilización de métodos de corrección matemática de las escalas de grises en CBCT para poder medir con más precisión la densidad ósea (Hohlweg et al., 2011; Kim, 2014).

También se han considerado realizar curvas de calibrado específicas para los diferentes escáneres CBCT y así obtener una mayor precisión en la medición de la densidad (Schröder et al., 2020).

Aranyarachkul et al. en el año 2005 evaluaron la densidad ósea en lugares óptimos para la colocación de implantes con tomografía computarizada volumétrica . Esas medidas fueron comparadas con mediciones en CBCT tradicional. Para ello midieron en unidades Hounsfield, 63 potenciales lugares de implantes en la mandíbula de 9 cadáveres humanos usando CBCT y CT. Los valores de densidad ósea en el CBCT fueron

ligeramente mayores que en el CT. Teniendo en cuenta la alta dosis de radiación que presenta el CT, el CBCT podría considerarse una alternativa de medición de la densidad ósea en el diagnóstico preoperatorio en la colocación de implantes.

En el año 2010 Bergkvist et al. también realizaron un estudio en CBCT de 21 pacientes sobre la densidad ósea antes de la colocación de implantes y después de un año de someterlos a carga. Los resultados concluyeron que la calidad ósea tenía una correlación estadísticamente significativa con las mediciones de densidad ósea en CBCT.

En el año 2011 Nackaerts et al. realizaron un estudio para evaluar la variabilidad de los valores de intensidad en las imágenes de CBCT comparadas con las unidades Hounsfield del CT para observar la precisión de las medidas de densidad ósea usando el CBCT. Observaron que las medidas en unidades Hounsfield del CT eran bastante estables. Las medidas en CBCT fueron imprecisas y varían en el momento que variaba de posición la cabeza del fantoma. Llegaron a la conclusión de que el uso de los valores de intensidad en las imágenes de CBCT no son precisas, ya que los valores están influenciados por el dispositivo, parámetros de imagen y el posicionamiento de la cabeza.

Fuster-Torres et al. (2011) también concluyeron que el uso de un CBCT preoperatorio antes de la colocación de implantes nos puede ser de ayuda como herramienta diagnóstica para evaluar la densidad ósea. Especialmente en aquellos pacientes que se sospecha que tienen una mala calidad de hueso. Un estudio similar al anterior fue realizado por Salimov et al. en el año 2014.

En el año 2012 Silva et al. realizaron un estudio en CT y CBCT para validar y comparar en ambos métodos radiológicos el valor de densidad de hueso en los lugares potenciales para la colocación de implantes. Su estudio concluyó que los valores en unidades Hounsfield fueron significativamente mayores en las muestras medidas en CBCT que en CT. Por tanto los resultados de las mediciones de densidad ósea entre los dos métodos no fueron fiables y reproducibles. Sin embargo Mah et al. (2010) concluyeron en su estudio que existe una relación entre las mediciones en unidades Hounsfield y los niveles de grises en CBCT usando un coeficiente de atenuación lineal como paso intermedio. Estos resultados fueron más precisos que los medidos en el CT.

Molteni (2013) también afirma que existen limitaciones en los valores de densidad de tejidos en unidades Hounsfield para

CBCT. Usando un fantoma y dos sistemas de CBCTs, demostró variabilidad en las medidas de la escala de grises. Molteni sugiere que se debería tener precaución al interpretar las medidas de densidad cuantitativas obtenidas en CBCT y que se debería trabajar en programas informáticos estandarizados y métodos que hicieran posible una mayor precisión de las medidas de densidad.

Cassetta et al. en el año 2014 evaluaron si había diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de densidad ósea en CBCT y en CT. Realizaron mediciones en 20 mandíbulas disecadas obteniendo dos diferentes datos: unidades Hounsfield (UH) y valores de grises (Voxel value VV) en la misma área. Encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de grises en el CBCT (VV) y el CT (UH). A pesar de que el CBCT tiene niveles de radiación y coste menores y que podría ser un buen sustituto de el CT para las mediciones de densidad ósea, la fiabilidad debería ser más estudiada en detalle. Para que el método tenga más precisión, estos autores sugieren aplicar la conversión de las mediciones de densidad en el CBCT en valores de grises o voxel value (VV).

En el año 2013 Gonzalez-Garcia et al. realizaron un estudio donde evaluaron la precisión del CBCT como herramienta para

determinar preoperatoriamente la densidad ósea radiográfica, a partir de los valores de densidad proporcionados por el sistema informático de lectura de imágenes dicom. Analizaron la relación con el hueso histomorfométrico y la densidad expresada, todo ello evaluado mediante micro-CT de biopsias óseas en el lugar óseo de colocación de los implantes. Los resultados de su estudio mostraron que la densidad radiográfica evaluada por CBCT tiene una fuerte correlación positiva con la densidad evaluada por micro-CT en el sitio de los implantes. Por tanto la estimación preoperatoria de los valores de densidad mediante CBCT es una herramienta fiable para determinar objetivamente la densidad ósea.

Coincidiendo con Cassetta et al., Varshowsaz et al. en el año 2016 realizaron un estudio in vitro con fantomas donde compararon los valores de densidad en UH en el CBCT y en el CT. Los resultados mostraron que había diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de las mediciones. Los valores de mediciones en CBCT no fueron similares a los de el CT en la medida de anchura. Por tanto, aunque el CBCT sea un método menos costoso, con menos dosis de radiación y con menor necesidad de tiempo, no se puede considerar fiable para la medición de densidades

Pauwels et al. en el año 2015 analizaron en su estudio una cantidad considerable de artículos en los cuales se evaluaba la hipótesis de si la medición de densidad ósea en escala de grises sería precisa y si se podría correlacionar las UH en mediciones en el CBCT. Llegaron a la conclusión de que muchos autores eran demasiado optimistas en la interpretación de los resultados, afirmando que las UH pueden ser aplicadas en el CBCT a pesar de que en sus estudios se presentaban grandes errores en la escala de grises y se establecía demasiada confianza en el coeficiente de correlación. Después de analizar varios estudios, llegaron a la conclusión de que el CBCT no es una herramienta precisa ni cuantificada para la medición en escala de grises de la densidad ósea, así como el CT lo es en unidades Hounsfield.

En el año 2019 Razi et al. realizaron un estudio donde compararon los valores de unidades Hounsfield medidos en un CT con los valores en escala de grises medidos en CBCT. Se utilizaron 25 diferentes tejidos en 21 pacientes. Los resultados mostraron una fuerte correlación entre las UH en el CT y los niveles de grises mostrados en las imágenes de CBCT. Los autores concluyeron que el CBCT se puede utilizar como parámetro para determinar la densidad ósea en el tratamiento con implantes y también para determinar el tipo de hueso. La

técnica diagnóstica CBCT se recomienda en estos casos por su baja dosis de radiación, corto tiempo y bajo costo en comparación con CT.

2.2. EL ANCLAJE EN ORTODONCIA

El anclaje en ortodoncia se define como la resistencia a movimiento no deseado. Sin embargo, según la tercera ley de Newton, por cada acción hay una reacción igual y de sentido contrario. Es por ello que se encuentran limitaciones cuando hay que mantener un completo control de anclaje en los movimientos dentarios.

Proffit en el año 1993, describió el anclaje como la resistencia al movimiento no deseado que presentan los dientes al aplicar una fuerza.

Las fuentes de anclaje intraoral incluyen el hueso alveolar, los dientes como unidad individual, los arcos dentales, el hueso basal del paladar y la mandíbula así como los labios y músculos masticatorios.

Para tener un buen control del caso, en ortodoncia se pueden formar grupos de dientes que nos servirán como unidad de anclaje inmóvil (unidad reactiva) y así poder mover otros dientes (unidad activa). Además, la resistencia de la unidad de anclaje debe ser mayor que la ofrecida por los dientes que estarán en movimiento ya que si no se pierde anclaje, teniendo movimientos no deseados en la unidad reactiva.

De esta manera, dependiendo de las necesidades de anclaje, se podría hablar de mínimo anclaje, cuando la mayor parte del cierre de espacio se realiza mesializando los segmentos posteriores; de medio anclaje, cuando el espacio se cierra recíprocamente y de máximo anclaje, cuando los objetivos de tratamiento requieren un nulo movimiento de los dientes posteriores hacia mesial (Nanda y Kuhlberg, 1996; Baumgaertel et al., 2008).

Obtener un anclaje máximo ha sido siempre un reto en ortodoncia. Tradicionalmente se han usado aparatos intraorales tales como la barra palatina o el botón de Nance, así como aparatología extraoral de tracción para ayudarnos en las limitaciones de control de anclaje ortodóncico. Pero en muchas ocasiones no se consiguen los resultados deseados con estos dispositivos, o bien por la falta de colaboración por parte del

paciente o bien por la falta de experiencia por parte del clínico (Cope, 2005).

Por ello, desde hace más de 20 años, se puede encontrar en la literatura ortodóncica numerosos estudios que muestran la posibilidad del uso de diferentes tipos de minitornillos o también llamados mini-implantes utilizados para evitar la pérdida de anclaje. Estos dispositivos temporales presentan múltiples ventajas como la fácil inserción y desinserción de los mismos, la rapidez en el procedimiento, la posibilidad de cargar fuerzas inmediatamente, que no necesitan de la colaboración del paciente y que tienen bajo coste (Upadhyay et al., 2008).

Autores como Park et al. (2005) y Chung et al. (2010) observaron que los minitornillos colocados en la zona interradicular maxilar y mandibular proporcionan suficiente anclaje para la distalización en masa y para la corrección de las Clases II bilaterales o unilaterales. Esto genera un período de tratamiento más corto y evita el movimiento indeseado de dientes.

Yao et al. (2008), Kuroda et al. (2009) y Li et al. (2011), nos muestran mejores resultados con el uso de minitornillos que con el uso de otros dispositivos de anclaje como la barra palatina y tracción extraoral, en los casos de extracciones donde se

requiere la retracción en masa del grupo anterior. Al realizarse el anclaje sobre hueso y no sobre dientes obtenemos una mínima pérdida de anclaje del molar superior, con la posibilidad de provocar una rotación anterior de la mandíbula, lo que nos ayudaría en los casos con patrón esquelético hiperdivergente.

Benson et al. (2007) y Sandler et al. (2008) evaluaron el uso de minitornillos en palatino para la distalización molar en el maxilar. En sus estudios concluyeron que los implantes en palatinos proporcionan suficiente anclaje esquelético y son tan efectivos como una tracción extraoral.

En el año 2013, Karagkiolidou et al. utilizaron en su estudio 384 mini-implantes en la zona palatina para la expansión rápida maxilar, obteniendo una tasa de éxito del 97,9%.

Becker et al. en el año 2018 realizaron una revisión sistemática y meta-análisis donde estudiaron la capacidad de los mini-implantes de anclaje esquelético para la retracción en masa del maxilar, obteniendo resultados significativamente favorables respecto a la retrusión del maxilar con aparatología ortodóncica convencional.

Alharbi et al. (2019) también mostraron mejores resultados en la revisión sistemática que realizaron sobre la efectividad del

anclaje esquelético con minitornillos en comparación a la tracción extraoral y barra palatina para el tratamiento ortodóncico.

2.3. HISTORIA DE LOS DISPOSITIVOS DE ANCLAJE TEMPORAL (TADs) EN ORTODONCIA

Los Dispositivos de Anclaje Temporal o “Temporary Anchorage Devices” (TADs), se desarrollaron para mejorar el anclaje de la ortodoncia tradicional. Actualmente existen dos tipos de TADs que son usados en ortodoncia: los mini-implantes y las miniplacas.

En un primer momento se empezó a estudiar el uso de implantes dentales con capacidad de osteointegración (Branemark et al., 1969, 1983; Turley et al., 1988; Robert et al., 1989) como dispositivos de anclaje en ortodoncia. Más tarde se utilizaron tornillos de fijación y miniplacas quirúrgicas como métodos de fijación usados en cirugía ortognática (Michelet et al., 1973).

En el año 1985 Jenner y Fitzpatrick propusieron en sus investigaciones una versión mejorada de las placas de fijación quirúrgica llamadas miniplacas, que posteriormente De Clerck y

Cornelis (2006) usaron en sus investigaciones para el tratamiento complejo de Clases II y Clases III ortopédicas. Kanomi (1997) fue uno de los autores pioneros en usar los mini-implantes ortodónticos de 1,2 mm de diámetro. Costa et al. (1998) propusieron el uso de los actuales minitornillos de titanio sin capacidad de osteointegración, de 2 mm de diámetro y con un cabezal en forma de bracket para su uso de anclaje directo o indirecto. Los minitornillos se colocan directamente a través de la mucosa, sin necesidad de realizar un colgajo, con un destornillador manual o motorizado. Son de pequeño tamaño, bajo coste, tienen la superficie lisa y están diseñados para poder ser cargados con fuerzas tras su colocación (Melsen y Costa, 2000).

2.3.1. Indicaciones y ventajas de los minitornillos

El uso de minitornillos o mini-implantes en ortodoncia tiene dos beneficios potenciales: acortar el tiempo de tratamiento sin colaboración por parte del paciente y hacer más sencilla la biomecánica tradicional que en algunos casos puede resultar más compleja y con demasiada aparatología.

Las indicaciones de los dispositivos de anclaje temporal son variadas y la mayoría de los autores coinciden respecto a las mismas (Sharif y Waring, 2013).

En el año 2005, Huang et al. llevaron a cabo una revisión sobre los implantes dentales y el anclaje óseo en ortodoncia, describiendo las principales situaciones en las cuales era esencial el uso de minitornillos de anclaje para el éxito del caso. Como por ejemplo en la extrusión e intrusión de dientes, cierre de espacios, enderezamiento de dientes, refuerzo de anclaje, edentulismo parcial y movimientos ortopédicos (Xun et al., 2007; Park et al., 2003).

En el año 2008, Wahl mostró en su estudio las principales indicaciones de los dispositivos de anclaje temporal. Wahl determinó como utilidades más relevantes, las citadas a continuación: retracción de dientes anteriores sin pérdida de anclaje posterior, retracción y alineamiento anterior en pacientes periodontales o sin soporte de dientes posteriores, el cierre de espacios de extracción mesializando sectores posteriores, la corrección de desviaciones de línea media, intrusión o extrusión de dientes, distalización de molares superiores e inferiores, tracción ortopédica, canteos de plano oclusal, e incluso su uso

como apoyo esquelético para la colocación de disyunción palatina.

Una revisión sistemática y meta-análisis realizado en el año 2019 por Soheilifar et al. mostraron que la cantidad de distalización conseguida con anclaje esquelético respecto a la conseguida con anclaje convencional para la distalización molar, no fue estadísticamente significativa en términos de cantidad de distalización o inclinación molar. Lo que sí que se observó es que la pérdida de anclaje fue menor en el grupo de anclaje esquelético.

Por otro lado, Baumgaertel et al. (2008) hicieron una descripción más exhaustiva respecto a aquellos tratamientos que se podrían beneficiar con el uso de mini-implantes ortodóncicos.

- En el plano anteroposterior:
 - o Casos de maloclusiones de Clase II división 1 en los que se realiza la extracción de primer o segundo premolar superior y retracción del frente anterior.
 - o Pacientes con biprotrusión severa, incompetencia labial, con un perfil no estético y en los que se realiza la extracción de primeros premolares.

- o Enderezamiento de molares previamente inclinados.
 - o Pacientes con agenesia de incisivos laterales en los que se va a realizar la mesialización de caninos para colocarlos en el lugar de los incisivos laterales.
 - o Casos de mesialización de sectores posteriores durante el cierre de espacios (por extracción o agenesias) cuando no se desea reemplazar el espacio protésicamente.
 - o En maloclusiones de Clase II que necesitan distalización molar para aliviar el apiñamiento anterior.
- En el plano vertical :
- o En mordidas abiertas anteriores, cuando se va a realizar la intrusión de dientes posteriores.
 - o Para permitir el control vertical en pacientes con patrones faciales hiperdivergentes.
 - o Para la intrusión de incisivos maxilares en casos de mordidas profundas y exceso gingival (Alsamak et al., 2013).

- o Para la intrusión de incisivos mandibulares en casos de sobremordidas y curvas de Spee aumentadas.
- o Para la intrusión de un único diente tras la pérdida del antagonista.
- o En situaciones de inclinación o canteo de plano oclusal.
- En el plano transversal:
 - o En casos en los que se va a realizar una disyunción con apoyo óseo (Lee et al., 2010; Ludwig et al., 2013).

2.3.2. Tipos de minitornillos ortodóncicos

En el año 2002 Ismail y Johal estudiaron los tipos de mini-implantes, clasificándolos según su diseño, modo de inserción en hueso y material de fabricación. Según su modo de inserción en el hueso pueden ser transóseo, subperióstico o endoóseo, siendo este último el más usado por el clínico según los autores. Por su parte, el titanio es el material más utilizado para su fabricación en la actualidad, aunque antiguamente las aleaciones de oro, cromo-cobalto, cerámica de óxido de

aluminio, carbón vítreo y vitallium eran los materiales mayormente empleados.

El minitornillo de titanio puede tener la superficie rugosa o lisa y puede tener tratamiento o no de hidroxiapatita para su osteointegración.

En la actualidad la retención del minitornillo en el hueso se realiza de manera mecánica, es decir, cuanto mayor sea la superficie del implante que esté en contacto con la cortical ósea mayor será su estabilidad primaria. Los factores que determinan el área de contacto del minitornillo son: la longitud, el diámetro, la forma y el diseño de su superficie activa. Existen numerosos tamaños, diámetros y formas según el fabricante. Las longitudes varían desde 4 mm a 12 mm y los diámetros desde 1,2 a 2 mm. Estas longitudes y diámetros deben ser congruentes con el espesor de la cortical ósea, la anchura del proceso alveolar y la distancia entre raíces para no dañarlas (Huang et al., 2005). Según su forma pueden ser cilíndricos o cilíndrico-cónicos con la superficie lisa o rugosa.

Estudios como el de Klokkevold en el año 1997 muestran que el grado de rugosidad de la superficie del minitornillo está relacionada con el grado de oseointegración mecánica.

Otros estudios como el de Crismani et al. (2010) asociaban la estabilidad primaria y el fallo de los mini-implantes con las longitudes y diámetros de varios fabricantes.

Autorroscantes vs autoperforantes

Existen diversos tipos de minitornillos según su capacidad de inserción en el hueso. Los autorroscantes tienen una punta que no corta y necesita de una fresa piloto perforante de la misma longitud que el minitornillo para su posterior inserción.

La diferencia con los autoperforantes, es que en estos últimos la punta del tornillo es cortante y la fresa piloto no es necesaria.

Ambas modalidades de minitornillo tienen ventajas y desventajas. Los autorroscantes son más invasivos ya que requieren perforación previa de la cortical mediante una fresa piloto y los autoperforantes requieren mayor presión y fuerza por parte del clínico pudiendo causar malestar al paciente, reabsorción o posible rotura, aunque se tiene mayor sensación táctil. Además estos últimos también presentan mayor estabilidad primaria (Wilmes et al., 2006).

Por otro lado, en las zonas con cortical ósea delgada, como son por ejemplo la zona posterior del maxilar, la fresa piloto no es necesaria siendo los autoperforantes los minitornillos de

elección. No pasa lo mismo en la zona mandibular, donde la cortical ósea es más gruesa y la fresa piloto nos puede servir de ayuda (Miyawaki et al., 2003).

Respecto a la estabilidad de los minitornillos autorroscantes y autoperforantes, en el año 2005 los autores Kim et al. encontraron diferencias significativas entre unos y otros, siendo los autoperforantes los que menos movilidad presentaban en su estudio.

Esto difiere de los resultados obtenidos por Wang y Liou (2008), los cuales no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos tipos de minitornillos, obteniendo el mismo nivel de estabilidad en ambos.

Los autores Son et al. (2014), quisieron también comprobar la estabilidad de los dos tipos de minitornillos y sus resultados coincidieron con los de los autores Wang y Liou (2008). Realizaron un estudio en el cual colocaron 35 minitornillos autoperforantes y 35 autorroscantes de 1,6 mm de diámetro, de 8 mm de longitud y con un torque de inserción de 7 Newtons . Obtuvieron la misma tasa de éxito (97%) en las dos técnicas, sin diferencias estadísticamente significativas.

Yi et al. en el año 2017 realizaron una revisión sistemática y un meta-análisis. En ellos, tampoco encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos tipos de minitornillos referente a la estabilidad primaria.

Iwai et al. en el año 2015, compararon el ángulo de inserción de los minitornillos autorroscantes y autoperforantes y la frecuencia de contacto entre raíces tras su colocación. Se midió mediante CBCT la distancia entre raíces, el tamaño de la cortical vestibular y el ángulo de colocación de 142 minitornillos. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la tasa de éxito de los dos tipos de minitornillos y su estabilidad primaria. Los minitornillos autoperforantes presentaron ligeramente mayor contacto entre raíces que los autorroscantes.

En el año 2010, Miyasawa et al. presentaron un estudio para minimizar el contacto entre raíces en la colocación de los minitornillos autoperforantes. Propusieron la colocación de dichos minitornillos con una guía quirúrgica. Esta guía quirúrgica fue colocada en los lugares óptimos entre raíces guiándose con imágenes CBCTs. La tasa de éxito fue del 90,9%. Estos autores concluyeron que los minitornillos autoperforantes deberían colocarse cuidadosamente entre raíces

y si es posible, usando guías quirúrgicas , fabricadas a partir de CBCTs.

Sin embargo , en el año 2013, Sathapana et al. advierten en su estudio que la cantidad de torque generado por los minitornillos autoperforantes podría causar fractura ósea de la cortical vestibular y a su vez, la fractura del minitornillo en zonas donde la cortical ósea sea menor de 1 mm.

Coincidiendo con Kim et al. (2005), Tepedino et al. en el año 2018 realizaron un estudio para evaluar la relación entre el torque de inserción y la estabilidad de los minitornillos autorroscantes y autoperforantes. Llegaron a la conclusión que los minitornillos autoperforantes presentaban mayor torque de inserción y más resistencia contra la dislocación que los autorroscantes y por tanto más estabilidad.

2.4. COLOCACIÓN DE LOS MINITORNILLOS EN EL COMPLEJO CRANEOFACIAL

2.4.1. Lugares óptimos

Seleccionar el lugar correcto para la colocación del minitornillo es un factor muy importante para el éxito del tratamiento y para evitar riesgos y complicaciones.

En el año 2008 Baumgaertel et al. seleccionaron cinco factores a tener en cuenta para la correcta colocación de los minitornillos:

1. Utilización del tamaño y diámetro correcto y seguir una mecánica de tratamiento simplificada, anticipándonos al movimiento dentario para evitar interferencias con el minitornillo y el posible fallo o pérdida del mismo.
2. Colocación en encía insertada y no en encía libre. Evitar los frenillos en la medida de lo posible. Esto previene al paciente de dolor, sobrecrecimiento de encía por encima del minitornillo y dificultad en la higiene (Lim et al., 2007).
3. Suficiente espacio interradicular. El minitornillo debe colocarse en un espacio suficientemente ancho

mesiodistal entre raíces. La utilización de radiografías periapicales o de CBCTs nos ayudará a evaluar la posición más óptima y evitar dañar raíces adyacentes (Miyasawa et al., 2010).

4. Evitar otras estructuras anatómicas que puedan interferir en la colocación del minitornillo tales como: nervio alveolar inferior, arteria palatina, agujeros mentonianos, senos maxilares y la cavidad nasal. En estas ocasiones las imágenes 3D son fundamentales para evaluar estas estructuras (Cevidanez et al., 2006).
5. Un adecuado grosor de cortical ósea es un factor muy importante en la estabilidad del minitornillo (Baumgaertel y Hans, 2009). En el año 2009 Motoyoshi et al. demostraron que la anchura del hueso cortical vestibular debería ser mayor de 1 mm para asegurar la suficiente estabilidad primaria de los minitornillos y obtener así tasas de éxito más altas.

2.4.2. Protocolo de colocación y retirada

Los protocolos de colocación difieren según tipos de minitornillos y según el fabricante. Generalmente, el uso de

anestesia tópica o infiltrativa perióstica en la zona de colocación suele ser suficiente para aliviar el dolor en la inserción de minitornillos. Durante la colocación, el tornillo atraviesa varias capas de tejido, algunas de las cuales están más inervadas que otras. Por ejemplo, el tejido gingival es la primera capa de tejido y está altamente inervado y por tanto será la que más molestia le pueda causar al paciente en el momento de la colocación. La segunda capa es el periostio, el cual también está muy vascularizado (de ahí el uso de anestesia infiltrativa intraperióstica). La tercera capa es la cortical ósea maxilar y mandibular y la cuarta es el hueso basal, las cuales no generan sensación de dolor al paciente ya que no están tan inervadas como la primera y segunda capa de tejido oral.

Para la retirada de los minitornillos no se necesita anestesia en la mayoría de los casos. Se retiran del mismo modo que se procedió a su colocación pero girando el cabezal en sentido contrario (Baumgaertel et al., 2008).

2.4.3. Torque de inserción y Newtons de fuerza aplicada

Siguiendo un protocolo de inserción correcto, así como conociendo la anatomía del complejo craneofacial,

características de los minitornillos y aplicando el torque adecuado, se conseguirá una buena osteointegración de los mismos (Tosun et al., 2002).

En un estudio del año 2013, Melo et al. evaluaron la influencia de la longitud del minitornillo en las propiedades de los mismos al insertarse en la cortical ósea con un torque determinado, evaluando el grado de deformación o fractura que sufrían. En sus estudios observaron que no habían diferencias estadísticamente significativas en cuanto al grado de deformación y torque recibido.

Esto coincide con la revisión sistemática realizada por Reynders et al. en el año 2012, en la cual se analizaron las diferentes recomendaciones en el torque de inserción de los minitornillos. Estos autores utilizaron entre 5 y 10 Ncm de fuerza en la colocación de los mismos para aumentar la tasa de éxito aunque no encontraron evidencias de asociación entre la aplicación de mayor torque de inserción con el aumento de tasa de éxito.

En el año 2018 Di Leonardo et al. realizaron un estudio donde evaluaron el torque de inserción de los minitornillos en la zona paramedial palatina. El rango de torque de inserción se estableció entre 10 y 15 Ncm para el 46,3% de los minitornillos colocados y entre el 15 y 20 Ncm para el 35%, obteniendo una

tasa de éxito del 98,8% y no habiendo encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los distintas fuerzas de torque aplicadas.

2.4.4. Fallo de los minitornillos y sus complicaciones

En ocasiones, se generan complicaciones e incidentes en la colocación de los minitornillos tales como lesiones radiculares, daños en nervios, perforaciones del seno maxilar y nasal o incluso la fractura del minitornillo. Muchos autores recomiendan reducir las dimensiones de los mismos tanto en longitud como en diámetro para así evitar riesgo de daño de raíces, además de realizar un correcto estudio en CBCT para estudiar la densidad y espesor de las corticales óseas y de las estructuras anatómicas adyacentes (Baumgaertel, 2011; Melo et al., 2013).

Tras su colocación, el minitornillo puede notarse suelto o incluso caerse debido a la inflamación de los tejidos blandos. Una correcta encía queratinizada, incluso fina, podría ser más ventajosa en el momento de la colocación de minitornillo que una gruesa, debido a que la inflamación de la misma será menor (Kim et al., 2006).

El fallo o pérdida del minitornillo también depende del grosor de la cortical ósea vestibular ya que es un factor muy importante en la estabilidad del mismo. En esta estabilidad también influye el diámetro de los minitornillos y la angulación en la que se coloquen. Cuanto más grosor de diámetro de los mismos, más superficie de contacto tendrán con la cortical y mayor estabilidad. Lo mismo ocurre con la angulación.

En un estudio de Miyawaki et al. (2003) encontraron que la inestabilidad y el fallo de los minitornillos estaba asociada a varios factores: la inflamación de los tejidos peri-implantarios, el espesor de la cortical ósea vestibular (la cual era delgada en pacientes hiperdivergentes), y el diámetro de los minitornillos (menores a 1 mm). Estos resultados coinciden con los estudios de Baumgaertel y Hans (2009) y Motoyoshi et al. (2009).

Otro factor a tener en cuenta en la colocación de los minitornillos en ortodoncia, sería el posible apiñamiento dental que presentan los pacientes, teniendo las raíces más cercanas entre sí, y pudiendo tener más riesgo de perforación radicular o fallo en la estabilidad primaria del minitornillo (Tepedino et al., 2017).

Por otro lado, autores como Park et al. en el año 2006 evaluaron los factores que generan el fallo o pérdida de los minitornillos.

En sus estudios comprobaron que de los 227 minitornillos que habían colocado en sus pacientes, el 91,6% no presentaron fallo. Las variables clínicas fueron: el diámetro, longitud, tipo de minitornillo, tipo de ligadura, fuerza aplicada y posición del minitornillo. Al relacionar esas variables con el sexo, la edad y la higiene oral, se observó que no presentaron diferencias estadísticamente significativas. Sí lo hicieron aquellos pacientes que presentaron inflamación alrededor del minitornillo.

Kuroda et al. en el año 2007, estudiaron la proporción en el riesgo de fallo que generaba el minitornillo según la proximidad interradicular. Observaron en CBCTs la colocación de los minitornillos de 110 pacientes y los clasificaron según la proximidad entre las raíces. Observaron un éxito más alto en aquellos minitornillos colocados en mandíbula siendo estos los que menos proximidad interradicular presentaban.

El mismo grupo de estudio de Kuroda et al. en el año 2007 realizaron otro estudio donde colocaron en 75 pacientes, 116 minitornillos de titanio y 38 miniplacas. Cada paciente rellenó un cuestionario sobre las molestias generadas después de su implantación. La tasa de éxito fue del 80%. El nivel de molestias mayor se generó en aquellos pacientes donde se realizó un colgajo de reposición para la colocación de los tornillos o las

miniplacas. Los pacientes reportaron mayor malestar en lo referente a dificultades para hablar, masticar y ligera inflamación en la zona de la colocación.

Por su parte, Motoyoshi et al. en el año 2007 estudiaron la estabilidad primaria de los minitornillos en adolescentes. Un total de 57 pacientes ortodóncicos fueron estudiados y se colocaron 167 minitornillos. Cuando pasados 6 meses de su colocación no existía ni pérdida del mismo ni movilidad, era considerado caso de éxito. La tasa de éxito de los minitornillos con carga inmediata fue del 63% y del 97% dejando un periodo latente de 3 meses sin cargar. Este grupo de estudio recomendaba dejar el minitornillo 3 meses sin ningún tipo de carga o fuerza para una mayor tasa de éxito.

En el año 2008 Moon et al. también realizaron un estudio en 209 pacientes adolescentes y adultos donde se insertaron 480 minitornillos, desde el primer premolar al segundo molar tanto en maxilar como en mandíbula. La muestra se subdividió en dos grupos dependiendo del tejido blando: el primero donde se realizó una incisión para la colocación del mini implante y otro en el que no se realizó ningún tipo de incisión. La tasa de éxito fue del 83,8% siendo los minitornillos colocados en mandíbula

en pacientes adultos los que menos fallo presentaron, independientemente del sexo, edad y tejido blando.

Luzi et al. (2009) realizaron un estudio en 137 pacientes adolescentes colocando minitornillos como elementos auxiliares al tratamiento de ortodoncia. Un total de 19 de los 221 minitornillos en 15 pacientes diferentes presentaron inestabilidad y fallo. Los autores dividieron la causa de los fallos en tres factores: procedimiento quirúrgico incorrecto por parte del clínico; características óseas, tejidos blandos e higiene por parte del paciente y rotura o defectos de fabricación del minitornillo.

En una revisión sistemática del año 2009 realizada por Schätzle et al. analizaron estudios prospectivos y retrospectivos de cohortes sobre la tasa de éxito de mini-implantes palatinos y miniplacas. Seleccionaron 27 artículos, los cuales cumplían los criterios de inclusión del estudio. Basado en la evidencia de la literatura, los minitornillos colocados por palatino y miniplacas, mostraron tasas de éxito comparables al 90% pasadas 12 semanas desde su colocación.

Kim et al. en su estudio del año 2010, difieren de las investigaciones anteriores ya que concluyeron que la proximidad interradicular que presenta el minitornillo no se puede

considerar un factor de riesgo único. En su estudio observaron el fallo de algunos de los mini-implantes, los cuales no tenían una proximidad interradicular desfavorable observada en el CBCT. Por tanto, otros factores deberían estar involucrados en su inestabilidad.

Manni et al. (2011) realizaron un estudio retrospectivo donde analizaron la inserción de 300 minitornillos en 132 pacientes. Se utilizaron 3 tipos de minitornillos de diferentes diámetros y longitudes (1,5 mm de diámetro y 9 mm de longitud, 1,5 mm de diámetro y 11 mm de longitud y de 1,3 mm de diámetro y de 11 mm de longitud). Se tuvieron en cuenta varias variables, como el tiempo de carga y la localización del minitornillo en relación a la encía y las raíces. La tasa de éxito se situó en el 81 %, siendo los minitornillos con diámetro de 1,3 mm y 11 mm de longitud, situados en encía adherida y cargados inmediatamente los que mayor pronóstico tuvieron.

Otro factor de riesgo que debe tenerse en cuenta para evitar el fallo del minitornillo es el torque en el momento de su inserción (Cha et al., 2010). Reynders et al. en el año 2012, realizaron un análisis sistemático de recomendaciones de torque asociadas al fallo del minitornillo. Llegaron a la conclusión de que actualmente no existe una asociación certera entre el torque en la

inserción del minitornillo y el fallo del mismo, aunque recomiendan más estudios en un futuro.

En el año 2010, Kim et al. realizaron un estudio donde se evaluaba la tasa de éxito de los minitornillos colocados en la zona palatina. Se colocaron 210 mini-implantes en 128 pacientes, observándose 10 variables clínicas. Los resultados mostraron una tasa de éxito de los mini-implantes del 90,8% y no se encontraron asociación significativa con el sexo, diámetro del minitornillo, tipos de movimientos dentales, patrón esquelético facial y duración del tratamiento. Sí se encontró relación estadísticamente significativa con la edad del paciente, zona de colocación (paramedial o medial) y la curva de aprendizaje de colocación del operador.

Lijima et al. (2013) examinaron la influencia de la cantidad y calidad de la cortical ósea en la colocación de minitornillos. Para ello colocaron 26 minitornillos de 1,4 mm de diámetro y 5 y 7 mm de longitud en cadáveres humanos. Se utilizó el CBCT para realizar las mediciones de anchura de cortical, densidad ósea (de la cortical y trabecular esponjosa) y de la densidad únicamente de la cortical vestibular. El fallo de minitornillo ocurrió con mayor frecuencia en mandíbula coincidiendo con la dureza del hueso en esa área.

En el año 2016 Lee et al. también estudiaron los efectos que la densidad ósea proporcionaba en la estabilidad y éxito de los mini-implantes. El estudio fue realizado mediante CBCT a 71 pacientes usando el software Simplant Pro 2011. Se realizaron mediciones de la densidad del hueso cortical, trabecular y la densidad total a 7 mm por encima de la cresta alveolar. Las mediciones se realizaron entre el segundo premolar y el primer molar y entre el primer molar y el segundo molar, determinadas en una vista axial y midiéndose en Unidades Hounsfield con la herramienta rectangular (2,5 mm²) y elíptica (1,0 mm²). La densidad total se determinó combinando la densidad del hueso cortical y del hueso trabecular. Los resultados obtenidos mostraron que la densidad del hueso cortical aumenta apicalmente desde la cresta alveolar y que a mayor densidad de hueso trabecular mayor es la tasa de éxito de los minitornillos. La densidad de la cortical ósea no tiene efectos estadísticamente significativos en la tasa de éxito de los minitornillos pero la densidad total y la densidad trabecular sí que lo tienen.

El año 2013, el equipo de Karagkiolidou et al. realizaron un estudio para evaluar la tasa de éxito en los minitornillos colocados en la región paramedial del paladar para la colocación de elementos auxiliares en el tratamiento de ortodoncia, la

mayoría de ellos utilizados para expansión rápida del maxilar. Se colocaron un total de 384 minitornillos en 196 pacientes con una longitud de 8 mm y 1,6 mm de diámetro. La tasa de éxito se colocó en el 97,9% en los casos examinados.

Jing et al. (2016) realizaron un estudio donde evaluaron los factores que afectan a la tasa de éxito de los minitornillos. Sus variables examinadas fueron: edad, sexo, patrón esquelético vertical y sagital, lugar de colocación (bucal, lingual, palatino y retromolar), diámetro y longitud del minitornillo, partes blandas y arco de inserción (maxilar o mandibular), ángulo de inserción, torque y carga aplicada. Se colocaron 253 minitornillos y la tasa de éxito fue del 88,5%. Las diferencias más significativas en cuanto a factores que afectan al éxito fueron: la higiene oral, la edad, el lugar de inserción y el patrón facial esquelético vertical. Especial atención se debe prestar a pacientes jóvenes con mala higiene oral y con patrón facial hiperdivergente. Este estudio coincide y es muy similar al de Lim et al. publicado en el año 2009 donde concluyeron que la colocación de los minitornillos y su estabilidad primaria está asociada a determinados factores, tales como: edad, sexo, lugar de colocación, tipo y firmeza de la encía, longitud y diámetro del mini-implante y el número de operaciones previas que haya tenido el paciente. Por ello, la

estabilidad primaria nunca está garantizada y no es totalmente predecible. En el año 2012 Topouzelis et al. realizaron estudios que les llevaron a similares conclusiones.

En el año 2017 Uesugi et al. realizaron un estudio bastante amplio en el cual colocaron 500 minitornillos en 240 pacientes. En él estudiaron la estabilidad primaria, pero sobre todo la estabilidad de los minitornillos después del fallo de los mismos en una primera inserción. Concluyeron que el riesgo de pérdida del minitornillo después de una segunda inserción del mismo es mucho más alto que en el caso de una primera inserción. También observaron que los minitornillos de longitud mayor tienen más estabilidad que los de menor longitud y que aquellos colocados en el maxilar presentaban una mayor estabilidad primaria y un menor riesgo de fallo que los colocados en mandíbula. Estas conclusiones coinciden con las de los investigadores Sarul et al. (2015).

Leo et al. (2016) realizaron una revisión sistemática donde se revisaban los factores que afectan el éxito o fallo del minitornillo en diferentes artículos de MEDLINE. La mayoría de los autores llegaban a la conclusión de que la estabilidad primaria de los minitornillos depende de su fijación. Para una buena estabilidad del minitornillo se debe de tener una buena

calidad y cantidad de hueso. Esta estabilidad se podría optimizar seleccionando lugares óptimos de colocación con una cantidad de cortical ósea adecuada y teniendo en cuenta otros factores para una mayor tasa de éxito.

En el año 2018 Mohammed et al. realizaron una revisión sistemática donde evaluaron las tasas de fracaso de los minitornillos en relación a los lugares de inserción. Un total de 61 estudios fueron incluidos en su revisión. Entre ellos, se pudo observar que la tasa de fallo de minitornillos colocados por palatino se situaba entre el 1,3% y el 5,5%. Para los minitornillos situados por vestibular, la tasa de fallo se situaba entre el 9,2% (para los minitornillos colocados interradicularmente entre el primer molar y el segundo molar maxilar), el 9,7% (para los colocados entre el canino y el incisivo lateral maxilar) y el 16,4% (para los minitornillos situados infrazigomáticos). La tasa de fracaso para los minitornillo situados en zona mandibular vestibular fue del 13,5% y 9,9%. El riesgo de fracaso aumenta un 8,7% cuando los minitornillos contactan con las raíces.

En el año 2020 Casaña-Ruiz et al. también realizaron una revisión sistemática y meta-análisis donde analizaron los estudios publicados referentes a los factores de riesgo en la

estabilidad primaria de los minitornillos. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas sólo para la localización: los minitornillos colocados en la región maxilar tienen mayor riesgo de pérdida de estabilidad primaria que los colocados en la región mandibular.

Para Migliorati et al. el éxito clínico de los minitornillos está relacionado con la estabilidad primaria de los mismos, la cual depende de las propiedades viscoelásticas del hueso. Es por ello que en el año 2018 estudiaron la mecánica del comportamiento del hueso tras la carga dinámica de minitornillos en 36 segmentos de costillas porcinas. Para ello realizaron mediante CBCT mediciones de la cortical ósea y de la densidad. Se implantaron 12 diferentes tipos de minitornillos y no se observaron diferencias estadísticamente significativas respecto al tipo de minitornillo ni al torque en su inserción pero sí se relacionaba el fallo del minitornillo con la tipología ósea y el tamaño de la cortical.

Por otro lado Radwan et al. (2018) concluyeron en su estudio que no sólo el tipo de la cortical ósea es importante sino que también el diseño geométrico del minitornillo tiene influencia en la estabilidad primaria del mismo.

Un estudio más actual es el de Haddad y Saadeh en el año 2019, donde evaluaron la tasa de éxito de los minitornillos en relación a las características del implante, a su distancia o proximidad de las raíces y a la distancia del implante a la cresta alveolar. Un total de 260 minitornillos fueron colocados en maxilar y mandíbula, realizando posteriormente radiografías periapicales. Los resultados mostraron que no había relación entre la tasa de éxito y la proximidad de las raíces a los minitornillos. La edad del paciente, los lugares de inserción y la proximidad a la cresta alveolar son factores predictivos de fallo del minitornillo. Las tasas de éxito aumentan a medida que aumenta la edad del paciente, aumentan también si están colocados entre premolares o entre molares y si están colocados más apicalmente respecto a la cresta alveolar ya que existe cortical ósea más ancha y mayor cantidad de hueso.

2.5. MINITORNILLOS COLOCADOS POR VESTIBULAR

2.5.1. Zonas seguras entre raíces

Debido al pequeño tamaño de los minitornillos, con diámetros que van desde 1,2 a 2 mm y longitudes que van desde 4 a 12 mm, la colocación entre raíces por vestibular puede ser un lugar muy adecuado para conseguir su estabilidad (Costa et al., 1998).

En el año 2002, Park realizó un estudio sobre imágenes de Tomografías computarizadas obtenidas en 21 pacientes y proporcionó datos anatómicos por zonas para la correcta colocación de mini-implantes en la región alveolar. Se observó una mayor cantidad de hueso entre los espacios interradiculares del segundo premolar y del primer molar maxilar y entre el primer molar y el segundo molar mandibular.

En el año 2004, Schnelle et al. determinaron radiográficamente en 60 ortopantomografías, los espacios interradiculares en 14 localizaciones distintas, tanto en maxilar como en mandíbula. Se midió con un calibre digital, y se observó la presencia de entre 3 y 4 mm de hueso disponible en cada una de las localizaciones. Obtuvieron una mayor cantidad de hueso para la colocación de

minitornillos en mesial de primeros molares maxilares y en mesial y distal de primeros molares mandibulares.

Poggio et al., en el año 2006, realizaron un estudio en 50 tomografías volumétricas de maxilar y mandíbula tomadas con el NewTom System®, para proporcionar al clínico un mapa anatómico de los lugares seguros para la colocación de minitornillos interradiculares. Para cada espacio interradicular se midieron mesiodistalmente y bucolingualmente las distancias mesiodistales existentes a 2, 5, 8 y 11 mm verticalmente desde la cresta alveolar, con un total de 248 medidas realizadas. La menor cantidad de hueso se observó en la tuberosidad maxilar. La mayor cantidad de hueso se observó en la zona bucopalatina y bucolingual entre el primer y el segundo molar maxilar. En la mandíbula, la mayor cantidad de hueso en las mediciones mesiodistales se observó entre el primer y el segundo premolar y la menor cantidad de hueso entre el primer premolar y el canino. También concluyeron que para la colocación interradicular, los minitornillos ideales debían tener un diámetro entre 1,2 y 1,5 mm y entre 6 y 8 mm de longitud.

En el año 2006, Deguchi et al. evaluaron en 10 pacientes, mediante tomografía computarizada, la distancia interradicular y la cantidad de hueso intercortical que presentaban. Midieron en

maxilar y mandíbula, tanto por vestibular como por lingual, a 2 niveles verticales diferentes (4 y 7 mm), las zonas mesial y distal del primer molar, segundo molar y área de la premaxila. En los resultados mostraron que el lugar más seguro para la colocación de minitornillos eran las zonas mesial y distal del primer molar. Además concluyeron que la longitud del minitornillo debía ser entre 6 y 8 mm y el diámetro no mayor a 1,5 mm.

Hun et al. en el año 2009, analizaron en su estudio 20 maxilares y mandíbulas humanas donde realizaron 200 cortes para las mediciones de los espacios interradiculares. En sus resultados mostraron que los espacios donde mayor anchura mesio-distal existe entre raíces es entre el primer molar y segundo premolar maxilar y entre el primer y segundo molar mandibular.

Autores como Lee et al. también en el año 2009 realizaron tomografías computarizadas a 30 cráneos humanos secos e investigaron el tamaño del espacio entre raíces existente a varios niveles verticales (2, 4, 6 y 8 mm) desde la unión amelocementaria, usando el programa PiView STAR®. En los niveles anteriormente mencionados se midió la distancia entre raíces, el espesor de hueso cortical y la anchura del proceso alveolar. Concluyeron que existía en el maxilar, a 8 mm de la

unión amelocementaria (UAC) en sentido vertical, más de 3 mm de espacio mesiodistal disponible entre premolares y entre el segundo premolar y primer molar. Por su parte, en la mandíbula existía mayor espacio a 4 mm de la UAC, entre premolares y molares. La mayor profundidad ósea se encontró entre molares en ambas arcadas, sugiriendo que la angulación de minitornillos a nivel de molares nos proporciona más profundidad ósea y más seguridad en su colocación.

Ese mismo año, Kim et al. usaron tomografías computarizadas para su estudio en 35 pacientes para evaluar los espacios interradiculares y corticales óseas usando el programa informático V Works®. Llegaron a la conclusión de que el mejor lugar para posicionar los minitornillos era cerca de la línea mucogingival a 4 mm de la unión amelocementaria, con una dirección de inserción menor a 45° de angulación, con un diámetro entre 1,4 y 1,8 mm y una longitud de 6 mm.

También en el año 2009, Park y Cho realizaron un estudio retrospectivo en tomografías computarizadas de haz cónico de 60 pacientes, para evaluar los espacios interradiculares, área retromolar, corticales óseas y anchura del proceso alveolar desde el canino al segundo molar maxilar y mandibular. Las mediciones se realizaron en tres diferentes alturas: a 5, 7 y 9 mm

desde la unión amelocementaria, usando el programa InVivoDental®. Estos autores concluyeron que existía en todos los pacientes estudiados al menos 1 mm de cortical ósea vestibular y que los lugares más seguros para la colocación de minitornillos interradiculares se situaban entre el segundo premolar y el primer molar maxilar. En la mandíbula, los lugares más seguros se localizaron desde el primer premolar hasta el segundo molar. También observaron que existía suficiente hueso en la zona retromolar. Recomendaban a su vez un diámetro del tornillo de 1,2 a 1,6 mm y con una longitud de 6-7 mm.

En el año 2009 en Brasil, Monnerat et al. realizaron un estudio muy similar a la investigación de Kim et al. que también realizaron ese mismo año. En este estudio se analizaron las mediciones de los espacios interradiculares en tomografías computarizadas de 15 cráneos humanos disecados, a diferentes niveles verticalmente (3, 5, 7, 9 y 11 mm) desde la cresta alveolar. Simulaban la colocación en mandíbula de minitornillos de 1,5 x 9 mm de tamaño insertados con una angulación de 10°, 20° y 30° grados. Estos autores concluyeron que el lugar con más anchura entre raíces se localizaba entre el primer molar y segundo molar, y que la anchura aumentaba de cervical a apical. Tal y como recomiendan estos autores, la angulación no debe

exceder los 20° o 30° grados, y respecto a la medida de los minitornillos, si es posible, utilizar una medida de 6 mm de longitud y 1,5 mm de diámetro .

Martinelli et al. (2010) estudiaron la variabilidad anatómica en los lugares de anclaje de los minitornillos. Para ello realizaron mediciones de espacios interradiculares, y de la anchura de la cortical ósea en tomografías computarizadas de 22 adultos tanto en maxilar como en mandíbula, en anterior y en posterior. Los resultados concluyeron que los espacios interradiculares mayores se situaban entre los molares mandibulares y que la cortical ósea era más ancha en la zona apical que en la cervical.

En el año 2010, Park et al. realizaron un estudio sobre imágenes 3D de 25 pacientes para observar las distancias entre las raíces a tres niveles. Seleccionaron desde el segundo premolar hasta el segundo molar y concluyeron que para minimizar el daño en raíces adyacentes, el minitornillo deberá colocarse con una inclinación de 10° a 20° y de 0,5 a 2,7 mm distalmente del punto de contacto.

En el año 2010, Fayed et al. determinaron los sitios óptimos en maxilar y mandíbula para la colocación de minitornillos en dos sentidos: realizando un mapeo de los espacios interradiculares y cortical ósea y, a su vez, evaluando los efectos de la edad y el

sexo en las medidas analizadas. Para ello utilizaron 100 tomografías computarizadas con el programa I-Dexil® y concluyeron que en el maxilar el mayor grosor de espacio bucolingual se encontraba en el primer y segundo molar y mesiodistalmente entre el segundo premolar y el primer molar. En la mandíbula se obtuvieron los mismos resultados que en el maxilar. En el estudio del espesor de la cortical ósea bucal y lingual el mayor grosor se halló entre el primer premolar y segundo premolar. Respecto a la edad y el sexo, los hombres y las personas del grupo de mayor edad obtuvieron mayores grosores de corticales óseas que los grupos de menos edad.

Biavati et al. (2011) también realizaron un estudio 3D para evaluar mediante CBCT la cortical ósea de 25 pacientes de edades comprendidas entre 18 y 58 años. Se estudiaron los espacios interradiculares a tres niveles (5, 8 y 11 mm) y las corticales óseas maxilares y mandibulares. Los resultados mostraron que sólo el 13% de los espacios interradiculares en el maxilar eran óptimos para la colocación de minitornillos (con un espacio $\geq 3,3$ mm) a diferencia de la mandíbula donde el 63% de los espacios eran óptimos.

En el año 2011, Ludwing et al. realizaron un estudio en el cual sugerían la utilización de unas guías anatómicas para la

colocación de minitornillos por vestibular. Examinaron a 70 pacientes adolescentes y adultos los cuales tuviesen un CBCT como método diagnóstico ortodóncico previo. El visor utilizado fue el Osirix® , en el cual se realizaron las mediciones de los espacios interradiculares en intervalos de 5 mm apicalmente tomando como referencia el punto de contacto entre dientes. En el maxilar los espacios más favorables para la colocación de minitornillos fueron entre incisivos centrales y entre primer molar y el segundo premolar a 8,5 mm apicalmente. En la mandíbula se encontraron mayores espacios interradiculares entre primer molar y el segundo premolar y entre primer molar y el segundo molar, localizados a 7,5 mm apicalmente al punto de contacto.

En el año 2013, Sawada et al. evaluaron el espesor de la cortical ósea en los espacios interradiculares, la anchura del proceso alveolar y la proximidad de raíces para seleccionar los lugares óptimos para la colocación de minitornillos sin dañar raíces. Se estudiaron 40 cráneos maxilares de adultos japoneses y se midió la cortical ósea y espacios interradiculares a 10 niveles verticalmente desde la cresta alveolar. Llegaron a la conclusión de que el mayor espacio interradicular estaba situado entre el

segundo premolar y el primer molar y entre el primer premolar y el segundo premolar maxilar.

Pan et al. (2013) realizaron un estudio en CBCT donde evaluaron mesiodistalmente el espacio óseo entre raíces en pacientes con Clase I de Angle. Las mediciones se realizaron en la zona bucal, media y lingual de los espacios interradiculares a 0, 1, 2, 3, 4 y 5 mm de la UAC en dirección apical en 26 puntos con un total de 18720 mediciones. Los autores concluyeron que en el maxilar y en la mandíbula el espacio entre incisivos laterales y caninos era muy estrecho para la colocación de minitornillos a 3 mm por debajo de la UAC. En la mandíbula el lugar óptimo para la colocación de minitornillos se situó entre premolares y molares. También concluyeron que los espacios interradiculares aumentan verticalmente en dirección apical.

En el año 2015 Costa-Sabec et al. estudiaron el espesor del proceso alveolar y el espacio interradicular en la región posterior de la mandíbula, evaluando el impacto de los diferentes protocolos de ángulo de inserción del minitornillo. Realizaron simulaciones de las angulaciones de los minitornillos en CBCT a 45°, 60° y 90°. Los resultados mostraron que las áreas más seguras de colocación de minitornillos eran entre el primer y el

segundo premolar y entre el primer y el segundo molar mandibular respecto a la angulación.

En el año 2016 Khumsarn et al. evaluaron y compararon los espacios interradiculares y la cortical ósea vestibular en pacientes Tailandeses con Clase I y Clase II esquelética usando CBCTs. Se recogieron imágenes de CBCTs en 24 pacientes y se midió la distancia mesiodistal entre raíces, la anchura buco-lingual del proceso alveolar y la anchura de la cortical ósea vestibular. Todas las distancias fueron medidas en 5 diferentes niveles (2, 4, 6, 8 y 10 mm) verticalmente desde la unión amelocementaria (UAC). Los resultados mostraron que los pacientes con Clase II esquelética presentaban mayor distancia mesio-distal entre las raíces del primer y segundo premolar maxilar y mayores distancias de la anchura del proceso alveolar entre el primer y segundo molar. La anchura de la cortical ósea vestibular en el maxilar entre el segundo premolar y el primer molar a 8 mm de la UAC, fue significativamente mayor en los pacientes con Clase II que en los pacientes con Clase I. Los pacientes con Clase I esquelética presentaban una anchura mandibular del proceso alveolar mayor que los pacientes con Clase II a 4, 6 y 8 mm de la UAC.

En ocasiones, es necesario obtener más estabilidad primaria en los dispositivos de anclaje ya que el tipo de fuerza que se va a realizar es mayor. Es por ello que algunos autores proponen la utilización de minitornillos bicorticales, los cuales al ser más largos, se obtiene así mayor contacto de los mismos con la cortical, aumentando la tasa de éxito. Esta opción de tratamiento se vuelve más favorable sobre todo en aquellos pacientes con valores de densidad ósea disminuidos. En estos casos, hay que tener en cuenta, no solo los espacios interradiculares y la cortical por vestibular, sino también por palatino.

Yang et al. en el año 2015, realizaron un estudio en CBCT donde propusieron un protocolo para la colocación de minitornillos bicorticales entre raíces, estudiando también el espesor de las corticales a 1, 5, 3, 6 y 9 mm desde la UAC y la densidad ósea. Llegaron a la conclusión de que los lugares más óptimos para la colocación de minitornillos bicorticales era entre el segundo premolar y el primer molar maxilar sin sobrepasar los 6 mm desde la UAC para evitar perforaciones en el seno maxilar.

2.5.2. El espesor de cortical ósea vestibular.

Numerosos estudios indican que la estabilidad primaria de los mini-implantes es el elemento más importante para evitar la pérdida de los mismos y el posterior fallo en el tratamiento. Los factores que afectan a la estabilidad primaria son: la forma, el diámetro y la longitud del implante, la técnica quirúrgica empleada y la calidad y cantidad de hueso cortical regional. Por lo general, los mini-implantes colocados en la mandíbula tienen una tasa más alta de éxito que los colocados en la zona posterior del maxilar. Esto es debido a que en la zona posterior del maxilar existe un hueso más trabeculado y de menor espesor (Jacobs, 2003). La estabilidad de los minitornillos en el momento de su colocación también está influenciada por la anchura de la cortical ósea vestibular y la densidad del hueso trabecular, manteniendo una correlación lineal entre ellas y la estabilidad de los minitornillos. (Pan et al., 2019).

Clínicamente, el CBCT es la técnica por imagen más utilizada para determinar el espesor de corticales y anchura del proceso alveolar tanto en el maxilar como en la mandíbula. Por tanto, el estudio de la cortical ósea vestibular y la localización del hueso trabecular son especialmente importantes para conseguir la estabilidad primaria del implante, la cual depende de estas

variables más que de la propia longitud del implante (Miyamoto et al., 2005).

Estas diferencias anatómicas entre el hueso cortical maxilar y mandibular son las que llevaron a Deguchi et al. (2006) a estudiar el espesor de hueso cortical mediante tomografía computarizada tanto en vestibular como en lingual, mesial y distal al primer y segundo molar. El estudio se realizó en el área de la premaxila a 2 niveles verticales diferentes (4 y 7 mm). Se realizaron las mediciones siguiendo 3 angulaciones distintas (30°, 45° y 90°) para observar si había variación en el grosor de la cortical. En los resultados concluyeron que no existían diferencias significativas respecto al sexo, edad y lado derecho e izquierdo. En cambio, observaron que el mejor lugar para la colocación de minitornillos en lo que se refiere a la cantidad de cortical ósea era en mesial o distal del primer molar con una angulación de 30°.

Ono et al. en el año 2008, realizaron un estudio donde midieron el espesor de la cortical ósea vestibular en la región posterior, mesial y distal del primer molar. La muestra consistió en 43 pacientes y las mediciones se realizaron en tomografías computarizadas. Se realizaron mediciones desde 1 a 15 mm en sentido vertical desde la cresta alveolar con intervalos de 1 mm.

En sus investigaciones observaron que el grosor de cortical ósea vestibular es mayor en la mandíbula que en el maxilar y que aumenta a medida que se acerca al ápice del diente.

Lim et al., también en el año 2008, realizaron una investigación para evaluar la angulación ideal de inserción de minitornillos con respecto al espesor del hueso cortical y a la proximidad de raíces. La muestra consistió en tomografías computarizadas de 14 hombres y 14 mujeres y se evaluó el grosor de la cortical bucal interradicular desde mesial del incisivo central al segundo molar en 4 diferentes angulaciones: 0°, 15°, 30° y 45° a unas distancias de 2, 4, 6 y 8 mm verticalmente desde la cresta alveolar. Se observó que el espesor del hueso cortical aumenta a nivel de 4 y 6 mm de la cresta alveolar con una inserción de 30° y 45° en la mayoría de los espacios interradiculares. La mayor distancia entre raíces se halló entre el incisivo lateral y el canino y entre el segundo premolar y primer molar maxilar.

Baumgaertel y Hans en el año 2009 consideraron que el espesor de cortical ósea bucal es muy importante para la estabilidad primaria de los minitornillos y por ello la estudiaron en diferentes espacios interradiculares, a diferentes alturas (2, 4 y 6 mm) desde la cresta alveolar sobre 30 cráneos, tanto en maxilar como en mandíbula. Llegaron a la conclusión de que el espesor

aumentaba a 6 mm de altura, es decir aumenta desde la cresta alveolar hasta apical y era mayor en mandíbula que en maxilar.

En el año 2009, Swasty et al. realizaron un análisis antropométrico de las mandíbulas humanas midiendo el grosor de la cortical ósea, la altura y la anchura mediante tomografía computarizada para determinar si había alguna relación de estos parámetros con la edad. Para ello, realizaron mediciones en 113 sujetos de edades comprendidas entre los 10 y los 49 años. Llegaron a la conclusión de que la cortical ósea mandibular vestibular es más gruesa en su base y aumenta su espesor a medida que el paciente tiene mayor edad. Cabe destacar que los autores observaron que este espesor de cortical ósea comienza a decrecer a partir de los 49 años de edad.

Molen et al. en el año 2010 evaluaron el uso del CBCT para las mediciones de la cortical ósea vestibular y concluyeron que los autores deberían proporcionar más datos de las herramientas que han utilizado en sus estudios tales como la calidad de la imagen, la biología del hueso y la fuerza estadística de sus análisis para minimizar una mala interpretación de los resultados y mejorar la calidad de la investigación.

Farnsworth et al. (2011) estudiaron en 52 CBCTs con el programa informático Dolphin Imaging Systems, los lugares

óptimos para la posición de minitornillos en pacientes de diferentes edades. Se realizaron las mediciones en 16 regiones tanto en maxilar como en mandíbula, hueso palatino e infracigomático. No se encontraron diferencias significativas respecto a sexos, aunque sí se mostraron diferencias significativas respecto al grupo de edad. El grupo de adultos presentó corticales óseas más gruesas que el grupo adolescente en todas las áreas excepto en el área cigomática.

Cassetta et al. en el año 2013 realizaron un estudio para evaluar el grosor de la cortical ósea y la densidad en diferentes espacios interradiculares a diferentes niveles (2, 4, 6 y 8 mm) desde la cresta alveolar. Sus resultados mostraron un aumento del espesor de la cortical ósea y de la densidad desde la cresta alveolar hasta la zona más apical y fue mayor en mujeres que en hombres. También evaluaron las diferencias que existían entre adolescentes y adultos llevando a cabo mediciones en 48 tomografías computarizadas con el programa Simplant®. Llegaron a la conclusión de que los adultos mostraban hueso alveolar cortical más grueso que los adolescentes.

También en el año 2013, Laursen et al. evaluaron la cortical ósea y los lugares de inserción y angulación de los minitornillos en 27 autopsias humanas con tomografía micro-computarizada. En

su estudio concluyeron que en la región vestibular maxilar y en la región vestibular anterior mandibular a menudo existe menos de 1 mm de grosor de cortical ósea a diferencia de la zona posterior vestibular mandibular que suele ser mayor de 2 mm de espesor. También mostraron que la colocación de los minitornillos con una angulación de 45 ° puede aumentar la estabilidad primaria de los mismos.

Holmes (2015) estudió la cortical ósea entre raíces de 100 CBCTs (50 correspondientes al maxilar y 50 a la mandíbula). Las mediciones se realizaron en el punto más distal más central y más mesial entre raíces desde el canino hasta el primer molar. Sus resultados concluyeron que donde más anchura de cortical ósea existía era entre el primer molar y el segundo molar mandibular en la zona más distal, próxima a las raíces.

En el año 2017 Rossi et al. evaluaron la anchura de la cortical ósea en 92 pacientes con maloclusiones Clase I, II y III esquelética. Usaron el programa informático InVivoDental® para realizar las mediciones en 34 lugares en el maxilar y 40 en mandíbula, desde el canino hasta el segundo molar y a 5 mm desde la cresta alveolar. En sus resultados no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos, edad y sexo respecto al espesor de cortical ósea. Por otro lado,

afirmaron que la anchura de la cortical ósea aumenta en los sectores posteriores y desde el hueso alveolar hasta el hueso basal.

Ohiomoba et al. (2017) realizaron un estudio de anchura de cortical ósea en el maxilar de 60 pacientes en CT tanto en vestibular como en palatino. En sus resultados concluyeron que la anchura de la cortical ósea aumentaba desde coronal (2 mm) hacia apical (8 mm) verticalmente desde la cresta alveolar. La anchura de la cortical también resultaba ser mayor en palatino entre el canino y el primer premolar y en vestibular entre el primer molar y el segundo molar interradicular, seguido por el segundo premolar y el primer molar.

En el año 2020 Schneider et al. evaluaron cuantitativamente en 290 CBCTs el espesor de la cortical ósea y la densidad entre raíces desde distal del canino hasta el segundo premolar, a 2, 6 y 10 mm desde la cresta alveolar. Respecto al espesor de la cortical ósea, no encontraron diferencias estadísticamente significativas ni en relación con el patrón facial ni entre hombre y mujeres. Los valores de densidad fueron menores en pacientes en crecimiento frente a pacientes sin crecimiento. También encontraron valores de densidad más altos en mujeres frente a hombres.

El estudio más actual se encontró en el año 2021, donde los autores Tepedino et al. realizaron un meta-análisis donde se seleccionaron 15 artículos para evaluar las zonas seguras de colocación de minitornillos entre raíces, así como en la cortical vestibular y palatina. Como conclusión se destacó que en el maxilar, la zona de inserción de minitornillo más segura se situaba entre el primer molar y segundo premolar y entre el canino y el incisivo lateral a 6 mm de la unión amelocementaria. En esas áreas el perforado previo de la cortical antes de la colocación no fue necesario. En la mandíbula, el lugar preferible y más seguro para la colocación de minitornillos por vestibular se determinó entre el primer molar y segundo molar, seguido del primer molar y segundo premolar, ambos a 5 mm de la UAC. Se sugirió un perforado previo de la cortical mandibular antes de la colocación de los minitornillos .

2.6. MINITORNILLOS COLOCADOS EN EL ÁREA PALATINA

2.6.1. El espesor óseo palatino

En ocasiones, la falta de espacio suficiente para la inserción de los minitornillos en los espacios interradiculares por vestibular o el deficiente espesor de hueso cortical, nos hacen buscar otras localizaciones alternativas para la colocación de los mismos, como son por ejemplo, el área sagital-media palatina y paramedial palatina.

El paladar es un lugar fiable para la colocación de dispositivos de anclaje esquelético porque la calidad y la cantidad de hueso son favorables. Debido a su importancia, la anatomía del paladar se ha estudiado a fondo a lo largo de los años.

Muchos factores influyen en la tasa de éxito respecto a la colocación de los minitornillos en la región del paladar, incluyendo factores anatómicos, diseño del minitornillo, higiene oral, técnica de inserción usada y fuerzas aplicadas. Uno de los factores que más influencia tienen es la cantidad y calidad del

espesor óseo, por ello se considera su estudio de gran importancia (Ozdemir et al., 2013).

Los mini-implantes en la región palatina se utilizan para anclaje esquelético y tienen las mismas indicaciones que los mini-implantes colocados por vestibular, a excepción de que los implantes colocados por palatino se pueden usar para la realización de expansiones maxilares unilaterales o bilaterales, también llamadas MARPE (Lombardo et al., 2020; Ludwig et al., 2013), y los vestibulares no (Crismani et al., 2005). Los implantes colocados en la región palatina también se pueden colocar interradicularmente, teniendo en cuenta el espesor óseo palatino, el tejido blando y el proceso alveolar palatino posterior (Lee et al., 2021).

Mayoritariamente los mini-implantes en el área palatina son colocados en la zona medial y paramedial de la sutura palatina media, y son usados, como ya se ha mencionado, para la realización de expansiones esqueléticas maxilares (MARPE), para la distalización de molares en maloclusiones de Clases II, para anclaje indirecto y para la tracción de dientes incluidos. Estos dispositivos suelen anclarse con minitornillos colocados en la zona anterior a 3-4 mm del foramen incisal y a 3-9 mm paramedial lateral a la sutura palatina media, proporcionando

suficiente estabilidad primaria (Winsauer et al., 2014). Uno de los distalizadores de molares más conocidos es el “distal jet appliance” (Gracco et al., 2007).

Kook et al. en el año 2010 y posteriormente en los años 2014 y 2015, utilizaron también minitornillos de anclaje palatino para la distalización de molares maxilares y para su intrusión en las mordidas abiertas. Kircelli et al. (2006) y Kang et al. (2016) evaluaron el anclaje palatino para la distalización de molares junto con el péndulo y la tracción extraoral, siendo el anclaje esquelético palatino el método más efectivo.

El anclaje óseo palatino sobre minitornillos tiene la ventaja de que no necesita la colaboración del paciente, cosa que no sucede con la tracción extraoral. Park et al. (2020) también utilizaron minitornillos en palatino para la distalización secuencial en casos de Clase II con apiñamiento y así evitar la realización de extracciones.

Respecto a su modo de inserción, remoción y biomecánica, puede llegar a ser ligeramente más complicado que los minitornillos vestibulares debido básicamente a la técnica quirúrgica (Cousley, 2005; Tosun et al., 2009). Conociendo la densidad ósea y la anatomía palatina, se aseguraría que la

técnica quirúrgica es correcta y precisa y por tanto la estabilidad primaria será mayor (Shapurian et al., 2006).

Existen numerosos estudios sobre la colocación de auxiliares de anclaje esquelético palatino desde 1995 hasta la actualidad.

Block y Hoffmann (1995) y Wehrbein et al. (1996) fueron los primeros en describir los implantes palatinos ya que es una región anatómica muy accesible quirúrgicamente hablando y con unas condiciones peri-implantarias muy buenas gracias a la mucosa adherida.

En el año 1996, Wehrbein et al. estudiaron los mini-implantes en la región palatina. Desarrollaron un sistema de implantes palatinos oseointegrados llamado Orthosystem® en la Universidad de Aachen (Alemania) junto con el Instituto Strauman en Suiza.

Por otro lado, estos mismos autores observaron que el grado de obliteración que sufre la sutura media palatina al colocar implantes en pacientes jóvenes debe de ser tenido en cuenta. Es por ello que estos autores recomiendan la colocación de mini-implantes en la región palatina media en pacientes adultos o jóvenes sin crecimiento (Wehrbein et al., 1998).

La región paramedial palatina puede ser una buena alternativa para este tipo de pacientes y el estudio del espesor de la misma se considera importante por la variabilidad que existe respecto a nivel vertical entre unos pacientes y otros (Bernhart et al., 2000).

Conocer el espesor y altura palatina en 3D nos permitirá seleccionar una localización correcta, una longitud y un diámetro correcto del mini-implante, para así preservar la integridad de las estructuras anatómicas adyacentes como el suelo de la cavidad nasal (Kang et al., 2007).

Posteriormente, se realizaron multitud de estudios referentes a los implantes colocados en palatino. En el año 2000, Bernhart et al. realizaron un estudio sobre la estabilidad primaria en CTs. Midió en 22 pacientes, el espesor óseo vertical a lo largo de la sutura media palatina a 3, 6, 9 y 12 mm del foramen incisal. En cada uno de los 4 planos, realizaron mediciones en la zona paramedial sagital tanto derecha como izquierda a 3, 6 y 9 mm, perpendiculares al techo palatino. Los resultados mostraron gran variabilidad en las mediciones del volumen de hueso vertical, siendo las medidas de altura mayores a una distancia de 6 mm desde la sutura palatina media y a 3 mm lateralmente, en la zona paramedial. Los autores recomiendan un estudio diagnóstico

previo a la colocación para evitar perforaciones en el ductus nasal inferior.

Tosun et al. propusieron en el año 2002 un sistema de colocación de implantes palatinos con una guía quirúrgica y Gahleitner et al. fueron, en el año 2004, los primeros autores en realizar un estudio del volumen de hueso palatino medido en CT, observando un volumen correcto para la colocación de implantes en el 93% de sus pacientes.

Respecto a la longitud y diámetro de los minitornillos colocados en palatino, existe gran variabilidad. Es sabido que el hueso palatino, debido a su estructura y densidad ósea, está sujeto a grandes cargas y es capaz de soportar minitornillos de titanio de hasta 11 mm de longitud y 2 mm de diámetro sin exceder los niveles de estrés para la fractura palatina (Lombardo et al., 2010).

Gracco et al. (2007) realizaron un estudio en 72 CBCTs de pacientes adultos. Las mediciones del espesor óseo palatino fueron realizadas a 4, 8, 16 y 24 mm posterior al foramen incisal y a 0,3 y 6 mm lateralmente a la línea media palatina. El espesor más grueso fue encontrado a 4 mm posterior al foramen y 6 mm lateral a la línea media. Pudieron afirmar en su estudio que el paladar proporciona una buena cantidad de hueso y por

tanto proporcionará una buena estabilidad primaria para la colocación de minitornillos tanto en pacientes adultos como en adolescentes (Gracco et al., 2006).

En el año 2018, Bonangi et al. propusieron la utilización del área palatina como alternativa para colocación de dispositivos de anclaje. Realizaron un estudio retrospectivo con 30 CBCTs y observaron que donde mayor espesor óseo palatino existía era en la zona anterior a 4 y 8 milímetros distalmente al foramen incisal.

Chhatwani et al. (2019), también estudiaron el espesor óseo palatino en 180 CBCTs a varios niveles a lo largo de la sutura palatina media y en la zona paramedial lateral a la misma. El objetivo del estudio fue localizar los lugares más óptimos en terminos de estabilidad para la colocación de minitornillos palatinos y su correlación con la edad y el sexo de los pacientes. En total se seleccionaron 88 localizaciones y tras las mediciones los resultados mostraron una mayor altura de hueso palatino en la zona anterior, una disminución del espesor a medida que aumenta la edad del paciente y una disminución mayor en mujeres que hombres. Tras estos resultados, los autores concluyeron que la región anterior palatina así como la sutura

palatina media proporcionan suficiente estabilidad primaria para la colocación de minitornillos.

2.6.2. El espesor óseo palatino en pacientes en crecimiento

La colocación de mini-implantes en la región palatina en pacientes en crecimiento ha sido objeto de controversia ya que su colocación en la sutura palatina media debe ser evitada por el grado de obliteración que puede sufrir debido a la colocación de mini implantes en la misma (Glatzmaier et al., 1995). Es por ello que se han realizado estudios de la zona paramedial sagital palatina para evaluar el grado de profundidad ósea vertical en adolescentes.

King et al. en el año 2006 realizaron un estudio en CBCT donde midieron en 182 pacientes la profundidad de hueso vertical en la zona paramedial palatina en adolescentes de entre 10 y 19 años. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas respecto a edad, sexo y morfología palatina. Los pacientes del sexo masculino presentaron una tendencia a un mayor espesor de hueso palatino en 6 de las 9 mediciones pero sin ser estadísticamente significativas. Los autores concluyeron que

existe una gran variabilidad anatómica en esta localización y que no existe ningún factor predictivo respecto a la altura o profundidad ósea palatina en adolescentes.

Gracco et al. (2008) evaluaron mediante CBCT el espesor óseo palatino para determinar la mejor localización para colocar los minitornillos. Seleccionaron 162 CBCTs y los dividieron según el grupo de edad (adolescentes, adultos jóvenes y adultos). Se realizaron cortes coronales a 4, 8, 16 y 24 mm posteriores al foramen palatino y lateralmente a 0, 3 y 6 mm de la sutura palatina media. El espesor más grueso se encontró a 4 y 8 mm en la zona anterior palatina y se observó que el espesor óseo disminuye a medida que existe un desplazamiento hacia la zona posterior del paladar. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de edad ni entre el sexo de los pacientes ni en lado derecho e izquierdo del paladar.

En un estudio más actual en el año 2012, Ryu et al. analizaron en CBCTs de 118 pacientes el espesor de hueso palatino en dentición mixta temprana, dentición mixta tardía y en dentición permanente. Se realizaron 49 mediciones en cada paciente usando el programa Invivo Dental 6.0 (Anatomage). Los resultados mostraron menor espesor de hueso palatino en el

grupo de dentición mixta temprana con respecto a los otros dos grupos. También se observó que el espesor de hueso era mayor en la zona anterior palatina con respecto a la media y posterior.

2.7. DENSIDADES ÓSEAS

2.7.1. Estudio de las densidades óseas en maxilar y mandíbula

El CT es una herramienta en la cual se pueden hacer mediciones de las densidades óseas en unidades Hounsfield y proporciona al cirujano información sobre la calidad y cantidad de hueso (Shahlaie et al., 2003; Almasoud et al., 2016).

Cabe mencionar que el CBCT también es una técnica por imagen utilizada como herramienta de menor coste y menos radiación que el CT, para determinar las densidades óseas en unidades Hounsfield (UH). Del mismo modo, es una herramienta que nos permite medir la distribución de hueso trabeculo-esponjoso y hueso más compacto en distintos puntos de maxilar, mandíbula, paladar, área retromolar y tuberosidad maxilar (Miyamoto et al., 2005).

Los estudios relacionados con la medición de las densidades óseas en unidades Hounsfield, son importantes para conseguir el éxito en la estabilidad de los minitornillos ortodóncicos, la cual suele verse afectada por la cantidad, calidad y densidad de hueso alveolar cortical. Si este hueso no es suficientemente grueso o denso, los minitornillos pueden perder su estabilidad primaria (Ozdemir et al., 2014; Ramos et al., 2017; Dahiya et al., 2018).

He et al. (2015) sugerían en su estudio retrospectivo que la densidad ósea de la cortical es un factor pronóstico asociado al fallo de los implantes y podría ayudar al cirujano en su colocación.

Algunos autores como Migliorati et al. (2012), realizaron un estudio in vitro donde observaron una gran correlación entre la estabilidad primaria de los minitornillos y factores como: la anchura de la cortical, las características físicas del minitornillo, el torque de inserción, la carga aplicada y en menor medida, en la densidad ósea.

En los últimos tiempos se han estado publicando estudios relacionando la calidad del hueso (en términos de densidad y características de la cortical ósea), y el comportamiento o estrés que genera la interacción entre el implante y el hueso, realizando

análisis mediante el cálculo de elementos finitos (Azcarate-Velázquez et al., 2019).

En el año 2008, Park et al. midieron en CBCT las densidades óseas del hueso alveolar y del hueso basal en unidades Hounsfield de incisivos, caninos, premolares, molares, tuberosidad maxilar y área retromolar, observando que la densidad ósea era mayor en la mandíbula y que existía un aumento progresivo de la densidad desde los incisivos al área retromolar. También observaron una mayor densidad en el grupo de pacientes del sexo femenino estudiadas.

En el año 2009, Choi et al. también realizaron un estudio para la evaluación de las densidades óseas en maxilar y mandíbula sobre CBCT, llegando a la conclusión de que la densidad ósea tiende a disminuir a medida que existe un desplazamiento hacia el ápice radicular, particularmente en el área posterior.

Chun et al. (2009) evaluaron la densidad ósea en diferentes lugares interradiculares en CTs. Midieron la densidad ósea de 13 localizaciones interradiculares en unidades Hounsfield, en un total de 27 pacientes con edades comprendidas entre 23 y 35 años. En la mayoría de áreas, los valores fueron mayores de 850 UH y se observó que la densidad ósea incrementa apicalmente desde la cresta alveolar. La densidad ósea aumentaba

progresivamente desde anterior a posterior en la mandíbula. Los resultados sugieren que los minitornillos situados interradiculares son estables cuando se colocan en áreas con una densidad equivalente a la obtenida a unos 6 mm de la cresta alveolar.

Santiago et al., también en el año 2009, realizaron un estudio clínico de la densidad ósea y de la estabilidad primaria en 30 minitornillos colocados en 15 pacientes. Los minitornillos fueron colocados para la retracción de caninos superiores y fueron cargados el mismo día de su colocación. Concluyeron que la región entre el segundo premolar y el primer molar maxilar son zonas seguras y de gran densidad ósea para asegurar la estabilidad de los minitornillos.

Samrit et al. (2012) evaluaron la densidad ósea en los espacios interradiculares vestibulares entre el primer molar y el segundo molar permanente maxilar y mandibular, para estudiar la estabilidad de los minitornillos al retraer en masa el frente anterior. Fueron colocados 38 minitornillos y se midió la densidad ósea en unidades Hounsfield usando el CBCT en los lugares colocados. Se aplicó un coil spring de níquel-titanio para la retracción del frente anterior con una fuerza de 2 Ncm. Los niveles de densidad ósea más altos se observaron en la

mandíbula y no hubo relación entre el fallo del minitornillo y la densidad ósea. Aquellos minitornillos que fracasaron se debieron a la proximidad entre raíces e inflamación peri-implantaria.

Un estudio más actual encontrado en el año 2021 por los autores Arvind y Jain, quienes midieron la densidad ósea mediante CT, tanto en la zona anterior del maxilar (por vestibular y palatino) como en la cresta cigomática en diferentes patrones faciales. Sus resultados mostraron que los pacientes hipodivergentes presentaban una mayor densidad (UH) en la región posterior y en el área cigomática. Por su parte, no encontraron diferencias estadísticamente significativas respecto a la densidad y el patrón facial en el área anterior del maxilar.

2.7.2. Estudio de las densidades óseas en la región palatina

Como ya se ha mencionado, el paladar también es un buen lugar para la colocación de minitornillos especialmente para la distalización de molares superiores ya que es de fácil acceso, tiene un buen nivel de encía queratinizada y el riesgo de contacto con raíces es bajo (Saaed et al., 2015). Además autores

como Lee et al. afirman en su estudio del año 2018, que los mini-implantes colocados en palatino proporcionan un mayor efecto de distalización e intrusión con menos inclinación distal del primer molar, que aquellos mini-implantes colocados en bucal.

Por todo ello se considera interesante el estudio de la densidad ósea en el área palatina.

Moon et al., en el año 2010, evaluaron la densidad del hueso palatino con el objetivo de saber cuál era el mejor lugar para conseguir un buen anclaje esquelético. Su muestra consistió en tomografías computarizadas de 15 mujeres y 15 hombres. Midieron la densidad ósea en unidades Hounsfield (UH) en 80 puntos mediolaterales y anteroposteriores a lo largo de la sutura palatina media. Encontraron que las densidades óseas más altas se alcanzaron en las zonas a 3 mm posteriores al foramen incisal y a 5 mm de la zona paramedial en pacientes del sexo femenino.

Algunos estudios sugieren que la edad podría ser un factor de riesgo de pérdida de estabilidad primaria de los minitornillos colocados en palatino y que existe una asociación entre el fracaso de los minitornillos si se comparan grupos de adolescentes con adultos. Esto es debido a que los adolescentes poseen una cortical más fina con un hueso más inmaduro (Chen

et al., 2007). Estos autores proponen que la alternativa del uso de miniplacas en pacientes jóvenes proporciona una mayor estabilidad primaria o la utilización de minitornillos con un diámetro y longitud mayor para su colocación bicortical.

Han et al. (2012) realizaron un estudio sobre la densidad del hueso esponjoso en palatino en pacientes adolescentes y adultos. Un total de 120 CBCTs fueron analizados (60 en adolescentes y 60 en adultos). Se midió la densidad ósea en unidades Hounsfield en 72 lugares usando el programa informático InVivoDental®. Sus resultados mostraron que la densidad ósea de la cortical y el hueso esponjoso eran significativamente mayores en los pacientes adultos, siendo los valores de densidad de la cortical más altos en una distancia de 15 mm posterior al foramen incisal y a 6 mm lateralmente a la zona paramedial (región cercana al segundo premolar superior). Por otra parte, la densidad de la cortical de la porción anterior palatina en los pacientes adolescentes (cuyos valores oscilaban entre 657 y 743 UH) era similar a la porción posterior palatina de los pacientes adultos (con mayor densidad cortical).

El estudio de Han et al. (2012) tiene puntos en común con el de Wehrbein del año 2009, el cual afirma que la densidad ósea

palatina tanto en adolescentes como en adultos es suficientemente buena para la colocación de minitornillos.

Como ya se ha visto, es sabido que la densidad del hueso esponjoso también juega un papel importante en la estabilidad primaria de los minitornillos. Marquezan et al. realizaron una revisión sistemática en el año 2012 para investigar cómo afecta la densidad ósea en la estabilidad primaria de los minitornillos. Un total de 10 artículos fueron seleccionados en el estudio y en ellos se mostraba una asociación positiva entre la estabilidad primaria de los minitornillos y la densidad ósea del hueso receptor.

Marquezan et al. (2014) estudiaron las diferentes densidades de hueso con y sin cortical y cómo el hueso trabecular afecta a la estabilidad primaria. Para ello utilizaron 52 bloques de hueso bovino con y sin cortical. Las muestras fueron evaluadas con micro-tomografía computarizada, estudiando la anchura del hueso trabecular, el número de trabéculas, la densidad y la separación entre ellas. Se colocaron minitornillos de 1,4 mm de diámetro y 6 mm de longitud y se evaluó el torque de inserción, las cargas aplicadas y la movilidad. Los resultados mostraron una pobre estabilidad primaria cuando las densidades óseas o el hueso trabecular presentaban poca o nula cortical.

En otro estudio previamente realizado por el mismo grupo observaron que en la estabilidad primaria, el torque de inserción y la fuerza de carga al minitornillo, no estaban influenciadas por estas diferencias en el tipo de densidad ósea cuando la cortical ósea tenía más de 1 mm de anchura (Marquezan et al., 2011; Marquezan et al., 2012).

La densidad de la cortical ósea también ha sido estudiada y relacionada según los distintos patrones faciales verticales.

Ozdemir et al. en el año 2014 evaluaron la densidad de la cortical ósea y del proceso alveolar maxilar y mandibular en diferentes patrones faciales. Un total de 142 imágenes de CBCTs (obtenidas usando el programa informático ILUMA™) fueron medidas en adultos jóvenes los cuales se dividieron en tres grupos: hipodivergentes, normodivergentes e hiperdivergentes. La densidad de la cortical ósea se midió en unidades Hounsfield desde distal del canino hasta mesial del segundo molar. Los resultados mostraron que los pacientes hiperdivergentes presentaban unos valores de densidad ósea significativamente menores respecto a los otros dos grupos. Por otra parte, la densidad ósea palatina no presentó diferencias significativas entre grupos, pero el grupo de pacientes femeninos presentaban valores de densidad significativamente mayores.

Rossi et al. (2017) midieron la densidad ósea en unidades Hounsfield de 68 lugares en el maxilar y 80 en la mandíbula, usando 4 y 5 planos horizontales y 10 verticales. Con el programa informático InVivoDental® realizaron las mediciones en UH, las cuales fueron estandarizadas de acuerdo con el coeficiente del agua: agua 0 UH, aire -1000 UH, y esmalte 13000 UH. (Choi et al., 2009). Los resultados mostraron mayores valores de densidades en adultos que en adolescentes. Por otro lado, también se observaron mayores valores de densidad ósea en pacientes Clase III de sexo femenino entre el primer y el segundo molar mandibular.

En el año 2017 Ohiomoba et al. realizaron un estudio similar al de Rossi et al. (2017) pero realizado en CTs. En su estudio evaluaron la anchura en mm y la densidad en unidades Hounsfield (UH) de la cortical ósea maxilar (anterior, media y posterior) de 60 CTs a 2, 4, 6 y 8 mm desde la cresta alveolar por vestibular y por palatino. Para realizar las mediciones usaron la herramienta “óvalo de densidad” en el programa Synapse 3D. Los resultados mostraron mayores valores de densidad ósea a 8 mm apicalmente (1395 UH) y entre el primer molar y el segundo molar. En el lado palatino la densidad fue similar entre el primer premolar y el canino y entre el primer premolar y el

segundo premolar. La cortical palatina tiende a ser más densa comparada con la vestibular. El grupo de mujeres también mostró mayores valores de densidad en comparación con el grupo de hombres.

2.8. EL PATRÓN FACIAL Y SU RELACIÓN CON LAS DIMENSIONES ÓSEAS

2.8.1. Relación entre los espacios interradiculares y las dimensiones de las corticales óseas con los distintos patrones faciales

El crecimiento craneofacial está relacionado con cambios en el crecimiento vertical de la cara (Ricketts, 1971). Mientras los factores genéticos tienen un papel fundamental en el crecimiento, algunos cambios en la función como por ejemplo el paciente respirador oral crónico, pueden inducir a un incremento de la dimensión vertical y pueden llegar a modificar el crecimiento craneofacial. A estos cambios a nivel vertical influenciados por los músculos masticatorios, pueden acompañarlos también cambios en la morfología de la

mandíbula, en la cortical ósea, en el espesor, en su mineralización y en su densidad (Braun et al., 1995).

Kasai et al., en el año 1996, realizaron una investigación donde se relacionaban las estructuras internas del cuerpo mandibular y el ángulo goniaco existente en cada paciente. Concluyeron que había una relación entre el ángulo goniaco y el tamaño de la mandíbula en la región del segundo molar. También observaron la influencia de la función masticatoria en los diferentes tamaños que presentaban las mandíbulas.

En el año 1997, Kohakura et al., del Departamento de Anatomía de la Universidad de Nihon, realizaron un estudio donde evaluaron la relación existente entre las características morfológicas del cuerpo mandibular. Investigaron el espesor de la cortical ósea, la inclinación de los molares y la inclinación del hueso basal en una muestra de 40 cráneos. Realizaron trazados cefalométricos para la división de los mismos en función de los distintos patrones faciales y observaron la relación entre la función de los músculos masticatorios y la morfología mandibular en tomografías computarizadas. Las mediciones que hicieron en cada corte mandibular fueron las siguientes: altura, anchura, espesor de la cortical ósea vestibular y lingual, espesor del hueso basal, inclinación molar e inclinación del hueso. Los

resultados mostraron evidencia significativa de la existencia de relación entre las estructuras del cuerpo mandibular y la morfología maxilofacial según los tipos faciales verticales. También observaron que la función masticatoria está relacionada con el espesor de la cortical ósea vestibular y el cuerpo mandibular.

Tsunori et al. (1998), realizaron un estudio para observar la relación entre las características morfológicas mandibulares y los tipos faciales. Dividieron a los individuos de su estudio en: cara corta, cara normal y cara larga y estudiaron la correlación entre las características óseas y las inclinaciones correspondientes al primer molar y segundo molar respecto a los distintos patrones faciales. Encontraron resultados estadísticamente significativos en la relación existente entre la morfología mandibular y los distintos tipos faciales: los sujetos que presentaban patrones faciales de cara corta (hipodivergentes) tenían un mayor espesor de hueso en la cortical vestibular y las inclinaciones molares de estos eran más linguales que los sujetos que tenían cara larga o normal (hipodivergentes y normodivergentes).

Masumoto et al., en el año 2001, realizaron un estudio similar al anterior, evaluando 31 cráneos con tomografías computarizadas

en cortes de 1 mm. Estudiaron la relación entre los tipos faciales y las inclinaciones bucolinguales junto con las corticales óseas en la zona de los molares. Llegaron a la conclusión de que las inclinaciones bucolinguales de los segundo molares eran más acusadas en aquellos pacientes hiperdivergentes y que la cortical ósea vestibular en primeros y segundos molares era significativamente más gruesa en los pacientes hipodivergentes.

Miyawaki et al. 2003 También encontraron en su estudio que los individuos con ángulos del plano mandibular altos (hiperdivergentes) presentaban una cortical ósea más fina y por tanto más favorable al fallo del minitornillo.

En un estudio realizado en el año 2008 por Chan et al. se evaluaron en tomografías computarizadas, la relación entre los músculos mandibulares y la morfología craneofacial en niños con diferentes patrones faciales. La muestra estuvo formada por 20 niños a los cuales se les realizó una tomografía computarizada para observar el volumen y la orientación de los músculos maseteros, pterigoideo medial y pterigoideo lateral. Respecto al grupo de sujetos hiperdivergentes, en el músculo pterigoideo medial y el borde anterior del masetero se observaba una mayor longitud de los mismos. También presentaban valores más acusados en la anchura intergonial y la altura facial

posterior. El grupo de sujetos hipodivergentes presentaban músculos elevadores más potentes y tenían más tendencia a una mayor anchura bi-zigomática y una mayor anchura de arcadas que los hiperdivergentes.

Moon et al. en el año 2010 llevaron a cabo una investigación para determinar si factores clínicos y esqueléticos están relacionados con la tasa de éxito de los minitornillos colocados en la zona posterior tanto en maxilar como en mandíbula. Colocaron un total de 778 minitornillos en 306 pacientes. La tasa de éxito se calculó teniendo en cuenta las variables clínicas de edad, sexo, tejidos blando, lugar de posición y patrón esquelético vertical y sagital entre otros. La tasa de éxito se situó en el 79% y solo encontraron diferencias estadísticamente significativas para aquellos pacientes hiperdivergentes, los cuales obtuvieron una menor tasa de éxito que los pacientes normodivergentes o hipodivergentes. Para el resto de factores clínicos no hubo diferencias estadísticamente significativas.

En el año 2011, Swasty et al. investigaron en 111 tomografías computarizadas la cortical ósea mandibular en 13 localizaciones distintas de pacientes con diferentes tipos faciales. Cada localización fue medida en 8 sitios incluyendo una altura y dos medidas de anchura cortical, además de 5 espesores óseos,

creando un mapeo óseo completo. Los resultados mostraron que los tipos faciales hiperdivergentes poseían una cortical ósea más delgada que los hipodivergentes.

Chaimanee et al. (2011) evaluaron las zonas seguras para la colocación de minitornillos en diferentes patrones faciales. Se realizaron 60 radiografías periapicales y laterales de cráneo en pacientes con Clase I, II y III. Se midió el espacio interradicular mesiodistal en 12 diferentes lugares tanto en maxilar como en mandíbula desde distal del primer premolar a mesial del segundo molar. Las mediciones se realizaron a 3, 5, 7, 9 y 11 mm verticalmente desde la cresta alveolar. Los lugares que presentaban mayores espacios interradiculares en el maxilar fueron entre el segundo premolar y el primer molar y en la mandíbula entre el primer molar y segundo molar seguido por el primer premolar y el segundo premolar. Respecto a la Clase esquelética: pacientes con Clase II presentaron ligeramente mayores espacios que los pacientes de Clase III en el maxilar. Por el contrario en la mandíbula, los pacientes con Clase III presentaron mayores espacios interradiculares que los pacientes con Clase II.

Horner et al. (2012) estudiaron las diferencias en las corticales óseas de 57 pacientes jóvenes con patrones faciales

hiperdivergentes e hipodivergentes. Las mediciones se realizaron tanto en vestibular como en lingual en 16 lugares interradiculares tanto en maxilar como en mandíbula. Los resultados mostraron que los pacientes hipodivergentes tenían una cortical ósea significativamente más ancha que los pacientes hiperdivergentes.

Han et al., en el año 2013, realizaron un estudio en la Universidad de Shandong, en China, para observar si existía alguna relación entre los patrones de crecimiento y el complejo dentoalveolar posterior de la población China. Un total de 45 pacientes con sus correspondientes CBCTs fueron estudiados y divididos según patrones de crecimiento horizontal y vertical. Los autores llegaron a la conclusión de que la inclinación de los molares, el espesor de la cortical ósea y la altura del hueso mandibular difieren significativamente según pacientes con crecimiento horizontal o vertical.

En el año 2013, Ozdemir et al. determinaron el espesor de la cortical ósea en maxilar y mandíbula mediante CBCT en diferentes patrones faciales (mayor altura facial, menor altura facial y altura facial dentro de la norma). El estudio se compuso de 155 CBCTs de pacientes adultos con edades comprendidas entre 20 y 45 años. Se midió el espesor de cortical ósea

vestibular en maxilar y mandíbula y en el paladar. Las mediciones se realizaron a 4 distancias en los diferentes espacios interradiculares. Los resultados mostraron valores más bajos en cuanto a milímetros de espesor para los pacientes que presentaban una altura facial aumentada. El mayor espesor se encontró en los pacientes con menor altura facial (hipodivergentes). Por tanto, los autores del estudio concluyeron que aquellos pacientes con alturas faciales aumentadas (hiperdivergentes) tendrían más riesgo de fallo de minitornillo al poseer menos cortical ósea vestibular.

Veli et al. (2014) examinaron 75 pacientes adolescentes mediante mediciones de la anchura de la cortical ósea en CBCT. Los pacientes se dividieron en 3 grupos según su patrón facial: hipodivergentes, hiperdivergentes o normodivergentes. Las mediciones se realizaron a 5 mm, 7 mm y 9 mm verticalmente desde la Unión amelocementaria (UAC), en zonas comprendidas entre el canino y el segundo molar. La cortical tenía mayor anchura en los pacientes hipodivergentes a nivel del primer y del segundo molar mandibular con medidas comprendidas entre 1,2 y 3,28 mm de anchura de la cortical mandibular frente a 1,10 y 1,37 mm en el maxilar.

Por otro lado, Sadek et al. en el año 2015 incluyeron en su estudio 45 CBCTs, divididos en 3 grupos según los diferentes patrones faciales. Usando el programa informático iCATVision™, se realizaron mediciones de la altura y la anchura alveolar tanto en sector anterior como en posterior. En sus resultados observaron que el grupo de pacientes hiperdivergentes tenía una altura dentoalveolar mayor en la zona anterior y sin diferencias estadísticamente significativas en la zona posterior. Por otro lado, el grupo de pacientes hiperdivergentes también tenía una anchura dentoalveolar más delgada tanto en el maxilar como en la mandíbula.

Es sabido que para mejorar la tasa de éxito en la colocación de los minitornillos, sería interesante evaluar la calidad del hueso alveolar antes de su inserción, midiendo su densidad en UH en los diferentes patrones faciales.

En el año 2014, Li et al. realizaron un estudio donde evaluaron mediante CBCTs, 101 pacientes de edades comprendidas entre 18 y 30 años, con diferentes patrones faciales. Se estudió la densidad y la anchura de la cortical ósea en cuatro localizaciones distintas: entre los dos incisivos centrales, entre el incisivo central y el lateral, entre el segundo premolar y el primer molar y entre el primer molar y el segundo molar. Las mediciones se

realizaron a 3 mm verticalmente a la cresta alveolar , en ambas arcadas. La densidad se midió usando la herramienta “elipse” y el “medidor de densidad” del programa informático MIMICS. Los resultados mostraron que la anchura de la cortical y la densidad ósea entre el primer molar y segundo molar y entre el primer premolar y segundo premolar mandibular eran mayores en los pacientes hipodivergentes. En sus estudios concluyeron que la calidad ósea se ve afectada por el patrón facial esquelético, habiendo que prestar mayor atención en los pacientes hiperdivergentes debido a la posibilidad de pérdida o fallo de los minitornillos.

En el año 2016 el grupo de estudio de Sadek et al. realizaron un estudio similar al anterior, donde se realizaron mediciones en CBCTs de la cortical ósea vestibular en 114 pacientes de los cuales fueron incluidos 48 para su estudio. Las mediciones se realizaron en la cortical ósea a dos niveles verticales, a 4 mm y a 7 mm desde la cresta alveolar, tanto en el maxilar como en la mandíbula, tanto en vestibular como en palatino. Los pacientes se dividieron en 3 grupos según el patrón facial usando el programa OnyxCeph™. Los resultados mostraron que los pacientes hiperdivergentes tenían una cortical ósea más delgada que los pacientes normodivergentes o hipodivergentes. Los

sujetos con patrones hiperdivergentes presentaban una cortical ósea en muchos puntos del maxilar y de la mandíbula menores a 1 mm.

Amini et al. (2017) evaluaron la asociación entre el crecimiento esquelético craneofacial con las distancias interradiculares y corticales óseas, creando un mapeo de zonas seguras para la colocación de minitornillos entre raíces. Se estudiaron los CBCTs de 60 pacientes los cuales se dividieron en 3 grupos de crecimiento: normal, horizontal y vertical. La distancia interradicular y la anchura de la cortical se midió desde distal del canino hasta el mesial del segundo molar tanto en vestibular como en lingual en 3 diferentes planos transversales: a 1, 3 y 5 mm verticalmente a la cresta alveolar. Cefalométricamente se usó el plano mandibular para la división de los grupos por patrón de crecimiento vertical. Los resultados concluyeron que los espacios interradiculares fueron mayores en la mandíbula, en pacientes de sexo masculino y en los puntos que se situaban más apicales a la cresta alveolar pero no encontraron diferencias estadísticamente significativas respecto al patrón de crecimiento facial. Respecto a la anchura de cortical ósea, los resultados mostraron mayor anchura en los pacientes con crecimientos

horizontales, en las zonas de la mandíbula y en pacientes masculinos de mayor edad.

Uno de los estudios encontrados más actuales es el de los autores Gaffuri et al. en el año 2021, donde se evaluó la correlación entre el espesor del hueso alveolar y el patrón facial de adultos jóvenes. Las mediciones se realizaron en 30 CBCTs, tanto en vestibular como en palatino y se clasificó a los pacientes en patrones faciales hipodivergentes, hiperdivergentes y normodivergentes. Los resultados mostraron que los pacientes con patrones faciales hiperdivergentes tenían un espesor de hueso alveolar menor, tanto en la zona maxilar como en la zona mandibular.

2.8.2. Relación entre las dimensiones del espesor óseo en la zona palatina con los distintos patrones faciales

Johari et al. (2015) realizaron un estudio para determinar el espesor óseo en la zona palatina media del maxilar para la colocación de minitornillos en CBCTs y así evaluar su relación con distintos patrones faciales. Se estudiaron 161 CBCTs de pacientes, los cuales se dividieron en altura facial normal, corta y larga. Una vez determinado el foramen incisal se realizaron

mediciones paracoronaes a 4, 8, 16 y 24 mm distales al foramen incisal. Se analizó el espesor óseo en la sutura palatina media y en las áreas parasagitales a 3 y 6 mm, bilateralmente a la sutura palatina media. Los resultados mostraron que había una relación estadísticamente significativa entre el espesor óseo palatino y la altura facial del individuo, siendo los pacientes con altura facial larga los que presentaban un espesor óseo palatino menor. Los pacientes con altura facial corta presentaban en general mayores espesores óseos sobre todo a 16 mm del foramen incisivo.

En 2017 Wang et al. realizaron un estudio retrospectivo similar al anterior en 123 CBCTs. Los pacientes se dividieron en tres patrones faciales basados en la cefalometría (normodivergente, hiperdivergente e hipodivergente). Se realizaron mediciones del espesor óseo en la zona anterior palatina a 4, 6 y 8 mm, en la zona media a 12 y 16 mm y en la zona posterior a 20 y 24 mm. Las mismas mediciones se realizaron lateralmente a la sutura paramedial a 3, 6 y 9 mm. Los resultados mostraron que las zonas seguras para la colocación de minitornillos en el área palatina correspondía a la zona paramedial anterior ya que la altura de la cortical era mayor. En relación a los diferentes tipos faciales, los pacientes hiperdivergentes presentaban en general un espesor óseo palatino más delgado comparados con los

hipodivergentes y normodivergentes. Es por ello que los autores sugieren prestar más atención a los pacientes con patrones faciales hipodivergentes por riesgo de perforación y pérdida de estabilidad de los minitornillos.

En el año 2018, Suteerapongpun et al. también realizaron un estudio donde midieron el espesor óseo palatino mediante CBCT, tomando como referencia pacientes con Clase I esquelética con y sin mordida abierta esquelética. Realizaron las mediciones a diferentes niveles distales, mediales y paramediales al foramen incisal, concluyendo que los pacientes con mordida abierta esquelética y con un patrón hiperdivergente poseen un espesor óseo palatino menor.

En ese mismo año, Yadav et al. (2018) analizaron el espesor óseo palatino y la densidad ósea palatina en CBCTs de 359 pacientes. Los pacientes fueron divididos en género femenino y masculino y en pacientes en crecimiento y sin crecimiento. Las mediciones fueron tomadas entre el canino y el primer premolar, entre el primer premolar y segundo premolar, entre el segundo premolar y primer molar y entre el primer molar y segundo molar. Las mediciones se tomaron en el centro de la sutura palatina media y a 4 mm lateralmente a ella. Los resultados mostraron que existía una diferencia estadísticamente

significativa entre los pacientes en crecimiento, teniendo los adultos sin crecimiento mayor densidad palatina que los pacientes en crecimiento (Mueller et al., 2009). Por otra parte, se encontraron también mayor densidad ósea en los 4 grupos analizados entre el segundo premolar y el primer molar y entre el primer molar y el segundo molar. Respecto a los resultados del estudio del espesor óseo palatino, se encontró que existía una mayor altura palatina en la región anterior del paladar y mayores valores también a 4 mm lateralmente de la sutura palatina media. También se observó que los adultos hombres tenían un espesor óseo en el área palatina más ancho que las mujeres.

Un estudio más actual se encontró en el año 2021 por los autores Vidalón et al. donde evaluaron la altura, anchura y densidad ósea palatina en 75 CBCTs de pacientes adultos con diferentes patrones faciales. Las mediciones se realizaron a 4, 8, 12, 16 y 20 mm posteriores al foramen incisal y a 3, 6 y 9 mm laterales a la sutura palatina media. Los resultados concluyeron que los pacientes con patrones faciales hipodivergentes tenían una altura y espesor óseo palatino mayor que los pacientes hiperdivergentes y normodivergentes. Respecto a la densidad de la cortical, no se encontraron resultados estadísticamente significativos entre patrones faciales.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.

En los últimos años, cada vez más clínicos utilizan el anclaje esquelético intraóseo en sus tratamientos de ortodoncia con diferentes finalidades.

Para poder realizar una colocación adecuada de los minitornillos que se emplean como anclaje en ortodoncia es importante conocer la anatomía del complejo maxilofacial. Gracias a las herramientas diagnósticas que proporciona el CBCT, es factible realizar un estudio óseo completo en 3D para identificar los lugares óptimos de inserción.

Mediante el CBCT se pueden realizar mediciones de la distancia mesiodistal existente entre raíces, proporcionando suficiente información para la colocación de los minitornillos. De esta manera, se asegura la utilización de las dimensiones y tamaños apropiados de los mismos, con la seguridad de no dañar ninguna raíz.

El estudio en CBCT de los espesores de las corticales óseas vestibulares, densidad ósea de la cortical vestibular y las anchuras de los procesos alveolares, también serán de gran ayuda para el clínico. Estos lugares anatómicos proporcionan

información necesaria para evaluar la calidad y el espesor óseo influyendo en la estabilidad primaria de los mismos.

Los minitornillos utilizados en el área palatina proporcionan una fuente de anclaje excelente, sobre todo en la expansión esquelética de la sutura palatina media, o como comúnmente se conoce como MARPE (Microimplant Assisted Rapid Palatal Expansion). La calidad y cantidad de densidad ósea en el hueso palatino, será importante en términos de estabilidad de los minitornillos.

Numerosos estudios han analizado la anatomía del complejo craneofacial y su relación con los minitornillos, pero pocos han estudiado la relación existente entre los lugares óptimos de colocación de minitornillos con el patrón facial vertical, la clase esquelética sagital, la edad y el sexo de los pacientes.

En base a lo descrito anteriormente, se formula la siguiente hipótesis:

“Existe una relación entre los diferentes patrones faciales verticales, clase esquelética sagital, el sexo y la edad de cada individuo, con la cantidad de material óseo disponible para la colocación segura y estable de minitornillos en los tratamientos de ortodoncia ”

De acuerdo con esta hipótesis, los objetivos de nuestro trabajo fueron los siguientes:

1. Analizar mediante CBCT la anchura mesiodistal de los espacios interradiculares en el maxilar y en la mandíbula y su relación con el patrón esquelético vertical, sagital, edad y sexo de los pacientes.
2. Analizar mediante CBCT el espesor de la cortical ósea vestibular en el maxilar y en la mandíbula y su relación con el patrón esquelético vertical, sagital, edad y sexo de los pacientes.
3. Analizar mediante CBCT la anchura del proceso alveolar en el maxilar y en la mandíbula y su relación con el patrón esquelético vertical, sagital, edad y sexo de los pacientes.
4. Analizar mediante CBCT el espesor óseo palatino en el área medial y paramedial lateral a la sutura palatina media y su relación con el patrón esquelético vertical, sagital, edad y sexo de los pacientes.

5. Evaluar mediante CBCT los valores de la densidad ósea (UH) en la cortical vestibular y a lo largo de la sutura palatina media y su relación con el patrón esquelético vertical, sagital, edad y sexo de los pacientes.

MATERIAL Y MÉTODOS

4. MATERIAL Y MÉTODOS.

La presente investigación fue aprobada por el Comité de Ética de la Universitat de València y se presenta copia acreditativa en el **Anexo 1**. Así mismo, previo a la realización del estudio, se leyó la declaración de Helsinki sobre principios éticos para investigación médica en seres humanos y se siguieron sus recomendaciones en esta investigación. Todos los pacientes firmaron un consentimiento informado y un documento de cesión de datos (**Anexo 1**).

4.1. MATERIAL

4.1.1. Muestra

El material empleado para la realización de las mediciones del estudio consistió en 129 tomografías computarizadas de haz cónico (CBCT) que formaban parte de los registros iniciales de pacientes de la Clínica Odontológica de la Universitat de València. Las tomografías computarizadas se tomaron en posición natural de la cabeza para todos los sujetos.

Estos CBCTs tenían que cumplir los siguientes criterios de inclusión:

- CBCT de cráneo completo (FOV: 20 x 19 cm; tamaño de vóxel: 0,4 mm).
- Pacientes adultos sin crecimiento remanente.
- Presentar dentición permanente en el momento de la toma de registros.
- No presentar ningún tipo de ausencia dentaria (excluyendo terceros molares).
- No haber recibido tratamiento de ortodoncia previo.
- No poseer ningún tipo de aparatología ortodóncica en boca en el momento de realizar los registros CBCT.

Los criterios de exclusión fueron:

- Poseer algún diente deciduo en boca.
- Presentar inclusiones dentarias y/o erupciones ectópicas.
- Coronas no erupcionadas completamente.
- Grandes restauraciones metálicas que puedan provocar interferencias en la evaluación 3D del CBCT.
- Apiñamiento posterior severo (> 8 mm).

- Pérdida ósea radiográfica de más de 1/3 de la longitud radicular (Lindhe, 1984).
- Asimetrías faciales severas.

4.1.2. Equipo de registro

El aparato empleado en este estudio para la toma de CBCTs fue el Dental Picasso Master 3D® (EWOO technology, República de Corea. 2005) de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universitat de València (**Figura 1**).



Figura 1. Aparato de CBCT (Dental Picasso Master 3D®, EWOO technology, República de Corea. 2005)

Este aparato de tomografía computarizada de haz cónico utiliza un panel plano de silicón amorfo y un centelleador de un material similar al cesio. Para este estudio se seleccionaron registros de cráneo completo (FOV 20 x 19 cm). El tiempo de escaneado fue de 15 segundos. El tiempo de reconstrucción, que depende de la resolución y de la modalidad, fue de 1 minuto y 5 segundos para una FOV estándar de alta resolución. El grosor de los cortes es de 0,2 mm, el ángulo de escaneo cubre los 360° y genera un número de imágenes de cortes para el FOV seleccionado de alrededor de 500.

El tamaño de los vóxeles empleados fue de 0,4 x 0,4 x 0,4 mm, con un rango de voltaje del tubo de 40-90 kV y un rango de intensidad de 2-10 mA. El tamaño del foco es de 0,5 mm y el tamaño de su base es de 180x170 cm. El tamaño de los archivos de datos que genera es de unos 450 megabytes (Cattaneo et al., 2008).

4.1.3. Programas informáticos utilizados para las mediciones

Para analizar las imágenes de los CBCTs, se empleó el programa informático InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California). Este programa se emplea para la visualización de los cortes y las imágenes tridimensionales que se obtienen del CBCT mediante archivos DICOM (**Figura 2**).



Figura 2. Software empleado en el estudio: InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

Entre sus aplicaciones, permite visualizar los espacios interradiculares, espesores de las corticales óseas vestibulares, anchuras de procesos alveolares y la región ósea de la sutura palatina media en los tres planos del espacio, para así poder hallar sus dimensiones en longitud y anchura. Del mismo modo, el programa permitió realizar medidas exactas en milímetros gracias a su herramienta de regla calibrada (**Figura 3**).



Figura 3. Herramienta de “regla” del programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

El mismo programa, a través de la herramienta “Ceph” permitió generar una imagen lateral del cráneo a partir de las imágenes DICOM del CBCT, y obtener así una imagen telerradiográfica lateral en 2D. Estas imágenes fueron guardadas individualmente para cada paciente en una carpeta externa y posteriormente fueron importadas al programa específico de trazado de imágenes telerradiográficas (**Figura 4**).



Figura 4. Telerradiografía lateral de cráneo generada con la herramienta “Ceph” del panel de control en el programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

Para realizar las mediciones cefalométricas de los pacientes y así poder dividirlos en los distintos patrones faciales verticales (hipodivergente, hiperdivergente y normodivergente) se utilizó el programa específico de cefalometría, Nemoceph® 3D (Nemotec Dental Studio®) (**figura 5**).

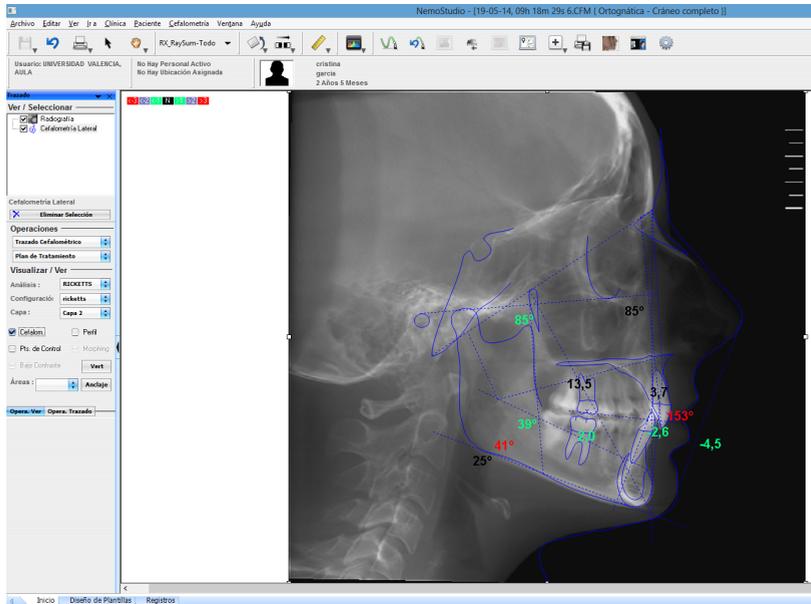


Figura 5. Programa de cefalometría Nemoceph® 3D (Nemotec Dental Studio®).

Las imágenes telerradiográficas en 2D fueron calibradas correctamente con el programa Nemoceph® 3D antes de la realización del trazado.

4.2. MÉTODO

4.2.1. Orientación y preparación de las imágenes para las mediciones

Con el objeto de estandarizar la posición de los pacientes en el momento de realizar el escaneo, los CBCTs de los 129 pacientes incluidos en el estudio fueron realizados en posición natural de la cabeza.

Las imágenes volumétricas 3D generadas por el aparato de tomografía computarizada de haz cónico Dental Picasso Master 3D® fueron introducidas como imágenes DICOM en el programa InVivoDental 6.0 (Anatomage® San José, California). Para minimizar aún más los errores en las mediciones producidos por la postura de la cabeza al tomar el CBCT, todas las imágenes fueron reorientadas usando un protocolo estandarizado, donde se tomaron como referencia dos planos: el plano Frontocigomático (FZ) y el plano de Frankfurt (Po-Or) (Cho, 2009).

En la reorientación del cráneo también se tomó como referencia el punto Nasion (N) el cual debía estar ajustado lo más cerca

posible del valor cero. Por su parte, las coordenadas del plano FZ tendrían que coincidir en valor de una manera simétrica entre ellas, como se muestra en la **figura 6**.

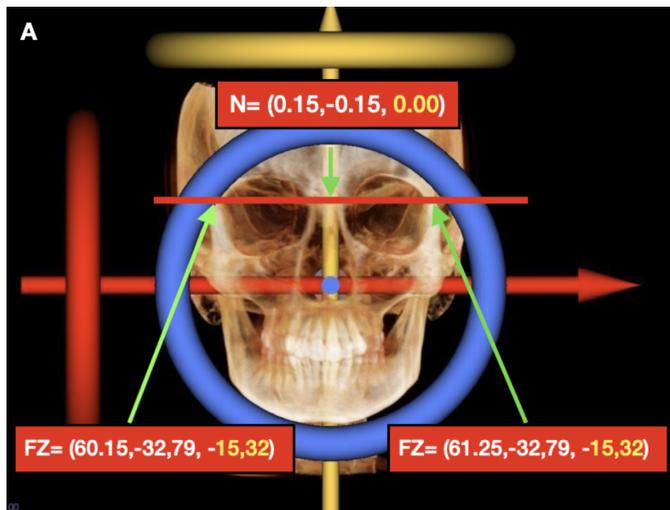


Figura 6. Reorientación en 3D con el programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California). Vista del plano frontal tomando como referencia el plano FZ. Se observan los valores coincidentes y simétricos marcados en amarillo.

Para la reorientación del cráneo en el plano sagital, se utilizó como referencia el plano de Frankfurt (Po-Or) (**Figura 7**).

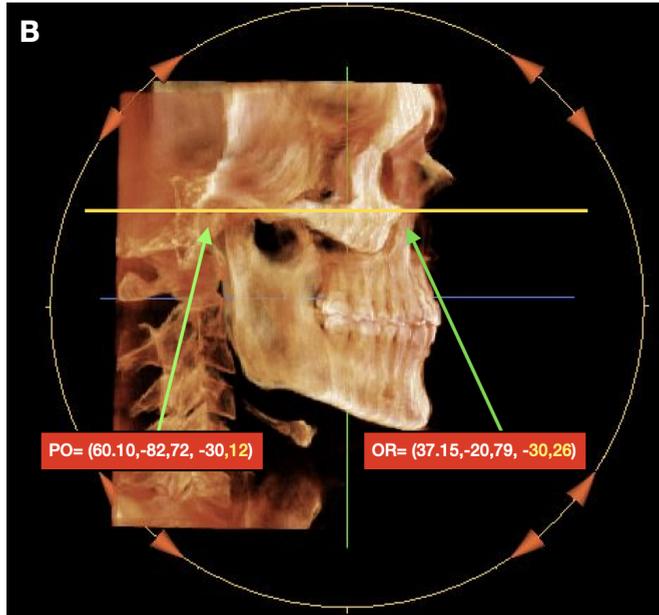


Figura 7. Reorientación en 3D con el programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California). Vista en el plano sagital, tomando como referencia el plano de Frankfurt (Po-Or).

4.2.2. Determinación del patrón esquelético vertical

Antes de realizar las mediciones específicas de los espacios interradiculares, cortical vestibular, anchura del proceso alveolar y espesor palatino, se dividió a los pacientes según el patrón facial vertical. Se utiliza el término “patrón esquelético vertical” o “patrón facial” para hacer referencia al patrón de crecimiento

facial vertical: hiperdivergente, hipodivergente y normodivergente.

Para ello se utilizó una telerradiografía lateral de cráneo en posición natural de la cabeza, creada y posteriormente exportada del CBCT de los pacientes.

Como ya se ha mencionado previamente, las mediciones del patrón esquelético vertical se realizaron con la ayuda del programa cefalométrico Nemoceph 3D® (Nemotec Dental Studio®).

Para determinar estos cambios esqueléticos a nivel vertical y proceder a su clasificación, se utilizaron las mediciones cefalométricas de Ricketts (1960) y Jarabak (1972).

Según Björk (1969), el crecimiento mandibular debe de ser hacia delante y hacia abajo por igual. Cuando el crecimiento hacia delante predomina, se trata de un crecimiento antihorario u horizontal (hipodivergente), y cuando el crecimiento hacia abajo es el predominante se observa un crecimiento horario o vertical (hiperdivergente).

De acuerdo a los valores cefalométricos lineales y angulares obtenidos de cada paciente, se procedió a la división de los

mismos en los tres grupos correspondientes (hipodivergente, hiperdivergente y normodivergente).

Mediciones cefalométricas de Ricketts (1960) para la determinación del patrón esquelético vertical:

- Eje facial: Ángulo formado por el plano basocraneal (Ba-Na) con el Eje facial (Pt-Gn). Norma: $90^\circ \pm 3^\circ$ (**Figura 8**).
 - Patrón normodivergente = 90°
 - Patrón hipodivergente $> 93^\circ$
 - Patrón hiperdivergente $< 87^\circ$

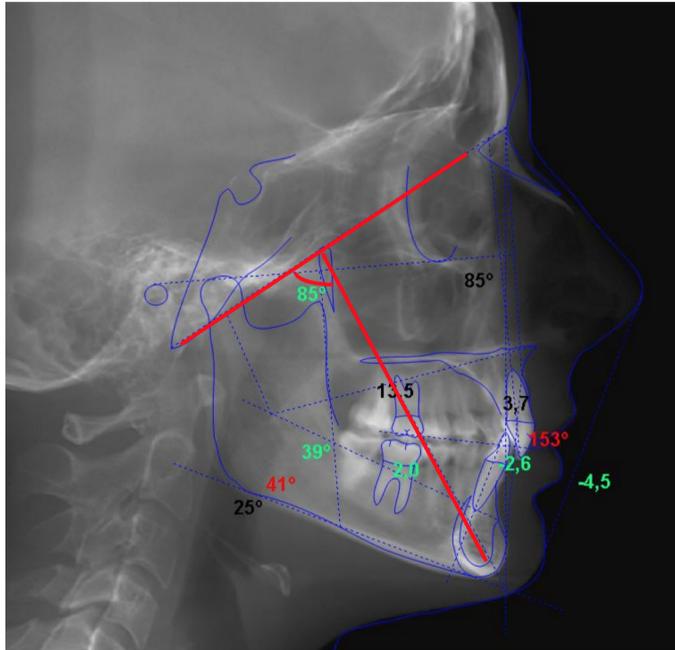


Figura 8. Eje facial de Ricketts (1960).

- Cono facial: Ángulo formado por el plano facial (Na-Pg) con el plano mandibular (Ag-Me). Norma: 68° DS 3° (Figura 9).
 - Patrón normodivergente = 68°
 - Patrón hipodivergente $> 71^\circ$
 - Patrón hiperdivergente $< 65^\circ$

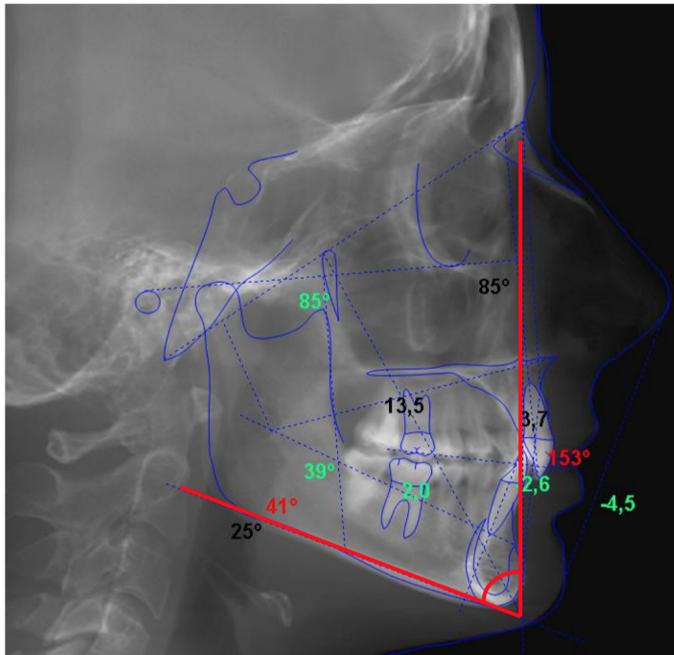


Figura 9. Cono facial de Ricketts (1960).

- Ángulo del Plano mandibular: Ángulo formado por el plano mandibular (Ag-Me) con el plano de Frankfurt (Po-Or). Determina la altura facial posterior. Norma: 26° DS 4° . Disminuye $0,3^\circ/\text{año}$ (**Figura 10**).
 - Mordida abierta mandibular $> 30^\circ$
 - Supraoclusión mandibular $< 22^\circ$

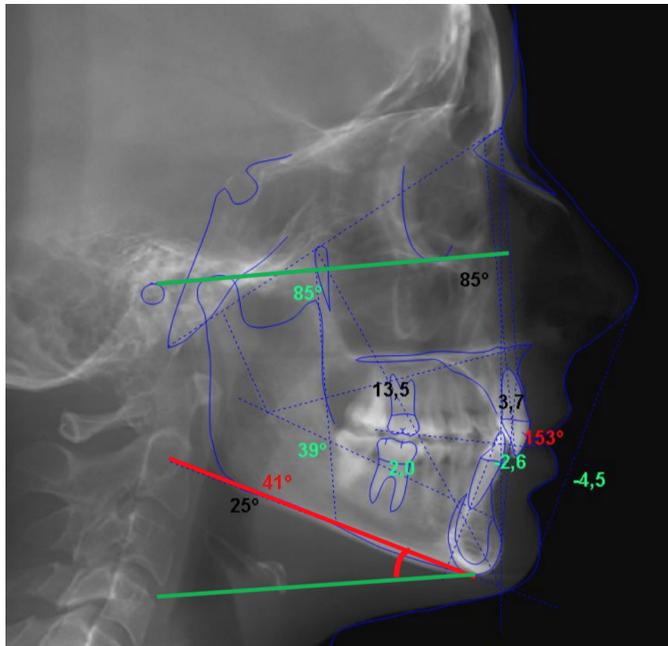


Figura 10. Ángulo del Plano mandibular de Ricketts (1960).

Mediciones cefalométricas de Jarabak (1972) para la determinación del patrón esquelético vertical:

- Coeficiente de Alturas Faciales: $\text{Altura facial posterior (S-Go)} / \text{Altura facial anterior (N-Me)} \times 100 = \text{valor normal } 61\% \text{ DS } 2$ (**Figura 11**).

- 61% DS 2 = patrón normodivergente.
- > 63% Coeficiente aumentado = patrón hipodivergente.
- < 59% Coeficiente disminuido = patrón hiperdivergente.

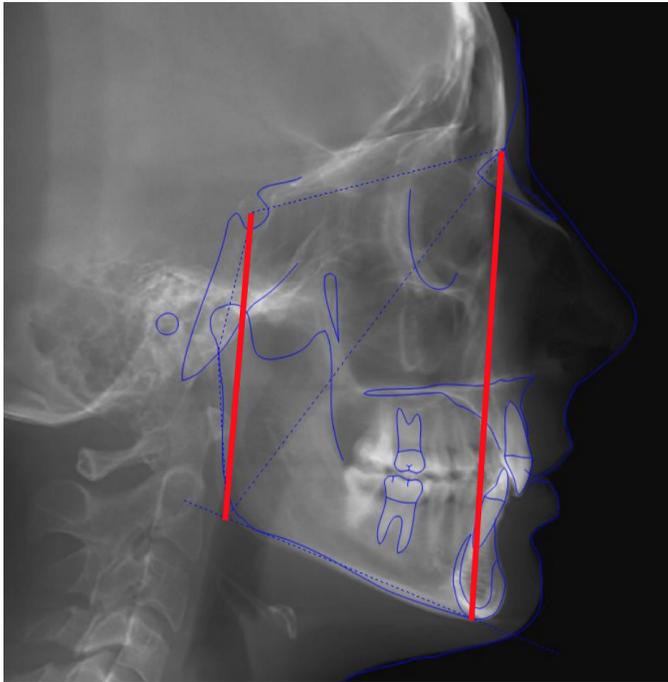


Figura 11. Coeficiente de Alturas Faciales de Jarabak (1972).

4.2.3. Determinación del patrón esquelético sagital o clase esquelética

Del mismo modo en el que se realizaron las mediciones del patrón esquelético vertical y utilizando el mismo programa de trazado cefalométrico (Nemoceph 3D®), también se realizaron las mediciones de la clase esquelética para cada uno de los 129 pacientes.

En estas mediciones se analizó la clase esquelética en relación con su base craneal y según los valores lineales y angulares obtenidos de cada cefalometría, se procedió a la división de los mismos en los tres grupos: clase I esquelética (maxilar y mandíbula en posición correcta), clase II esquelética (maxilar protruido, mandíbula retruida o ambas) y clase III esquelética (maxilar retruido, mandíbula protruida o ambas)

Para la realización de las mediciones cefalométricas y la división de pacientes según la clase esquelética, se utilizó el análisis de Steiner (1953). En su análisis, Steiner utiliza los ángulos SNA y SNB, para definir el comportamiento anteroposterior de las bases apicales, maxilar y mandibular, respectivamente. El ángulo ANB representa la diferencia entre

ambos ángulos siendo el indicador más comúnmente usado para determinar la relación anteroposterior maxilo-mandibular.

Mediciones cefalométricas de Steiner (1953) para la determinación de la clase esquelética:

- Ángulo ANB: ángulo formado por las líneas N-A y N-B.
Norma: 2° DS 2° (**Figura 12**).
 - Clase I esquelética: 2°
 - Clase II esquelética: $> 4^\circ$
 - Clase III esquelética: $< 0^\circ$

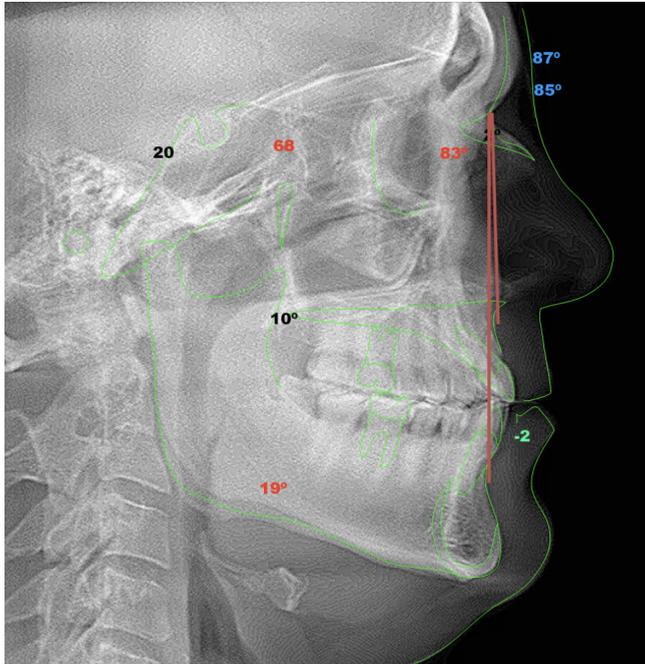


Figura 12. Ángulo ANB de Steiner (1953).

Sin embargo, algunos factores anatómicos pueden influir en la interpretación correcta de este ángulo, ya que cuando la longitud de la base craneal sea corta, el punto Nasion estará más retrasado, pudiendo variar el valor del ángulo. Es por ello que también se ha tomado la medición del “Wits” (Jacobson 1988) en este estudio para clasificar esqueléticamente a los sujetos. En la evaluación “Wits” (Jacobson 1988) se mide la discrepancia

entre el maxilar y la mandíbula directamente sobre el plano oclusal.

Esta medida cefalométrica define el comportamiento sagital entre las bases apicales y se ha utilizado en este estudio para confirmar el valor del ángulo ANB de Steiner (Abdullah et al. 2006).

Mediciones cefalométricas del “Wits” (Jacobson 1988) para la determinación de la clase esquelética:

- Wits appraisal: líneas perpendiculares a partir de los puntos A y B hasta el plano oclusal. Los valores normales del Wits son : - 1 mm para el sexo masculino y 0 mm para el sexo femenino. De esta forma, a medida que el valor Wits se separe de estos valores, mayor será la alteración entre las bases óseas apicales (**Figura 13**).
- Clase I esquelética: - 1 y 0 mm
- Clase II esquelética: > - 1 o 0 mm
- Clase III esquelética : < - 1 o 0 mm

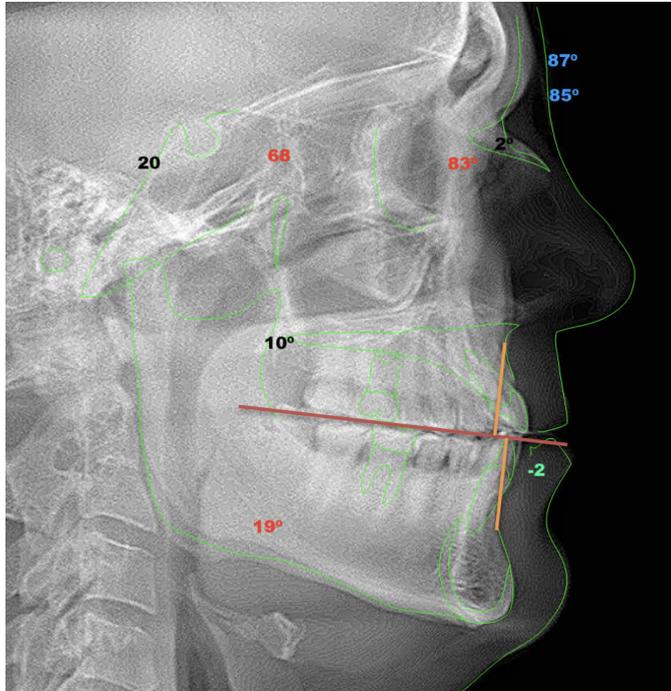


Figura 13. Evaluación cefalométrica del “Wits” (Jacobson 1988).

Por otro lado, la cefalometría de Ricketts (Ricketts 1960), también ha sido utilizada en este estudio, para la clasificación de la clase esquelética de los sujetos. Se ha marcado en las telerradiografías laterales la distancia del punto A (punto más profundo de la concavidad del maxilar superior) al plano facial (N-Pg).

Mediciones cefalométricas de Ricketts (1960) para la determinación de la clase esquelética:

- Convexidad facial: Distancia del punto A al plano facial (N-Pg). Norma 2 mm DS 2. Disminuye 0,3 mm/año (**Figura 14**).
 - Clase I esquelética: 2 mm
 - Clase II esquelética: > 4 mm
 - Clase III esquelética : < 0 mm

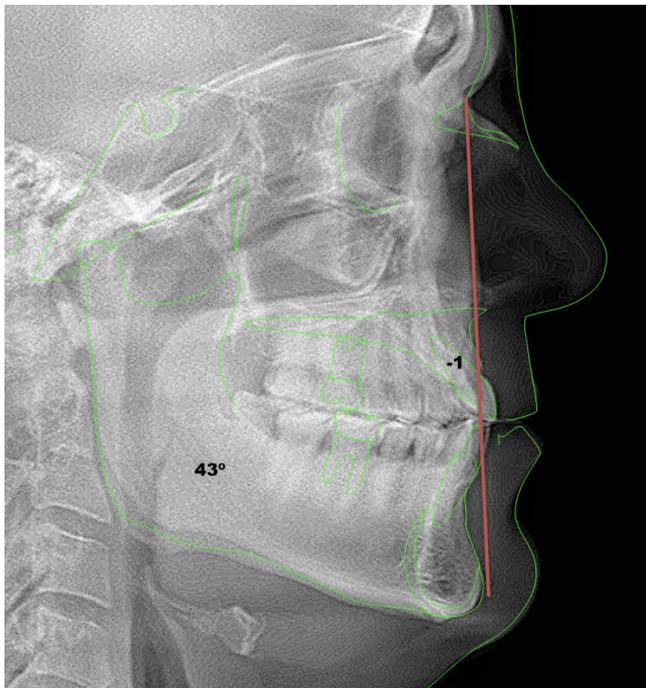


Figura 14. Convexidad facial de Ricketts (1960).

4.2.4. Preparación de las imágenes CBCT para las mediciones

Después de 2 meses de entrenamiento con 5 CBCTs muestrales, el investigador principal calibrado y entrenado (A.M.C) procedió a la realización de 128 mediciones, en cada uno de los 129 CBCTs, realizando un total de 16.512 mediciones.

Para la estimación del error de medida y evaluación de la correlación y reproducibilidad intra e inter-observador, se realizaron unas segundas mediciones en una submuestra de 15 individuos, tanto por el mismo observador (A.M.C) como por un segundo observador (I.F.M) instruido previamente, realizando sus propias mediciones siguiendo el mismo método.

Todas las mediciones realizadas en el presente estudio fueron realizadas en la hemiarcada derecha tanto en el maxilar como en la mandíbula, exceptuando las mediciones en el paladar, las cuales se midieron en el paladar completo. La nomenclatura de las mediciones específicas que se utilizaron para este estudio se muestran explicadas detalladamente en el **Anexo 2**.

En primer lugar, se procedió a la delimitación precisa del área a estudiar en el maxilar y en la mandíbula (**figura 15**). Para ello se empleó el programa InVivoDental 6.0 (Anatomage® San José, California).



Figura 15. Vista general de la elección de los límites para la realización de los cortes. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage® San José, California).

En el CBCT, el área de estudio abarcaba desde el suelo de la cavidad nasal hasta el mentón y desde el límite anterior de la dentición hasta los cóndilos (**Figuras 16 y 17**).

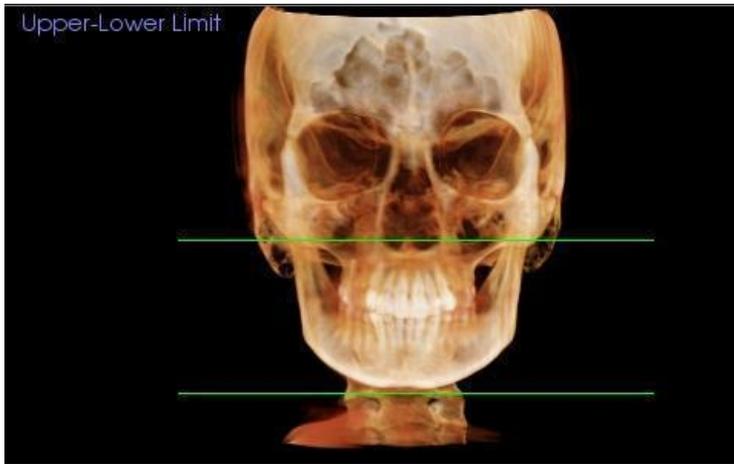


Figura 16. Selección específica de los límites maxilar y mandibular para la realización de los cortes. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage® San José, California).

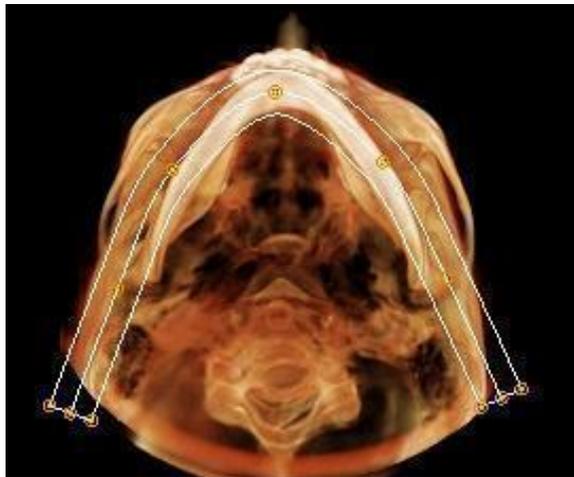


Figura 17. Selección más precisa de los límites de la mandíbula. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage® San José, California).

Una vez seleccionados los límites para proceder a los cortes, desde la pestaña “Super Pano” del programa InVivoDental 6.0, se realizó un corte axial del maxilar a nivel de la hemiarcada derecha, situando los puntos de referencia en el centro del proceso alveolar, tal y como se observa en la **figura 18**. El espesor del corte a ese nivel fue de 0,5 mm con un intervalo en su sección de 0,1 mm, estandarizando este corte para todos los CBCTs medidos.

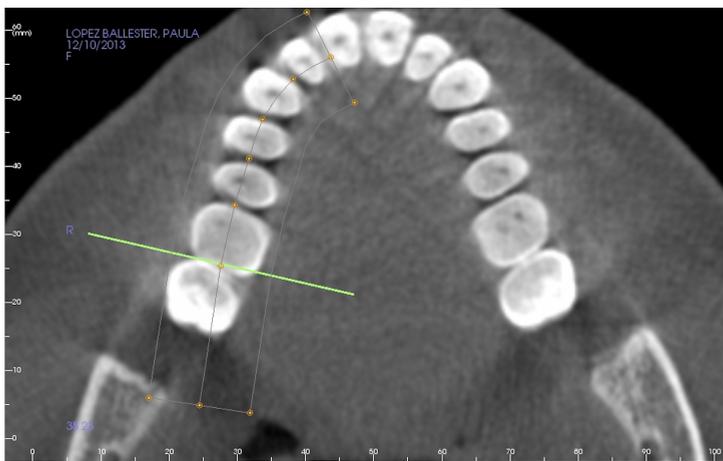


Figura 18. Corte axial del maxilar con la línea de marcado de puntos. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

Una vez realizado el corte axial y de colocar la línea de marcado de puntos, se procedió a preparar la imagen para comenzar con las mediciones. Tanto en las mediciones en el maxilar como en las de la mandíbula se siguió el mismo protocolo.

A continuación se procede a explicar el protocolo de localización y marcado de la unión amelocementaria (UAC) para las mediciones en maxilar y mandibular. Se toma como referencia la hemiarcada maxilar derecha.

La línea de la unión amelocementaria se localizó en la ventana de corte sagital y fue el punto de referencia desde donde se realizaron las mediciones a **5 y 8 mm verticalmente**. Teniendo en cuenta que el propio programa contiene una regla en milímetros con un intervalo de 5 mm en 5 mm, fue posible marcar la distancia de 5 mm de manera automática, pero la distancia de 8 mm tuvo que ser medida y marcada manualmente con antelación, con la herramienta de “regla” que proporciona el programa (**Figuras 19 y 20**).

Con esa misma herramienta de “regla” se realizaron todas las mediciones del presente estudio.



Figura 19. Visión general de marcado de la unión amelocementaria y la distancia de 8 mm marcada manualmente con la herramienta de “regla”. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®).

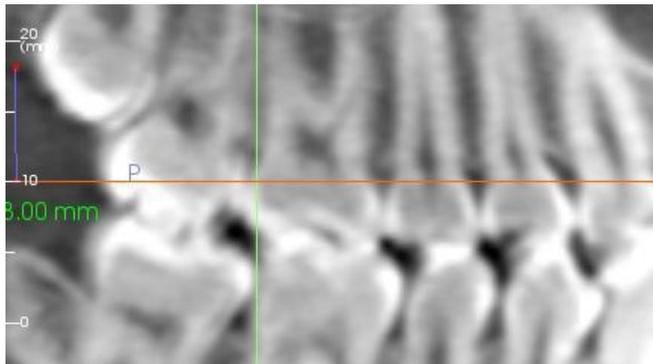


Figura 20. Visión específica, corte sagital y marcado de la línea amelocementaria. Distancia de 8 mm marcada manualmente con la herramienta de “regla” en el maxilar. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

4.3 MEDICIONES EN EL MAXILAR

4.3.1 Mediciones maxilares de los espacios mesiodistales interradiculares, espesores y densidades de la cortical ósea vestibular y anchuras del proceso alveolar

Una vez seleccionada la línea de la unión amelocementaria se procedió a la realización de las mediciones de los **espacios interradiculares** con el programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California). Las mediciones se realizaron desde el segundo molar hasta el canino, en un corte sagital **a 5 y a 8 mm de la UAC**, como se observa en la **figura 21 y 22**.

Cabe destacar que al realizar las mediciones interradiculares es importante tener en cuenta el espacio periodontal, ya que éste no debe ser invadido al colocar los minitornillos ortodóncicos (Lindhe, 1984). Es por ello que todas las mediciones de los espacios interradiculares se han realizado dejando 0,5 mm de margen de seguridad a cada lado, respetando el espacio del ligamento periodontal.

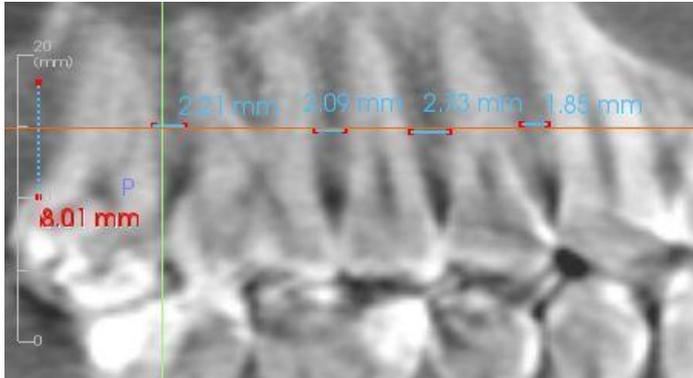


Figura 21. Visión específica, corte sagital del marcado manual de la UAC y las mediciones de los espacios interradiculares a 5 mm de la UAC en el maxilar. La línea verde indica el corte de marcado del espacio 5IRAD 6-7MX. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

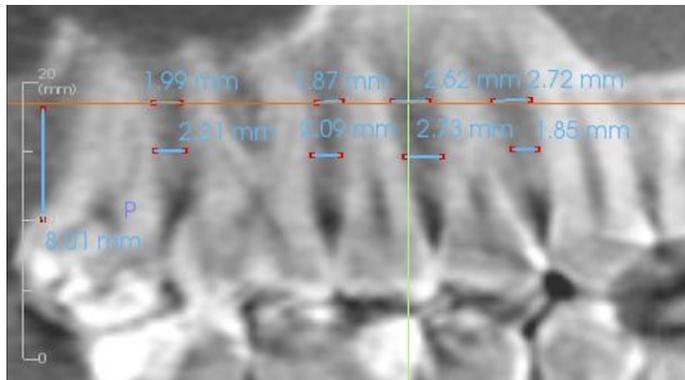


Figura 22. Visión específica, corte sagital de las mediciones de los espacios interradiculares a 8 mm de la UAC en el maxilar. La línea verde indica el corte de marcado del espacio 8IRAD 5-4MX. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

En estos mismos puntos, a 5 y a 8 mm verticalmente de la UAC, también se midieron tres variables al mismo tiempo en la ventana de corte coronal:

1- **El espesor de cortical ósea vestibular**: Se midió en cada espacio interradicular en los dos niveles mencionados a 5 y 8 mm de la UAC (**Figura 23 y 25**).

3- **La anchura del proceso alveolar** : Se midió en cada espacio interradicular en los dos niveles mencionados a 5 y 8 mm, siguiendo la misma línea horizontal marcada al medir el espesor de la cortical ósea vestibular (**Figura 24 y 25**).

2- **La densidad máxima, mínima y media** de la cortical ósea vestibular: usando la herramienta de medición de densidad ósea que proporciona el programa. Con la herramienta de “círculo” o “elipse”, se realizaron las mediciones de la densidad máxima, mínima y media en unidades Hounsfield (UH) (**Figuras 26 y 27**).



Figura 23. Visión específica de la medición del espesor de cortical ósea vestibular a 5 mm de la UAC. Imagen correspondiente a la medición 5CORTIC 5-4MX en un corte coronal. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

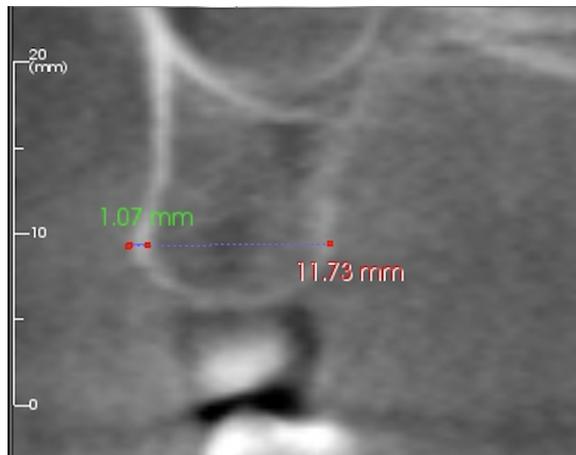


Figura 24. Visión específica de la medición de la anchura del proceso alveolar a 5 mm de la UAC (marcado en rojo). Imagen correspondiente a la medición 5ANCH 5-4MX en un corte coronal. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

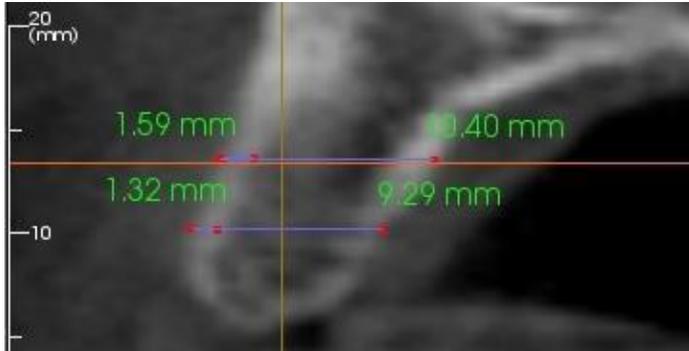


Figura 25. Visión específica de las mediciones completas del espesor de la cortical ósea vestibular y la anchura del proceso alveolar a 5 y a 8 mm de la UAC. Imagen correspondiente a un corte coronal. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

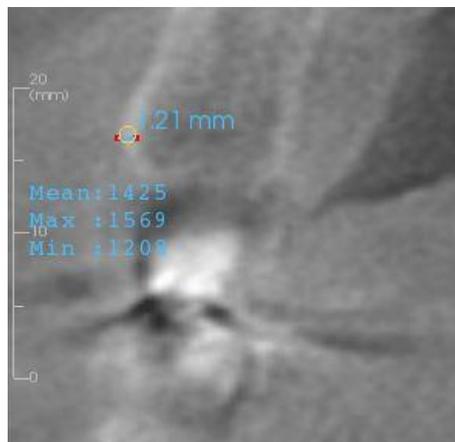


Figura 26. Visión específica, corte coronal de la medición de la densidad ósea en la cortical (círculo amarillo) en 5CORTIC 4-3MX, con sus valores máximos, medios y mínimos en UH. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

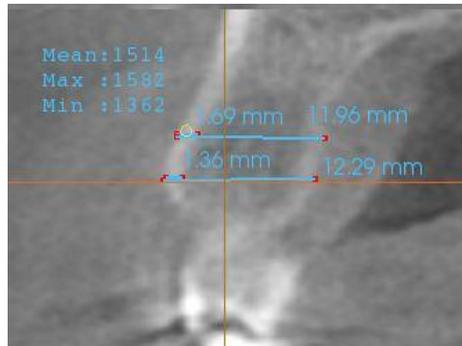


Figura 27. Visión específica, corte coronal de la medición de la densidad ósea en la cortical (círculo amarillo) en 8CORTIC 4-5MX, con sus valores máximos, medios y mínimos en UH. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

En la **figura 28** se puede identificar con más precisión el cómputo de medidas totales interradiculares en el maxilar.

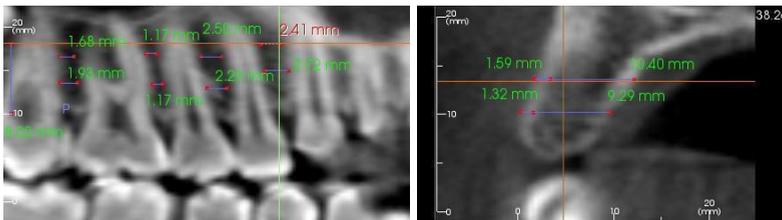


Figura 28. Visión general de las mediciones interradiculares, cortical ósea y anchura del proceso alveolar medidas a 5 y 8 mm de la UAC en el maxilar. Se observa la medición específica en 8IRAD 4-3MX, 8CORTIC 4-3MX y 8ANCH 4-3MX. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California). Corte sagital y coronal.

4.4 MEDICIONES EN LA MANDÍBULA

4.4.1 Mediciones mandibulares de la distancia ósea interradicular, espesor y densidad de la cortical ósea vestibular y anchura del proceso alveolar

Del mismo modo, como ya se ha mencionado, siguiendo el mismo protocolo que en la arcada superior, se realizaron las mediciones en la arcada inferior después de preparar los cortes mandibulares en el CBCT (**Figura 29**).



Figura 29. Visión específica, corte axial de la preparación de los cortes en el CBCT para las mediciones en la hemiarcada mandibular derecha. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

Una vez preparada la arcada, se obtuvieron las mediciones interradiculares en la ventana del corte sagital, de todos los espacios interradiculares mandibulares entre el segundo molar y el canino a **5 y 8 mm verticalmente de la UAC (Figuras 30 y 31)**.

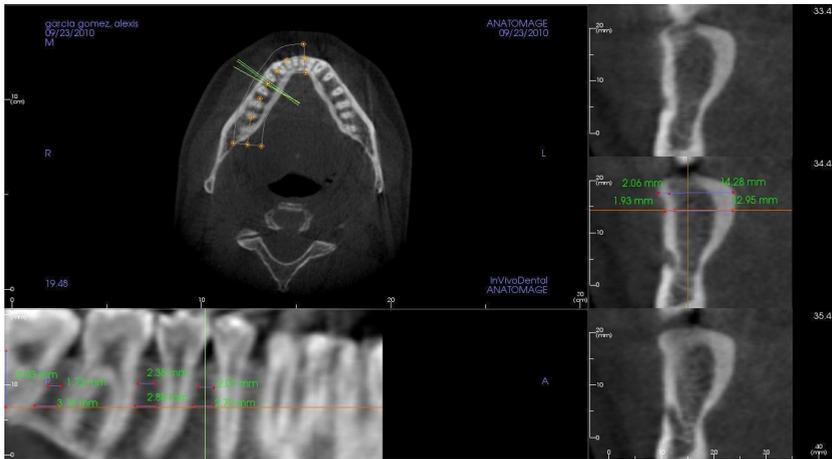


Figura 30. Visión general de las mediciones interradiculares, cortical ósea y anchura del proceso alveolar mandibular a 5 y 8 mm de la UAC. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

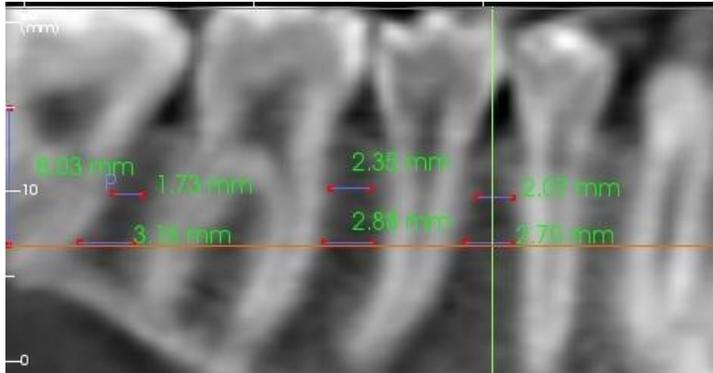


Figura 31. Visión en corte sagital de las mediciones de los espacios interradiculares mandibulares medidos a 5 y 8 mm de la UAC. Se observa más específicamente la medición de 8IRAD 5-4MB. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

En cada punto interradicular a 5 y 8 mm de la UAC, se realizó un corte coronal para obtener las mediciones de la cortical ósea vestibular, la densidad ósea de la cortical y la anchura del proceso alveolar (**Figuras 32, 33, 34 y 35**).

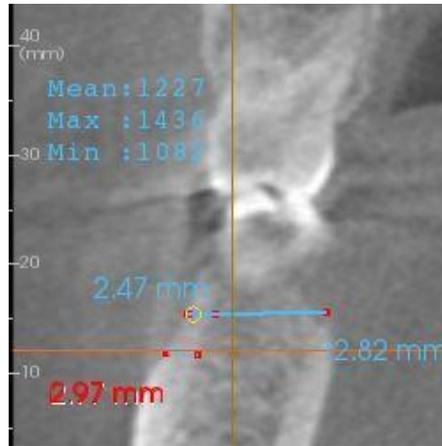


Figura 32. Visión específica donde se muestran en el corte coronal, la medición de espesor de cortical ósea correspondiente a 8CORTIC 7-6 MB (en color rojo). Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

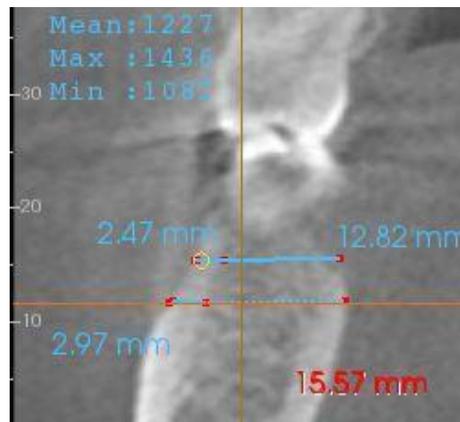


Figura 33. Visión específica donde se muestran en el corte coronal, la medición de la anchura del proceso alveolar correspondiente a 8ANCH 7-6MB (en color rojo). Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

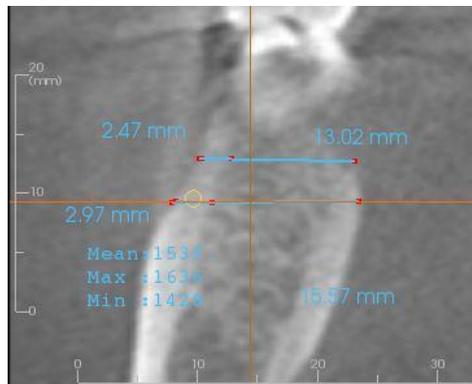


Figura 34. Visión específica donde se muestran en el corte coronal, la medición de la densidad de la cortical ósea mandibular correspondiente a la densidad en 8CORTIC 7-6MB (en color amarillo). Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

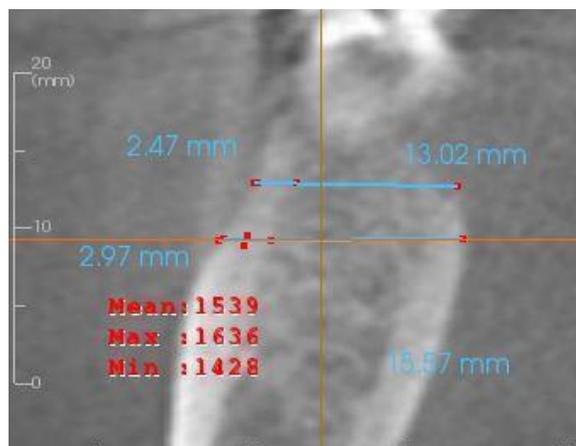


Figura 35. Visión específica donde se muestran en el corte coronal, los valores en UH de la densidad de la cortical ósea vestibular en 8CORTIC 7-6MB. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

4.5 MEDICIONES EN EL ÁREA PALATINA

4.5.1 Mediciones del espesor óseo del hueso palatino (medial y paramedial lateral) y de la densidad

Las mediciones del área palatina se realizaron en la ventana de corte coronal y sagital, a 5 mm distales al foramen incisal siguiendo la sutura palatina media y a 5 mm entre cada una de ellas. También se realizaron las mediciones en el área paramedial a 5 mm y 10 mm de distancia lateral desde la sutura palatina media. Se puede observar en la **figura 36** una imagen axial esquematizada de los lugares donde se realizaron las mediciones del espesor óseo palatino con sus correspondientes nomenclaturas, las cuales aparecen detalladamente explicadas en el **Anexo 2**.



Figura 36. Visión esquematizada de los lugares donde se realizaron las mediciones del espesor óseo palatino. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California). Corte axial.

Las mediciones del área palatinas se realizaron siguiendo el mismo protocolo anteriormente descrito, de orientación y preparación de las imágenes DICOM, y con el mismo programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California) para la visualización de imágenes en CBCT (**Figura 37**).

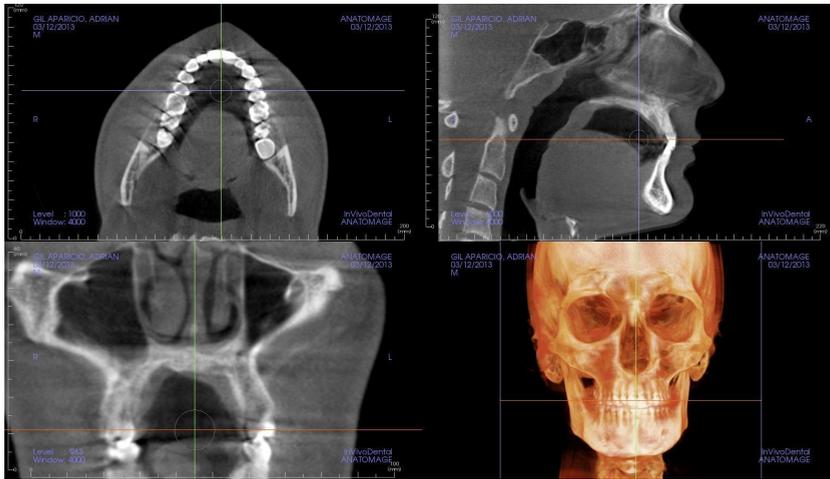


Figura 37. Visión general de la orientación y preparación de la imagen para las mediciones palatinas. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

Una vez las imágenes fueron reorientadas en los tres planos del espacio, se procedió a la localización del foramen incisal, usando la imagen en el plano sagital (**Figura 38**).

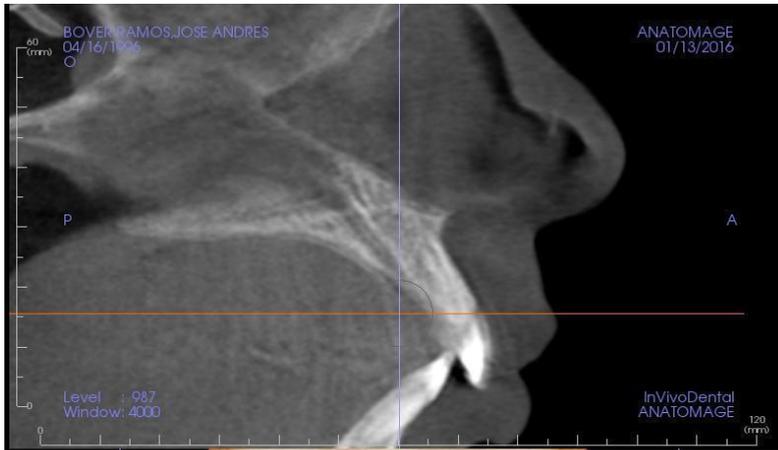


Figura 38. Localización del foramen incisal en un corte en el plano sagital. Programa InVivoDental 6.0 (Anatome®, San José, California).

Se posicionó la imagen sagital de manera que coincidieran las líneas (perpendicular y paralela) con la regla milimetrada a una distancia de 5 mm distalmente al foramen incisal.

Una vez colocada la imagen a 5 mm distal al foramen incisal, siguiendo la sutura palatina media, se procedió a realizar la medición del espesor óseo, tanto en la visión de corte sagital como en la visión de corte coronal.

El límite utilizado para las mediciones en el área media-sagital palatina fue el suelo del hueso nasal excluyendo el septum (Bernhart et al. 2000).

En el mismo punto donde se realizó la medición del espesor palatino en el corte sagital, se procedió a medir la densidad máxima, mínima y media en UH con la herramienta de “círculo” que proporciona el programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California) (**Figura 39**).

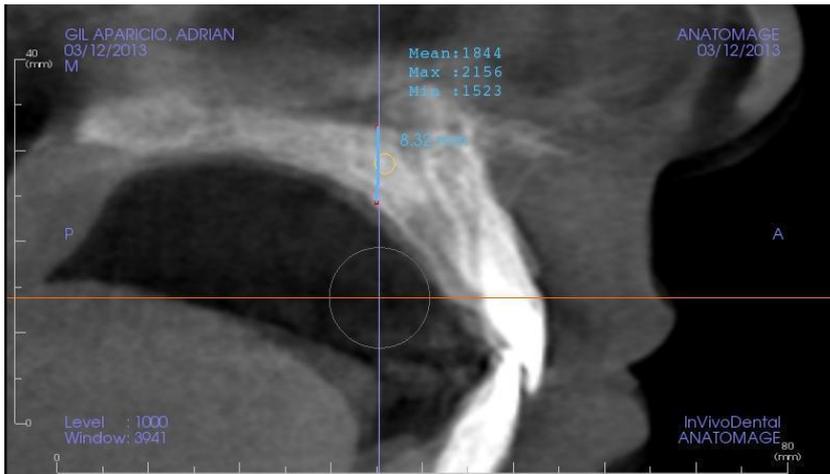


Figura 39. Visión específica de la medición del espesor óseo del hueso palatino a 5 mm del foramen incisal (M5) y de los valores de densidad en UH en ese punto (círculo amarillo). Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California). Corte sagital.

A continuación, en la ventana de corte coronal, el cursor se desplaza a lo largo de la regla milimetrada del programa, 5 mm a la derecha y a la izquierda de la sutura palatina media, obteniendo así las medidas de los espesores palatinos paramediales laterales a 5 mm (**Figuras 40 y 41**).

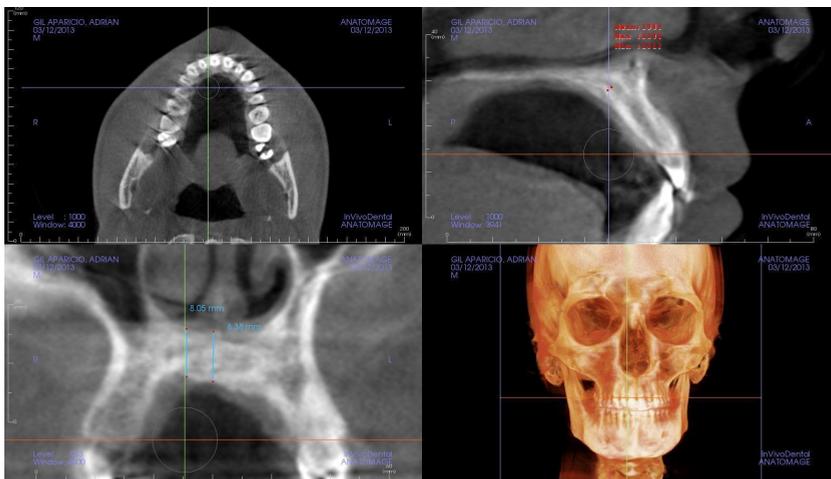


Figura 40. Visión general de la medición del espesor óseo palatino a 5 mm del foramen incisal (M5) y a 5 mm paramedial lateral derecha (R5_5). Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

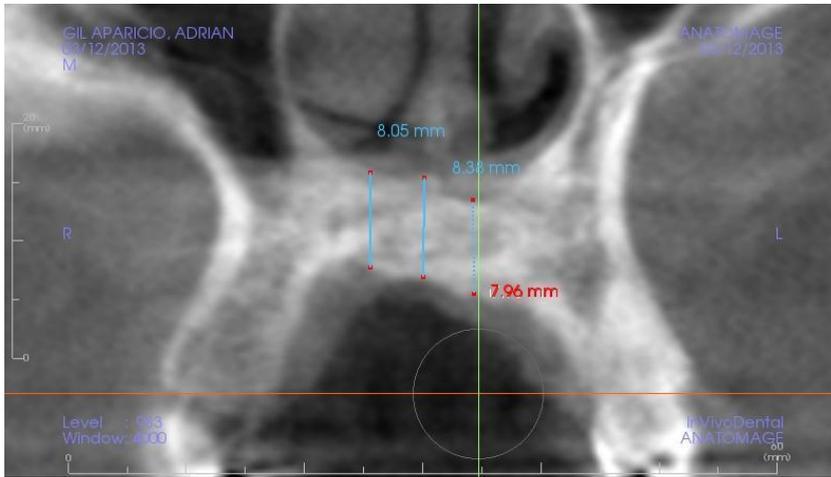


Figura 41. Visión específica de la medición del espesor óseo palatino paramedial lateral izquierda (L5_5), corte coronal. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

Del mismo modo, se desplaza el cursor en el mismo corte coronal y con la regla milimetrada a 10 mm lateralmente a la sutura palatina media, se realizaron las mediciones del espesor palatino a 10 mm (**Figuras 42 y 43**).

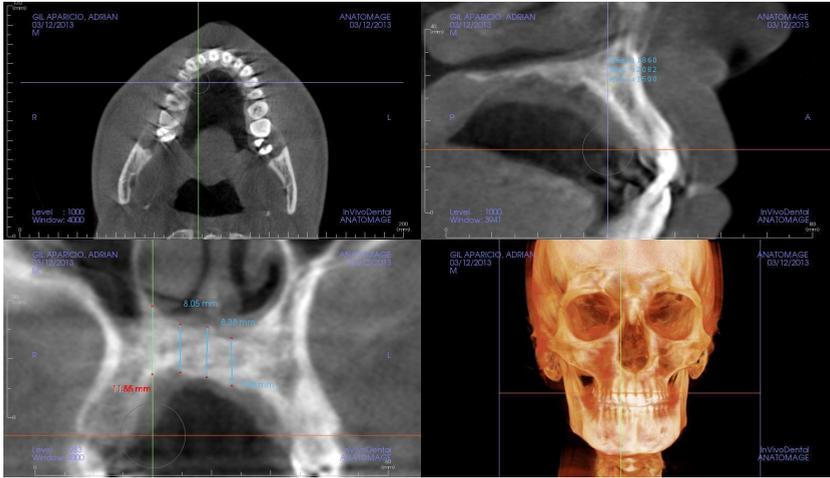


Figura 42. Visión general de la medición del espesor óseo palatino a 5 mm del foramen incisal y a 10 mm paramedial lateral derecha (R5_10). Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

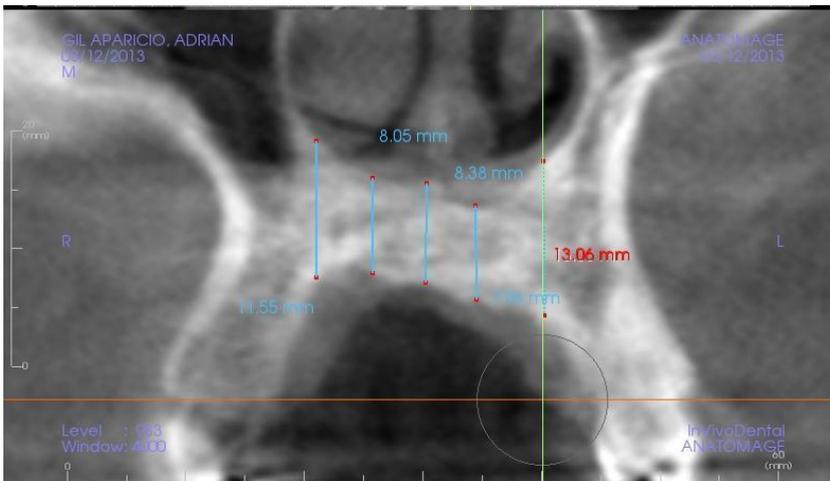


Figura 43. Visión específica de la medición del espesor óseo palatino L5_10, corte coronal. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®).

Para realizar las mediciones siguientes a lo largo de la sutura palatina media a 10, 15 y 20 mm distales al foramen incisal, se vuelve a la ventana de corte sagital y se procede a medir el espesor del hueso palatino y la densidad, del mismo modo que se realizó anteriormente a 5 mm (Figuras 44, 45, 46 y 47).

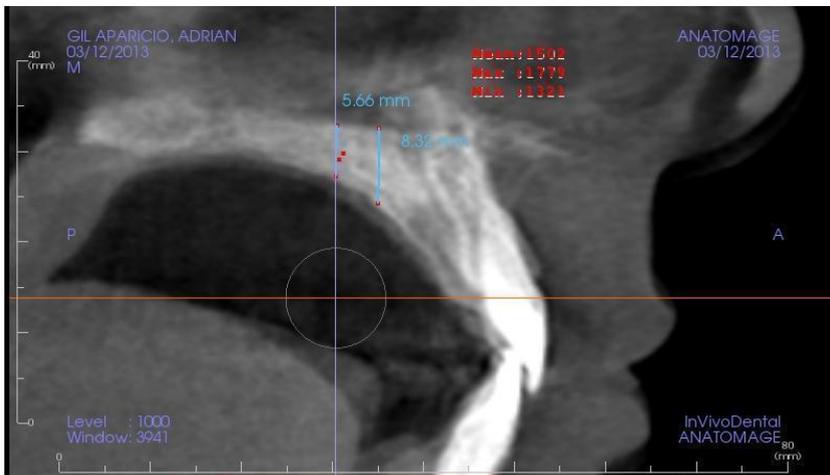


Figura 44. Visión específica de la medición del espesor óseo palatino a 10 mm del foramen incisal (M10) y de los valores de densidad en ese punto (marcados en rojo). Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California). Corte sagital.

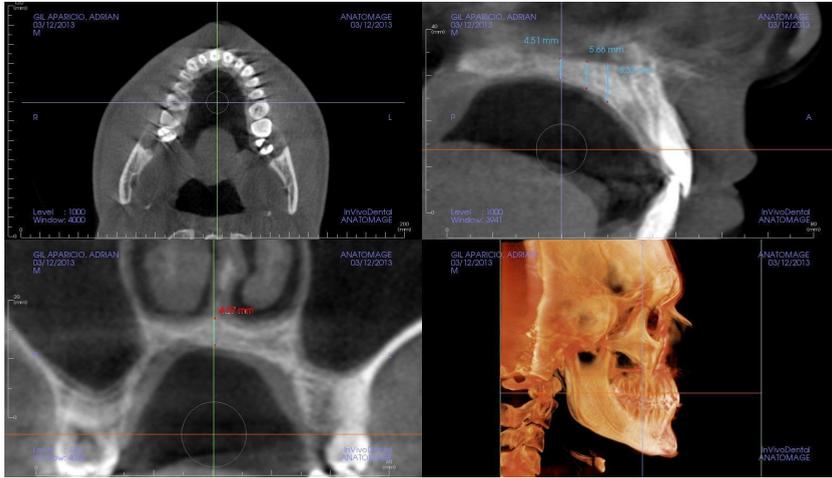


Figura 45. Visión general de la medición del espesor óseo palatino a 15 mm del foramen incisal (M15). Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

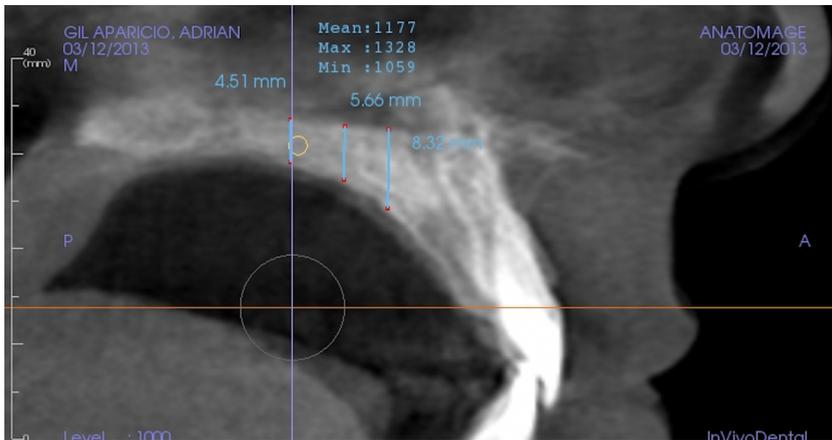


Figura 46. Visión específica de la medición de la densidad ósea palatina en M15 (círculo amarillo). Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California). Corte sagital.

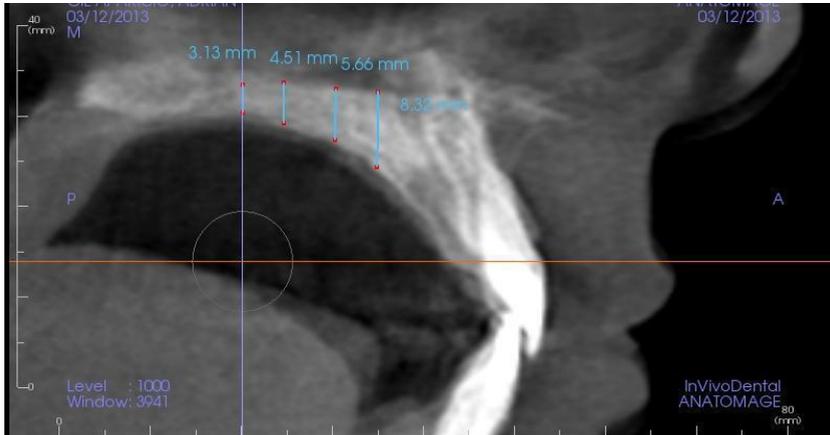


Figura 47. Visión específica de la medición del espesor óseo palatino en M20. Se observan también el resto de mediciones a 5, 10 y 15 mm. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California). Corte sagital.

Al realizar la medición en el corte sagital del espesor del hueso palatino y la densidad a 10, 15 y 20 mm distales al foramen incisal, también se realizaron en el corte coronal para cada distancia, las correspondientes mediciones paramediales laterales a la sutura palatina media, a la misma distancia de 5 y 10 mm izquierda y derecha, tal y como se hizo anteriormente con la medición a 5 mm distal al foramen incisal (**Figuras 48, 49, 50, 51, 52, 53 y 54**).

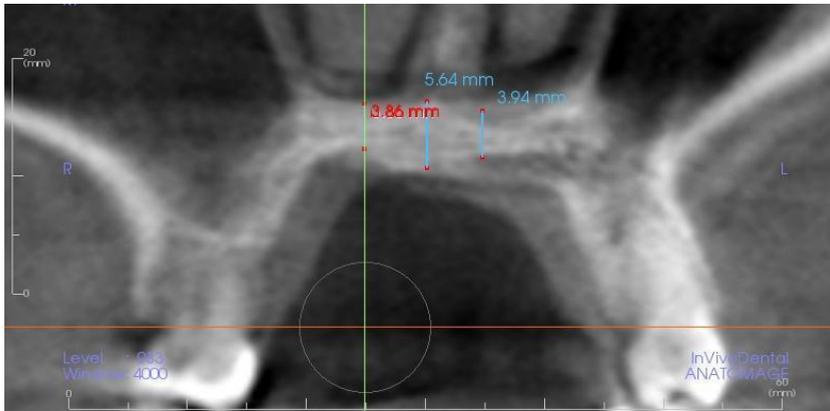


Figura 48. Visión específica de la medición del espesor óseo palatino en R10_5, corte coronal. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

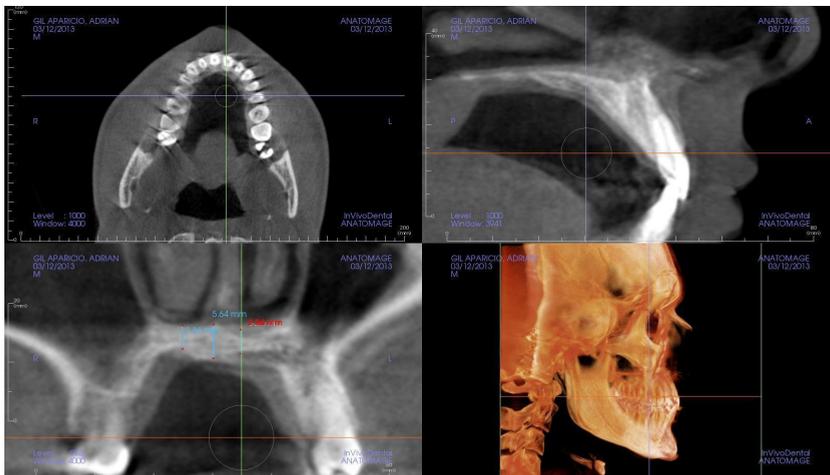


Figura 49. Visión general de la medición del espesor óseo palatino en L10_5. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

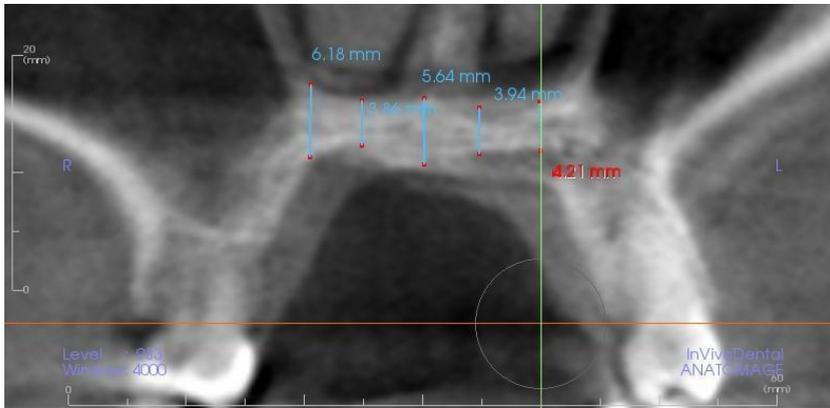


Figura 50. Visión específica de la medición del espesor óseo palatino a 10 mm del foramen incisal y a 10 mm paramedial lateral izquierda (L10_10), corte coronal. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

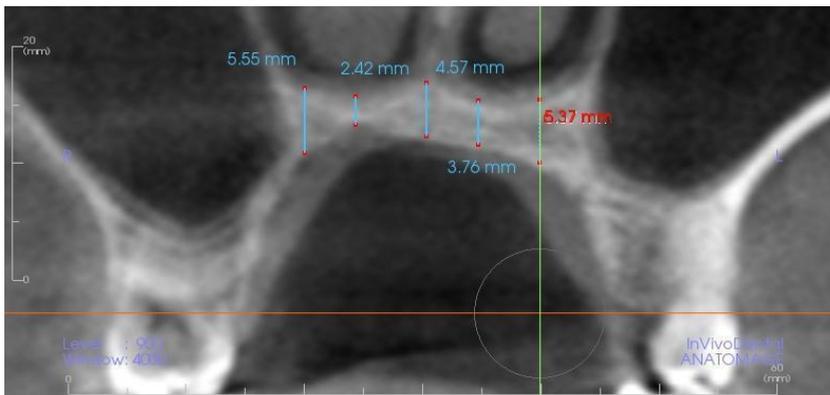


Figura 51. Visión específica de la medición del espesor óseo palatino a 15 mm del foramen incisal y a 10 mm paramedial lateral izquierda (L15_10), corte coronal. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

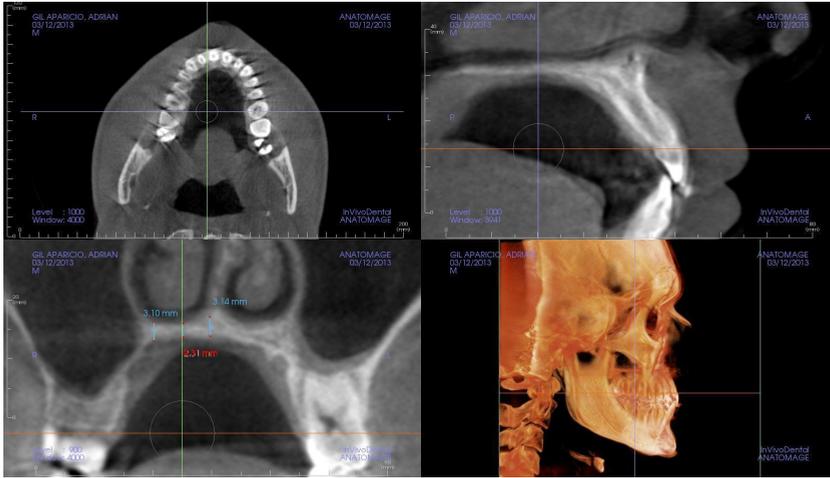


Figura 52. Visión general de la medición del espesor óseo palatino a 20 mm del foramen incisal y a 5 mm paramedial lateral derecha (R20_5). Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

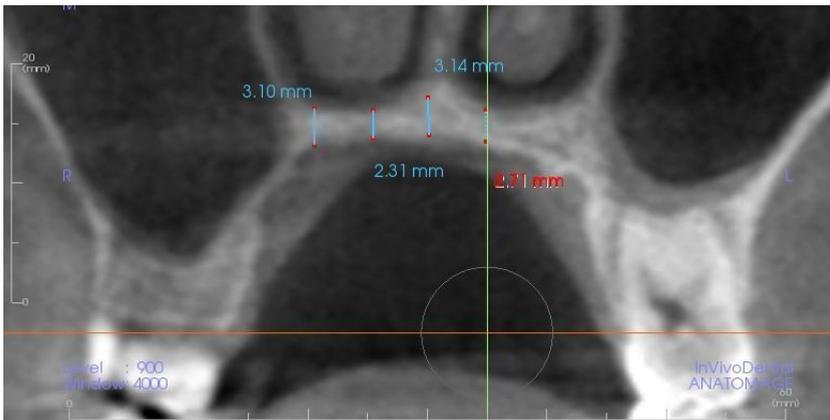


Figura 53. Visión específica de la medición del espesor óseo palatino en L20_5, corte coronal. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

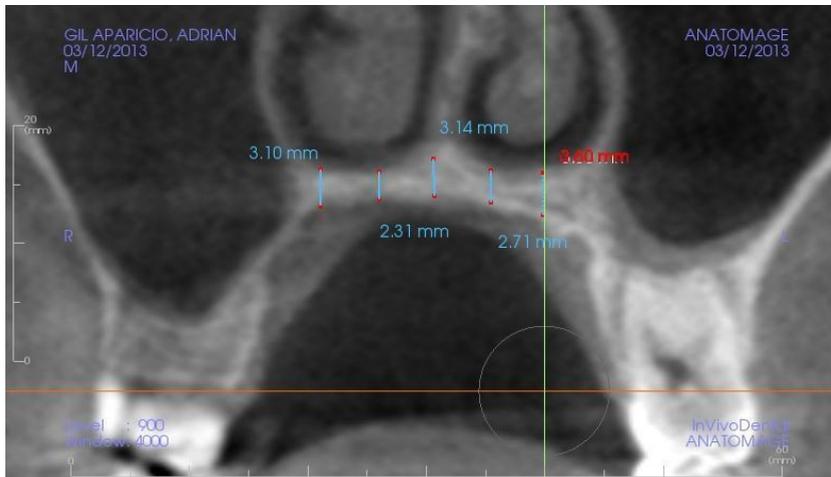


Figura 54. Visión específica de la medición del espesor óseo palatino a 20 mm del foramen incisal y a 10 mm paramedial lateral izquierda (L20_10), corte coronal. Programa InVivoDental 6.0 (Anatomage®, San José, California).

4.5 MÉTODO ESTADÍSTICO

Las variables respuesta para la investigación fueron los diferentes parámetros lineales medidos: espacios interradiculares, cortical ósea vestibular, anchura del proceso alveolar y el espesor del hueso palatino. Además, se registraron medidas de la densidad ósea palatina y de la densidad de la cortical vestibular en una sub-muestra de 69 pacientes (23/23/23). Todos los datos estadísticos de este estudio fueron analizados con el programa informático SPSS Statistics.

El *análisis descriptivo* proporciona los estadísticos más relevantes para todas las variables recogidas en la investigación: media, desviación estándar, mínimo, máximo y mediana (para variables continuas, la mayoría) y frecuencias absolutas y relativas.

El *análisis inferencial* tiene por objeto determinar si existen diferencias en las dimensiones según patrón facial, clase esquelética, edad y sexo.

Inicialmente, se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para el contraste de la hipótesis de ajuste a distribución normal de los parámetros en los diferentes grupos de patrón facial. En un 90%

de los contrastes se concluyó la aceptación de la normalidad. Sólo en un 1% de los contrastes, se constató que la variable implicada era una medición de densidad (medida sobre $n = 23$ pacientes). En el resto (medidas sobre $n = 43$ pacientes) el moderado tamaño de la muestra asegura la robustez de los métodos paramétricos.

Tras un estudio previo, se determinó que el enfoque paramétrico de análisis sería apropiado para abordar los objetivos de la investigación.

Se desarrolló un modelo lineal general de análisis de la varianza (ANOVA) de un factor para evaluar diferencias en las medias de un parámetro óseo según patrón facial. Se verificaron las hipótesis de aplicabilidad del modelo relativas a la normalidad de los residuos y la homogeneidad de las varianzas de error (test de Levene). Para las comparaciones múltiples (post-hoc) se utilizó el test de Bonferroni.

En una segunda fase, el modelo se extiende a 2 factores entre-sujetos adicionales: sexo y clase esquelética, además de la covariable edad. Se planteó un modelo ANCOVA con el objetivo principal de ajustar el efecto del patrón facial para estas nuevas variables y evaluar su influencia en las variables óseas.

Este modelo contempló la inclusión de efectos principales e interacciones.

El *nivel de significatividad* empleado en los análisis fue del 5% ($\alpha = 0,05$). Cualquier p-valor menor a 0,05 fue indicativo de una relación estadísticamente significativa. Por el contrario, un p-valor mayor o igual a 0,05 indicaba ausencia de relación. En el presente estudio se muestra la significatividad en forma de asteriscos. Se puede observar un *p-valor $< 0,05$ el cual corresponde con una significatividad estadística moderada; un **p-valor $< 0,01$ el cual hace referencia a una significatividad estadística alta y un ***p-valor $< 0,001$ que corresponde a una significatividad estadística muy alta.

Se utilizó el test F del modelo de análisis de varianza para evaluar el efecto del patrón facial, con un nivel de confianza del 95% y considerando un tamaño del efecto $f = 0,4$ (grande), la potencia alcanzada es 98,6% en una muestra como la actual ($n = 129$).

Por tanto, los test estadísticos no tuvieron problemas en detectar como significativas diferencias verdaderamente importantes y fue factible también detectar muchas de las de magnitud moderada.

RESULTADOS

5. RESULTADOS.

Siguiendo el esquema establecido en el apartado de Material y Métodos basado en las diferentes mediciones de este estudio, se han dividido los resultados de la misma manera. La nomenclatura de las mediciones que se utilizó para este estudio se muestra explicada detalladamente en el **Anexo 2**.

5.1 ANÁLISIS DE LA REPRODUCIBILIDAD

5.1.1 Reproducibilidad intraobservador

Para evaluar la reproducibilidad del método en las mediciones maxilares, mandibulares y palatinas, se seleccionaron un total de 15 pacientes de la muestra total, los cuales fueron medidos de nuevo por parte de la misma operadora (A.M.C), dos meses después de la primera medición.

En los resultados de las mediciones realizadas por el mismo operador, se observó que las diferencias medias de los valores mostrados entre la primera y la segunda medición osciló entre

-0,13 y 0,05 mm en el grupo maxilar y entre -0,28 y 0,25 mm en el grupo mandibular.

Las mayores diferencias medias en valor absoluto en el grupo maxilar se encontraron en los espacios interradiculares, en el espesor de cortical ósea vestibular entre el primer molar y el segundo molar y en la anchura del proceso alveolar entre primer molar y segundo premolar a 5 mm de la unión amelocementaria. En el resto de los parámetros, las diferencias medias fueron menores a 0,1 mm en el valor absoluto.

En el grupo mandibular las variables de todas las anchuras de procesos alveolares destacaron por tener la mayoría de ellas la diferencia negativa, indicando que el observador estaba midiendo de más la segunda vez.

Para integrar el error sistemático (sesgo) y aleatorio (reproducibilidad) en un solo indicador, se recurrió a la *d* de Dahlberg, expresada en unidades originales (mm).

Respecto a la *d* de Dahlberg en el grupo maxilar la media de los valores en la segunda medición fue inferior a 0,08 mm y en los mandibulares inferior a 0,35 mm.

Por último, los valores absolutos de d se relativizan a la magnitud de lo que se está midiendo mediante el **coeficiente de variación (CV)**. Se interpretó como el error técnico de medida o error relativo del método. Los valores obtenidos fueron muy variables, obteniendo una media de valores maxilares de 3,18% y una media de valores mandibulares de 5,8% de coeficiente de variación entre la primera y la segunda medición. Teniendo un error relativo medio para el total del parámetros de 4,4%. Por tanto la reproducibilidad del método es aceptable, ya que es inferior al 5%.

5.1.2 Reproducibilidad interobservador

Para evaluar la reproducibilidad del método interobservador, se seleccionaron un total de 15 pacientes para la medición por parte de un segundo operador (I.F.M), tanto de las mediciones maxilares como de las mandibulares y palatinas.

Para la medición mesiodistal del espacio interradicular entre el segundo y primer molar maxilar, la primera operadora midió en promedio, 0,09 mm menos que el segundo operador. Cuanto más próxima a cero están media y desviación estándar, tanto

más reproducible es el proceso de medición. En general, las medias para las diferentes dimensiones son negativas, lo que sugiere que esta tendencia (midió más el segundo operador) fue generalizable a todos los parámetros.

Para valorar si existía un sesgo apreciable entre las dos mediciones, se aportó el intervalo de confianza al 95% y se aplicó un test t de medidas repetidas. En general, se observó que no hubo un sesgo entre ambas mediciones.

El estadístico **d de Dahlberg** toma valores inferiores a 0,25 mm para la mayoría de las dimensiones. Es una estimación del error absoluto cuando se compara la primera y la segunda medición. La interpretación, en términos absolutos, es que las cifras fueron bastante bajas. En muy contadas excepciones superó el valor 0,4 mm.

En términos relativos, los valores del error del método (**coeficiente de variación CV**) se situaron por debajo del 10% en casi todas las variables, cifras que pueden interpretarse como de reproducibilidad moderada. Es importante destacar que muchas de estas variables tienen valores muy bajos (miden distancias de escasa magnitud), por lo que el CV es muy

sensible a este hecho y fácilmente se dispara. Así que este indicador es el menos confiable de todos los calculados.

Por último, se calculó el **coeficiente de correlación intraclase** (CCI), que es otro indicador del grado de concordancia entre las dos evaluaciones. Este indicador es especialmente sensible al error aleatorio (no tanto al error sistemático). Se han obtenido valores superiores a 0,90 en la mayoría de los casos, lo que indica que la reproducibilidad es alta.

5.2. RESULTADOS MUESTRALES Y DIVISIÓN DEL PATRÓN ESQUELÉTICO FACIAL Y CLASE ESQUELÉTICA

De los 129 pacientes seleccionados, 70 correspondían a mujeres (54,3%) y 59 a hombres (45,7%), con una media de edad de $32,9 \pm 11,1$ años en un rango de los 18 a 63 años (**Tabla 1**).

	N	%
Total	129	100,0 %
<=25 años	42	32,6 %
26-35 años	38	29,5 %
>35 años	49	38,0 %

Tabla 1. Distribución de la muestra por grupos de edad, expresado en N (número) y % (porcentaje).

La muestra de hombres y mujeres fue dividida teniendo en cuenta el patrón facial esquelético vertical. Los CBCTs de la muestra se distribuyeron en 3 grupos balanceados (n = 43/43/43)

correspondientes al patrón facial hiperdivergente, hipodivergente y normodivergente (**Tabla 2**).

SEXO	TIPO FACIAL							
	Total		Hiperdivergente		Normodivergente		Hipodivergente	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Total	129	100,0 %	43	100,0 %	43	100,0 %	43	100,0 %
Hombre	59	45,7 %	19	44,2 %	20	46,5 %	20	46,5 %
Mujer	60	54,3 %	24	55,8 %	23	53,5 %	23	53,5 %

Tabla 2. Distribución de la muestra por sexo según el patrón facial.

Otra clasificación relevante de los sujetos se estableció según la clase esquelética sagital, dividiéndose en Clase I, Clase II y Clase III.

En la **tabla 3** se muestra la distribución de los sujetos con Clase I (50), Clase II (47) y Clase III (32) esquelética y el patrón facial correspondiente de los mismos.

CLASE ESQUELETICA	TIPO FACIAL							
	Total		Hiperdivergente		Normodivergente		Hipodivergente	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Total	129	100,0 %	43	100,0 %	43	100,0 %	43	100,0 %
Clase I	50	38,8 %	13	30,2 %	18	41,9 %	19	44,2 %
Clase II	47	36,4 %	15	34,9 %	18	41,9 %	14	32,6 %
Clase III	32	24,8 %	15	34,9 %	7	16,3 %	10	23,3 %

Tabla 3. Distribución de la muestra por Clase esquelética según el patrón facial.

5.3. MEDICIONES MAXILARES

5.3.1. RESULTADOS DE LOS ESPACIOS INTERRADICULARES Y SU RELACIÓN CON EL PATRÓN FACIAL.

Espacios interradiculares a 5 mm de la UAC

En la **figura 55** se muestra las medias en milímetros de los valores de los espacios interradiculares entre el segundo molar y el primer molar (5IRAD 7-6MX), el primer molar y el segundo

premolar (5IRAD 6-5MX), el segundo premolar y el primer premolar (5IRAD 5-4MX) y entre el primer premolar y el canino (5IRAD 4-3MX) a **5 mm verticalmente de la UAC en el maxilar**.

Se observa que los valores en sí no difieren demasiado entre unos dientes y otros, siendo donde mayor espacio mesiodistal se encontró entre dientes 6-5 y 5-4.

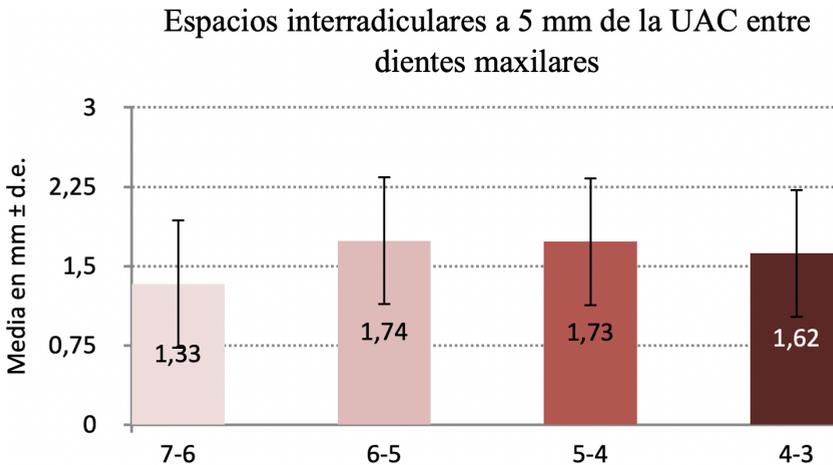


Figura 55. Distancias medias en mm de los espacios interradiculares a 5 mm de la UAC en el maxilar.

Al realizar el modelo ANOVA de una vía para comprobar si existía relación entre el patrón facial y los espacios

interradiculares a 5 mm de la UAC en el maxilar , se observaron resultados estadísticamente significativos tal y como se muestra en la **tabla 4**.

Espacio interradicular 5 mm UAC	p-valor (F ANOVA)	Hiperdivergente vs. Normodivergente	Hiperdivergente vs. Hipodivergente	Normodivergente vs. Hipodivergente
7-6	0,240	0,992	1,000	0,280
6-5	0,020*	0,067	0,032*	1,000
5-4	0,004**	0,005**	0,026*	1,000
4-3	0,645	1,000	1,000	1,000

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 4. Espacios interradiculares a 5 mm de la UAC en maxilar según el patrón facial: resultados del modelo ANOVA de una vía y pruebas de comparación múltiple de Bonferroni.

Se observa que existen diferencias estadísticamente significativas según el patrón facial para la distancia entre el primer molar y el segundo premolar (p-valor = 0,020) y todavía más intensas entre el segundo premolar y el primer premolar (p-valor = 0,004).

Básicamente, se aprecia una menor distancia interradicular en aquellos sujetos que poseen patrones faciales hiperdivergentes

frente a los normodivergente y más marcada, frente a los hipodivergentes.

Espacios interradiculares a 8 mm de la UAC

En la **figura 56** se muestran las medias en mm de los valores correspondientes a los espacios interradiculares entre el segundo molar y el primer molar (8IRAD 7-6MX), el primer molar y el segundo premolar (8IRAD 6-5MX), el segundo y primer premolar (8IRAD 5-4MX) y entre el primer premolar y el canino (8IRAD 4-3MX) a **8 mm verticalmente de la UAC en el maxilar**.

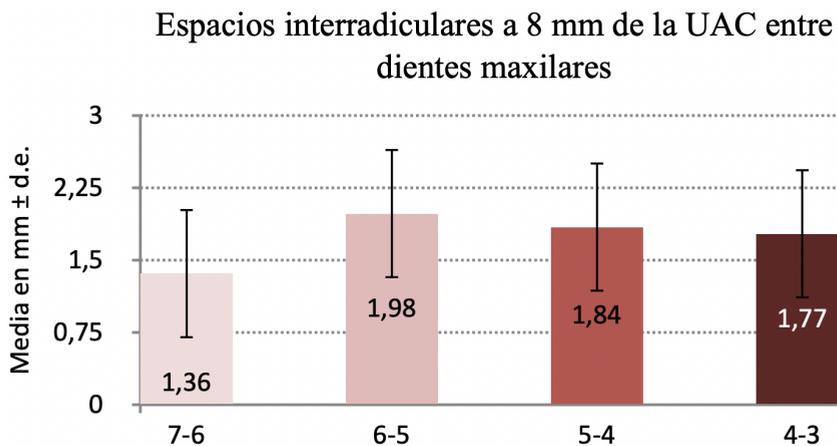


Figura 56. Distancias medias en mm de los espacios interradiculares a 8 mm de la UAC en el maxilar.

Se observó que entre el primer molar y el segundo premolar maxilar a 8 mm de la UAC (8IRAD 6-5MX) es donde mayor espacio se dispone para la colocación de minitornillos.

Los resultados que se obtienen cuando se comparan los espacios interradiculares a 8 mm de la UAC con el patrón facial, replican exactamente lo obtenido a 5 mm de la UAC. Las medidas en los sujetos con patrones faciales hiperdivergentes están claramente disminuidas (**Tabla 5**).

Espacio interradicular 8 mm UAC	p-valor (F ANOVA)	Hiperdivergente vs. Normodivergente	Hiperdivergente vs. Hipodivergente	Normodivergente vs. Hipodivergente
7-6	0,115	0,617	1,000	0,119
6-5	0,031*	0,860	0,027*	0,346
5-4	0,002**	0,024*	0,002**	1,000
4-3	0,967	1,000	1,000	1,000

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 5. Espacios interradiculares a 8 mm de la UAC en el maxilar según el patrón facial: resultados del modelo ANOVA de una vía y pruebas de comparación múltiple de Bonferroni.

5.3.2. RESULTADOS DEL ESPESOR DE LA CORTICAL ÓSEA VESTIBULAR Y SU RELACIÓN CON EL PATRÓN FACIAL

Cortical ósea vestibular a 5 y 8 mm de la UAC

Las medias en milímetros de los valores de cortical ósea vestibular a **5 y 8 mm de la UAC** se muestran en las **figuras 57 y 58**. Se observó que los valores en sí no difieren demasiado entre unos dientes y otros. Entre el primer y el segundo premolar maxilar (5CORTIC 5-4MX y 8CORTIC 5-4MX) se obtuvieron unos resultados con unos valores medios en la cortical ósea vestibular mayores. Las medias de valores de espesor de cortical ósea vestibular a 8 mm de la UAC fueron mayores que a 5 mm.

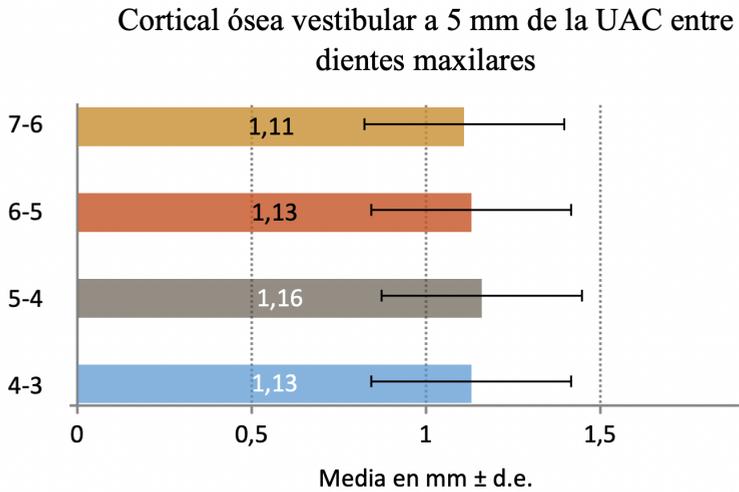


Figura 57. Distancias medias en mm de la cortical ósea vestibular a 5 mm de la UAC en el maxilar.

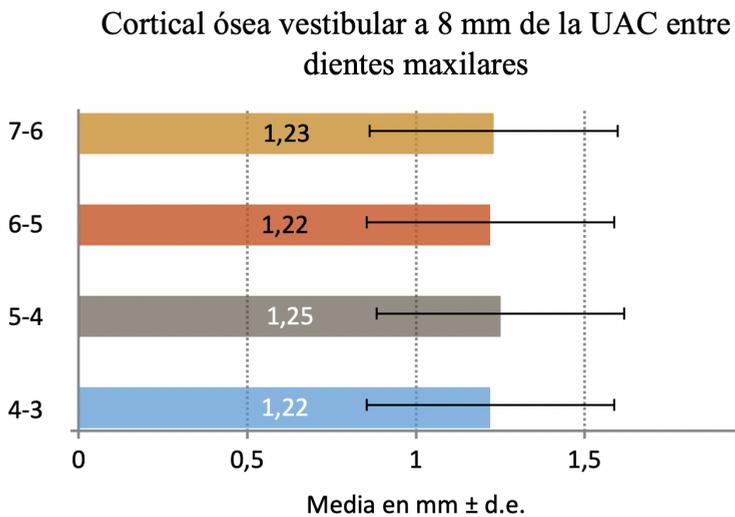


Figura 58. Distancias medias en mm de la cortical ósea vestibular a 8 mm de la UAC en el maxilar.

Al realizar el modelo ANOVA de una vía para comprobar si existía relación entre el patrón facial y el espesor de la cortical ósea vestibular a 5 mm de la UAC, no se observaron resultados estadísticamente significativos. En cambio, sí se encontraron resultados estadísticamente significativos a 8 mm de la UAC (Tabla 6).

Espacio interradicular (Cortical vb a 8 mm)	p-valor (FANOVA)	Hiperdivergente vs. Normodivergente	Hiperdivergente vs. Hipodivergente	Normodivergente vs. Hipodivergente
7-6	0,668	1,000	1,000	1,000
6-5	0,141	1,000	0,170	0,481
5-4	0,038*	1,000	0,223	0,040*
4-3	0,011*	0,910	0,010*	0,151

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 6. Espesor de la cortical ósea vestibular a 8 mm de la UAC en el maxilar según el patrón facial: resultados del modelo ANOVA de una vía y pruebas de comparación múltiple de Bonferroni.

El espesor de la cortical vestibular entre el primer y segundo premolar (8CORTIC 5-4MX) difiere significativamente según el patrón facial del sujeto. En los patrones faciales hipodivergentes

se observaron valores aumentados respecto a los normodivergentes (p-valor = 0,040).

En las mediciones del espesor de la cortical ósea vestibular entre el primer premolar y el canino (8CORTIC 4-3MX), se encontraron diferencias cuando se compararon los patrones faciales hiperdivergente con los hipodivergentes. En los patrones faciales hipodivergentes se observan valores aumentados respecto a los hiperdivergentes (p-valor = 0,010) (**Figura 59**).

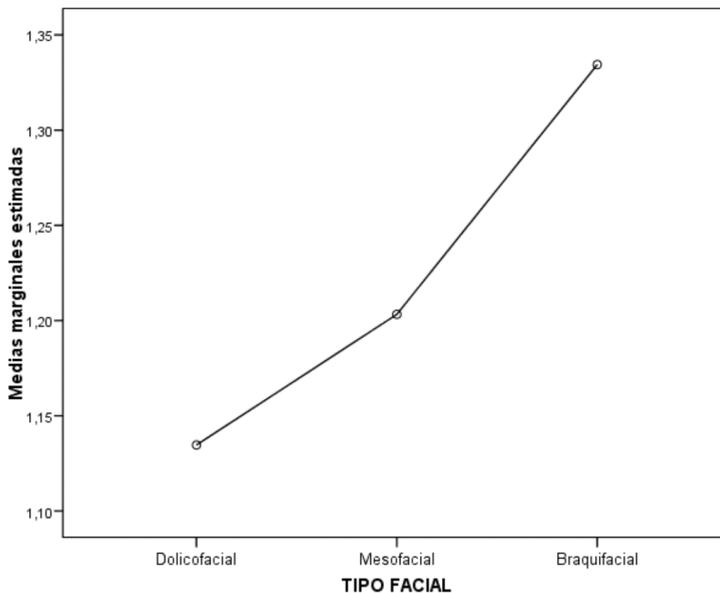


Figura 59. Diagrama que representa la relación entre el espesor de la cortical ósea vestibular a 8 mm de la UAC y el patrón facial.

5.3.3. RESULTADOS DE LA ANCHURA DEL PROCESO ALVEOLAR Y SU RELACIÓN CON EL PATRÓN FACIAL

Anchura del proceso alveolar a 5 y 8 mm de la UAC

En la **figura 60** se muestran los valores medios en milímetros de la anchura del proceso alveolar maxilar en 7-6, 6-5, 5-4 y 4-3 a **5 mm verticalmente de la UAC**.

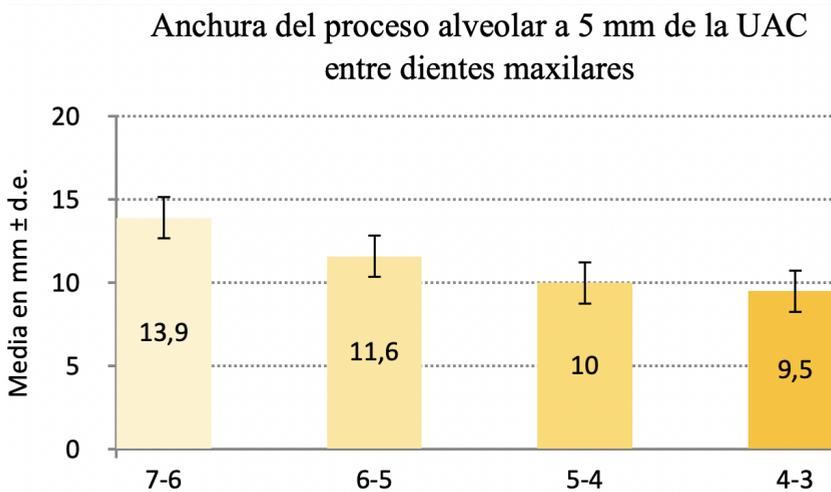


Figura 60. Distancias medias en mm de la anchura del proceso alveolar a 5 mm de la UAC en el maxilar.

Se observó que existía una mayor anchura del proceso alveolar en los sectores posteriores, más concretamente en 5ANCH 7-6MX y 5ANCH 6-5MX.

Las relaciones respecto a la anchura del proceso alveolar con el patrón facial a 5 mm de la UAC, se muestran en la **tabla 7**. Se observó que para la distancia entre el diente 6 y 5 (5ANCH 6-5MX), existían diferencias estadísticamente significativas entre los patrones faciales hiperdivergentes y normodivergentes, teniendo los patrones normodivergentes mayor anchura de proceso alveolar que los hiperdivergentes (p-valor = 0,018).

Espacios interradiculares (Anchura a 5 mm UAC)	p-valor (F ANOVA)	Hiperdivergente vs. Normodivergente	Hiperdivergente vs. Hipodivergente	Normodivergente vs. Hipodivergente
7-6	0,233	0,470	0,377	1,000
6-5	0,023*	0,018*	0,496	0,498
5-4	0,245	0,549	0,367	1,000
4-3	<0,001***	0,016*	<0,001***	0,765

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 7. Distancias de anchura del proceso alveolar a 5 mm de la UAC en el maxilar según el patrón facial: resultados del modelo ANOVA de una vía y pruebas de comparación múltiple de Bonferroni.

Más fuertes fueron las diferencias significativas para la anchura del proceso alveolar en 8ANCH 4-3MX, siendo los patrones faciales hiperdivergentes los que poseían menor valor medio de anchura que los otros dos grupos (p -valor $< 0,001$). Se observa que los patrones faciales hipodivergentes tienen valores más altos de anchura del proceso alveolar a 5 mm de la UAC (**Figura 61**).

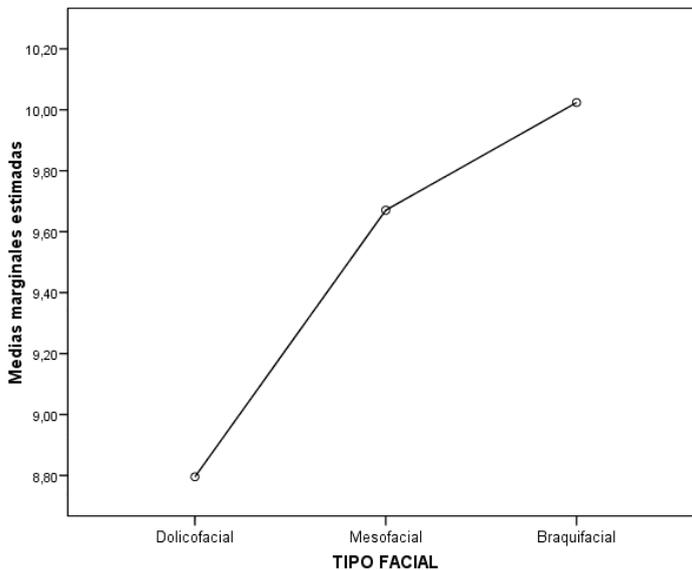


Figura 61. Diagrama que representa la relación entre la anchura del proceso alveolar a 5 mm de la UAC y el patrón facial.

En la **figura 62** se muestran los valores medios en mm de la anchura del proceso alveolar maxilar entre dientes 7-6, 6-5, 5-4 y 4-3 a **8 mm de la UAC**. Se observa que existe una mayor anchura del proceso alveolar en los sectores posteriores y ésta es también mayor que a 5 mm de la UAC. Por tanto, la anchura del proceso alveolar aumenta a medida que se aproxima a la zona apical.

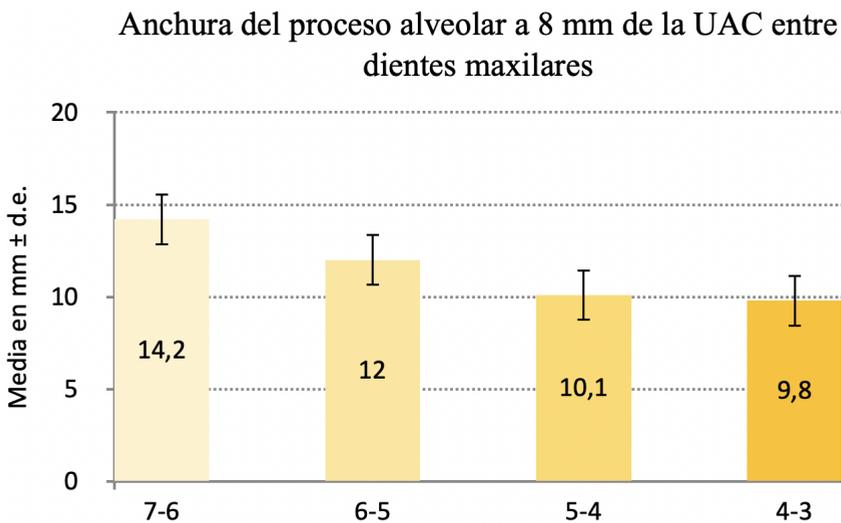


Figura 62. Distancias medias en mm de la anchura del proceso alveolar a 8 mm de la UAC en el maxilar.

En las mediciones del proceso alveolar a 8 mm de la UAC, cuando se relacionan con el patrón facial, se observa que se mantienen las diferencias estadísticamente significativas que presentaban a 5 mm de la UAC entre los patrones faciales hiperdivergentes y los otros dos grupos. En los patrones faciales hiperdivergentes, la medida de anchura del proceso alveolar se presenta reducida entre el primer premolar y el canino (8ANCH 4-3MX) con un p-valor < 0,001 (**Tabla 8**).

Espacios interradiculares (Anchura a 8 mm UAC)	p-valor (F ANOVA)	Hiperdivergente vs. Normodivergente	Hiperdivergente vs. Hipodivergente	Normodivergente vs. Hipodivergente
7-6	0,649	1,000	1,000	1,000
6-5	0,165	0,210	0,490	1,000
5-4	0,096	0,624	0,095	1,000
4-3	<0,001***	0,001*	<0,001***	1,000

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 8. Distancias de anchura del proceso alveolar a 8 mm de la UAC en el maxilar según el patrón facial: resultados del modelo ANOVA de una vía y pruebas de comparación múltiple de Bonferroni.

5.3.4. RESULTADOS DE LA DENSIDAD ÓSEA EN LA CORTICAL VESTIBULAR Y SU RELACIÓN CON EL PATRÓN FACIAL

Densidad ósea en la cortical vestibular a 5 y 8 mm de la UAC en maxilar

Las medias en unidades Hounsfield de los valores de densidad ósea en la cortical vestibular a **5 y 8 mm de la UAC**, se muestran en las **figuras 63, 64, 65 y 66**. Se observó que los valores de densidad en UH a 8 mm de la UAC fueron mayores, por tanto la densidad de la cortical aumenta hacia apical.

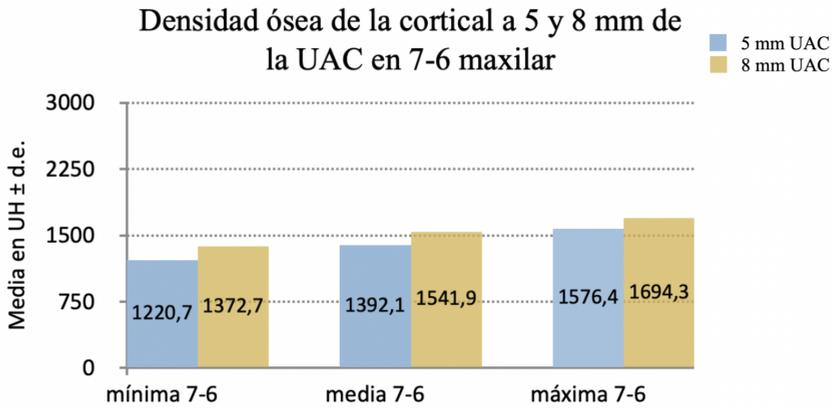


Figura 63. Valores medios de densidad en UH de la cortical ósea vestibular a 5 mm y 8 mm de la UAC entre los dientes 7 y 6 en el maxilar.

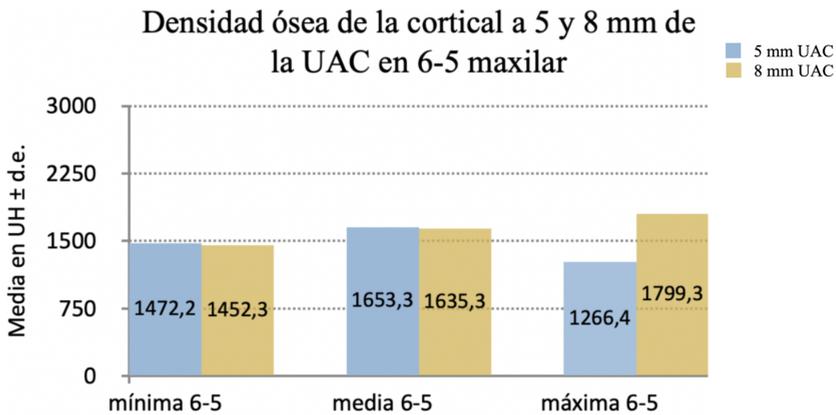


Figura 64. Valores medios de densidad en UH de la cortical ósea vestibular a 5 mm y 8 mm de la UAC entre los dientes 6 y 5 en el maxilar.

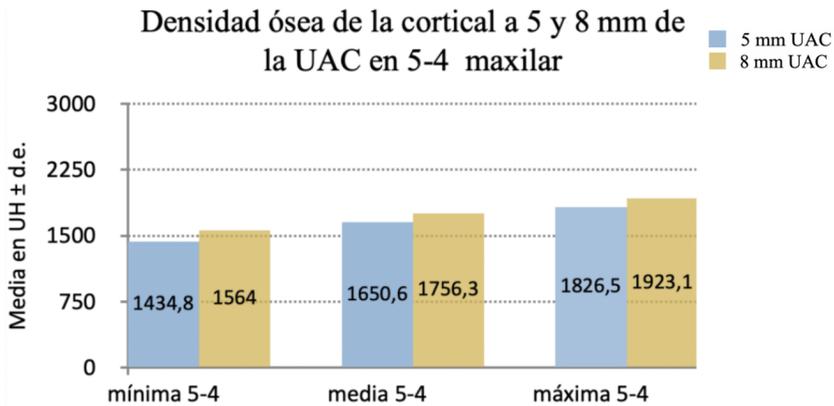


Figura 65. Valores medios de densidad en UH de la cortical ósea vestibular a 5 mm y 8 mm de la UAC entre los dientes 5 y 4 en el maxilar.

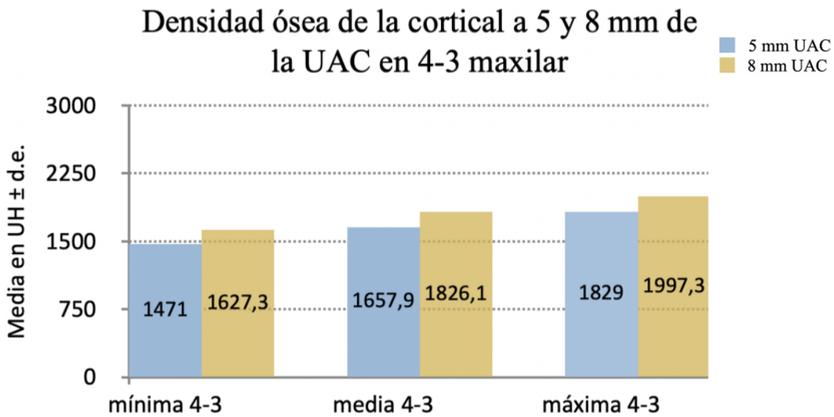


Figura 66. Valores medios de densidad en UH de la cortical ósea vestibular a 5 mm y 8 mm de la UAC entre los dientes 4 y 3 en el maxilar.

Al comparar la densidad de la cortical ósea vestibular a **5 mm** de la UAC con el patrón facial de los sujetos, se observó que no existían diferencias estadísticamente significativas para ninguno de los 3 patrones faciales estudiados (**Tabla 9**).

Densidad media interradicular a 5 mm de la UAC en maxilar	p-valor (FANOVA)	Hiperdivergente vs. Normodivergente	Hiperdivergente vs. Hipodivergente	Normodivergente vs. Hipodivergente
Densidad med 7-6	0,155	0,265	0,303	1,000
Densidad med 6-5	0,233	0,420	0,417	1,000
Densidad med 5-4	0,771	1,000	1,000	1,000
Densidad med 4-3	0,490	0,727	1,000	1,000

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 9. Densidad media interradicular maxilar a 5 mm de la UAC según el patrón facial.

Sólo para la densidad media entre el primer y el segundo molar a **8 mm de la UAC en el maxilar** se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas (p-valor = 0,017) (**Tabla 10**).

Densidad media interradicular a 8 mm de la UAC en maxilar	p-valor (FANOVA)	Hiperdivergente vs. Normodivergente	Hiperdivergente vs. Hipodivergente	Normodivergente vs. Hipodivergente
Densidad med 7-6	0,017*	0,015*	0,202	0,908
Densidad med 6-5	0,079	0,091	1,000	0,315
Densidad med 5-4	0,190	0,270	0,462	1,000
Densidad med 4-3	0,231	0,281	1,000	0,795

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 10. Densidad media interradicular maxilar a 8 mm de la UAC según el patrón facial.

En general, las medidas de la densidad ósea en UH para los sujetos con patrones faciales hiperdivergentes obtuvieron valores más altos que para los patrones faciales normodivergentes.

5.3.5. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES MAXILARES EN RELACIÓN CON FACTORES INDEPENDIENTES

Espacios interradiculares a 5 y 8 mm de la UAC

Como resultado de la interacción de los espacios interradiculares a 5 y 8 mm de la UAC y el resto de factores independientes, como la edad, el sexo y la clase esquelética, se observa en las

tablas 11 y 12 que existen diferencias significativas para ciertos parámetros.

	Tipo Facial	Clase	Sexo	Edad	Tipo x Clase	Tipo x Sexo	Tipo x Edad	Clase x Sexo	Clase x Edad	Sexo x Edad
7-6	0,305	0,136	0,373	0,040*	0,219	0,873	0,439	0,883	0,243	0,796
6-5	0,459	0,673	0,734	0,840	0,746	0,639	0,525	0,514	0,618	0,899
5-4	0,021*	0,075	0,680	0,848	0,891	0,950	0,052	0,410	0,071	0,712
4-3	0,569	0,901	0,913	0,296	0,786	0,633	0,431	0,740	0,643	0,906

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 11. Espacios interradiculares a 5 mm de la UAC en maxilar según el patrón facial y el resto de factores independientes.

Como se observa en la **tabla 11**, a medida que aumenta la edad de los sujetos, se obtuvieron mayores espacios interradiculares entre el primer y el segundo molar maxilar (5IRAD 7-6MX). Esta tendencia continuaba en aumento con la edad que presentaban los sujetos. A mayor edad, mayor espacio (p-valor = 0,040).

Ya se comentó en el bloque anterior sobre la interacción específica con el patrón facial, y se observó que el espacio interradicular disponible entre el primer y el segundo premolar dependía del patrón facial. Los sujetos con un patrón facial hiperdivergente mostraron entre estos dos dientes menor

espacio, siendo más significativo en la distancia a 8 mm de la UAC (p-valor = 0,001).

Se muestran por tanto también en las **tablas 11 y 12** estos resultados y se observa que en pacientes jóvenes con patrones faciales hiperdivergentes y normodivergentes, el espacio interradicular entre el primer y el segundo premolar (8IRAD 5-4MX) a 8 mm de la UAC es más pequeño que en pacientes hipodivergentes (p-valor = 0,010).

	Tipo Facial	Clase	Sexo	Edad	Tipo x Clase	Tipo x Sexo	Tipo x Edad	Clase x Sexo	Clase x Edad	Sexo x Edad
7-6	0,552	0,194	0,159	0,648	0,475	0,888	0,926	0,531	0,547	0,235
6-5	0,218	0,833	0,526	0,728	0,849	0,260	0,463	0,845	0,809	0,894
5-4	0,001**	0,083	0,523	0,899	0,887	0,887	0,010*	0,275	0,087	0,484
4-3	0,712	0,302	0,761	0,035*	0,254	0,571	0,528	0,467	0,128	0,759

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 12. Espacios interradiculares a 8 mm de la UAC en maxilar según el patrón facial y el resto de factores independientes.

Cabe destacar que el espacio interradicular 8IRAD 4-3MX, está relacionado con la edad. A más edad, mayor espacio (p-valor = 0,035).

Cortical ósea vestibular a 5 y 8 mm de la UAC

Como resultado de la interacción de las medidas de la cortical ósea vestibular a **5 y 8 mm de la UAC** y el resto de factores independientes, como la edad, el sexo y la clase esquelética, se observa en las **tablas 13 y 14** que existen diferencias significativas para ciertos parámetros.

	Tipo Facial	Clase	Sexo	Edad	Tipo x Clase	Tipo x Sexo	Tipo x Edad	Clase x Sexo	Clase x Edad	Sexo x Edad
7-6	0,525	0,756	0,456	0,831	0,075	0,592	0,647	0,074	0,850	0,414
6-5	0,428	0,403	0,145	0,008**	0,283	0,906	0,523	0,124	0,830	0,497
5-4	0,206	0,241	0,851	0,011*	0,997	0,361	0,539	0,065	0,648	0,480
4-3	0,781	0,018*	0,012*	<0,001***	0,680	0,559	0,976	0,008**	0,071	0,043*

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 13. Cortical ósea vestibular a 5 mm de la UAC en maxilar según el patrón facial y el resto de factores independientes.

Respecto a la cortical ósea vestibular entre los dientes 6-5, 5-4 y 4-3, a **5 mm de la UAC**, se observó que a mayor edad se obtuvieron medidas más pequeñas de la misma, especialmente en 5CORTIC 4-3MX con un p-valor < 0,001.

Respecto a la interacción con la clase esquelética, el sexo y la edad, se observó que en las clases II esqueléticas, se extremaron las diferencias de mediciones de la cortical ósea entre hombre y mujeres, obteniendo valores más pequeños en hombres con el aumento de la edad.

En los hombres el impacto de la edad sobre la reducción de la cortical ósea vestibular a 5 mm de la UAC es más evidente (**Figura 67**).

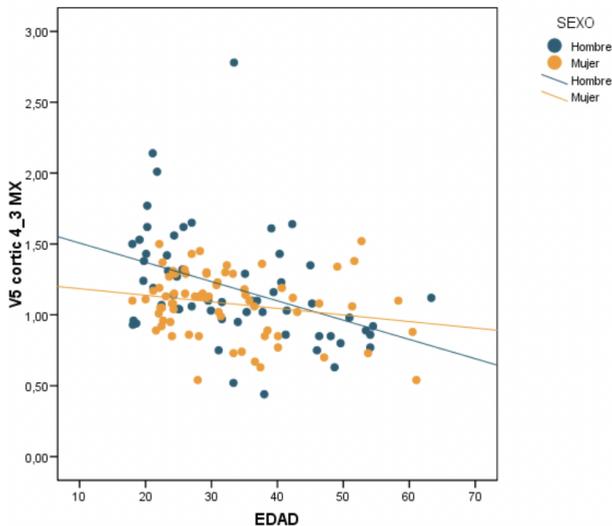


Figura 67. Cortical ósea vestibular a 5 mm de la UAC en maxilar entre el primer premolar y el canino según el sexo.

En la **tabla 14** se observan las interacciones a **8 mm de la UAC** respecto a la cortical ósea vestibular.

	Tipo Facial	Clase	Sexo	Edad	Tipo x Clase	Tipo x Sexo	Tipo x Edad	Clase x Sexo	Clase x Edad	Sexo x Edad
7-6	0,536	0,587	0,831	0,713	0,854	0,768	0,661	0,743	0,583	0,688
6-5	0,539	0,124	0,070	0,036*	0,452	0,425	0,719	0,031*	0,547	0,437
5-4	0,147	0,563	0,854	0,126	0,645	0,704	0,535	0,233	0,854	0,836
4-3	0,397	0,010*	0,002**	<0,001***	0,688	0,447	0,934	<0,001***	0,224	0,025*

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 14. Cortical ósea vestibular a 8 mm de la UAC en maxilar según el patrón facial y el resto de factores independientes.

Respecto a la cortical ósea vestibular entre el primer premolar y el canino (8CORTIC 4-3MX), se repiten exactamente los mismos resultados que para las mediciones a 5 mm de la UAC.

Se observó que las medidas entre el primer molar y el segundo premolar, fueron más pequeñas con el aumento de la edad (**Figura 68**). Además existía una diferenciación máxima por sexo entre las clases II esqueléticas. A mayor edad, menor espesor de cortical ósea se observó, especialmente en pacientes con clase II esquelética.

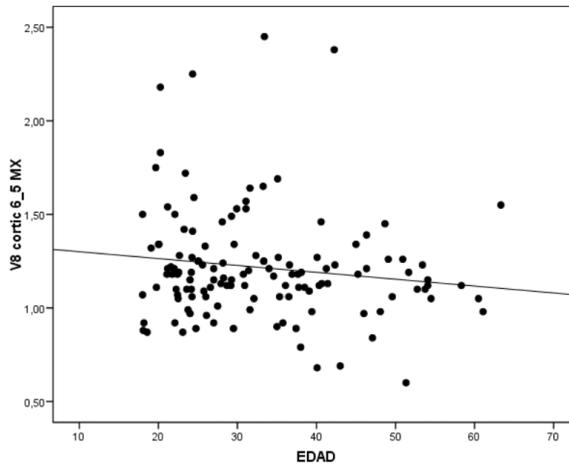


Figura 68. Cortical ósea vestibular a 8 mm de la UAC en maxilar entre el primer molar y el segundo premolar (8CORTIC 6-5MX) según la edad.

Anchura del proceso alveolar a 5 y 8 mm de la UAC

Como resultado de la interacción de las medidas de la anchura del proceso alveolar a **5 mm de la UAC** y el resto de factores independientes, como la edad, el sexo y la clase esquelética, se observa que existen diferencias significativas para ciertos parámetros (**Tabla 15**).

	Tipo Facial	Clase	Sexo	Edad	Tipo x Clase	Tipo x Sexo	Tipo x Edad	Clase x Sexo	Clase x Edad	Sexo x Edad
7-6	0,197	0,270	0,325	0,389	0,123	0,222	0,273	0,315	0,379	0,602
6-5	0,002**	0,069	0,278	0,220	0,036*	0,095	0,010*	0,187	0,156	0,019*
5-4	0,031*	0,297	0,184	0,342	0,028*	0,091	0,049*	0,132	0,568	0,005**
4-3	0,015*	0,689	0,125	0,084	0,460	0,623	0,031*	0,066	0,503	0,940

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 15. Anchura del proceso alveolar a 5 mm de la UAC en maxilar según el patrón facial y el resto de factores independientes.

Ya se mencionó anteriormente que existían interacciones respecto al patrón facial y la anchura del proceso alveolar entre los dientes 6-5, 5-4 y 4-3.

Respecto a la anchura en 5ANCH 6-5MX y 5ANCH 5-4MX se encontraron varias interacciones significativas. Dos de ellas involucran al patrón facial con la edad y la clase esquelética (**Figuras 69 y 70**).

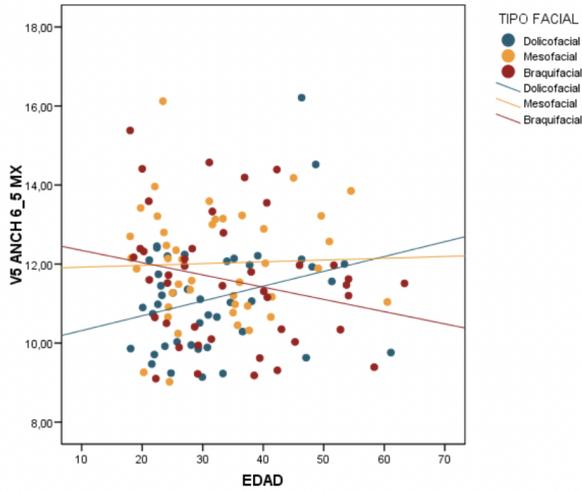


Figura 69. Anchura del proceso alveolar a 5 mm de la UAC en 5ANCH 6-5MX según la interacción de edad con el patrón facial.

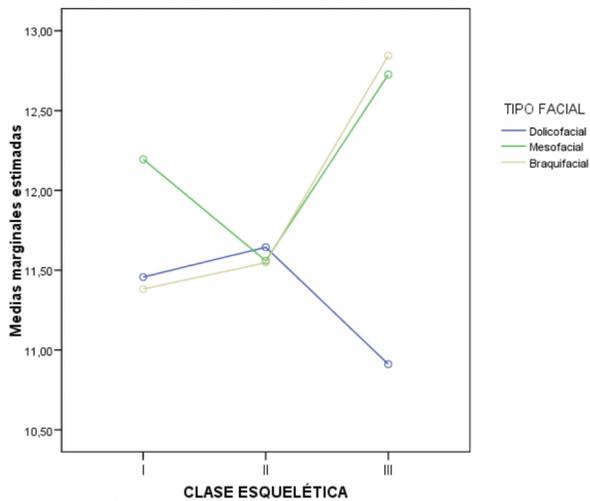


Figura 70. Anchura del proceso alveolar a 5 mm de la UAC en maxilar según la interacción de clase esquelética con el patrón facial.

Por una parte, se observa cómo la edad influye de manera diferente según el patrón facial del sujeto: en patrones faciales hiperdivergentes, la anchura alveolar aumentaba con la edad; pero en hipodivergentes pasaba lo contrario. Por la otra, se muestra que en las clases III, la anchura del proceso alveolar de los sujetos con patrones faciales hiperdivergentes, estaba disminuida.

En la **tabla 16** se muestran las interacciones de las mediciones de la anchura del proceso alveolar a **8 mm de la UAC** con los diferentes factores independientes.

	Tipo Facial	Clase	Sexo	Edad	Tipo x Clase	Tipo x Sexo	Tipo x Edad	Clase x Sexo	Clase x Edad	Sexo x Edad
7-6	0,349	0,239	0,204	0,656	0,239	0,484	0,320	0,163	0,332	0,715
6-5	0,014*	0,176	0,429	0,197	0,218	0,301	0,044*	0,349	0,279	0,049*
5-4	0,035*	0,690	0,702	0,138	0,048*	0,065	0,089	0,076	0,921	0,042*
4-3	0,002**	0,985	0,065	0,014*	0,523	0,485	0,010*	0,070	0,809	0,714

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 16. Anchura del proceso alveolar a 8 mm de la UAC en maxilar según el patrón facial y el resto de factores independientes.

Respecto a la anchura en 8ANCH 6-5MX, 8ANCH 5-4MX y 8ANCH 4-3MX a 8 mm de la UAC, los resultados mostraron valores estadísticamente significativos, y replicaron los mismos resultados respecto a lo ya citado para la anchura del proceso alveolar a 5 mm de la UAC.

Densidad ósea de la cortical vestibular a 5 y 8 mm de la UAC

Para las medidas de la densidad ósea vestibular en el maxilar y su relación con los factores independientes, se observó que no existían diferencias estadísticamente significativas para ningún valor.

5.4. MEDICIONES MANDIBULARES

5.4.1. RESULTADOS DE LOS ESPACIOS INTERRADICULARES Y SU RELACIÓN CON EL PATRÓN FACIAL

Espacios interradiculares a 5 mm de la UAC

En la **figura 71** se muestran las medias en milímetros de los valores de los espacios interradiculares mesiodistales entre el segundo molar y el primer molar (5IRAD 7-6MB), el primer molar y el segundo premolar (5IRAD 6-5MB), el segundo premolar y el primer premolar (5IRAD 5-4MB) y entre el primer premolar y el canino (5IRAD 4-3MB) a **5 mm verticalmente de la UAC en la mandíbula.**

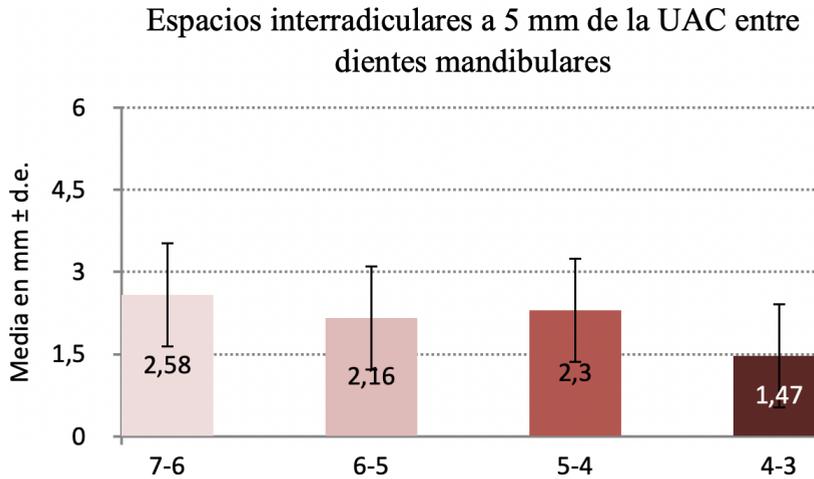


Figura 71. Distancias medias en mm de los espacios interradiculares a 5 mm de la UAC en la mandíbula.

Se observó que existía mayor espacio interradicular para la colocación de minitornillos entre el primer y el segundo molar y entre el primer y el segundo premolar, con una distancia media mesiodistal de 2,58 mm y de 2,3 mm respectivamente.

En la **tabla 17** se muestran los valores donde se advierten diferencias estadísticamente significativas según el patrón facial, para la distancia 5IRAD 6-5MB (p -valor = 0,036). Se aprecia una menor distancia interradicular en aquellos sujetos que poseen patrones faciales hiperdivergente frente a los normodivergentes.

Espacio interradicular 5 mm UAC	p-valor (F ANOVA)	Hiperdivergente vs. Normodivergente	Hiperdivergente vs. Hipodivergente	Normodivergente vs. Hipodivergente
7-6	0,096	0,113	1,000	0,354
6-5	0,039*	0,036*	1,000	0,314
5-4	0,630	1,000	1,000	1,000
4-3	0,929	1,000	1,000	1,000

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 17. Espacios interradiculares a 5 mm en mandíbula según el patrón facial: resultados del modelo ANOVA de una vía y pruebas de comparación múltiple de Bonferroni.

Espacios interradiculares a 8 mm de la UAC

En la **figura 72** se muestran las medias en mm de los valores de los espacios interradiculares entre el segundo molar y el primer molar (8IRAD 7-6MB), el primer molar y el segundo premolar (8IRAD 6-5MB), el segundo premolar y el primer premolar (8IRAD 5-4MB) y entre el primer premolar y el canino (8IRAD 4-3MB) a **8 mm verticalmente de la UAC en la mandíbula**.

Se observó que en 8IRAD 7-6MB era donde mayor espacio existía para la colocación de minitornillos, con una distancia media mesiodistal de 3,13 mm.

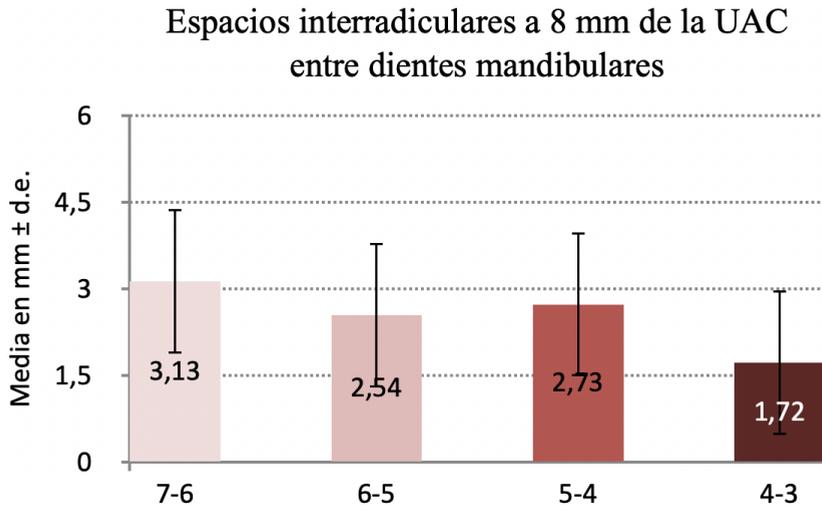


Figura 72. Distancias medias en mm de los espacios interradiculares a 8 mm de la UAC en el maxilar.

Por otro lado, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en la relación de las mediciones de los espacios interradiculares a 8 mm con el patrón facial de los sujetos (**Tabla 18**).

Espacios interradiculares a 8 mm UAC mb	p-valor (FANOVA)	Hiperdivergente vs. Normodivergente	Hiperdivergente vs. Hipodivergente	Normodivergente vs. Hipodivergente
7-6	0,120	0,127	1,000	0,579
6-5	0,240	0,386	1,000	0,487
5-4	0,804	1,000	1,000	1,000
4-3	0,645	1,000	1,000	1,000

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 18. Espacios interradiculares a 8 mm de la UAC en la mandíbula según el patrón facial.

5.4.2. RESULTADOS DEL ESPESOR DE LA CORTICAL ÓSEA VESTIBULAR Y SU RELACIÓN CON EL PATRÓN FACIAL

Cortical ósea vestibular a 5 y 8 mm de la UAC

Las medias en mm de los valores de cortical ósea vestibular a **5 y 8 mm de la UAC** en la mandíbula, se muestran en las **figuras 73 y 74**. Se observa un mayor espesor de la cortical ósea vestibular entre el primer molar y el segundo molar mandibular tanto a 5 como a 8 mm de la UAC (5CORTIC 7-6MB y 8CORTIC 7-6MB).

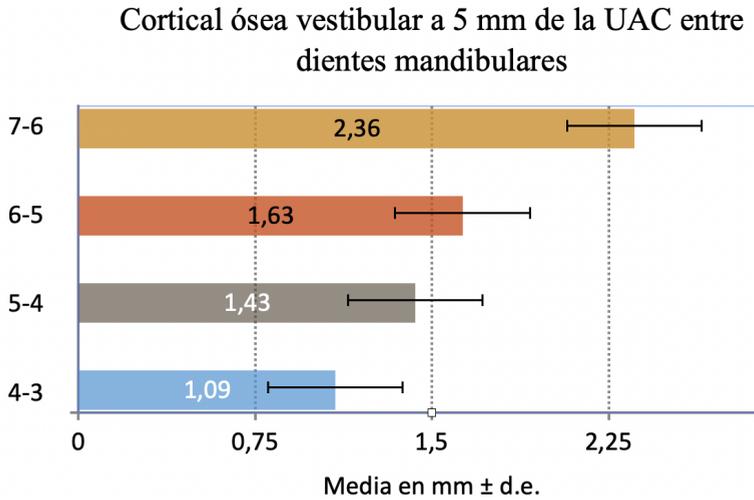


Figura 73. Distancias medias en mm de la cortical ósea vestibular a 5 mm de la UAC en la mandíbula.

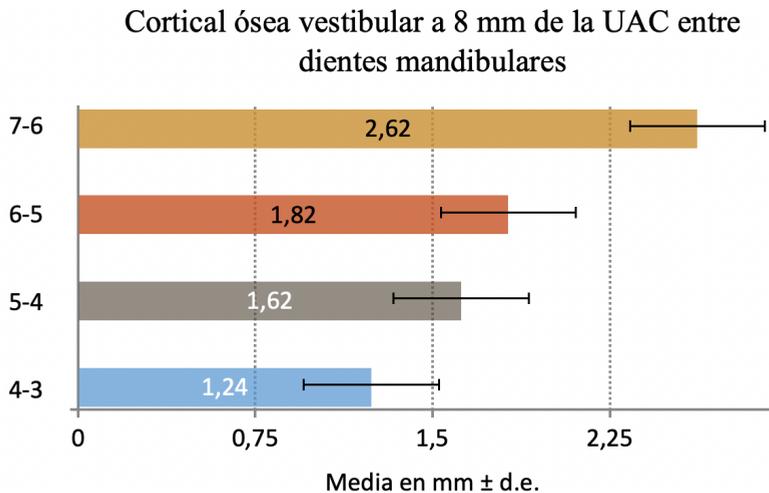


Figura 74. Distancias medias en mm de la cortical ósea vestibular a 8 mm de la UAC en la mandíbula.

Ya se observó anteriormente en los resultados de la cortical ósea en el maxilar, que al realizar el modelo ANOVA de una vía, para comprobar si había relación entre el patrón facial y la anchura de la cortical ósea vestibular a 5 mm de la UAC, no se encontraron resultados estadísticamente significativos. Lo mismo ocurre en la mandíbula. No se observan resultados estadísticamente significativos entre la anchura de la cortical vestibular mandibular y el patrón facial.

En cambio, sí se muestran resultados estadísticamente significativos a 8 mm de la UAC (**Tabla 19**).

Espacio interradicular (Cortical ósea a 8mm mb)	p-valor (F ANOVA)	Hiperdivergente vs. Normodivergente	Hiperdivergente vs. Hipodivergente	Normodivergente vs. Hipodivergente
7-6	0,401	1,000	0,575	1,000
6-5	0,095	1,000	0,209	0,158
5-4	0,023*	1,000	0,039*	0,072
4-3	0,004**	0,139	0,003**	0,512

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 19. Espesor de la cortical ósea vestibular a 8 mm de la UAC en la mandíbula según el patrón facial: resultados del modelo ANOVA de una vía y pruebas de comparación múltiple de Bonferroni.

Las medidas de la cortical ósea vestibular en 8CORTIC 5-4MB, difieren significativamente según el patrón facial del sujeto. En los patrones faciales hipodivergentes aparecieron valores aumentados respecto a los patrones hiperdivergentes (p-valor = 0,039).

Para la distancia 8CORTIC 4-3MB, las diferencias también fueron significativas cuando se compararon los patrones faciales hiperdivergente con los patrones hipodivergentes (p-valor = 0,003).

Estos resultados en la mandíbula replicaron los mismos resultados obtenidos en el maxilar para la variable del espesor de la cortical ósea vestibular.

5.4.3. ANCHURA DEL PROCESO ALVEOLAR Y SU RELACIÓN CON EL PATRÓN FACIAL

Anchura del proceso alveolar a 5 y 8 mm de la UAC

En la **figura 75** se muestran los valores medios en mm de la anchura del proceso alveolar mandibular entre el segundo

molar-primer molar (5ANCH 7-6MB), el primer molar-segundo premolar (5ANCH 6-5MB), el segundo premolar-primer premolar (5ANCH 5-4MB) y el primer premolar-canino (5ANCH 4-3MB) a **5 mm verticalmente de la UAC en la mandíbula**.

Se observó que existía una mayor anchura del proceso alveolar entre el primer y el segundo molar y entre el primer molar y el segundo premolar.

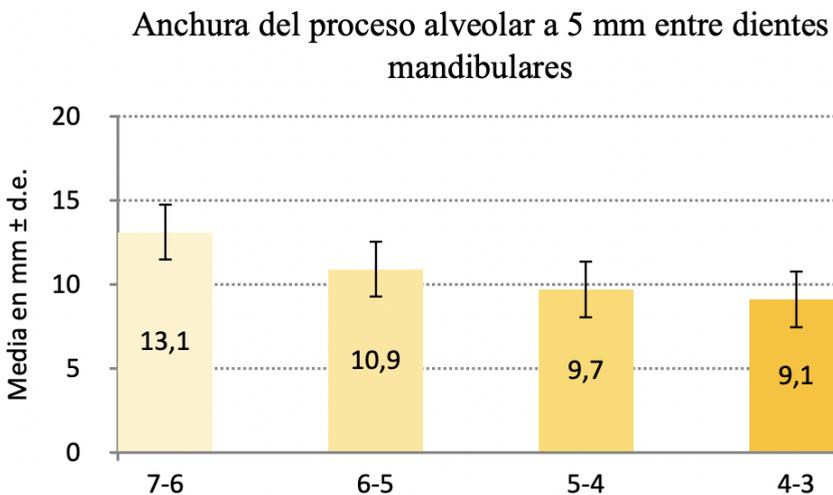


Figura 75. Distancias medias en mm de la anchura del proceso alveolar a 5 mm de la UAC en la mandíbula.

Las interacciones con el patrón facial a 5 mm de la UAC en la mandíbula se muestran en la **tabla 20**.

Espacios interradiculares (Anchura a 5 mm UAC mb)	p-valor (F ANOVA)	Hiperdivergente vs. Normodivergente	Hiperdivergente vs. Hipodivergente	Normodivergente vs. Hipodivergente
7-6	0,037*	0,442	0,032*	0,771
6-5	0,020*	0,690	0,016*	0,320
5-4	0,059	0,361	0,059	1,000
4-3	0,033*	0,127	0,045*	1,000

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 20. Anchura del proceso alveolar a 5 mm de la UAC en mandíbula según el patrón facial: resultados del modelo ANOVA de una vía y pruebas de comparación múltiple de Bonferroni.

Se observaron diferencias estadísticamente significativas para la anchura del proceso alveolar en 5ANCH 7-6MB, 5ANCH 6-5MB y 5ANCH 4-3MB, siendo los patrones faciales hipodivergentes los que presentaban un valor mayor y por tanto mayor anchura que los otros dos grupos (**Figura 76**).

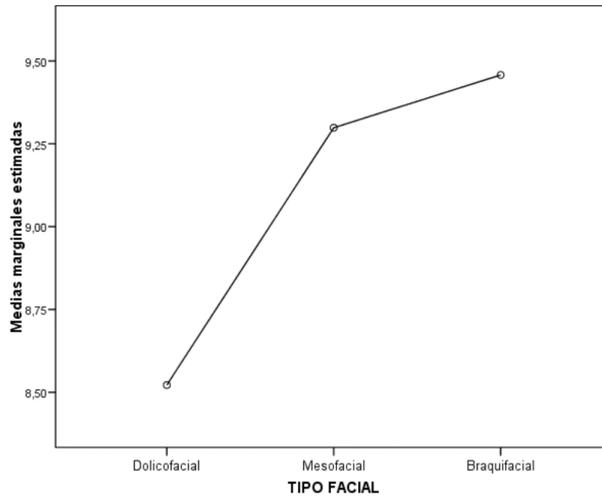


Figura 76. Diagrama que representa la relación entre la anchura del proceso alveolar mandibular a 5 mm de la UAC y el patrón facial.

En la **figura 77** se muestran los valores medios en mm de la anchura del proceso alveolar mandibular entre el segundo molar-primer molar (8ANCH 7-6MB), el primer molar-segundo premolar (8ANCH 6-5MB), el segundo premolar-primer premolar (8ANCH 5-4MB) y el primer premolar-canino (8ANCH 4-3MB) a **8 mm de la UAC**.

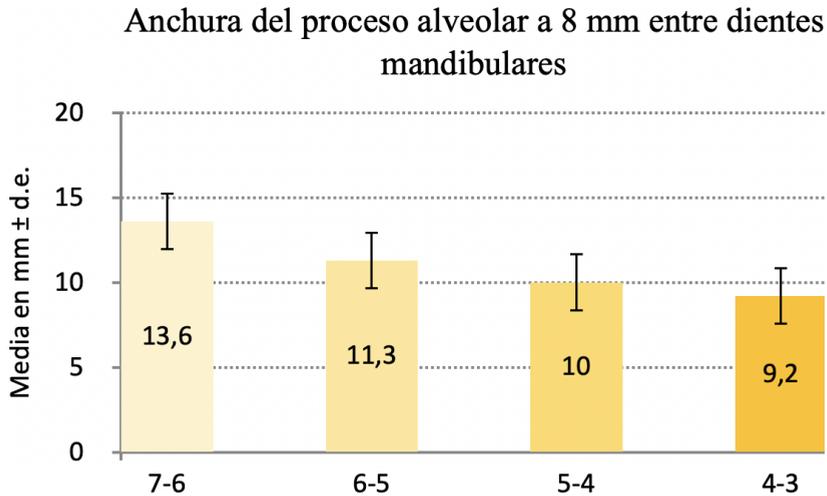


Figura 77. Distancias medias en mm de la anchura del proceso alveolar en mandíbula a 8 mm de la UAC.

Se observó que existía una mayor anchura del proceso alveolar en los sectores posteriores, especialmente en 8ANCH 7-6MB.

En las mediciones de la anchura del proceso alveolar a 8 mm de la UAC según la interacción con el patrón facial, se mantienen idénticas a las obtenidas en 5 mm. La anchura media de los sujetos con patrones faciales hipodivergentes es significativamente superior a las de los hiperdivergentes (**Tabla 21**).

Espacios interradiculares (Anchura a 8 mm de la UAC mb)	p-valor (FANOVA)	Hiperdivergente vs. Normodivergente	Hiperdivergente vs. Hipodivergente	Normodivergente vs. Hipodivergente
7-6	0,003**	0,111	0,002**	0,570
6-5	0,010*	0,575	0,007**	0,235
5-4	0,001**	0,133	<0,001***	0,154
4-3	0,002**	0,043*	0,002**	0,850

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 21. Anchura del proceso alveolar a 8 mm de la UAC en la mandíbula según el patrón facial: resultados del modelo ANOVA de una vía y pruebas de comparación múltiple de Bonferroni.

5.4.4. RESULTADOS DE LA DENSIDAD ÓSEA EN LA CORTICAL MANDIBULAR Y SU RELACIÓN CON EL PATRÓN FACIAL

Densidad ósea en la cortical vestibular mandibular a 5 y 8 mm de la UAC

Las medias en unidades Hounsfield de los valores de densidad ósea en la cortical vestibular a **5 y 8 mm de la UAC** en la mandíbula, se muestran en las **figuras 78, 79, 80 y 81**.

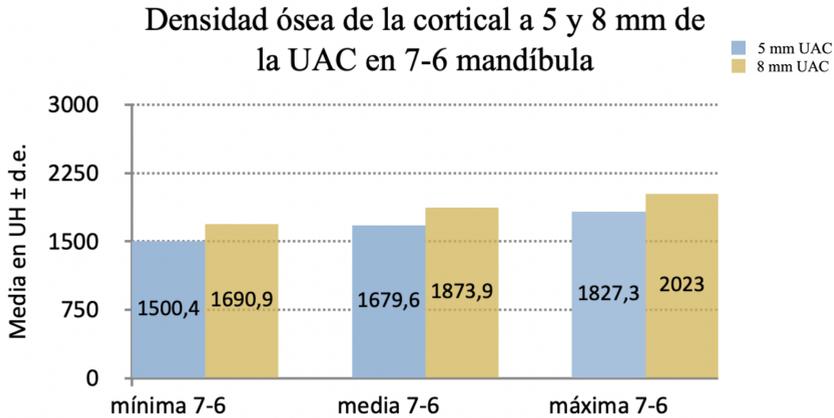


Figura 78. Valores medios de densidad en UH de la cortical ósea vestibular a 5 mm y 8 mm de la UAC entre los dientes 7 y 6 mandibulares.

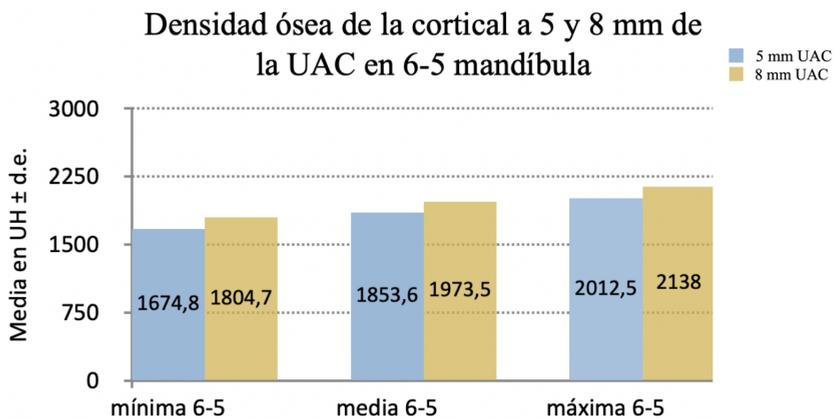


Figura 79. Valores medios de densidad en UH de la cortical ósea vestibular a 5 mm y 8 mm de la UAC entre los dientes 6 y 5 mandibulares.

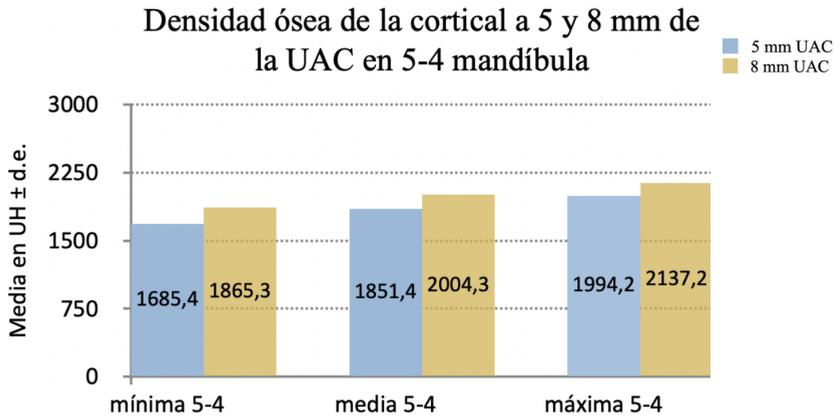


Figura 80. Valores medios de densidad en UH de la cortical ósea vestibular a 5 mm y 8 mm de la UAC entre los dientes 5 y 4 mandibulares.

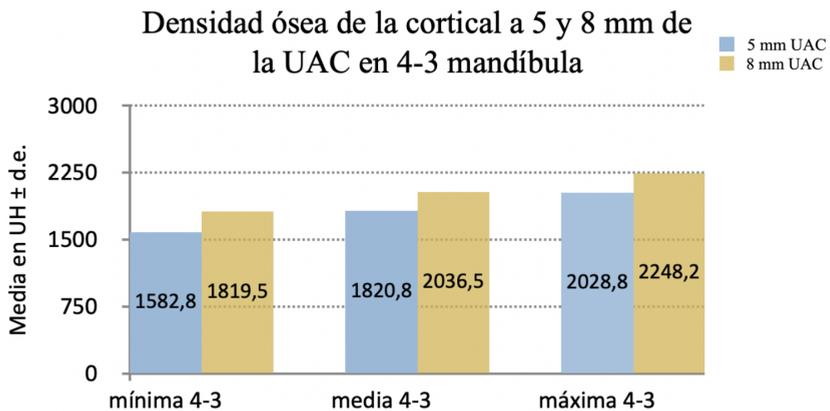


Figura 81. Valores medios de densidad en UH de la cortical ósea vestibular a 5 mm y 8 mm de la UAC entre los dientes 4 y 3 mandibulares.

Se observó que los valores de UH a 8 mm de la UAC fueron mayores, por lo tanto la densidad de la cortical vestibular aumentaba en sentido apical.

Al comparar la densidad de la cortical ósea vestibular mandibular a **5 mm de la UAC** entre raíces y su interacción con el patrón facial de los sujetos, se observó que sólo para la densidad máxima entre los dientes 6-5 a **5 mm de la UAC** se obtienen diferencias significativas (p-valor = 0,032). Los sujetos con patrones faciales hipodivergentes poseían valores más altos de densidad ósea. (**Tabla 22**).

Densidad cortical interradicular 6-5 en mandíbula a 5 mm UAC	p-valor (F ANOVA)	Hiperdivergente vs. Normodivergente	Hiperdivergente vs. Hipodivergente	Normodivergente vs. Hipodivergente
Densidad media 6-5	0,099	0,215	1,000	0,165
Densidad máxima 6-5	0,032*	0,122	1,000	0,042*
Densidad mínima 6-5	0,549	0,827	1,000	1,000

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 22. Densidad de la cortical ósea vestibular mandibular a 5 mm de la UAC según el patrón facial.

Para las medidas de densidad en la cortical ósea vestibular mandibular a **8 mm de la UAC**, y su interacción con el patrón facial de los sujetos, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas.

5.4.5. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES MANDIBULARES EN RELACIÓN CON FACTORES INDEPENDIENTES

Espacios interradiculares a 5 y 8 mm de la UAC

Los resultado de la interacción de las medidas de los espacios interradiculares a **5 mm de la UAC** en la mandíbula y el resto de factores independientes, como la edad, sexo y clase esquelética, se muestran en la **tabla 23**. Se observa que existen diferencias significativas para ciertos parámetros.

	Tipo Facial	Clase	Sexo	Edad	Tipo x Clase	Tipo x Sexo	Tipo x Edad	Clase x Sexo	Clase x Edad	Sexo x Edad
7-6	0,454	0,132	0,016*	0,271	0,841	0,377	0,840	0,343	0,256	0,028*
6-5	0,124	0,416	0,325	0,815	0,144	0,029*	0,278	0,622	0,358	0,594
5-4	0,987	0,229	0,059	0,228	0,629	0,964	0,989	0,756	0,354	0,020*
4-3	0,985	0,930	0,612	0,679	0,986	0,893	0,928	0,583	0,569	0,832

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 23. Espacios interradiculares a 5 mm de la UAC en mandíbula según el patrón facial y el resto de factores independientes.

Se observa que entre el primer molar y segundo molar mandibular, el espacio interradicular tiende a aumentar en hombres más que en mujeres (p-valor = 0,016).

Para el espacio interradicular 5IRAD 7-6MB y 5IRAD 5-4MB, se observó una relación con la edad que depende del sexo del sujeto con un p-valor = 0,028 y un p-valor = 0,020 respectivamente. En los hombres el espacio interradicular aumentaba con la edad (**Figura 82**).

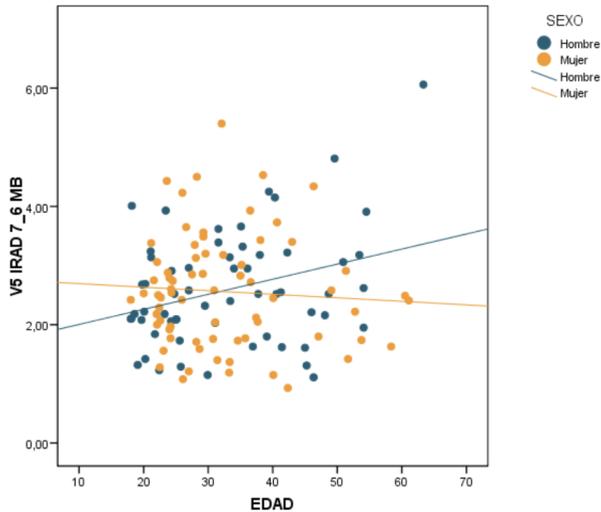


Figura 82. Espacios interradiculares a 5 mm de la UAC en mandíbula entre dientes 7 y 6 (5IRAD 7-6MB) según el sexo y edad.

Se observó que para el espacio interradicular 5IRAD 6-5MB, la relación del espacio disponible con el patrón facial del sujeto estaba condicionado al sexo del paciente (p -valor = 0,029).

Se aprecia cómo en hombres, la medida interradicular del espacio en los sujetos con patrones faciales normodivergentes e hipodivergentes aumentaba respecto a los hiperdivergentes. (**Figura 83**).

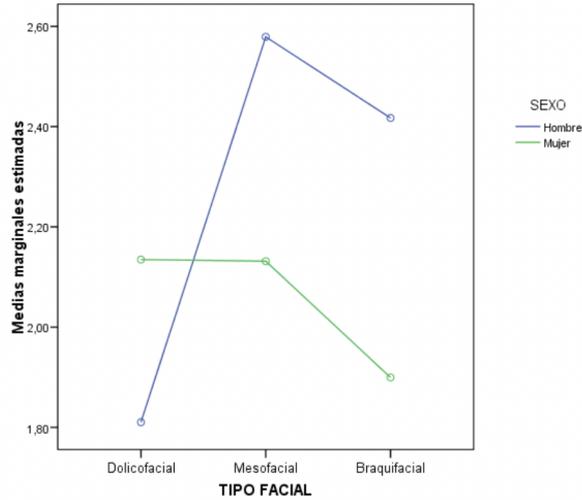


Figura 83. Medidas medias en mm de los espacios interradiculares a 5 mm de la UAC en mandíbula según la interacción sexo con patrón facial.

En la **tabla 23** se observa el resultado de la interacción de las medidas de los espacios interradiculares a **8 mm de la UAC** en la mandíbula y el resto de factores independientes. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas para ciertos parámetros, tal y como ocurrió a 5 mm.

	Tipo Facial	Clase	Sexo	Edad	Tipo x Clase	Tipo x Sexo	Tipo x Edad	Clase x Sexo	Clase x Edad	Sexo x Edad
7-6	0,124	0,049*	0,033*	0,424	0,995	0,508	0,409	0,719	0,088	0,047*
6-5	0,088	0,494	0,241	0,117	0,027*	0,004**	0,227	0,477	0,455	0,300
5-4	0,499	0,269	0,080	0,392	0,499	0,640	0,470	0,445	0,467	0,090
4-3	0,886	0,997	0,083	0,686	0,781	0,919	0,869	0,992	0,728	0,210

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 23. Espacios interradiculares a 8 mm de la UAC en mandíbula según el patrón facial y el resto de factores independientes.

Para el espacio entre interradicular 8IRAD 7-6MB y 8IRAD 6-5MB los resultados fueron idénticos a los obtenidos a 5 mm de la UAC.

Cortical ósea vestibular a 5 y 8 mm de la UAC

Los resultados de la interacción de las medidas de la cortical ósea vestibular a **5 mm y 8 mm de la UAC** en la mandíbula con el resto de factores independientes, se observan en la **tabla 24 y 25**. Se muestran diferencias significativas para ciertos parámetros.

	Tipo Facial	Clase	Sexo	Edad	Tipo x Clase	Tipo x Sexo	Tipo x Edad	Clase x Sexo	Clase x Edad	Sexo x Edad
7-6	0,380	0,989	0,406	0,001**	0,376	0,462	0,342	0,268	0,785	0,572
6-5	0,145	0,403	0,001**	0,067	0,700	0,364	0,142	0,132	0,606	0,003**
5-4	0,682	0,435	0,021**	0,009**	0,207	0,174	0,665	0,005**	0,669	0,182
4-3	0,596	0,972	0,124	0,006**	0,808	0,716	0,653	0,037*	0,914	0,248

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 24. Cortical ósea vestibular a 5 mm de la UAC en la mandíbula según el patrón facial y el resto de factores independientes.

	Tipo Facial	Clase	Sexo	Edad	Tipo x Clase	Tipo x Sexo	Tipo x Edad	Clase x Sexo	Clase x Edad	Sexo x Edad
7-6	0,287	0,383	0,110	0,163	0,693	0,933	0,516	0,808	0,106	0,066
6-5	0,322	0,942	0,016*	0,274	0,456	0,995	0,476	0,277	0,955	0,033*
5-4	0,063	0,968	0,041*	0,055	0,421	0,164	0,125	0,106	0,950	0,176
4-3	0,043*	0,887	0,012*	0,046*	0,443	0,403	0,260	0,055	0,429	0,030*

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 25. Cortical ósea vestibular a 8 mm de la UAC en la mandíbula según el patrón facial y el resto de factores independientes.

Las mediciones de la cortical ósea vestibular a **5 mm verticalmente de la UAC** entre dientes 7-6, 5-4 y 4-3, están correlacionadas con la edad del sujeto. A mayor edad, menos cortical ósea se observa (**Figura 84**).

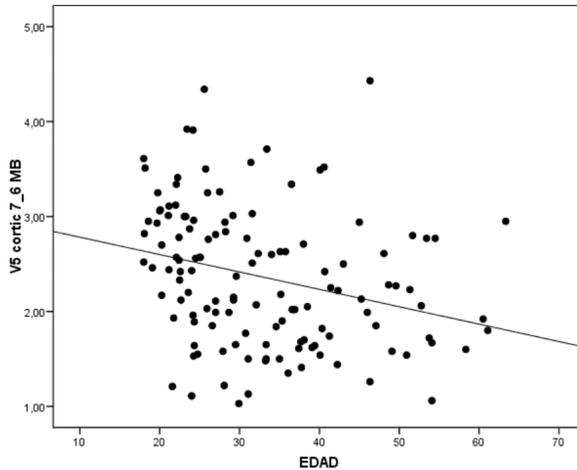


Figura 84. Medidas medias en mm de la cortical ósea vestibular a 5 mm de la UAC en la mandíbula entre dientes 7-6 (5CORTIC 7-6MB) según la edad.

A **8 mm** esta relación sólo es estadísticamente significativa para el espacio entre dientes 4-3 (8CORTIC 4-3MB) (p -valor = 0,046).

En las mediciones de la cortical ósea en 5CORTIC 6-5MB, 8CORTIC 6-5MB y 8CORTIC 4-3MB, se observó que la relación con la edad dependía del sexo del paciente. En los hombres se observó mayor espesor óseo de la cortical vestibular que en las mujeres, y ésta disminuía con la edad.

Respecto a la cortical ósea vestibular mandibular en 5CORTIC 5-4MB y 5CORTIC 4-3MB, además de la usual relación con la edad, se observó una interacción clase-sexo. Se observaron valores de significatividad (p -valor = 0,005) y (p -valor = 0,037) respectivamente. En las clases II esqueléticas, la diferencia por sexo se maximiza, teniendo los hombres mayor espesor de cortical ósea vestibular que las mujeres (**Figura 85**).

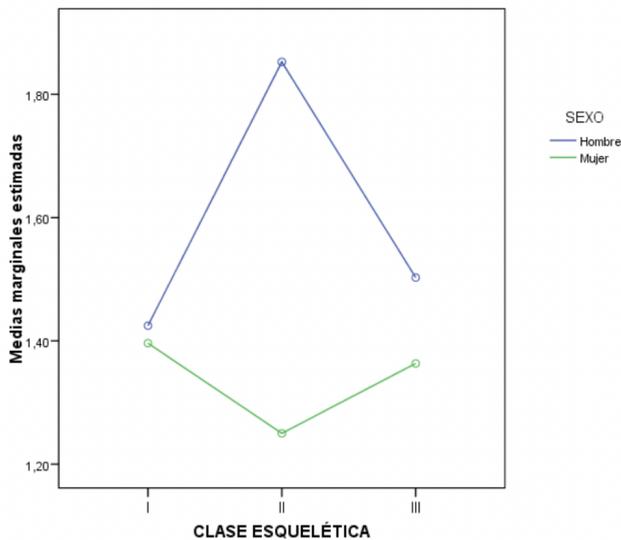


Figura 85. Medidas medias en mm de la cortical ósea vestibular a 5 mm de la UAC en la mandíbula según la interacción clase esquelética y sexo.

Anchura del proceso alveolar a 5 y 8 mm de la UAC

Como resultado de la interacción de las medidas de la anchura del proceso alveolar a **5 mm y 8 mm de la UAC** en la mandíbula y el resto de factores independientes, se observa en la **tabla 26 y 27** que existen diferencias estadísticamente significativas para ciertos parámetros.

	Tipo Facial	Clase	Sexo	Edad	Tipo x Clase	Tipo x Sexo	Tipo x Edad	Clase x Sexo	Clase x Edad	Sexo x Edad
7-6	0,095	0,929	0,468	0,131	0,874	0,968	0,328	0,013*	0,628	0,979
6-5	0,116	0,686	0,055	0,337	0,598	0,544	0,344	0,047*	0,476	0,296
5-4	0,499	0,362	0,068	0,142	0,740	0,455	0,621	0,033*	0,277	0,185
4-3	0,489	0,083	0,006**	0,124	0,617	0,195	0,532	0,023*	0,108	0,038*

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 26. Anchura del proceso alveolar a 5 mm de la UAC en la mandíbula según el patrón facial y el resto de factores independientes.

	Tipo Facial	Clase	Sexo	Edad	Tipo x Clase	Tipo x Sexo	Tipo x Edad	Clase x Sexo	Clase x Edad	Sexo x Edad
7-6	0,133	0,680	0,168	0,588	0,932	0,935	0,278	0,034*	0,421	0,434
6-5	0,105	0,723	0,010*	0,298	0,545	0,376	0,335	0,157	0,374	0,100
5-4	0,066	0,537	0,043*	0,128	0,449	0,494	0,346	0,024*	0,429	0,257
4-3	0,398	0,164	0,005**	0,084	0,657	0,231	0,686	0,013*	0,190	0,056

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 27. Anchura del proceso alveolar a 8 mm de la UAC en la mandíbula según el patrón facial y el resto de factores independientes.

Las mediciones de la anchura del proceso alveolar a **5 y 8 mm de la UAC** entre dientes 7-6, 6-5, 5-4 y 4-3, estaban relacionadas con el sexo y la clase esquelética del sujeto. En los hombres se encontraron valores más altos de anchura del proceso alveolar, sobre todo en los sujetos con clases II esqueléticas tanto a 5 como a 8 mm de la UAC (**Figura 86**).

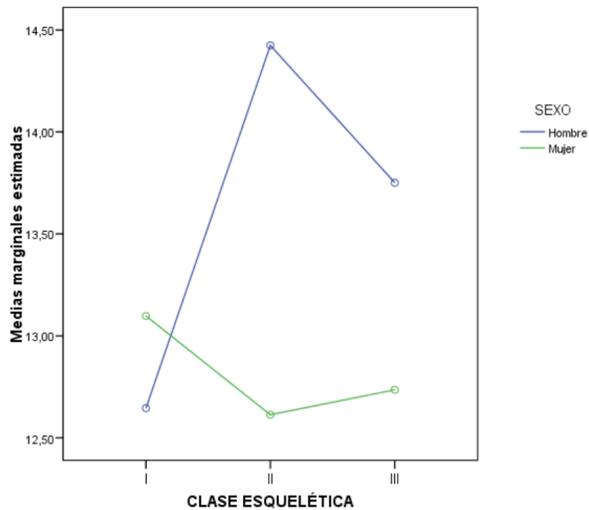


Figura 86. Medidas medias en mm de la anchura del proceso alveolar a 5 mm de la UAC en la mandíbula según interacción clase esquelética y sexo.

Densidad de la cortical vestibular a 5 y 8 mm de la UAC

Para las medidas de la densidad en la cortical vestibular mandibular **a 5 mm de la UAC** y su relación con factores independientes, no se observaron diferencias estadísticamente significativas para ningún valor.

En cambio a **8 mm de la UAC** sí se encontraron diferencias significativas de valores de densidad entre los dientes 7-6 (**Tabla 28**).

Densidad ósea a 8 mm UAC (entre dientes 7-6)	Tipo Facial	Clase	Sexo	Edad	Tipo x Clase	Tipo x Sexo	Tipo x Edad	Clase x Sexo	Clase x Edad	Sexo x Edad
Densidad media 7-6	0,025*	0,996	0,735	0,095	0,864	0,234	0,026*	0,944	0,938	0,270
Densidad máxima 7-6	0,059	0,967	0,895	0,281	0,927	0,242	0,049*	0,908	0,938	0,483
Densidad mínima 7-6	0,013*	0,935	0,700	0,145	0,519	0,287	0,018*	0,621	0,690	0,320

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 28. Densidad ósea a 8 mm de la UAC en mandíbula según el patrón facial y el resto de factores independientes.

Se observó que la densidad de la cortical ósea vestibular en la mandíbula, dependía de la edad de manera específica dentro de cada patrón facial. Los resultados mostraron que la densidad en sujetos hiperdivergentes aumentaba con la edad, y en sujetos hipodivergentes y normodivergentes decrecía con la edad (**Figura 87**).

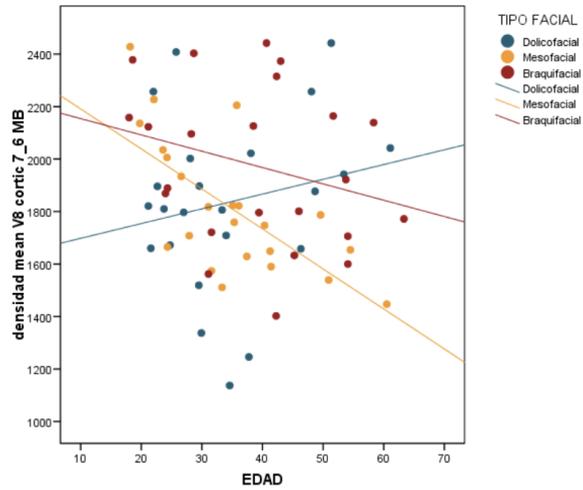


Figura 87. Valores medios de densidad en la cortical ósea vestibular a 8 mm de la UAC en mandíbula entre dientes 7 y 6 según edad y patrón facial.

5.5. MEDICIONES EN EL ÁREA PALATINA

5.5.1 RESULTADOS DEL ESPESOR ÓSEO EN EL ÁREA PALATINA Y SU RELACIÓN CON EL PATRÓN FACIAL

La media en milímetros de los valores del espesor óseo palatino a **5, 10, 15 y 20 mm del foramen incisal (M5, M10, M15 y M20)** se muestra en las **figuras 88, 89, 90 y 91** respectivamente.

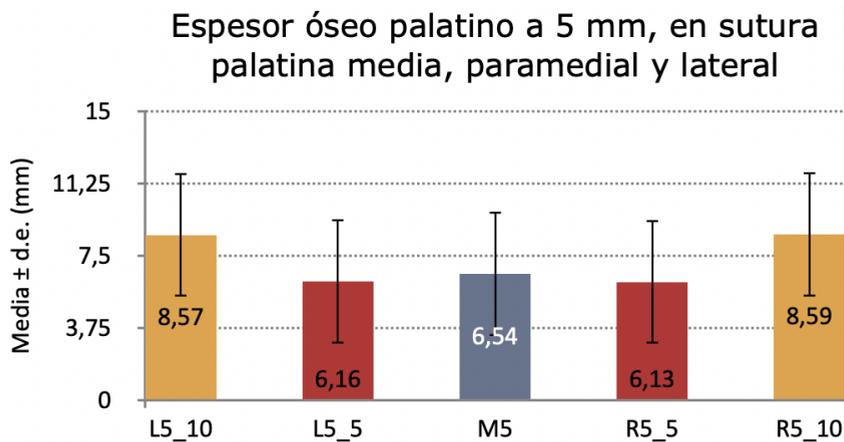


Figura 88. Distancias medias en mm del espesor óseo palatino a 5 mm del foramen incisal (M5).

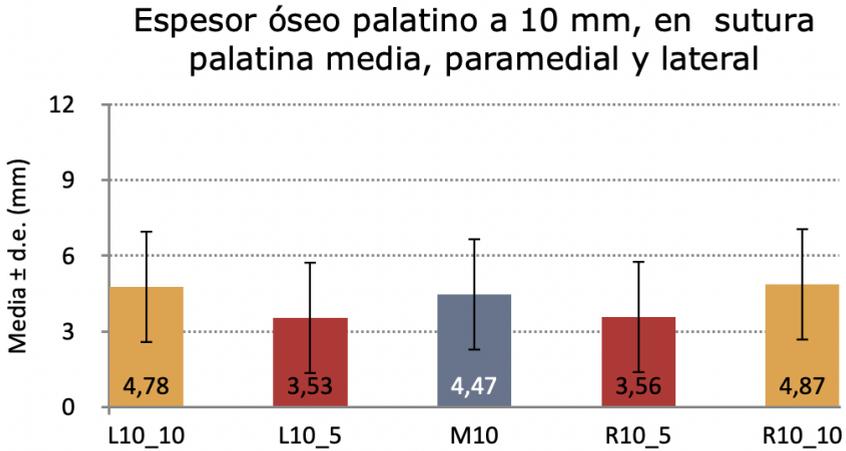


Figura 89. Distancias medias en mm del espesor óseo palatino a 10 mm del foramen incisal (M10).

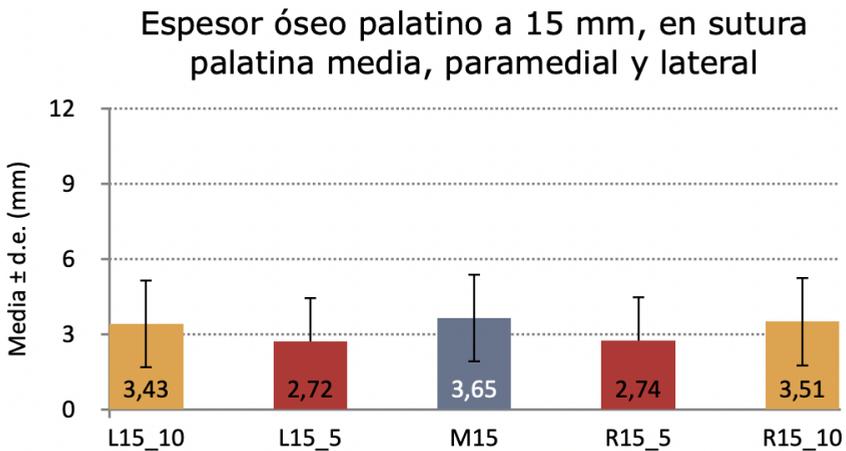


Figura 90. Distancias medias en mm del espesor óseo palatino a 15 mm del foramen incisal (M15).

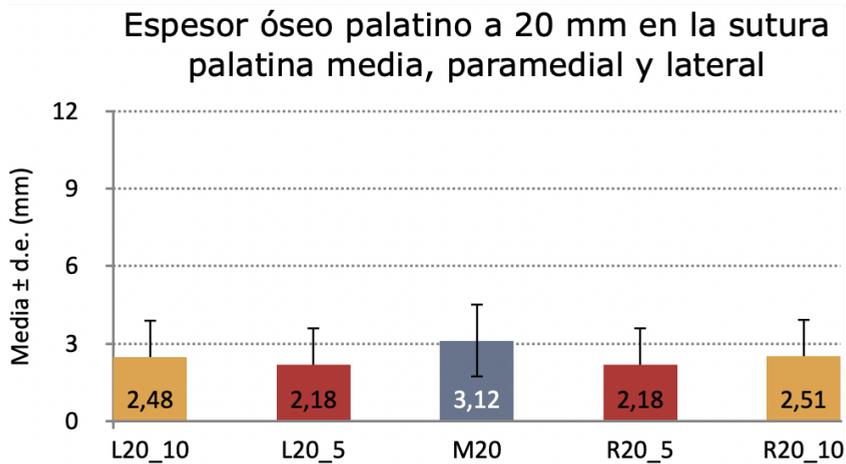


Figura 91. Distancias medias en mm del espesor óseo palatino a 20 mm del foramen incisal (M20).

Se observó que los valores a 5 y 10 mm aumentaban a medida que se aproximaban hacia las zonas paramediales laterales, concretamente a 10 mm lateralmente de la sutura palatina media.

En las **figuras 92, 93 y 94** se muestran los valores medios en mm de los espesores óseos en el área palatina en los diferentes niveles, tanto a lo largo de la sutura palatina media como paramedial y lateral, en relación con los sujetos con patrones faciales hipodivergentes, hiperdivergentes y normodivergentes.

Los resultados mostraron que a medida que las mediciones se alejaban del foramen incisal a lo largo de la sutura palatina media, menor era el espesor óseo.

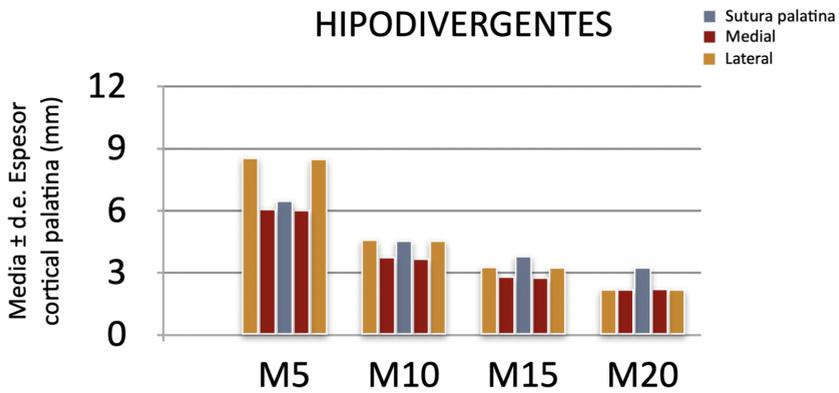


Figura 92. Espesor óseo en el área palatina en los sujetos con patrón facial hipodivergente. Los espesores medios en mm de las áreas lateral, medial y sutural se muestran en diferentes escalas de colores.

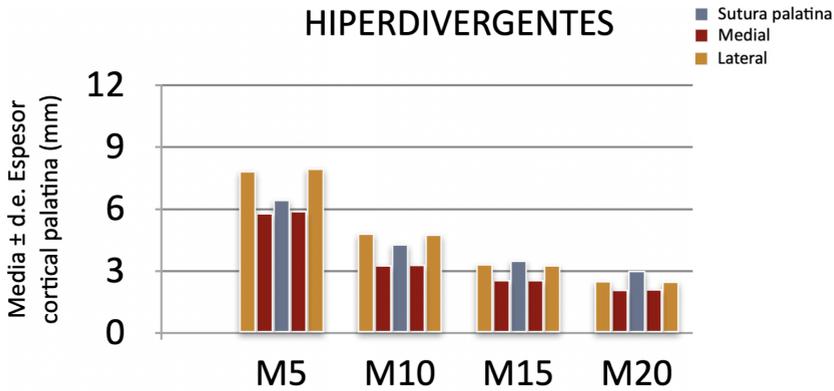


Figura 93. Espesor óseo en el área palatina en los sujetos con patrón facial hiperdivergente. Los espesores medios en mm de las áreas lateral, medial y sutural se muestran en diferentes escalas de colores.

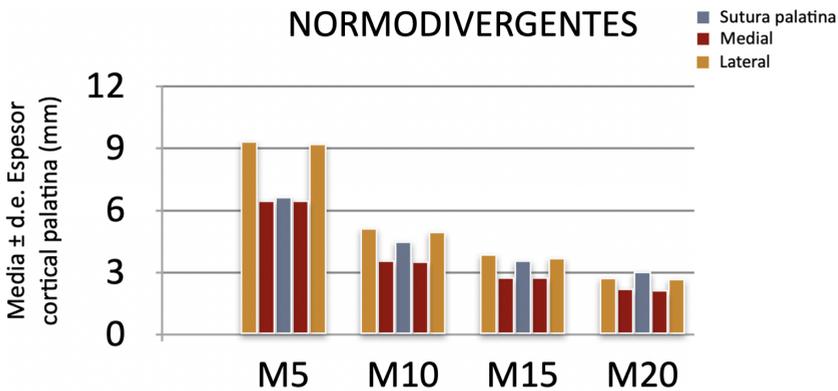


Figura 94. Espesor óseo en el área palatina en los sujetos con patrón facial normodivergente. Los espesores medios en mm de las áreas lateral, medial y sutural se muestran en diferentes escalas de colores.

Cuando se comparó el espesor óseo en el área palatina a lo largo de la sutura palatina media con el patrón facial de los sujetos, se observó que no había diferencias estadísticamente significativas según el patrón facial para ninguna de las 4 mediciones. (**Tabla 29**).

Espesor hueso Palatino	p-valor (F ANOVA)	Hiperdivergente vs. Normodivergente	Hiperdivergente vs. Hipodivergente	Normodivergente vs. Hipodivergente
M5	0,897	1,000	1,000	1,000
M10	0,760	1,000	1,000	1,000
M15	0,547	1,000	0,904	1,000
M20	0,568	1,000	1,000	1,000

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 29. Espesor óseo palatino en la sutura palatina media según el patrón facial.

Tampoco se encontraron diferencias significativas para las mediciones correspondientes al espesor a nivel medial y paramedial lateral (**Tabla 30**).

Espesor hueso palatino	p-valor (F ANOVA)	Hiperdivergente vs. Normodivergente	Hiperdivergente vs. Hipodivergente	Normodivergente vs. Hipodivergente
M5	0,897	1,000	1,000	1,000
R5_5	0,471	0,671	1,000	1,000
L5_5	0,562	0,909	1,000	1,000
R5_10	0,099	0,095	0,871	0,806
L5_10	0,184	0,201	1,000	0,932

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 30. Espesor óseo palatino a 5 mm del foramen incisal en la región sutural, medial y paramedial lateral, según el patrón facial.

Cabe destacar que en las mediciones obtenidas en las zonas más posteriores a la sutura palatina media, las diferencias entre patrones faciales tienden a agrandarse (sin alcanzar significatividad), especialmente cuando se comparan los normodivergentes frente a los hiperdivergentes.

5.5.2. RESULTADOS DE LA DENSIDAD EN EL ÁREA PALATINA EN RELACIÓN CON EL PATRÓN FACIAL

Las mediciones medias medidas en Unidades Hounsfield (UH) de los valores de densidad ósea palatina en **M5, M10, M15 y M20**, se muestran en las **figuras 95, 96, 97 y 98**.

Se puede observar que los valores de UH se mantienen bastante constantes en todo momento.

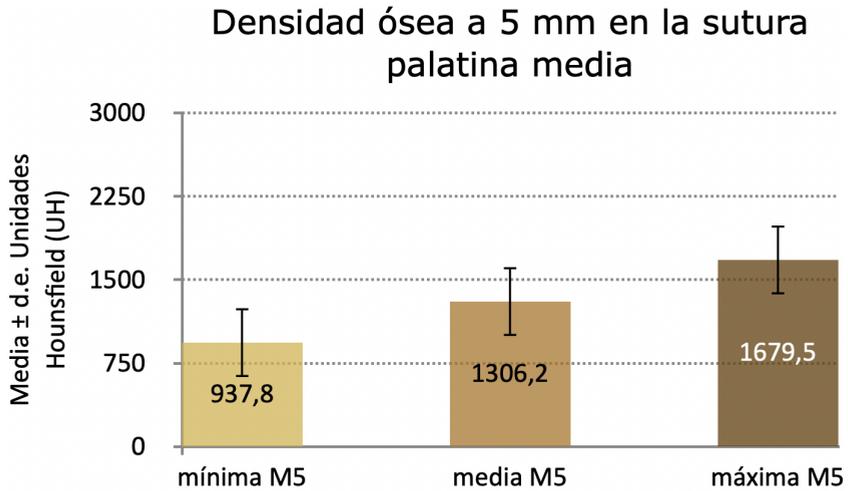


Figura 95. Valores mínimos, medios y máximos de densidad ósea palatina a 5 mm del foramen incisal (M5).

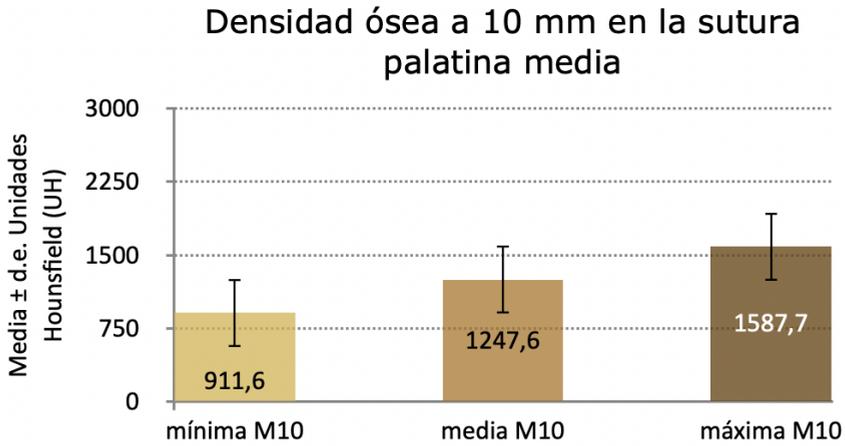


Figura 96. Valores mínimos, medios y máximos de densidad ósea palatina a 10 mm del foramen incisal (M10).

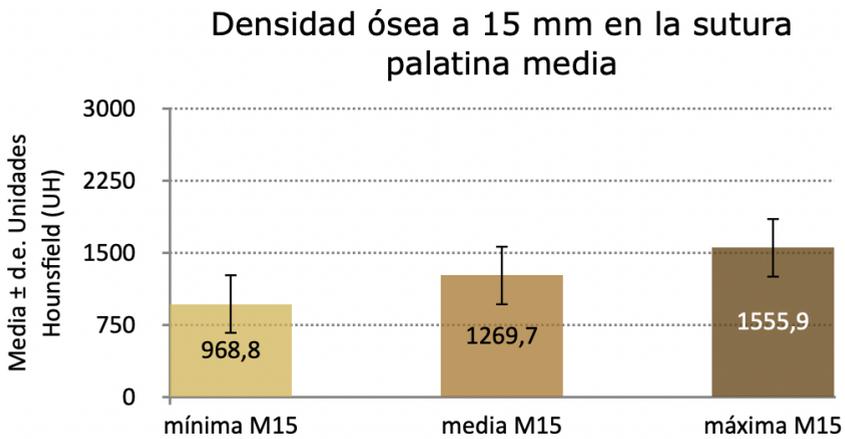


Figura 97. Valores mínimos, medios y máximos de densidad ósea palatina a 15 mm del foramen incisal (M15).

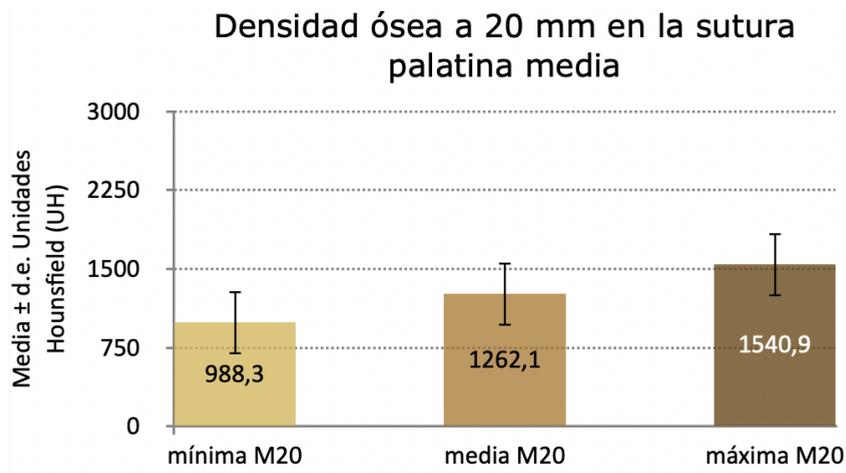


Figura 98. Valores mínimos, medios y máximos de densidad ósea palatina a 20 mm del foramen incisal (M20).

Cuando se compararon los valores de densidad ósea palatina con el patrón facial de los sujetos, se observaron diferencias estadísticamente significativas de la densidad media (p -valor = 0,036) en la distancia palatina a 10 mm distal al foramen incisal (**Tabla 31**).

Densidad ósea	p-valor (FANOVA)	Hiperdivergente vs. Normodivergente	Hiperdivergente vs. Hipodivergente	Normodivergente vs. Hipodivergente
Densidad media M5	0,310	0,400	0,962	1,000
Densidad media M10	0,036*	0,039*	0,191	1,000
Densidad media M15	0,299	0,781	1,000	0,412
Densidad media M20	0,265	0,345	0,770	1,000

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 31. Densidad media a lo largo de la sutura palatina según el patrón facial.

En la **tabla 32** se observa que estas diferencias se deben a que los sujetos con patrones faciales hiperdivergentes presentan valores de densidad significativamente más elevados que los normodivergentes (p-valor = 0,039).

Densidad ósea	p-valor (FANOVA)	Hiperdivergente vs. Normodivergente	Hiperdivergente vs. Hipodivergente	Normodivergente vs. Hipodivergente
Densidad media M10	0,036*	0,039*	0,191	1,000
Densidad máx M10	0,155	0,392	0,218	1,000
Densidad mín M10	0,017*	0,013*	0,411	0,463

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 32. Densidad media a 10 mm distal al foramen incisal (M10) según el patrón facial.

Dado que también se registró el valor mínimo de densidad, la tabla anterior muestra que los resultados se replican cuando se compara la densidad mínima y media entre patrones faciales.

5.5.3. RESULTADOS DEL ESPESOR ÓSEO EN EL ÁREA PALATINA Y LA DENSIDAD EN RELACIÓN CON FACTORES INDEPENDIENTES

En los apartados 5.5.1. y 5.5.2. se describieron los resultados de las medidas en la región del paladar y de su densidad. Del mismo modo, se hizo una evaluación de la influencia de estos resultados con el patrón facial de los distintos sujetos del estudio.

En este apartado se pretendió obtener conclusiones más confiables sobre la cuestión anterior, al ajustar los resultados obtenidos de las medidas del espesor del hueso palatino, con otras variables de perfil (sexo, edad y clase esquelética).

Los resultados indicaron también cuáles de estas variables eran importantes a la hora de explicar las mediciones palatinas.

Espesor del hueso palatino a 5, 10, 15 y 20 mm del foramen incisal y su relación con variables independientes.

Las mediciones del espesor óseo palatino a **5 y 15 mm del foramen incisal (M5 y M15)** en relación con el patrón facial y el resto de factores independientes, aparecen expresadas como resultado del modelo lineal general ANCOVA (**Tablas 33 y 34**).

	Tipo Facial	Clase	Sexo	Edad	Tipo x Clase	Tipo x Sexo	Tipo x Edad	Clase x Sexo	Clase x Edad	Sexo x Edad
M5	0,903	0,929	0,471	0,023*	0,744	0,993	0,903	0,229	0,711	0,689
R5_5	0,748	0,820	0,452	0,152	0,387	0,569	0,802	0,072	0,787	0,031*
L5_5	0,728	0,742	0,169	0,091	0,175	0,383	0,790	0,081	0,646	0,005**
R5_10	0,805	0,976	0,299	0,480	0,145	0,743	0,508	0,014*	0,952	0,048*
L5_10	0,911	0,922	0,159	0,464	0,067	0,560	0,700	0,012*	0,859	0,013*

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 33. Espesor óseo palatino M5 según el patrón facial y resto de valores independientes: resultados del modelo lineal general ANCOVA.

	Tipo Facial	Clase	Sexo	Edad	Tipo x Clase	Tipo x Sexo	Tipo x Edad	Clase x Sexo	Clase x Edad	Sexo x Edad
M15	0,483	0,812	0,171	0,030*	0,803	0,579	0,473	0,860	0,624	0,229
R15_5	0,830	0,885	0,324	0,253	0,332	0,827	0,804	0,518	0,622	0,975
L15_5	0,908	0,977	0,313	0,101	0,531	0,722	0,813	0,365	0,842	0,949
R15_10	0,534	0,495	0,542	0,053	0,261	0,801	0,291	0,176	0,236	0,782
L15_10	0,453	0,424	0,598	0,047*	0,168	0,912	0,271	0,170	0,194	0,698

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 34. Espesor óseo palatino M15 según el patrón facial y resto de valores independientes: resultados del modelo lineal general ANCOVA.

Se observó que en M5 y M15, el espesor óseo palatino muestra una correlación directa con la edad del sujeto. A mayor edad, se observó un aumento del espesor óseo palatino en esas distancias (**Figuras 99 y 100**).

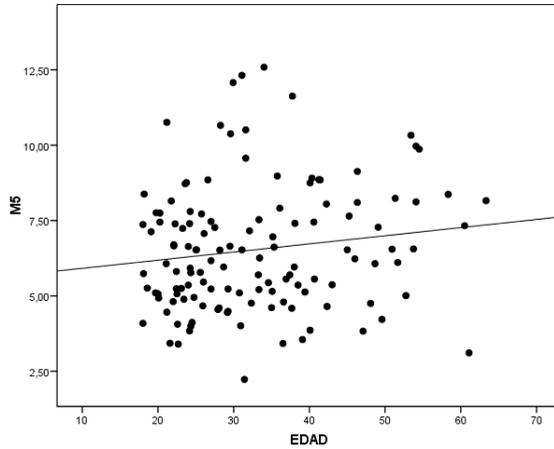


Figura 99. Diagrama de puntos que representa la relación entre el espesor palatino M5 y la edad.

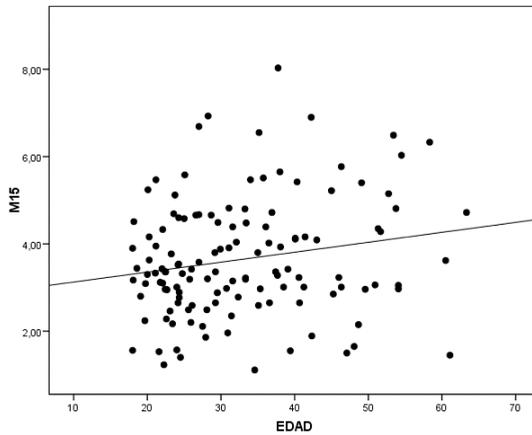


Figura 100. Diagrama de puntos que representa la relación entre el espesor palatino M15 y la edad.

Para los valores paramediales y laterales R5_5, L5_5, R5_10 y L5_10, los resultados respecto a la edad mostraron diferencias estadísticamente significativas. Se observó una relación con la edad pero de manera distinta en hombres y en mujeres. En los primeros, se muestra un aumento de los valores conforme avanza la edad del sujeto. En las mujeres, la tendencia parece ser la contraria (**Figura 101**).

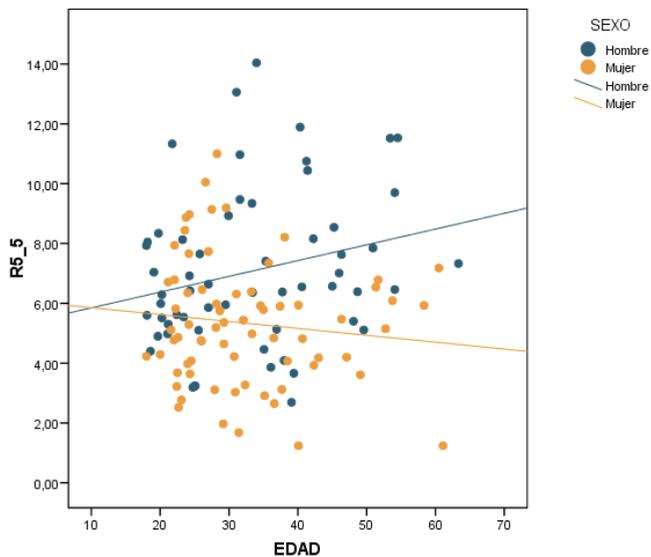


Figura 101. Diagrama de puntos que representa la relación entre el espesor palatino R5_5 con la edad.

Por otra parte, en la distancia de **10 mm paramedial** R5_10 y L5_10 (p-valor = 0,014 y p-valor = 0,012), se observó una interacción significativa de la clase esquelética y el sexo de los sujetos. Esta se manifestó con fuerza en los sujetos con clase III esquelética, donde aparecieron valores aumentados en los hombres respecto a las mujeres (**Figura 102**).

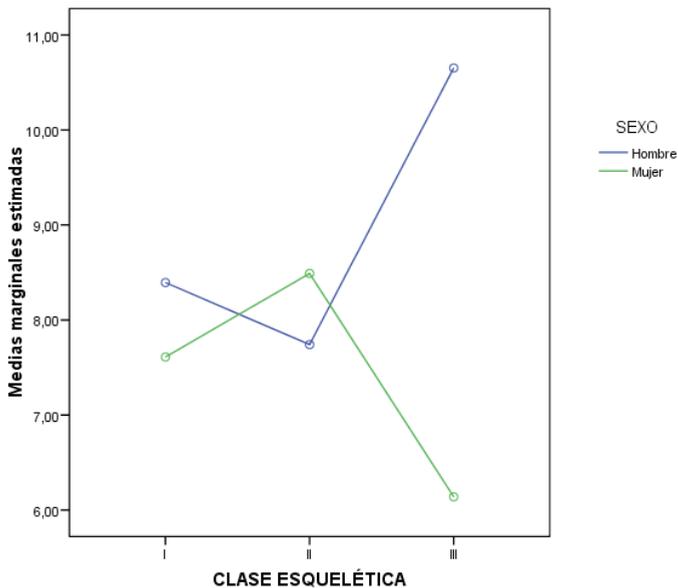


Figura 102. Diagrama que representa la relación entre el espesor de la cortical palatina a 10 mm paramedial, la clase esquelética y el sexo

En las mediciones del espesor óseo palatino a **10 y 20 mm del foramen incisal (M10 y M20)** en relación con el patrón facial y el resto de factores independientes, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, por tanto ninguna de estas mediciones de espesor óseo palatino dependía de los factores considerados. Se manifestaron muy homogéneas a través de todos los perfiles de los sujetos.

Densidad ósea palatina a 5, 10, 15 y 20 mm del foramen incisal y su relación con variables independientes.

Las mediciones de la densidad ósea palatina en UH a **5 y 15 mm del foramen incisal (M5 y M15)** en relación con el patrón facial y el resto de factores independientes, se ven expresadas en las **tablas 35 y 36** como resultado del modelo lineal general ANCOVA.

	Tipo Facial	Clase	Sexo	Edad	Tipo x Clase	Tipo x Sexo	Tipo x Edad	Clase x Sexo	Clase x Edad	Sexo x Edad
Densidad media M5	0,721	0,999	0,817	0,260	0,360	0,975	0,597	0,253	0,740	0,824
Densidad máxima M5	0,549	0,739	0,636	0,277	0,684	0,732	0,729	0,724	0,705	0,629
Densidad mínima M5	0,791	0,787	0,934	0,045*	0,181	0,918	0,800	0,108	0,407	1,000

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 35. Densidad ósea palatina a 5 mm según el patrón facial y resto de valores independientes: resultados del modelo lineal general ANCOVA.

	Tipo Facial	Clase	Sexo	Edad	Tipo x Clase	Tipo x Sexo	Tipo x Edad	Clase x Sexo	Clase x Edad	Sexo x Edad
Densidad media M15	0,564	0,412	0,069	0,078	0,388	0,713	0,469	0,110	0,798	0,251
Densidad máxima M15	0,995	0,756	0,211	0,380	0,302	0,631	0,987	0,452	0,896	0,455
Densidad mínima M15	0,229	0,208	0,101	0,038*	0,585	0,897	0,182	0,050	0,414	0,342

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 36. Densidad ósea palatina a 15 mm según el patrón facial y resto de valores independientes: resultados del modelo lineal general ANCOVA.

Se observó que tanto para la distancia M5 como para la de M15, había una correlación implicando a la densidad mínima con la edad. En sujetos de edades más avanzadas, la densidad ósea palatina decrecía (**Figuras 103 y 104**).

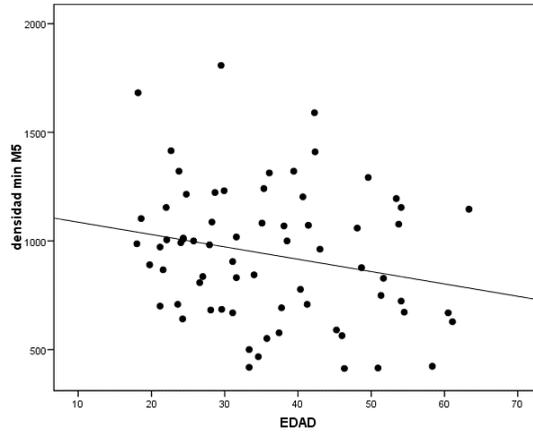


Figura 103. Diagrama de puntos que representa la relación entre la densidad ósea palatina en M5 y la edad.

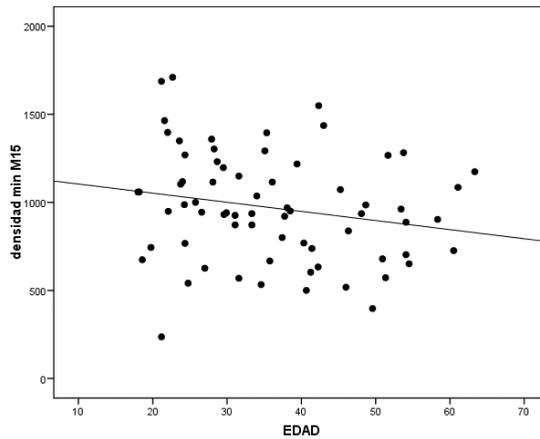


Figura 104. Diagrama de puntos que representa la relación entre la densidad ósea palatina en M15 y la edad.

En las mediciones de la densidad ósea palatina en UH a **10 y 20 mm del foramen incisal (M10 y M20)** en relación con el patrón facial y el resto de factores independientes, no se observaron diferencias estadísticamente significativas, por tanto ninguna de estas mediciones de densidad dependía de los factores considerados.

DISCUSIÓN

6. DISCUSIÓN.

Siguiendo con el esquema establecido en el apartado de revisión bibliográfica y material y métodos, se ha dividido la discusión de la misma manera.

6.1 ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA

El estudio óseo del complejo maxilo-mandibular con CBCT y su relación con el patrón facial de los individuos para la colocación de minitornillos ortodóncicos, es un tema estudiado desde hace más de 15 años.

Los criterios de selección de la muestra fueron pacientes jóvenes y adultos, a los que se les había realizado un CBCT por otros motivos odontológicos con independencia de este estudio, ya que no está justificada la realización de este tipo de prueba diagnóstica a todos los individuos sistemáticamente. Las dimensiones del complejo cráneo-maxilar sufren cambios durante el crecimiento en los niños (Ricketts, 1971), por lo tanto en este estudio se optó por tomar como muestra a individuos mayores de 18 años, ya que son pacientes con poco crecimiento remanente o sin crecimiento y por tanto, sin cambios respecto a

lo que se refiere al patrón facial vertical y a la morfología maxilo-mandibular.

Los pacientes con apiñamiento severo (>8 mm), asimetrías graves y pérdida ósea radiográfica mayor de $1/3$ de la longitud radicular también fueron descartados en este estudio (Lindhe, 1984; Park y Cho, 2009).

Hasta 2009, los trabajos que aparecen en la literatura relacionados con las mediciones de las características morfológicas óseas del maxilar y mandíbula toman como registro diagnóstico telerradiografías laterales de cráneo (Moshiri et al., 2007), ortopantomografías (Schnelle et al., 2004), cráneos humanos disecados (Monnerat et al., 2009) y CTs (Kasai et al., 1996; Kohakura et al., 1997; Tsunori et al., 1998; Masumoto et al., 2001).

Con la aparición de la tomografía computarizada de haz cónico o CBCT, comienzan a aparecer estudios donde se comparan las mediciones en las telerradiografías (Kumar et al., 2008; Cattaneo et al., 2008; Van Vlijmen et al., 2009; Zamora et al., 2010; Hariharan et al., 2016), ortopantomografías (Flores-Mir et al., 2014), cráneos disecados (Ludlow et al., 2007; Berco et al., 2009; Timock et al., 2011; Hamed et al., 2019) y CTs

(Loubele et al., 2008; Patcas et al., 2012; Tayman et al., 2019) con las mediciones que proporciona un CBCT.

Debido a la alta fiabilidad y reproducibilidad de las mediciones obtenidas en los diferentes estudios, con la aparición de la tomografía computarizada de haz cónico o CBCT, los autores comienzan a sustituir en sus estudios las telerradiografías y los CTs de cráneos por los cortes del CBCT (Chan et al., 2008; Park y Cho, 2009; Swasty et al., 2011; Han et al., 2012; Ozdemir et al., 2013; Li et al., 2014), con el fin de poder tomar mediciones de espesores transversales, distancias más exactas, áreas e incluso volúmenes y densidades óseas en Unidades Hounsfield.

En este estudio la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) es el método diagnóstico seleccionado para aportar información en los tres planos del espacio al ser el más preciso que existe en la actualidad a la hora de realizar mediciones cuantitativas del hueso alveolar y palatino. Las imágenes radiológicas de los CBCTs de cráneo completo (FOV: 20 x 19 cm) se realizaron con un tamaño de vóxel de 0,4 mm ya que, según la literatura, proporcionan imágenes adecuadas y de calidad para un diagnóstico fiable (Fokas et al., 2018).

Las imágenes radiográficas fueron tomadas con una orientación adecuada, en posición natural de la cabeza, tomando como referencia el plano de Frankfurt que debía situarse paralelo al

suelo, en la medida de lo posible. Aunque autores como El-Beialy et al. en el año 2011 concluyeron en sus estudios que la orientación de la cabeza en el escaneado no afecta a la precisión en las mediciones en CBCT.

La morfología del complejo maxilo-mandibular y su crecimiento vertical está relacionada con el sistema músculo-esquelético de cada individuo. Así, un patrón de crecimiento vertical puede estar influenciado tanto por factores genéticos como por factores ambientales, funcionales (por ejemplo la respiración oral) y musculares. Por tanto, se podría suponer que los distintos patrones faciales verticales y la clase esquelética sagital de los pacientes también afectarían a la morfología de la cortical ósea, tanto vestibular como palatina, y por tanto a la colocación y estabilidad de los minitornillos (Ricketts, 1971; Chan et al., 2008).

Por ello, se ha determinado el patrón esquelético vertical o más conocido como patrón facial (hipodivergente, normodivergente e hiperdivergente) y la clase esquelética sagital (Clase I, Clase II y Clase III) en la muestra de sujetos antes de realizar las mediciones de las variables estudiadas. Existen diferentes cefalometrías que brindan la posibilidad de determinar el patrón facial del paciente. En cada cefalometría se toman unas referencias para determinar el patrón esquelético vertical y

sagital del paciente pero todas ellas llegan a un mismo punto: determinar si el paciente tiene un crecimiento más hiperdivergente y por tanto más vertical en el que predomina el crecimiento hacia abajo de la mandíbula o si por el contrario se trata de un crecimiento hipodivergente, es decir, más horizontal en el que predomina el crecimiento hacia delante.

En los estudios revisados, los distintos autores tomaban cada uno, una cefalometría de referencia diferente. Así, Masumoto et al. (2001), Chan et al. (2008), Johari et al. (2015), Gaffuri et al. (2021) y Vidalón et al. (2021) se basaron en la cefalometría de Ricketts (1960) para medir el patrón facial, coincidiendo en la medida del ángulo del plano mandibular como aquella que tomaron de referencia. Tsunori et al. (1998) y Han et al. (2012) utilizaron el ángulo FMA de Tweed (1954) para la división de los pacientes en hiperdivergentes, normodivergentes e hipodivergentes. Por otro lado, Swasty et al. (2011) y Ozdemir et al. (2013) tomaron como referencia el Índice de Alturas Faciales (FHI) descrito por Horn en el año 1992. Para clasificar a los pacientes según la clase esquelética sagital, Chaimanee et al. (2011) tomaron como referencia el ángulo SNA, SNB y ANB de Steiner, mientras que Rossi et al. (2017) y Khumsarn et al. (2016) solamente utilizaron el ángulo ANB para clasificar a los pacientes en Clase I, II y III esquelética.

Para realizar las mediciones cefalométricas, algunos autores como Tsunori et al. (1998), Masumoto et al. (2001) y Han et al. (2012), utilizaron el método de trazado cefalométrico manual con papel de acetato, mientras que otros como Ozdemir et al. (2013) y Swasty et al. (2011) realizaron las mediciones con el programa 3D Dolphin a partir de imágenes 2D obtenidas desde un CBCT.

Para determinar el patrón facial vertical y sagital en el presente estudio, se han empleado medidas cefalométricas obtenidas de la cefalometría de Steiner (1953) y Ricketts (1960) como son: el ángulo ANB, el Wits, el plano mandibular, el eje facial, el cono facial y las mediciones del análisis esquelético de Jarabak (1972) como el coeficiente de alturas faciales, ya que son medidas fiables y fáciles de determinar. Así mismo, se realizaron las mediciones de los trazados cefalométricos con el programa Nemoceph 3D® a partir de imágenes 2D obtenidas desde el CBCT del paciente.

Existen numerosos programas informáticos de visualización de imágenes DICOM realizadas con un CBCT. Es por ello que se observó una gran variabilidad en el uso de los mismos en los diferentes estudios analizados. Para la presente investigación, se eligió el programa informático Invivo Dental 6.0 (Anatmage) para la visualización de imágenes y realización de las

mediciones, tal y como lo hicieron los autores, Park y Cho (2009), Ryu et al. (2012), Han et al. (2012), Holmes et al. (2015) y Rossi et al. (2017).

Todas las mediciones realizadas en el presente estudio fueron realizadas en la hemiarcada derecha tanto en maxilar como en mandíbula ya que en estudios previos como el de Deguchi et al. (2006), Kang et al. (2007), Monnerat et al. (2009), Farnsworth et al. (2011), Horner et al. (2012), Ozdemir et al. (2014), Li et al. (2014) y Amini et al. (2017), no encontraron diferencias significativas entre las mediciones realizadas en la hemiarcada derecha y en la izquierda.

En la presente investigación, las mediciones realizadas abarcaban desde distal del canino hasta mesial del segundo molar maxilar y mandibular. Algunos de los autores estudiados no realizaron mediciones en el sector anterior (Veli et al., 2014; Schneider et al., 2020) por ser una región con más dificultades y más imprecisa en el momento de realizar las mediciones de los espacios interradiculares y de la cortical ósea vestibular, además de ser más común la ausencia de hueso a nivel radiológico (Ohiomoba et al., 2017).

Otros autores en cambio sí que realizaron las mediciones en el sector anterior como fue el caso de Schnelle et al. en el año 2004, Lim et al. en el año 2008, Monnerat et al. en el año 2009 ,

Fayed et al. en el año 2010, Pan et al. (2013), Sawada et al. en el año 2013 y Li et al. (2014).

Respecto a la realización de las mediciones de los espacios interradiculares, corticales óseas vestibulares y anchura del proceso alveolar, existe mucha variabilidad a la hora de escoger un punto anatómico de referencia para la realización de las mismas (Fayed et al., 2010; Biavati et al., 2011; Farnsworth et al., 2011; Ozdemir et al., 2013). Lo importante es tomar los mismos puntos de referencia para todas las mediciones a las mismas distancias para que así sean comparables y reproducibles (Park y Cho, 2009).

En la mayoría de los estudios en los que se realizan las mediciones de los espacios interradiculares, suelen tomar como referencia la unión amelocementaria o unión amelocementaria (UAC) para marcar las distancias verticales en cada espacio interradicular, realizando la medición en el centro del proceso alveolar y en el centro del espacio interradicular, tanto en maxilar como en mandíbula. Es el caso de los estudios de Lee et al. (2009), Kim et al. (2009), Park y Cho (2009), Fayed et al. (2010), Pan et al. (2013), Yang et al. (2015) y Khumsarn et al. (2016).

Algunos autores como Ludwing et al. (2011) usaron como punto de referencia para las mediciones interradiculares en sentido vertical, el punto de contacto entre dientes.

En los estudios en los que se realizan las mediciones de espesor de cortical ósea vestibular únicamente, algunos autores como Matsumoto et al. (2001), Poggio et al. (2006), Ono et al. (2008), Lim et al. (2008), Monnerat et al. (2009), Swasty et al. (2011), Chaimanee et al. (2011), Han et al. (2013), Ozdemir et al. (2013), Holmes et al. (2015), Rossi et al. (2017) y Schneider et al. (2020), toman como referencia la cresta alveolar en lugar de la unión amelocementaria para realizar las mediciones de espesor en el plano coronal, verticalmente a ella.

En el presente estudio, se ha tomado como referencia la unión amelocementaria (UAC) para realizar las mediciones de los espacios interradiculares, espesor de la cortical vestibular y anchura del proceso alveolar ya que se consideró que era un punto de referencia más fácil de visualizar tanto en el CBCT como intraoralmente. Además de esto, se consideró que si se realizaban las mediciones tomando como referencia la cresta alveolar, las mediciones de altura en sentido vertical podrían verse afectadas en los casos de pacientes periodontales.

Como ya se ha comentado, las mediciones en sentido vertical de esta investigación, se han realizado a una altura de 5 y 8 mm

desde la UAC. Se tomaron como referencia las medidas verticales que realizaron algunos autores en sus estudios como Poggio et al. (2006), Deguchi et al. (2006), Park y Cho (2009), Lee et al. (2009), Park et al. (2010), Biavati et al. (2011), Sawada et al. (2013), Pan et al. (2013) y Khumsarn et al. (2016). Estos autores tomaron distintas mediciones (2, 4, 5, 7, 9, 11 mm). En esta investigación, se tomaron como medidas de referencia las distancias a 5 y 8 mm, verticalmente a la UAC, ya que se consideró que eran las idóneas para colocar los mini-implantes sin tener problemas con la encía libre ni los frenillos (Kim et al., 2009; Kuroda et al., 2007; Tenenbaum, 1986).

Además en el estudio realizado por Sawada et al. en el año 2013, las mediciones que se realizaron a 9 mm verticalmente en la zona de premolares inferiores se encontraron en su gran mayoría con el foramen mentoniano.

Al realizar las mediciones interradiculares es importante tener en cuenta el espacio periodontal, ya que éste no debe ser invadido al colocar los minitornillos ortodóncicos (Lindhe, 1984). En este estudio, se han realizado las mediciones de los espacios interradiculares mesiodistales dejando 0,5 mm de seguridad a cada lado, respetando el espacio del ligamento periodontal. Al igual que en la presente investigación, otros autores han seguido

este mismo protocolo (Park y Cho, 2009; Ludwing et al., 2011; Holmes et al., 2015). Otros autores sugieren dejar algo más de 0,5 mm de margen de seguridad en las mediciones debido a la sobrestimación de las mismas que genera el CBCT (Fokas et al., 2018; Flores-Mir et al., 2014).

Existieron otras dificultades anatómicas a las que se tuvo que prestar especial atención, ya que se observaron interferencias con el seno maxilar en las mediciones realizadas a 8 mm de la unión amelocementaria a nivel del primer molar. Coincidiendo con este estudio, Biavati et al. en 2011 y Yang et al. (2015) también encontraron dificultades en sus mediciones a causa de la interferencia del seno maxilar a nivel del primer molar (Cevidanez et al., 2006).

En la presente investigación se han realizado las mediciones de los espesores de las corticales óseas vestibulares paralelas al plano oclusal, sin realizar ni simular ningún tipo de angulaciones en las mediciones. A diferencia de algunos autores como Deguchi et al. (2006), Park et al. (2010), Kim et al. (2009) y Monnerat et al. (2009) que sí que realizaron simulaciones de angulaciones de los minitornillos en relación con la estabilidad primaria de los mismos en sus estudios de la cortical ósea vestibular.

Respecto a la realización de las mediciones del espesor óseo en el área palatina, la mayoría de autores coinciden en realizarlas a lo largo de la sutura palatina media y paramedial lateral, dejando unos milímetros de margen en la zona posterior al foramen incisal (Gracco et al., 2008; Suteerapongpun et al., 2018; Bonangi et al., 2018; Chhatwani et al., 2019).

Existe mucha variabilidad en la distancia que toman como referencia los autores para las mediciones. En el presente estudio se tomó como distancia a 5, 10, 15 y 20 mm distales al foramen incisal y a 5 y 10 mm laterales a la sutura palatina media, distancias muy similares a como lo hicieron Park y Cho en su estudio en el año 2009.

6.2 MINITORNILLOS COLOCADOS POR VESTIBULAR Y SU RELACIÓN CON EL PATRÓN FACIAL/SEXO Y EDAD

6.2.1 Espacios interradiculares en maxilar y mandíbula

La interpretación de los resultados de las mediciones mesiodistales de los **espacios interradiculares** a 5 y 8 mm verticalmente a la unión amelocementaria en maxilar y mandíbula fue la siguiente:

Se encontró que, en general, las medias de los espacios interradiculares en el maxilar eran menores que en la mandíbula. El espacio interradicular mesiodistalmente más ancho del maxilar se encontró entre el primer molar y el segundo premolar a 8 mm de la unión amelocementaria, con un valor medio de 1,98 mm.

En la mandíbula se observó que el espacio interradicular mesiodistalmente más ancho se situaba entre el segundo molar y el primer molar a 8 mm de la unión amelocementaria, con un valor medio de 3,13 mm. También se observó que el siguiente espacio más ancho, con un valor de 2,73 mm, se corresponde con la distancia entre el primer premolar y el segundo premolar a 8 mm de la unión amelocementaria.

Poggio et al. (2006), Lee et al. (2009), Park y Cho (2009), Fayed et al. (2010), Martinelli et al. (2010), Ludwing et al. (2011), Sawada et al. (2013), Yang et al. (2015) y Khumsarn et al. (2016) también encontraron resultados que mostraron coincidencias con el presente estudio, donde los mayores espacios interradiculares para la colocación de minitornillos se situaban entre el segundo premolar y el primer molar maxilar.

En la mandíbula los lugares más anchos y por tanto más seguros para la colocación de minitornillos fueron desde el primer

premolar hasta el segundo molar, siendo en la mayoría de las mediciones los valores cercanos a 3 mm.

Los resultados de los espacios interradiculares mandibulares que se obtuvieron en las investigaciones de Poggio et al. (2006) y Costa-Sabec et al. (2015) concuerdan con lo expuesto en los resultados del presente estudio, puesto que encontraron especialmente mayor espacio entre el primer premolar y el segundo premolar mandibular.

Los resultados encontrados en la presente investigación, concuerdan de manera relativa con los resultados del estudio de Biavati et al. (2011), en el que obtuvieron mayores espacios interradiculares en el maxilar a 8 mm. Sin embargo, en este caso midieron la distancia vertical desde la cresta alveolar y no desde la unión amelocementaria, encontrándose en ocasiones con el seno maxilar y mucosa libre y, por tanto, consideraron estos lugares como lugares no tan óptimos para la colocación de minitornillos.

Los resultados anteriormente descritos también coinciden con los encontrados en la investigación de Chaimanee et al. en 2011 y Schnelle et al. en 2004, los cuales encontraron mayores espacios interradiculares entre el primer molar y el segundo premolar maxilar y entre el segundo molar y el primer molar mandibular. Cabe destacar que estos autores realizaron las

mediciones en radiografías panorámicas y periapicales y no en CBCT.

Los resultados de este estudio, también coinciden con los encontrados por Hu et al. en el año 2009. La diferencia es que las mediciones de éstos fueron realizadas en cráneos humanos disecados y no en CBCT, confirmando así la reproducibilidad del método.

Como punto a destacar, se observa que los espacios interradiculares tienden a incrementar en sentido vertical desde la unión amelocementaria hasta apical, tanto en maxilar como en mandíbula, ya que en las mediciones realizadas en el mismo espacio interradicular pero a 5 mm de distancia de la UAC, se obtienen resultados menores que a 8 mm. Los resultados de los estudios de Poggio et al. (2006), Hun et al. (2009), Park y Cho (2009), Martinelli et al. (2010), Sawada et al. (2013), Pan et al. (2013) y Amini et al. (2017), concuerdan con los presentados en este estudio, afirmando que la anchura de los espacios interradiculares y la anchura de la cortical ósea vestibular aumentan desde la UAC hasta apical.

Tras los resultados, se puede interpretar que al obtener unos espacios interradiculares más anchos en la mandíbula existiría menor riesgo de fracaso del minitornillo en esa localización (Casaña-Ruíz et al., 2020).

Como ya se ha mencionado, el mayor **espacio interradicular** en sentido mesiodistal se encontró entre el primer molar y el segundo premolar maxilar, seguido del espacio mesiodistal entre el segundo premolar y el primer premolar maxilar. Por su parte, en la mandíbula se observó un mayor espacio interradicular entre el segundo molar y el primer molar. Entre esos mismos espacios se encontraron resultados estadísticamente significativos con el **patrón facial** de los sujetos, observando una menor distancia en pacientes hiperdivergentes tanto en maxilar como en mandíbula. Esta significatividad se vuelve incluso más marcada cuando se refiere al espacio interradicular entre el segundo premolar y el primer premolar en el maxilar.

Los hallazgos obtenidos en esta investigación, coinciden con los resultados presentes en los estudios de Park y Cho, en el año 2009 y discrepan de los autores Amini et al. (2017), ya que estos no encontraron diferencias estadísticamente significativas en la relación de los espacios interradiculares y el patrón facial.

En cuanto a los resultados de las mediciones de los espacios interradiculares maxilares según su relación con la **edad** se obtuvieron resultados estadísticamente significativos para el valor correspondiente a la medida entre el segundo molar y el primer molar maxilar a 5 mm de la UAC (p -valor = 0,040) y

entre el canino y el primer premolar maxilar a 8 mm de la unión amelocementaria (p-valor = 0,035). Se muestra que para ese espacio interradicular los valores aumentan a medida que aumenta la edad del paciente. Estos resultados coinciden con los del estudio de Fayed et al. en el año 2010.

Al mismo tiempo, el espacio interradicular entre el segundo molar y el primer molar en la mandíbula, también aumenta con la **edad** y es mayor en sujetos con patrones faciales hipodivergentes. A 8 mm de la UAC se encontraron los mismos resultados que a 5 mm (p-valor = 0,033).

Al analizar los resultados de las mediciones de los espacios interradiculares mandibulares según su relación con el **sexo**, se obtuvieron resultados estadísticamente significativos para los valores correspondientes a las medidas entre el segundo molar y el primer molar mandibular a 5 mm de la unión amelocementaria (p-valor = 0,016), siendo mayores los valores en hombres que en mujeres.

Estos resultados coinciden con las investigaciones de Fayed et al. (2010) y Amini et al. (2017), los cuales también encontraron diferencias significativas respecto a los espacios interradiculares entre sexos. Los hombres tenían mayores espacios entre raíces que las mujeres.

Estudios previos no han tenido en consideración el estudio del patrón esquelético sagital de clase en la realización de las mediciones de los espacios interradiculares, excepto los estudios de Chaimanee et al. (2011) y Khumsarn et al. (2016). Por eso se ha considerado importante incluirlo en este estudio aunque, al realizar las mediciones y observar cómo influye el patrón esquelético sagital de cada sujeto, no se han encontrado valores estadísticamente significativos en las mediciones de los espacios interradiculares. En cambio Chaimanee et al. (2011) sí que encontraron diferencias entre pacientes con Clase II esquelética, los cuales presentaron ligeramente mayores espacios entre raíces que los pacientes de Clase III en el maxilar. Por el contrario en la mandíbula, los pacientes con Clase III presentaron mayores espacios interradiculares que los pacientes con Clase II. Cabe añadir que Chaimanee et al. (2011) realizaron sus mediciones tomando radiografías periapicales. Por su parte Khumsarn et al. (2016) también encontraron diferencias estadísticamente significativas respecto a los espacios interradiculares y el espesor de la cortical ósea, donde aumentaba desde la UAC hasta apical, en pacientes con Clase II esquelética frente a los pacientes de Clase III.

6.2.2 Cortical ósea vestibular y anchura del proceso alveolar en maxilar y mandíbula

La interpretación de los resultados de las mediciones de la **cortical ósea vestibular** en el mismo punto donde se realizaron las mediciones interradiculares a 5 y 8 mm de la unión amelocementaria en maxilar y mandíbula fue la siguiente:

En el maxilar superior los valores del espesor de cortical ósea vestibular oscilan entre 0,65 y 2,78 mm, correspondiendo los valores más altos a los sujetos con patrón facial hipodivergente y en la distancia de 8 mm de la UAC.

Coincidiendo con la investigación de Lim et al. en el año 2008 y Fayed et al. (2010), las mediciones con mayor anchura de la cortical ósea vestibular que se encontraron en el presente estudio fueron entre el primer y el segundo premolar maxilar con una media de 1,25 mm a 8 mm de la UAC.

Por su parte en la mandíbula, se muestran valores mayores de anchura de la cortical ósea entre el primer molar y el segundo molar a 5 y 8 mm de la unión amelocementaria con una media de 2,36 y 2,68 mm respectivamente. A estos valores les siguen los encontrados entre el primer molar y el segundo molar mandibular con una media de 1,82 a 8 mm de la UAC. Coincidiendo estos resultados con los encontrados en el estudio

de Park y Cho (2009), Veli et al. (2014), Holmes et al. (2015) y Tepedino et al. (2021).

Como se puede observar, los valores del espesor de la cortical ósea vestibular en la presente investigación, son superiores a 1 mm en la mayoría de los casos, siendo bastante superiores a 1 mm entre el primer y segundo molar mandibular a 8 mm de la UAC. Estos valores sugieren una buena estabilidad primaria del minitornillo en esos niveles para su colocación. Esta afirmación se basa en los estudios de Motoyoshi et al. (2009), Wilmes et al. (2006) y Miyawaki et al. (2003) donde se afirma que la cortical ósea vestibular debe tener una anchura de más de 1 mm para asegurar la suficiente estabilidad primaria del minitornillo.

Los resultados encontrados en el presente estudio también coinciden con la revisión sistemática que realizó Tepedino et al. en el año 2021, y cabe añadir la sugerencia de realizar un perforado previo de la cortical ósea vestibular antes de la inserción de los minitornillos en la zona mandibular.

Como se vio en las mediciones de las distancias mesiodistales en los espacios interradiculares, se observa también que las mediciones de la anchura de la cortical ósea vestibular tanto en maxilar como en mandíbula aumentan desde la UAC hasta apical, coincidiendo los resultados con los de los autores Kim et al. (2006), Ono et al. (2008), Lim et al. (2008), Swasty et al.

(2009), Baumgaertel y Hans (2009), Park y Cho (2009), Holmes et al. (2015) y Ohiomoba et al. (2017). Es por ello, que se debe insertar el minitornillo lo más apical posible, sin llegar a contactar con la encía libre.

Por tanto, se puede decir que el espesor de cortical ósea vestibular es mayor en la mandíbula que en el maxilar coincidiendo con los resultados de los estudios de Ono et al. (2008), Baumgaertel y Hans (2009), Holmes et al. (2015), Rossi et al. (2017) y Ohiomoba et al. (2017). Coincidiendo con el presente estudio, estos autores además encontraron los valores más bajos de espesor sobre todo a nivel posterior del maxilar superior entre el segundo molar y el primer molar a una distancia vertical de 4 mm respecto a la cresta alveolar.

Autores como Lim et al. (2008), Ono et al. (2008), y Laursen et al. (2013), también mostraron resultados concordantes a la presente investigación, ya que encontraron un mayor espesor de la cortical ósea vestibular en la mandíbula. Estos autores concluyeron que en el maxilar superior el espesor de cortical ósea vestibular no era suficientemente grueso para proporcionar una buena estabilidad a los minitornillos y por tanto, su inserción se debía realizar con una determinada angulación para aumentar la cantidad de cortical ósea disponible que pueda estar en contacto con el minitornillo.

Al analizar la relación de los distintos espesores de las **corticales óseas vestibulares** maxilares y mandibulares en cada espacio interradicular con el **patrón facial** de cada paciente, resultó ser significativa en los espacios entre el segundo premolar y el primer premolar maxilar (p-valor = 0,038) y entre el primer premolar y el canino maxilar (p-valor = 0,011) a 8 mm de la UAC. En los sujetos hipodivergentes se observó un aumento de la anchura de la cortical ósea vestibular frente a los hiperdivergentes. Los resultados en la mandíbula replican exactamente lo ocurrido en el maxilar siendo estadísticamente significativos en los mismos espacios interradiculares.

En general, las medias de los valores de los espesores de las corticales óseas en este estudio tienden a ser más altas en patrones hipodivergentes y más bajas, es decir presentan un menor espesor de cortical vestibular en los patrones hiperdivergentes. Estos resultados coinciden con los de los autores Swasty et al. (2011), Horner et al. (2012), Ozdemir et al. (2013), Li et al. (2014), Sadek et al. (2016) y Amini et al. (2017).

Tsunori et al. (1998), Kohakura et al (1997), Masumoto et al. (2001), Miyawaki et al. (2003) y Han et al. (2013) también observaron en sus estudios un mayor espesor de la cortical ósea vestibular en pacientes hipodivergentes además de una mayor

inclinación lingual del primer y segundo molar mandibular. Esto es debido a la fuerte musculatura asociada con este tipo de patrón facial horizontal tal y como estudiaron Chan et al. en el año 2008. En su investigación observaron que el grupo de sujetos con patrones faciales hipodivergentes presentaban músculos elevadores más potentes y tenían más tendencia a una mayor anchura bi-zigomática y una mayor anchura de arcadas que los hiperdivergentes.

Moon et al. (2010), Ozdemir et al. (2013) y Gaffuri et al. (2021), afirmaron que los patrones esqueléticos faciales de cada individuo tiene una influencia muy marcada en la estabilidad primaria del minitornillo. Coincidiendo con la presente investigación, sus resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas para aquellos pacientes hiperdivergentes, los cuales presentaban un menor espesor de la cortical ósea vestibular y por tanto mayor porcentaje de fallo y pérdida de los minitornillos, frente a los sujetos hipodivergentes. A diferencia de este estudio, Schneider et al. (2020), no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la relación del espesor de la cortical ósea y el patrón facial de los sujetos.

Al analizar los espesores de la cortical ósea vestibular en maxilar y en mandibular en relación a la **edad** de los pacientes,

se observó que a mayor edad, se obtienen medidas estadísticamente significativas más pequeñas de la cortical ósea vestibular entre el primer molar y el segundo premolar, entre el segundo premolar y el primer premolar y entre el primer premolar y el canino a 5 mm y 8 mm de la UAC. Estos valores son especialmente significativos entre el canino y el primer premolar maxilar con un p-valor menor a 0,001. Resultados contrarios se encontraron en los estudios de Swasty et al. (2009), Fayed et al. (2010), Farnsworth et al. (2011), Cassetta et al. (2013) y Rossi et al. (2017) donde el grupo de adultos presentó corticales óseas más gruesas que el grupo de adolescentes. Cabe destacar que la edad de los sujetos en los estudios realizados por los autores anteriores era muy variable, incluyendo muchos de ellos pacientes adolescentes y en edades comprendidas entre los 10 y 49 años, casi nunca superando los 50 años de edad. Swasty et al. en el año 2009, observaron que a partir de los 49 años de edad, el espesor de la cortical ósea vestibular desciende considerablemente debido a factores degenerativos propios de la edad madura. Quizá por ello, en los resultados de la presente investigación se puede observar ese descenso del espesor de la cortical ósea a medida que aumenta la edad de los pacientes, ya que el rango de edad comprendido en la presente investigación fue desde los 18 a los 63 años.

Por su parte, Sathapana et al. y Ozdemir et al. en el año 2013, no encontraron resultados significativos entre el espesor de la cortical ósea vestibular con la edad de los pacientes.

Respecto a la relación de las mediciones de la cortical ósea en el maxilar con el **sexo** de los pacientes, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en general. Sólo se encontró un espesor de la cortical ósea vestibular disminuido a 8 mm de la UAC entre el canino y el primer premolar (p-valor = 0,002) en los pacientes del sexo masculino.

Cabe destacar que en las mediciones de la cortical ósea vestibular en la mandíbula respecto al **sexo**, se encontró un mayor espesor de cortical ósea en hombres frente a mujeres tanto a 5 mm como a 8 mm de la UAC, especialmente entre el primer molar y el segundo premolar (p-valor = 0,001). En los hombres con Clase II esquelética, existía un mayor espesor de la cortical ósea vestibular mandibular respecto a las mujeres, especialmente entre el segundo premolar y el primer premolar (p-valor = 0,005). Estos resultados coinciden con los citados en los estudios de Ono et al. (2008), Cassetta et al. (2013), Amini et al. (2017) y Yadav et al. (2018). Por otra parte, los resultados de esta investigación difieren con los encontrados en los estudios de Farnsworth et al. (2011) y Schneider et al. (2020) donde no se encontraron diferencias significativas respecto a

sexos aunque sí se mostraron diferencias significativas respecto al grupo de edad.

Respecto a **la clase esquelética** en relación con el espesor de la cortical ósea vestibular, se encontraron en las medidas maxilares, un menor espesor de cortical ósea vestibular en hombres con clase II esquelética, mientras que en la mandíbula el espesor fue mayor. Estos resultados difieren con los obtenidos en el estudio de Rossi et al. (2017) y Ohiomoba et al. (2017), donde no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de sexo y clase esquelética sagital.

Al analizar los estadísticos de media y desviación típica de las **anchuras del proceso alveolar** tanto en el maxilar como en la mandíbula a 5 y 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria, se encontró una mayor anchura entre el segundo molar y el primer molar con una distancia media de 14,2 mm en el maxilar y de 13,6 mm en la mandíbula, seguido del primer molar y segundo premolar en ambas arcadas a 8 mm de la UAC. Este resultado coincide con los estudios de Lee et al. (2009), Martinelli et al. (2010) y Khumsarn et al. (2016), donde encontraron que la anchura del proceso alveolar aumentaba desde la UAC hacia apical.

Al estudiar la anchura del proceso alveolar, algunos autores sugirieron que introducir una cierta angulación de los

minitornillos en el momento de su colocación generaba mayor estabilidad primaria de los mismos en las zonas donde no existiese suficiente anchura (Lee et al., 2009).

Evaluando los resultados según los diferentes **patrones faciales**, se detectaron resultados de anchura del proceso alveolar estadísticamente significativos entre el primer molar y el segundo premolar (p -valor = 0,0023), y entre el primer premolar y el canino (p -valor = $<0,001$) tanto a 5 mm como a 8 mm de la UAC en el maxilar. Los resultados en la mandíbula fueron similares a los del maxilar, destacando que los resultados de anchura en la mandíbula fueron estadísticamente significativos entre todos los espacios interradiculares. Se podría concluir que la anchura del proceso alveolar en maxilar y en mandíbula a ambos niveles es menor en pacientes hiperdivergentes.

Coincidiendo con la presente investigación, Swasty et al. (2011) y Sadek et al. (2015), obtuvieron resultados estadísticamente significativos respecto al patrón facial y la anchura del proceso alveolar, siendo el grupo de pacientes hiperdivergentes los que tenían una menor anchura tanto en el maxilar como en la mandíbula. Estos resultados sugieren que la anchura del proceso alveolar está influenciado no solo por factores genéticos sino por procesos adaptativos de las diferentes fuerzas orales

(debido a hábitos como la respiración oral) y de la musculatura perioral.

Al analizar las mediciones de la **anchura del proceso** alveolar en maxilar y en mandíbula según el **sexo** y **la clase esquelética sagital** se obtuvieron resultados estadísticamente significativos en las mediciones mandibulares tanto a 5 como a 8 mm de la UAC. Los hombres mostraron un proceso alveolar más ancho que las mujeres sobre todo en las clases esqueléticas tipo II.

En el maxilar, se encontraron también resultados estadísticamente significativos en referencia a la **edad** de los pacientes. Para los valores correspondientes a las anchuras del proceso alveolar entre el primer molar y el segundo premolar y entre el segundo premolar y el primer premolar maxilar a 5 y 8 mm de la UAC, se observa un aumento de la misma a medida que aumenta la edad de los pacientes, sobre todo en los sujetos con tipos faciales hiperdivergentes. El presente estudio coincide con las investigaciones de Park y Cho (2009) donde también se observó un aumento de la anchura del proceso alveolar a medida que aumentaba la edad del paciente.

Cabe destacar que en sujetos con Clase III esquelética junto con patrones faciales hiperdivergentes, se encontró una anchura del proceso alveolar maxilar especialmente disminuida.

6.2.3 Densidad de la cortical ósea vestibular en maxilar y mandíbula

Como ya se ha comentado, es sabido que la estabilidad primaria del minitornillo depende de muchos factores, uno de ellos es la densidad de la cortical ósea vestibular, junto con la densidad del hueso esponjoso.

Las mediciones de las densidades óseas mediante CBCT en unidades Hounsfield (UH) es un tema controvertido en el área de la odontología, ya que algunos autores consideran las mediciones imprecisas (Pauwels et al., 2015) y que difieren de la realidad, debido a la variabilidad de resultados que proporcionan los diferentes programas informáticos. Es decir, no existe un consenso sobre la precisión de la determinación de las escalas de grises que proporciona el CBCT (Kim, 2014; Silva et al., 2014; Schröder et al., 2020).

Algunos autores, por su parte, consideran que las mediciones de las densidades óseas en el CBCT, pueden proporcionar información previa para obtener una estimación preoperatoria de la calidad del hueso que se va a encontrar aunque no sean 100% precisas (Gonzalez y Monje, 2013).

Evaluando en el presente estudio los valores de **densidad ósea de la cortical ósea vestibular** medidos en unidades Hounsfield (UH), se observa un aumento de la misma desde la UAC hasta apical, obteniendo valores mayores en la zona más apical. Es decir, los valores máximos, medios y mínimos de densidad aparecen aumentados a 8 mm de la UAC tanto en maxilar como en mandíbula. Estos resultados coinciden con los de los autores Chun et al. (2009) y Cassetta et al. (2013) mientras que difieren de los de los autores Choi et al. (2009).

También se observa un incremento de los valores de la densidad (UH) de la cortical ósea vestibular entre el primer premolar y el canino y un incremento de los valores de densidad en la mandíbula respecto al maxilar (Park et al., 2008; Samrit et al., 2012; Cassetta et al., 2013).

Se considera interesante evaluar la densidad en UH de la cortical ósea vestibular en los diferentes **patrones faciales**, para obtener una relación de la calidad del hueso alveolar disponible antes de la inserción del minitornillo. Si se relacionan los valores de la densidad de la cortical ósea con el patrón facial en esta investigación, se observa que en el maxilar sólo se obtienen resultados estadísticamente significativos entre el primer molar y segundo molar a 8 mm de la UAC (p -valor = 0,017), siendo éstos mayores en sujetos con patrones faciales hiperdivergentes.

En la región mandibular, al obtener las mediciones de la densidad de la cortical ósea vestibular, se observa que existe valores mayores de densidad entre primer molar y el segundo premolar en pacientes hipodivergentes a 5 mm de la UAC. Estos resultados coinciden con los de los autores Li et al. (2014), Ozdemir et al. (2014) y Arvind y Jain (2021) aunque difieren de los resultados de Schneider et al. (2020), los cuales no encontraron diferencias estadísticamente significativas respecto a la densidad y el patrón facial.

Por su parte, se observa que la densidad ósea en la región mandibular disminuye con la **edad** cuando en las zonas más apicales. Estos resultados coinciden con los de los autores Li et al. (2014) aunque difieren con los encontrados en los estudios de Cassetta et al. (2013), Rossi et al. (2017) y Schneider et al. (2020) donde encontraron una mayor densidad de la cortical ósea en pacientes de mayor edad.

Park et al. (2008) y Schneider et al. (2020) encontraron correlación entre la densidad ósea y el **sexo** de los pacientes, presentando las mujeres mayor densidad en la cortical ósea que los hombres. Mientras que Cassetta et al. (2013) y Wakimoto et al. (2012) observaron lo contrario. En el presente estudio los resultado no han sido significativos respecto al sexo,

coincidiendo con los estudios de Choi et al. (2009) y Chun et al. (2009).

Se podría afirmar que la calidad ósea en términos de densidad, se puede ver afectada por el patrón facial esquelético de los pacientes, debiendo de prestar mayor atención a aquellos pacientes con patrones faciales hiperdivergentes. Esto es debido a la posibilidad de pérdida de los minitornillos por la disminución de los valores de densidad en su cortical ósea vestibular.

El estudio de la densidad ósea y las propiedades del hueso alveolar son muy variables entre individuos. En lo referente a la osteointegración y la estabilidad de los minitornillos, evaluar el patrón facial de los pacientes puede servir de guía para conocer la densidad ósea de la cortical, pero siempre teniendo en cuenta otros factores que también influyen en la estabilidad de los mismos (Ohiomoba et al. 2017).

Mencionar que, los autores Lee et al. (2016), consideran que la densidad en la cortical ósea vestibular por sí sola, no tiene ningún efecto significativo en la tasa de éxito de los minitornillos. Estos autores afirmaron tras su estudio, que la tasa de éxito aumentaba significativamente si existe una buena densidad de hueso esponjoso y siempre teniendo en cuenta la

densidad ósea total : densidad de hueso esponjoso + densidad de hueso cortical.

6.3 MINITORNILLOS COLOCADOS EN EL ÁREA PALATINA Y SU RELACIÓN CON EL PATRÓN FACIAL/SEXO Y EDAD

6.3.1 Espesor óseo del área palatina

La colocación de dispositivos de anclaje esquelético en el paladar es una práctica habitual en las clínicas de ortodoncia hoy en día. Muchos ortodoncistas utilizan los minitornillos en palatino para la realización de distalización de molares o para realizar expansiones maxilares esqueleto-soportadas (MARPE).

El estudio del espesor o altura del hueso palatino para la colocación de minitornillos se considera importante ya que su colocación es más fácil en esta área, existe una buena encía queratinizada y el riesgo de daño de raíces es mucho menor.

La morfología del complejo maxilo-mandibular está relacionada con la musculatura que lo rodea y por tanto se puede suponer que el patrón facial vertical de cada individuo puede afectar a la morfología en el área palatina. Tal y como se vio al estudiar los espacios interradiculares en relación con el patrón facial, (donde

se encontraron menores espacios interradiculares en pacientes hiperdivergentes) se planteó la hipótesis de si existía una relación entre el espesor óseo en el área palatina y la densidad de la misma con los diferentes patrones faciales verticales de los sujetos.

En el presente estudio se encontraron unos valores máximos de **espesor óseo en el área palatina** a 5 mm del foramen incisal de 6,54 mm de media y a 10 mm paramedial en la misma localización de 8,57 mm y 8,59 mm derecha e izquierda respectivamente.

A 10, 15 y 20 mm distalmente al foramen incisal, los valores de espesor óseo palatino que se encontraron decrecen exponencialmente. Por tanto, en la zona palatina anterior es donde existe mayor espesor óseo que en las zonas más posteriores al foramen incisal. Estos resultados son similares a los hallados en los estudios de Bernhart et al. (2000), Kang et al. (2007), Gracco et al. (2007), Gracco et al. (2008), Ryu et al. (2012), Wang et al. (2017) y Yadav et al. (2018), Bonangi et al. (2018) y Chhatwani et al. (2019).

Al estudiar estos resultados y observar su interacción con el **patrón facial** vertical de los pacientes, no se obtuvieron resultados estadísticamente significativos. Estos resultados difieren con los obtenidos en los estudios de Johari et al. (2015),

Wang et al. (2017), Suteerapongpun et al. (2018) y Vidalón et al. (2021) donde encontraron un menor espesor óseo palatino en los pacientes con patrones faciales hiperdivergentes.

Los resultados obtenidos a 5 y 15 mm del foramen incisal tienen una relación directa con la **edad** de los sujetos. Se encontraron resultados estadísticamente significativos (p -valor = 0,030 y p -valor = 0,047 respectivamente), donde se obtuvieron mayores mediciones de espesor óseo palatino a medida que aumentaba la edad de los pacientes. Estos resultados coinciden con los resultados de los estudios de Chen et al. (2007) y Ryu et al. (2012), aunque difieren de los descritos por Chhatwani et al. (2019), los cuales afirmaron que el espesor palatino decrece con la edad de los pacientes. Por su parte, autores como King et al. (2006) y Gracco et al. (2008) no encontraron diferencias estadísticamente significativas respecto a la edad.

Respecto a la correlación del espesor de la cortical ósea palatina y el **sexo** de los sujetos, se observa que a 5 mm del foramen incisal, el espesor óseo palatino tiende a aumentar en hombres más que en mujeres. Estos resultados son similares a los mencionados en los estudios de Chhatwani et al. (2019), aunque difieren con los de los autores Gracco et al. (2008) y Ryu et al. (2012), los cuales no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre sexos.

6.3.2 La densidad ósea en la región palatina

En el presente estudio, se han realizado también las mediciones de la densidad ósea palatina en 4 niveles (5, 10, 15 y 20 mm) a lo largo de la sutura palatina media. Se han obtenido resultados bastante constantes y similares entre sí, con una densidad media en el área anterior de 1306 UH y una densidad media en el área más posterior de 1262 UH. Se podría afirmar que en la zona más distal a la sutura palatina media, se encontraron valores de densidad menores, sin ser estadísticamente significativos. Estos resultados coinciden con los de los autores Moon et al. (2010).

Observando los valores de densidad según el **patrón facial** de los sujetos, se observaron valores estadísticamente más altos a 10 mm del foramen incisal en el grupo de pacientes hiperdivergentes frente a los normodivergentes. En el resto de lugares, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en términos de densidad. Estos resultados coinciden con los de los autores Ozdemir et al. (2014) y Vidalón et al. (2021).

Respecto a la **edad**, se observó a 5 y 15 mm del foramen incisal, que los valores de densidad en UH disminuían a medida que aumentaba la edad de los pacientes. Estos resultados difieren

con los obtenidos en los estudios de Han et al. (2012) y Chen et al. (2007), donde advirtieron la presencia de mayor densidad ósea en pacientes adultos frente a adolescentes. Como punto a destacar, todos los pacientes del presente estudio tenían edades mayores a 18 años y por tanto no se les puede considerar adolescentes. Por otro lado autores como Han et al. (2012) y Wehrbein et al. (2009), tienen puntos en común con la presente investigación, ya que afirmaron que la densidad ósea palatina tanto en adolescentes como en adultos es suficientemente buena para la colocación de minitornillos.

Si se correlaciona la densidad ósea palatina con el **sexo** de los pacientes, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en el presente estudio. En cambio, autores como Han et al. (2012), Moon et al. (2010) y Ozdemir et al. (2014), sí que encontraron una mayor densidad ósea palatina en el grupo de mujeres.

Los autores Warming et al. (2002) sugieren que si se estudia a pacientes en edades más avanzadas (más de 55 años), los hombres muestran mayor densidad ósea palatina que las mujeres. Esto es debido a la pérdida de mineralización y densidad ósea que presentan las mujeres en edad menopáusica.

6.4 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Como se observa a lo largo de este estudio, existe una gran correlación entre la estabilidad primaria de los minitornillos y diversos factores. Uno de ellos es la cantidad de tejidos blandos y de encía insertada que hay que tener en cuenta en el momento de la colocación de los minitornillos.

Una de las limitaciones del presente estudio fue la imposibilidad de realizar mediciones en tejidos blandos mediante el CBCT. Es por ello que se considera interesante en futuras investigaciones, integrar los archivos STL procedentes de un escaneo intraoral o de los modelos de los pacientes con el CBCT. De esta manera se podrá realizar una planificación individualizada en la técnica de colocación de los minitornillos tanto en el área vestibular como en la palatina. Disponiendo de esa información, se podrían seleccionar los lugares exactos donde la altura y la anchura de la cortical ósea sea mayor, pudiendo también medir la cantidad de tejido blando presente. Integrandos las imágenes del CBCT con los modelos STL de los pacientes se podría generar también una férula quirúrgica de posicionamiento individualizada con las medidas y lugares exactos de los minitornillos a colocar. Así se

aseguraría una mayor estabilidad primaria y se evitaría dañar estructuras adyacentes como el suelo nasal o el seno maxilar.

Otro factor importante a tener en consideración referente a la estabilidad, es el diámetro, la longitud y los newtons de fuerza aplicados al insertar los minitornillos. Una de las limitaciones del presente estudio fue la imposibilidad de simular la colocación de minitornillos de diferentes diámetros y angulaciones en el CBCT.

Para completar la línea de investigación de este estudio, sería interesante realizar futuras investigaciones relacionadas con la medición de la distribución de fuerzas y el estrés que puede llegar a sufrir el hueso alveolar y palatino, durante la colocación de minitornillos de diferentes diámetros y longitudes. Estas mediciones se realizan mediante el cálculo de elementos finitos (FEM) a partir de un CBCT. De esta manera, se podría determinar con más precisión la reacción real que se genera en los huesos craneofaciales con la colocación de dispositivos de anclaje esquelético. Como ejemplo, se podría evaluar con estas simulaciones FEM, la fuerza de expansión transferida en la sutura palatina media durante el tratamiento con MARPE.

La influencia de la densidad ósea en las corticales es otro factor muy importante a tener en cuenta en la estabilidad primaria cuando se colocan minitornillos. Pero también se debería tener

en consideración el estudio de las densidades en el hueso esponjoso. En la presente investigación no se han realizado esas mediciones porque, en una primera instancia, únicamente se tuvo en consideración las mediciones de la densidad en la cortical ósea vestibular.

También se considera interesante realizar futuros estudios para estandarizar, en los diferentes programas informáticos, las mediciones en CBCT de la densidad ósea en unidades Hounsfield. Así se podrían establecer los parámetros adecuados para cada tipo de hueso con el objetivo de determinar de manera precisa la densidad real en UH con la densidad mostrada en el CBCT.

CONCLUSIONES

7. CONCLUSIONES.

Las conclusiones de este estudio fueron las siguientes:

1. Las medidas mesiodistales de los espacios interradiculares en el maxilar fueron, en general, menores que en la mandíbula. El espacio interradicular mesiodistalmente más ancho en el maxilar se sitúa entre el primer molar y el segundo premolar y en la mandíbula, entre el segundo molar y el primer molar, ambos a 8 mm de la UAC.

Los espacios más anchos se encontraron en sujetos con patrones faciales hipodivergentes y entre el segundo molar y el primer molar mandibular. Los espacios aumentan a medida que aumenta la edad de los sujetos y son mayores en hombres que en mujeres. Respecto a la relación con la clase esquelética sagital de los sujetos, no se encontró correlación.

2. La anchura de la cortical ósea vestibular aumenta desde la UAC hasta apical, tanto en el maxilar como en la mandíbula. Los lugares con mayor anchura de la cortical ósea vestibular se observaron entre el primer y el

segundo premolar maxilar, y entre el primer molar y el segundo molar mandibular, siendo en estos últimos lugares el espesor de la cortical mayor a 1 mm. En los sujetos con patrones faciales hipodivergentes a una distancia de 8 mm de la UAC se encontró mayor anchura de la cortical.

A mayor edad se obtuvieron medidas más pequeñas del espesor de la cortical ósea vestibular siendo ésta mayor en hombres que en mujeres.

3. Se encontró una mayor anchura del proceso alveolar entre el segundo molar y el primer molar a 8 mm de la UAC tanto en maxilar como en mandíbula. Esta anchura aumentaba desde la UAC hacia apical y fue menor en sujetos con patrones faciales hiperdivergentes.
4. En la zona palatina anterior (a 5 mm distal al foramen incisal) se encontró mayor espesor óseo, tanto en la zona medial como en la zona paramedial lateral a 10 mm de la sutura palatina media.

El espesor del hueso palatino no depende del patrón facial del individuo. Esto es extrapolable a cualquier distancia del foramen (5, 10, 15, 20 mm) y tanto en la

sutura palatina media como en puntos adyacentes, paramediales laterales.

5. Los valores de densidad ósea de la cortical vestibular medidos en unidades Hounsfield (UH), presentaron un aumento de la misma desde la UAC hasta apical y un incremento de los valores entre el primer premolar y el canino mandibular.

Los valores de densidad de la cortical ósea vestibular no dependen del patrón facial. La densidad ósea en la región mandibular disminuye con la edad.

Los valores de densidad ósea a lo largo de la sutura palatina media se mantienen constantes tanto en la zona anterior como en la posterior, medial y paramedial.

La densidad ósea palatina no depende, en general, del patrón facial. Sólo a 10 mm del foramen incisal se constataron unos valores de densidad mayores en los pacientes con patrones faciales hiperdivergentes. Los valores de densidad ósea palatina disminuyen a medida que aumenta la edad de los pacientes.

BIBLIOGRAFÍA

8. BIBLIOGRAFÍA.

Abdullah RT, Kuijpers MA, Bergé SJ, Katsaros C. Steiner cephalometric analysis: predicted and actual treatment outcome compared. *Orthod Craniofac Res.* 2006; 9:77-83.

Almasoud NN, Tanneru N, Marei HF. Alveolar bone density and its clinical implication in the placement of dental implants and orthodontic mini-implants. *Saudi Med J.* 2016; 37:684-9.

Alharbi F, Almuzian M, Bearn D. Anchorage effectiveness of orthodontic miniscrews compared to headgear and transpalatal arches: a systematic review and meta-analysis. *Acta Odontol Scand.* 2019; 77:88-98.

Alsamak S, Psomiadis S, Gkantidis N. Positional guidelines for orthodontic mini-implant placement in the anterior alveolar region: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2013; 28:470-9.

Amini F, Alipanahi M, Rakhshan V, Shahab S, Niktash A. Facial Growth Patterns and Insertion Sites of Miniscrew Implants. *Implant Dent.* 2017; 26:112-20.

Arai Y, Tammisalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999; 28:245-8.

Aranyarachkul P, Caruso J, Gantes B, Schulz E, Riggs M, Dus I, Yamada JM, Crigger M. Bone density assessments of dental implant sites: 2. Quantitative cone-beam computerized tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2005; 20:416-24.

Arvind Tr P , Jain RK. Computed tomography assessment of maxillary bone density for orthodontic mini-implant placement with respect to vertical growth patterns. *J Orthod.* 2021; 48:392-402.

Azcarate-Velázquez F, Castillo-Oyagüe R, Oliveros-López LG, Torres-Lagares D, Martínez-González AJ, Pérez-Velasco A, Lynch CD, Gutiérrez-Pérez JL, Serrera-Figallo MÁ. Influence of bone quality on the mechanical interaction between implant and bone: A finite element analysis. *J Dent.* 2019; 88:103-61.

Ballrick JW, Martin Palomo J, Ruch E, Douglas Amberman B, Hans M. Image Distortion and Spatial Resolution of a Commercially Available Cone-Beam Computed Tomography Machine. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008; 134:573-82.

Baumgaertel S, Hans MG. Buccal cortical bone thickness for mini-implant placement. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2009; 136:230-5.

Baumgaertel S, Razavi MR, Hans MG. Mini-implant anchorage for the orthodontic practitioner. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008; 133:621-7.

Baumgaertel S. Cortical bone thickness and bone depth of the posterior palatal alveolar process for mini-implant insertion in adults. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2011; 140:806-11.

Baumrind S, Moffitt F, Curry S. The geometry of three dimensional measurement from paired coplanar x-ray images. *Am J Orthod.* 1983; 84:313-22.

Becker K, Pliska A, Busch C, Wilmes B, Wolf M, Drescher D. Efficacy of orthodontic mini implants for en masse retraction in the maxilla: a systematic review and meta-analysis. *Int J Implant Dent.* 2018; 25:4-35.

Benson PE, Tinsley D, O'Dwyer JJ, Majumdar A, Doyle P, Sandler PJ. Midpalatal implants vs headgear for orthodontic anchorage--a randomized clinical trial: cephalometric results. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2007; 132:606-15.

Berco M, Rigali PH Jr, 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.e1-9.

Bergkvist G, Koh KJ, Sahlholm S, Klintström E, Lindh C. Bone density at implant sites and its relationship to assessment of bone quality and treatment outcome. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2010; 25:321-8.

Bernhart T, Vollgruber A, Gahleitner A, Dörtbudak O, Haas R. Alternative to the median region of the palate for placement of an orthodontic implant. *Clin Oral Implants Res.* 2000; 11:595-601.

Bernhart T, Freudenthaler J, Dörtbudak O, Bantleon HP, Watzek G. Short epithetic implants for orthodontic anchorage in the paramedian region of the palatal. A clinical study. *Clin Oral Implants. Res.* 2001; 12:624-31.

Biavati AS, Tecco S, Migliorati M, Festa F, Marzo G, Gherlone E, Tetè S. Three-dimensional tomographic mapping related to primary stability and structural miniscrew characteristics. *Orthod Craniofac Res.* 2011; 14:88-99.

Björk A. Prediction of mandibular growth rotation. *Am J Orthod.* 1969; 55:585-99.

Block MS, Hoffman DR. A new device for absolute anchorage for orthodontics. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1995; 107:251-8.

Bonangi R, Kamath G, Srivathsa HS, Babshet M. Utility of CBCT for the Measurement of Palatal Bone Thickness. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* 2018; 119:196-8.

Branemark PI, Breine U, Adell R, Breine U, Hansson BO, Lindström J, Ohlsson A. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1969; 3:81-100.

Branemark PI. Osseointegration and its experimental background. *J Prosthet Dent.* 1983; 50:399-410.

Braun S, Hua WP, Marcotte MR: A study of bite force, part 1: Relationship to various physical characteristics. *Angle Orthod.* 1995; 65:367-72.

Braun S, Hua WP, Marcotte MR. A study of bite force, part 2: Relationship to various cephalometric measurements. *Angle Orthod.* 1995; 65:373-7.

Broadbent BH. A new X-ray technique and its application to orthodontia. *Angle Orthod.* 1931; 1:45-66.

Brown AA, Scarfe WC, Scheetz JP, Silveira AM, Farman AG. Linear accuracy of cone beam CT derived 3D images. *Angle Orthod.* 2009; 79:150-7.

Casaña-Ruiz MD, Bellot-Arcís C, Paredes-Gallardo V, García-Sanz V, Almerich-Silla JM, Montiel-Company JM. Risk factors for orthodontic mini-implants in skeletal anchorage biological stability: a systematic literature review and meta-analysis. *Sci Rep.* 2020; 10:5848.

Cassetta M, Sofan AA, Altieri F, Barbato E. Evaluation of alveolar cortical bone thickness and density for orthodontic mini-implant placement. *J Clin Exp Dent.* 2013; 5:e245-52.

Cassetta M, Stefanelli LV, Pacifici A, Pacifici L, Barbato E. How accurate is CBCT in measuring bone density? A comparative CBCT-CT in vitro study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2014; 16:471-8.

Cattaneo PM, Bloch CB, Calmar D, Hjortshøj M, Melsen B. Comparison between conventional and cone-beam computed

tomography-generated cephalograms. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008; 134:798-802.

Cattaneo PM, Melsen B. The use of cone-beam computed tomography in an orthodontic department in between research and daily clinic. *World J Orthod.* 2008; 9:269-82.

Cevidane LH, Styner MA, Proffit WR. Image analysis and superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2006; 129:611-8.

Cha JY, Kil JK, Yoon TM, Hwang CJ. Miniscrew stability evaluated with computerized tomography scanning. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2010; 137:73-9.

Chaimanee P, Suzuki B, Suzuki EY. "Safe zones" for miniscrew implant placement in different dentoskeletal patterns. *Angle Orthod.* 2011; 81:397-403.

Chan HJ, Woods M, Stella D. Mandibular muscle morphology in children with different vertical facial patterns: A 3-dimensional computed tomography study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008; 133:10.e1-13.

Chen YJ, Chang HH, Huang CY, Hung HC, Lai EH, Yao CC. A retrospective analysis of the failure rate of three different orthodontic skeletal anchorage systems. *Clin Oral Implants Res.* 2007; 18:768-75.

Chhatwani S, Rose-Zierau V, Haddad B, Almuzian M, Kirschneck C, Danesh G. Three-dimensional quantitative assessment of palatal bone height for insertion of orthodontic implants - a retrospective CBCT study. *Head Face Med.* 2019; 15:9.

Cho HJ. A three-dimensional cephalometric analysis. *J Clin Orthod.* 2009; 43:235-52.

Choi JH, Park CH, Won Yi S, Lim HJ, Hwang HS. Bone density measurement in interdental areas with simulated placement of orthodontic miniscrew implants. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2009; 136:766.e1-12.

Chun YS, Lim WH. Bone density at interradicular sites: implications for orthodontic mini-implant placement. *Orthod Craniofac Res.* 2009; 12:25-32.

Chung KR, Kim SH, Chaffee MP, Nelson G. Molar distalization with a partially integrated mini-implant to correct unilateral

Class II malocclusion. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2010; 138:810-9.

Cope JB. Temporary Anchorage Devices in Orthodontics: A paradigm Shift. *Semin Orthod.* 2005; 11:3-9.

Costa A, Raffaini M, Melsen B. Miniscrews as orthodontic anchorage: a preliminary report. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg.* 1998; 13:201-9.

Cousley R. Critical aspects in the use of orthodontic palatal implants. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2005; 127:723-9.

Crismani AG, Bernhart T, Bantleon HP, Cope JB. Palatal implants: The Strauman Orthosystem. *Semin Orthod.* 2005; 11:16-23.

Crismani AG, Bertl MH, Celar AG, Bantleon HP, Burstone CJ. Miniscrews in orthodontic treatment: Review and analysis of published clinical trials. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2010; 137:108-13.

Dahiya K, Kumar N, Bajaj P, Sharma A, Sikka R, Dahiya S. Qualitative Assessment of Reliability of Cone-beam Computed Tomography in Evaluating Bone Density at Posterior

Mandibular Implant Site. *J Contemp Dent Pract.* 2018; 19:426-30.

De Clerck HJ, Cornelis MA. Biomechanics of skeletal anchorage. Part 1. Class II extraction treatment. *J Clin Orthod.* 2006; 40:261-9.

Deguchi T, Nasu M, Murakami K, Yabuuchi T, Kamioka H, Takano-Yamamoto T. Quantitative evaluation of cortical bone thickness with computed tomographic scanning for orthodontic implants. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2006; 129:721.e7-12.

Di Leonardo B, Ludwig B, Lisson JA, Contardo L, Mura R, Hourfar J. Insertion torque values and success rates for paramedian insertion of orthodontic mini-implants: A retrospective study. *J Orofac Orthop.* 2018; 79:109-15.

El-Beialy AR, Fayed MS, El-Bialy AM, Mostafa YA. Accuracy and reliability of cone-beam computed tomography measurements: Influence of head orientation. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2011; 140:157-65.

Farnsworth D, Rossouw PE, Ceen RF, Buschang PH. Cortical bone thickness at common miniscrew implant placement sites. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2011; 139:495-503.

Fayed MMS, Pazera P, Katsaros C. Optimal sites for orthodontic mini-implant placement assessed by cone beam computed tomography. *Angle Orthod.* 2010; 80:939-51.

Flores-Mir C, Rosenblatt MR, Major PW, Carey JP, Heo G. Measurement accuracy and reliability of tooth length on conventional and CBCT reconstructed panoramic radiographs. *Dental Press J Orthod.* 2014; 19:45-53.

Fokas G, Vaughn VM, Scarfe WC, Bornstein MM. Accuracy of linear measurements on CBCT images related to pre surgical implant treatment planning: A systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2018; 16:393-415.

Fuster-Torres MÁ, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M. Relationships between bone density values from cone beam computed tomography, maximum insertion torque, and resonance frequency analysis at implant placement: a pilot study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2011; 26:1051-6.

Gaffuri F, Cossellu G, Maspero C, Lanteri V, Ugolini A, Giulio Rasperini G, Castro IO, Farronato M. Correlation between facial growth patterns and cortical bone thickness assessed with

cone-beam computed tomography in young adult untreated patients. *Saudi Dent J.* 2021; 33:161-7.

Gahleitner A, Podesser B, Schick S, Watzek G, Imhof H. Dental CT and orthodontic implants: imaging technique and assessment of available bone volume in the hard palate. *Eur J Radiol.* 2004; 51:257-62.

González-García R, Monje F. The Reliability of cone-beam computed tomography to assess bone density at dental implant recipient sites: a histomorphometric analysis by micro-CT. *Clin Oral Implants Res.* 2013; 24:871-9.

Gracco A, Lombardo L, Cozzani M, Siciliani G. Quantitative cone-beam computed tomography evaluation of palatal bone thickness for orthodontic miniscrew placement. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008; 134:361-9.

Gracco A, Luca L, Cozzani M, Siciliani G. Assessment of palatal bone thickness in adults with cone beam computerized tomography. *Aust Orthod J.* 2007; 23:109-13.

Gracco A, Lombardo L, Cozzani M, Siciliani G. Quantitative evaluation with CBCT of palatal bone thickness in growing patients. *Prog Orthod.* 2006; 7:164-74.

Gracco A, Luca L, Siciliani G. Molar distalization with skeletal anchorage. *Aust Orthod J.* 2007; 23:147-52.

Grayson BH, McCarthy JG, Bookstein F. Analysis of craniofacial asymmetry by multiplane cephalometry. *Am J Orthod.* 1983; 84:217-24.

Haddad R, Saadeh M. Distance to alveolar crestal bone: a critical factor in the success of orthodontic mini-implants. *Prog Orthod.* 2019; 20:19.

Hamed DAF, El Dawlatly MM, El Dessouky SH, Hamdy RM. Accuracy of linear measurements obtained from stitched cone beam computed tomography images versus direct skull measurements. *F1000Res.* 2019; 8:166.

Han M, Wang RY, Liu H, Zhu XJ, Wei FI, LV Tao, Wang NN, Hu LH, Li GJ, Liu DX, Wang CL. Association between mandibular posterior alveolar morphology and growth pattern in a Chinese population with normal occlusion. *J Zhejiang Univ Sci B.* 2013; 14:25-32.

Han S, Bayome M, Lee J, Lee YJ, Song HH, Kook YA. Evaluation of palatal bone density in adults and adolescents for

application of skeletal anchorage devices. *Angle Orthod.* 2012; 82:625-31.

Hariharan A, Diwakar NR, Jayanthi K, Hema HM, Deepukrishna S, Ghaste SR. The reliability of cephalometric measurements in oral and maxillofacial imaging: Cone beam computed tomography versus two-dimensional digital cephalograms. *Indian J Dent Res.* 2016; 27:370-7.

He J, Zhao B, Deng C, Shang D, Zhang C. Assessment of implant cumulative survival rates in sites with different bone density and related prognostic factors: an 8-year retrospective study of 2,684 implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2015; 30:360-71.

Hohlweg-Majert B, Metzger MC, Kummer T, Schulze D. Morphometric analysis. Cone beam computed tomography to predict bone quality and quantity. *J Craniomaxillofac Surg.* 2011; 39:330-4.

Holmes PB, Wolf BJ, Zhou J. A CBCT atlas of buccal cortical bone thickness in interradicular spaces. *Angle Orthod.* 2015; 85:911-9.

Horner KA, Behrents RG, Kim KB, Buschang PH. Cortical bone and ridge thickness of hyperdivergent and hypodivergent adults. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2012; 142:170-8.

Hounsfield GN. *Computed medical imaging.* Science. 1980; 210:22-8.

Hu KS, Kang MK, Kim TW, Kim KH, Kim HJ. Relationships between dental roots and surrounding tissues for orthodontic miniscrew installation. *Angle Orthod.* 2009; 79:37-45.

Huang LH, Shotwell JL, Wang HL. Dental implants for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2005; 127:13-22.

Ismail SFH, Johal AS. The role of implants in orthodontics. *J Orthod.* 2002; 29:239-45.

Iwai H, Motoyoshi M, Uchida Y, Matsuoka M, Shimizu N. Effects of tooth root contact on the stability of orthodontic anchor screws in the maxilla: Comparison between self-drilling and self-tapping methods. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2015; 147:483-91.

Jacobs R. Preoperative radiologic planning of implant surgery in compromised patients. *Periodontol 2000.* 2003; 33:12-25.

Jacobson A. Update on the Wits appraisal. *Angle Orthod.* 1988; 58:205-19.

Jarabak J, Fizzell JA. *Technique and treatment with Lightwire edgewise appliances.* Saint Louis, CV Mosby Company. 1972.

Jenner JD, Fitzpatrick BN. Skeletal anchorage utilizing bone plates. *Aust Orthod J.* 1985; 9:231-3.

Jing Z, Wu Y, Jiang W, Zhao L, Jing D, Zhang N, Cao X, Xu Z, Zhao Z. Factors affecting the clinical success rate of miniscrew implants for orthodontic treatment. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2016; 31:835-41.

Johari M, Kaviani F, Saeedi A. Relationship between the thickness of cortical bone at maxillary mid-palatinal area and facial height using CBCT. *Open Dent J.* 2015; 9:287-91.

Kang JM, Park JH, Bayome M, Oh M, Park CO, Kook YA, Mo SS. A three-dimensional finite element analysis of molar distalization with a palatal plate, pendulum, and headgear according to molar eruption stage. *Korean J Orthod.* 2016; 46:290-300.

Kang S, Lee SJ, Ahn SJ, Heo MS, Kim TW. Bone thickness of the palatal for orthodontic mini-implant anchorage in adults. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2007; 131:S74-81.

Kanomi R. Mini-implants for orthodontic anchorage. *J Clin Orthod.* 1997; 31:763-7.

Kapila S, Conley RS, Harrell WE Jr. The current status of cone beam computed tomography imaging in orthodontics. *Dentomaxillofac Radiol.* 2011; 40:24-34.

Karagkiolidou A, Ludwig B, Pazera P, Gkantidis N, Pandis N, Katsaros C. Survival of palatal miniscrews used for orthodontic appliance anchorage: a retrospective cohort study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2013; 143:767-72.

Kasai K, Enomoto Y, Ogawa T, Kawasaki Y, Kanazawa E, Iwasawa T. Morphological characteristics of vertical section of the mandible obtained by CT scanning. *Antrop. Sci.* 1996; 104:187-98.

Khumsarn N, Patanaporn V, Janhom A, Jotikasthira D. Comparison of interradicular distances and cortical bone thickness in Thai patients with Class I and Class II skeletal

patterns using cone-beam computed tomography. *Imaging Sci Dent.* 2016; 46:117-25.

Kim DG. Can dental cone beam computed tomography assess bone mineral density? *J Bone Metab.* 2014; 21:117-26.

Kim HJ, Yun HS, Park HD, Kim DH, Park YC. Soft-tissue and cortical-bone thickness at orthodontic implant sites. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2006; 130:177-82.

Kim JW, Ahnn SJ, Chang YI. Histomorphometric and mechanical analyses of the drill-free screw as orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2005; 128:190-4.

Kim SH, Kang SM, Choi YS, Kook YA, Chung KR, Huang JC. Cone-beam computed tomography evaluation of mini-implants after placement: is root proximity a major risk factor for failure? *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2010; 138:264-76.

Kim SH, Yoon HG, Choi YS, Hwang EH, Kook YA, Nelson G. Evaluation of interdental space of the maxillary posterior area for orthodontic mini-implants with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2009; 135:635-41.

Kim YH, Yang SM, Kim S, Lee JY, Kim KE, Gianelly AA, Kyung SH. Midpalatal miniscrews for orthodontic anchorage:

factors affecting clinical success. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2010; 137:66-72.

King KS, Lam EW, Faulkner MG, Heo G, Major PW. Predictive factors of vertical bone depth in the paramedian palate of adolescents. *Angle Orthod.* 2006; 76:745-51.

Kircelli BH, Pektas ZO, Kircelli C. Maxillary molar distalization with a bone anchorage pendulum appliance. *Angle Orthod.* 2006; 76:650-9.

Klokkevold PR, Nishimura RD, Adachi M, Caputo A. Osseointegration enhanced by chemical etching of the titanium surface. A torque removal study in the rabbit. *Clin Oral Implants Res.* 1997; 8:442-7.

Kohakura S, Kasai K, Isamu O, Kanazawa E. Relationship between maxillofacial morphology and morphological characteristics of vertical sections of the mandible obtained by CT scanning. *J Nihon Univ Sch Dent.* 1997; 39:71-7.

Kook YA, Bayome M, Trang VT, Kim HJ, Park JH, Kim KB, Behrents RG. Treatment effects of a modified palatal anchorage plate for distalization evaluated with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2014; 146:47-54.

Kook YA, Park JH, Kim Y, Ahn CS, Bayome M. Orthodontic treatment of skeletal Class II adolescent with anterior open bite using mini-screws and modified palatal anchorage plate. *J Clin Pediatr Dent.* 2015; 39:187-92.

Kook YA, Kim SH, Chung KR. A modified palatal anchorage plate for simple and efficient distalization. *J Clin Orthod.* 2010; 44:719-30.

Kumar V, Ludlow J, Soares Cevidanes LH, Mol A. In vivo comparison of conventional and cone-beam CT synthesized cephalograms. *Angle Orthod.* 2008; 78:873-9.

Kuroda S, Yamada K, Deguchi T, Hashimoto T, Kyung H.M, Yamamoto T.T. Root proximity is a major factor for screw failure in orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2007; 131:S68-S73.

Kuroda S, Yamada K, Deguchi T, Kyung HM, Takano-Yamamoto T: Class II malocclusion treated with miniscrew anchorage: comparison with traditional orthodontic mechanics outcomes. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2009; 135:302-9.

Kuroda S, Sugawara Y, Deguchi T, Kyung HM, Takano-Yamamoto T. Clinical use of miniscrew implants as

orthodontic anchorage: success rates and postoperative discomfort. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2007; 131:9-15.

Lane C, Harrell W JR. Completing the 3-dimensional picture. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008; 133:612-20.

Laursen MG, Melsen B, Cattaneo PM. An evaluation of insertion sites for mini-implants. A micro-CT study of human autopsy material. *Angle Orthod.* 2013; 83:222-9.

Lee JA, Hyo-Won Ahn HW, Oh SH, Park KH, Kim SH, Nelson G. Evaluation of interradicular space, soft tissue, and hard tissue of the posterior palatal alveolar process for orthodontic mini-implant, using cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2021; 159:460-9.

Lee KJ, Joo E, Kim KD, Lee JS, Park YC, Yu HS. Computed tomographic analysis of tooth-bearing alveolar bone for orthodontic miniscrew placement. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2009; 135:486-94.

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.

Lee MY, Park JH, Kim SC, Kang KH, Cho JH, Cho JW, Chang NY, Chae JM. Bone density effects on the success rate of orthodontic microimplants evaluated with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2016; 149:217-24.

Lee S, Gantes B, Riggs M, Crigger M. Bone density assessments of dental implant sites: 3. Bone quality evaluation during osteotomy and implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2007; 22:208-12.

Lee SK, Abbas NH, Bayome M, Baik UB, Kook YA, Hong M, Park JH. A comparison of treatment effects of total arch distalization using modified C-palatal plate vs buccal miniscrews. *Angle Orthod.* 2018; 88:45-51.

Leo M, Cerroni L, Pasquantonio G, Condò SG, Condò R. Temporary anchorage devices (TADs) in orthodontics: review of the factors that influence the clinical success rate of the mini-implants. *Clin Ter.* 2016; 167:e70-7.

Levi C, Gray JE, McCullough EC, Hattery RR. The unreliability of CT numbers as absolute values. *AJR Am J Roentgenol.* 1982; 139:443-7.

Li F, Hu HK, Chen JW, Liu ZP, Li GF, He SS, Zou SJ, Ye QS. Comparison of anchorage capacity between implant and

headgear during anterior segment retraction. *Angle Orthod.* 2011; 81:915-22.

Li H, Zhang H, Smales RJ, Zhang Y, Ni Y, Ma J, Wang L. Effect of 3 vertical facial patterns on alveolar bone quality at selected miniscrew implant sites. *Implant Dent.* 2014; 23:92-7.

Lim HJ, Eun CS, Cho JH, Lee KH, Hwang HS. Factors associated with initial stability of miniscrews for orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2009; 136:236-42.

Lim JE, Lim WH, Chun YS. Quantitative evaluation of cortical bone thickness and root proximity at maxillary interradicular sites for orthodontic mini-implant placement. *Clin Anat.* 2008; 21:486-91.

Lim JE, Lee SJ, Kim YJ, Lim WH, Chun YS. Comparison of cortical bone thickness and root proximity at maxillary and mandibular interradicular sites for orthodontic mini-implant placement. *Orthod Craniofac Res.* 2009; 12:299-304.

Lim WH, Lee SK, Wikesjö UM. A descriptive tissue evaluation at maxillary interradicular sites: implications for orthodontic mini-implant placement. *Clin Anat.* 2007; 20:760-5.

Lindhe J. Textbook of Clinical Periodontology. Copenhagen, Denmark. 1984; 28.

Lombardo L, Gracco A, Zampini F, Stefanoni F, Mollica F. Optimal palatal configuration for miniscrew applications. Angle Orthod. 2010; 80:145-52.

Lombardo L, Occhiuto G, Paoletto E, Maino BG, Siciliani G. Class II treatment by palatal miniscrew-system appliance: A case report. Angle Orthod. 2020; 90:305-13.

Loubele M, van Assche N, Carpentier K, Maes F, Jacobs R, van Steenberghe D, Suetens P. Comparative localized linear accuracy of small-field cone-beam CT and multislice CT for alveolar bone measurements. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2008; 105:512-8.

Ludlow JB, Laster WS, See M, Bailey LJ, Hershey HG. Accuracy of measurements of mandibular anatomy in cone beam computed tomography images. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2007; 103:534-42.

Ludwig B, Baumgaertel S, Zorkun B, Bonitz L, Glasl B, Wilmes B, Lisson J. Application of a new viscoelastic finite element method model and analysis of miniscrew-supported hybrid

hyrax treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2013; 143:426-35.

Ludwig B, Glasl B, Bowman SJ, Wilmes B, Kinzinger GSM, Lisson JA. Anatomical guidelines for miniscrew insertion: palatal sites. *J Clin Orthod.* 2011; 45:433-41.

Luzi C, Verna C, Melsen B. Guidelines for success in placement of orthodontic mini-implants. *J Clin Orthod.* 2009; 43:39-44.

Mah J, Hatcher D. Three-dimensional craniofacial imaging. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2004; 126:308-9.

Mah P, Reeves TE, McDavid WD. Deriving Hounsfield units using grey levels in cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2010; 39:323-35.

Manni A, Cozzani M, Tamborrino F, De Rinaldis S, Menini A. Factors influencing the stability of miniscrews. A retrospective study on 300 miniscrews. *Eur J Orthod.* 2011; 33:388-95.

Marquezan M, Lima I, Lopes RT, Sant'Anna EF, De Souza MM. Is trabecular bone related to primary stability of miniscrews? *Angle Orthod.* 2014; 84:500-7.

Marquezan M, Lau TC, Mattos CT, Cunha AC, Nojima LI, Sant'Anna EF, Souza MM, Araújo MT. Bone mineral density. *Angle Orthod.* 2012; 82:62-6.

Marquezan M, Osório A, Sant'Anna E, Souza MM, Maia L. Does bone mineral density influence the primary stability of dental implants? A systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2012; 23:767-74.

Marquezan M, Souza MM, Araújo MT, Nojima LI, Nojima Mda C. Is miniscrew primary stability influenced by bone density?. *Braz Oral Res.* 2011; 25:427-32.

Martinelli FL, Luiz RR, Faria M, Nojima LI. Anatomic variability in alveolar sites for skeletal anchorage. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2010; 138:252.

Masumoto T, Hayashi I, Kawamura A, Tanaka K. Relationships among facial type, buccolingual molar inclination, and cortical bone thickness of the mandible. *Eur J Orthod.* 2001; 23:15-23.

Melo M, Santos D, Douglas D. Mechanical evaluation of orthodontic mini-implants of different lengths. *J Oral Maxillofac Surg.* 2013; 71:479-86.

Melsen B, Costa A. Immediate loading of implants used for orthodontic anchorage. *Clin Orthod Res.* 2000; 3:23-8.

Meursinge RA, Ronchi L, Ladu L, van Etten-Jamaludin F, Bipat S. Insertion torque and success of orthodontic mini-implants: a systematic review. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2012; 142:596-614.

Michelet F, Deymes J, Dessus B. Osteosynthesis with miniaturized screwed plates in maxillofacial surgery. *J Oral Maxillof Surg.* 1973; 1:79-84.

Migliorati M, Drago S, Dalessandri D, Lagazzo A, Gallo F, Capurro M, Silvestrini-Biavati A. On the stability efficiency of anchorage self-tapping screws: Ex vivo experiments on miniscrew implants used in orthodontics. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2018; 81:46-51.

Miyamoto I, Tsuboi Y, Wada E, Suwa H, Iizuka T. Influence of cortical bone thickness and implant length on implant stability at the time of surgery- clinical, prospective biomechanical, and imaging study. *Bone.* 2005; 37:776-80.

Miyawaki S, Koyama I, Inoue M, Mishima K, Sugahara T, Takano-Yamamoto T. Factors associated with the stability of

titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2003; 124:373-8.

Miyazawa K1 Kawaguchi M, Tabuchi M, Goto S. Accurate pre-surgical determination for self-drilling miniscrew implant placement using surgical guides and cone-beam computed tomography. *Eur J Orthod.* 2010; 32:735-40.

Mohammed H, Wafaie K, Rizk MZ, Almuzian M, Sosly R, Bearn DR. Role of anatomical sites and correlated risk factors on the survival of orthodontic miniscrew implants: a systematic review and meta-analysis. *Prog Orthod.* 2018; 24:19-36.

Möhlhenrich SC, Kniha K, Peters F, Chhatwani S, Prescher A, Hölzle F, Modabber A, Danesh G. Anatomical assessment by cone beam computed tomography with the use of lateral cephalograms to analyze the vertical bone height of the anterior palate for orthodontic mini-implants. *Orthod Craniofac Res.* 2021; 24:78-86.

Molen AD. Considerations in the use of cone-beam computed tomography for buccal bone measurements. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2010; 137:130-5.

Molteni R. Prospects and Challenges of Rendering Tissue Density in Hounsfield Units for Cone Beam Computed

Tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2013; 116:105-19.

Monnerat C, Restle L, Mucha JN: Tomographic mapping of mandibular interradicular spaces for placement of orthodontic mini-implants. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2009; 135:428-9.

Moon CH, Lee DG, Lee HS, Im JS, Baek SH. Factors associated with the success rate of orthodontic miniscrews placed in the upper and lower posterior buccal region. *Angle Orthod.* 2008; 78:101-6.

Moon CH, Park HK, Nam JS, Im JS, Baek SH. Relationship between vertical skeletal pattern and success rate of orthodontic mini-implants. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2010; 138:51-7.

Moon SH, Sun Park SH, Lim WH, Chun YS. Palatal bone density in adult subjects: implications for mini-implant placement. *Angle Orthod.* 2010; 80:137-44.

Moshiri M, Scarfe WC, Hilgers ML, Scheetz JP, Silveira AM, Farman AG. Accuracy of linear measurements from imaging plate and lateral cephalometric images derived from cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2007; 132:550-60.

Motoyoshi M, Inaba M, Ono A et al. The effect of cortical bone thickness on the stability of orthodontic mini-implants and on the stress distribution in surrounding bone. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2009; 38:13-8.

Motoyoshi M, Matsuoka M, Shimizu N. Application of orthodontic mini-implants in adolescents. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2007; 36:695-9.

Moyers RE, Bookstein FL. The inappropriateness of conventional cephalometrics. *Am J Orthod.* 1979; 75:599-617.

Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol.* 1998; 8:1558-64.

Mueller TL, van Lenthe GH, Stauber M, Gratzke C, Eckstein F, Müller R. Regional, age and gender differences in architectural measures of bone quality and their correlation to bone mechanical competence in the human radius of an elderly population. *Bone.* 2009; 45:882-91.

Nackaerts O, Maes F, Yan H, Couto-Souza P, Pauwels R, Jacobs R. Analysis of Intensity Variability in Multislice and Cone Beam

Computed Tomography. Clin Oral Implants Res. 2011; 22:873-9.

Nalçacı R, Oztürk F, Sökücü O. A comparison of two-dimensional radiography and three-dimensional computed tomography in angular cephalometric measurements. Dentomaxillofac Radiol. 2010; 39:100-6.

Nanda R, Kuhlberg A. Biomechanical basis of extraction space closure. Biomechanics in Clinical Orthodontics, ed. R. Nanda, W.B. Saunders. 1997; 156-87.

Ohiomoba H, Sonis A, Yansane A, Friedland B. Quantitative evaluation of maxillary alveolar cortical bone thickness and density using computed tomography imaging. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2017; 151:82-91.

Ono A, Motoyoshi M, Shimizu N. Cortical bone thickness in the buccal posterior region for orthodontic mini-implants. Int J Oral Maxillofac Surg. 2008; 37:334-40.

Ozdemir F, Tozlu M, Germec-Cakan D. Quantitative evaluation of alveolar cortical bone density in adults with different vertical facial types using cone-beam computed tomography. Korean J Orthod. 2014; 44:36-43.

Ozdemir F, Tozlu M, Germec-Carkan D. Cortical bone thickness of alveolar process measured with cone-beam computed tomography in patients with different facial types. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2013; 143:190-6.

Pan F, Kau CH, Zhou H, Souccar N. The anatomical evaluation of the dental arches using cone beam computed tomography: an investigation of the availability of bone for placement of mini-screws. *Head Face Med.* 2013; 9:13.

Pan CY, Liu PH, Tseng YC, Chou ST, Wu CY, Changa HP. Effects of cortical bone thickness and trabecular bone density on primary stability of orthodontic mini-implants. *J Dent Sci.* 2019; 14: 383-8.

Patcas R, Markic G, Müller L, Ullrich O, Peltomäki T, Kellenberger CJ, Karlo CA. Accuracy of linear intraoral measurements using cone beam CT and multidetector CT: a tale of two CTs. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012; 41:637-44.

Park HS, Hwang-Bo ES, Kwon TG. Proper mesiodistal angles for microimplant placement assessed with 3-dimensional computed tomography images. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2010; 137:200-6.

Park HS, Jeong SW, Kwon OW. Factors affecting the clinical success of screw implants used as orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2006; 130:18-25.

Park HS, Lee SK, Kwon OW. Group distal movement of teeth using miniscrew implant anchorage. *Angle Orthod.* 2005; 75:602-9.

Park HS, Lee YJ, Jeong SH, Kwon TG. Density of the alveolar and basal bones of the maxilla and the mandible. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008; 133:30-7.

Park HS. An anatomical study using CT images for the implantation of micro-implants. *Korean J Orthod.* 2002; 32:435-41.

Park J, Cho HJ: Three-dimensional evaluation of interradicular spaces and cortical bone thickness for the placement and initial stability of microimplants in adults. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2009; 136:314-5.

Park JH, Saito T, Yoo SK, Alfaifi M, Kook YA. Distalization with a modified C-palatal plate for severe upper crowding and a missing lower incisor. *Korean J Orthod.* 2020; 50:52-62.

Park YC, Lee SY, Kim DH, Jee SH. Intrusion of posterior teeth using mini-screw implants. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2003; 123:690-4.

Pauwels R, Jacobs R, Singer SR, Mupparapu M. CBCT-based bone quality assessment: are Hounsfield units applicable? *Dentomaxillofac Radiol.* 2015; 44:20140238.

Poggio PM, Incorvati C, Velo S, Carano A. "Safe zones": a guide for miniscrew positioning in the maxillary and mandibular arch. *Angle Orthod.* 2006; 76:191-7.

Proffit W. Mechanical principles in orthodontic forcé control. In: Proffit W, Fields HW, editors. *Contemporary orthodontics.* 2nd ed. Saint Louis: Mosby. 1993; 289-315.

Quintero JC, Trosien A, Hatcher D, Kapila S. Craniofacial imaging in orthodontics: Historical perspective, current status and future developments. *Angle Orthod.* 1999; 69:491-509.

Radwan ES, Montasser MA, Maher A. Influence of geometric design characteristics on primary stability of orthodontic miniscrews. *J Orofac Orthop.* 2018; 79:191-203.

Ramos-Chrcanovic B, Albrektsson T, Wennerberg A. Bone Quality and Quantity and Dental Implant Failure: A systematic review and meta-analysis. *Int J Prosthodont*. 2017; 30:219-37.

Razi T, Emamverdizadeh P, Nilavar N, Razi S. Comparison of the Hounsfield unit in CT scan with the gray level in cone-beam CT. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2019; 13:177-82.

Razi T, Niknami M, Ghazani FA. Relationship between Hounsfield unit in CT scan and gray scale in CBCT. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2014; 8:107-10.

Reynders RAM, Ronchi L, Ladu L, Etten-Jamaludin F, Bipat S. Insertion torque and success of orthodontic mini-implants: a systematic review. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2012; 142:596-614.

Ricketts R. Evolution of mandibular growth concepts in orthodontic science. *Proc Found Orthod Res*. 1971; 1-10.

Ricketts R. Cephalometric analysis and synthesis. *Angle Orthod*. 1960; 31:141-56.

Roberts WE, Helm FR, K. J. Marshall KJ, Gongloff RK. Rigid endosseous implants for orthodontic and orthopedic anchorage. *Angle Orthodontist*. 1989; 59:247-56.

Rossi M, Bruno G, De Stefani A, Perri A, Gracco A. Quantitative CBCT evaluation of maxillary and mandibular cortical bone thickness and density variability for orthodontic miniplate placement. *Int Orthod*. 2017; 15:610-24.

Ryu JH, Park JH, Trang Vu Thi Thu, Bayome M, Kim Y, Kook YA. Palatal bone thickness compared with cone beam computed tomography in adolescents and adults for mini-implant placement. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2012; 142:207-12.

Saaed NL, Park CO, Bayome M, Park JH, Kim Y, Kook YA. Skeletal and dental effects of molar distalization using a modified palatal anchorage plate in adolescents. *Angle Orthod*. 2015; 85:657-64.

Costa-Sabec R, Freire-Fernandes TM, Lima-Navarro R, Oltramari-Navarro PV, Castro-Ferreira-Conti AC, Rodrigues-Almeida M, Lupion-Poleti M. Can bone thickness and inter-radicular space affect miniscrew placement in posterior mandibular sites? *J Oral Maxillofac Surg*. 2015; 73:333-9.

Sadek MM, Sabet NE, Hassan IT. Three-dimensional mapping of cortical bone thickness in subjects with different vertical facial dimensions. *Prog Orthod*. 2016; 17:32.

Sadek MM, Sabet NE, Hassan IT. Alveolar bone mapping in subjects with different vertical facial dimensions. *Eur J Orthod*. 2015; 37:194-201.

Salimov F, Tatli U, Kürkçü M, Akoğlan M, Oztunç H, Kurtoğlu C. Evaluation of relationship between preoperative bone density values derived from cone beam computed tomography and implant stability parameters: a clinical study. *Clin Oral Implants Res*. 2014; 25:1016-21.

Samrit V, Kharbanda OP, Duggal R, Seith A, Malhotra V. Bone density and miniscrew stability in orthodontic patients. *Aust Orthod J*. 2012; 28:204-12.

Sandler J, Benson PE, Doyle P, Majumder A, O'Dwyer J, Speight P, Thiruvengkatachari B, Tinsley D. Palatal implants are a good alternative to headgear: a randomized trial. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2008; 133:51-7.

Santiago RC, Oliveira de Paula F, Fraga MR, Picorelli Assis NMS, Farinazzo-Vitral RW. Correlation between miniscrew stability and bone mineral density in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2009; 136:243-50.

Sarul M, Minch L, Park HS, Antoszewska-Smith J. Effect of the length of orthodontic mini-screw implants on their long-term stability: a prospective study. *Angle Orthod.* 2015; 85:33-8.

Sassouni V. Archial analysis in three dimensions. *Am J Orthod.* 1958; 44:433-63.

Sathapana S, Forrest A, Monsour P, Naser-ud-Din S. Age-related changes in maxillary and mandibular cortical bone thickness in relation to temporary anchorage device placement. *Aust Dent J.* 2013; 58:67-74

Sawada K, Nakahara K, Matsunaga S, Aabe S, Ide Y. Evaluation of cortical bone thickness and root proximity at maxillary interradicular sites for mini-implant placement. *Clin Oral Implants Res.* 2013; 24:1-7.

Schätzle M, Männchen R, Zwahlen M, Lang NP. Survival and failure rates of orthodontic temporary anchorage devices: a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2009; 20:1351-9.

Schneider S, Gandhi V, Upadhyay M, Allareddy V, Tadinada A, Yadav S. Sex, growth pattern, and growth status-related variability in maxillary and mandibular buccal cortical thickness and density. *Korean J Orthod.* 2020; 50:108–19.

Schnelle MA, Beck FM, Jaynes RM, Huja SS. A Radiographic evaluation of the availability of bone for placement of miniscrews. *Angle Orthod.* 2004; 74:832-7.

Shahlaie M, Gantes B, Schulz E, Riggs M, Crigger M. Bone density assessments of dental implant sites: 1. Quantitative computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2003; 18:224-31.

Shapurian T, Damoulis PD, Reiser GM, Griffin TJ, Rand WM. Quantitative evaluation of bone density using the Hounsfield index. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2006; 21:290-7.

Sharif MO, Waring DT. Contemporary orthodontics: the micro-screw. *Br Dent J.* 2013; 214:403-8.

Silva IM, Freitas DQ, Ambrosano GM, Bóscolo FN, Almeida SM. Bone density: comparative evaluation of Hounsfield units in multislice and cone-beam computed tomography. *Braz Oral Res.* 2012; 26:550-6.

Silva MJ, Salgueiro T, Mota SL, Reis M, Farinazzo RW. Bone mineral density in cone beam computed tomography: Only a few shades of gray. *World J Radiol.* 2014; 6:607-12.

Silva MAG, Wolf U, Heinicke F, Bumann A, Visser H, Hirsch E. Cone-beam computed tomography for routine orthodontic

treatment planning: a radiation dose evaluation. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008; 133:640.e1-5.

Schröder L, Stankovic U, Sonke JJ. Technical Note: Long-term stability of Hounsfield unit calibration for cone beam computed tomography. *Med Phys.* 2020; 47:1640-4.

Soheilifar S, Mohebi S, Ameli N. Maxillary molar distalization using conventional versus skeletal anchorage devices: A systematic review and meta-analysis. *Int Orthod.* 2019; 17:415-24.

Son S, Motoyoshi M, Uchida Y, Shimizu N. Comparative study of the primary stability of self-drilling and self-tapping orthodontic miniscrews. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2014; 145:480-5.

Steiner C. Cephalometrics for you and me. *Am J Orthod.* 1953; 39:729-55.

Suteerapongpun P, Wattanachai T, Janhom A, Tripuwabhrut P, Jotikasthira D. Quantitative evaluation of palatal bone Thickness in patients with normal and open vertical skeletal configurations using cone-beam computed tomography. *Imaging Sci Dent.* 2018; 48:51-7.

Swasty D, Lee J, Huang JC, Maki K, Gansky SA, Hatcher D, Miller AJ. Cross-sectional human mandibular morphology as assessed in vivo by cone-beam computed tomography in patients with different vertical facial dimensions. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2011; 139:377-89.

Swasty D, Lee JS, Huang JC, Maki K, Gansky SA, Hatcher D, Miller AJ. Anthropometric analysis of the human mandibular cortical bone as assessed by cone-beam computed tomography. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009; 67:491-500.

Tayman MA, Kamburoğlu K, Küçük Ö, Ateş FSÖ, Günhan M. Comparison of linear and volumetric measurements obtained from periodontal defects by using cone beam-CT and micro-CT: an in vitro study. *Clin Oral Investig.* 2019; 23:2235-44.

Tenenbaum H, Tenenbaum M. A Clinical study of the width of the attached Gingiva in the deciduous, transitional and permanent dentitions. *J Clin Periodontol.* 1986; 13:270-5.

Tepedino M, Cattaneo PM, Masedu F, Claudio Chimenti C. Average interradicular sites for miniscrew insertion: should dental crowding be considered? *Dental Press J Orthod.* 2017; 22:90-7.

Tepedino M, Masedu F, Chimenti C. Comparative evaluation of insertion torque and mechanical stability for self-tapping and self-drilling orthodontic miniscrews - an in vitro study. *Head Face Med.* 2017; 13:10.

Tepedino M, Cattaneo PM, Niu X, Cornelis MA. Interradicular sites and cortical bone thickness for miniscrew insertion: A systematic review with meta-analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2020; 158:783-98.

Timock AM, Cook V, McDonald T, Leo MC, Crowe J, Benninger BL, Covell DA Jr. Accuracy and reliability of buccal bone height and thickness measurements from cone-beam computed tomography imaging. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2011; 140:734-44.

Topouzelis N, Tsaousoglou P. Clinical factors correlated with the success rate of miniscrews in orthodontic treatment. *Int J Oral Sci.* 2012; 4:38-44.

Tosun T, Keles A, Erverdi N. Method for the placement of palatal implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2002; 17:95-100.

Tsunori M, Mashita M, Kasai K. Relationship between facial types and tooth and bone characteristics of the mandible obtained by CT scanning. *Angle Orthodontist*. 1998; 68:557-62.

Turkyilmaz I, Tözüm TF, Tumer C, Ozbek EN. Assessment of correlation between computerized tomography values of the bone, and maximum torque and resonance frequency values at dental implant placement. *J Oral Rehabil*. 2006; 33:881-8.

Turley PK, Kean C, Schur J. Orthodontic force application to titanium endosseous implants. *Angle Orthodontist*. 1988; 58:151-62.

Tweed, CH. The Frankfort-mandibular incisor angle (FMIA) in orthodontic diagnosis, treatment planning and prognosis. *Angle Orthodontist*. 1954; 24:121-69.

Uesugi S, Kokai S, Kanno Z, Ono T. Prognosis of primary and secondary insertions of orthodontic miniscrews: What we have learned from 500 implants. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2017; 152:224-31.

Upadhyay M, Yadav S, Patil S. Mini-implant anchorage for en-masse retraction of maxillary anterior teeth: A clinical

cephalometric study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008; 134:803-10.

Van Vlijmen OJ, Maal T, Bergé SJ, Bronkhorst EM, Katsaros C, Kuijpers-Jagtman AM. A comparison between 2D and 3D cephalometry on CBCT scans of human skulls. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2010; 39:156-60.

Varshowsaz M, Goorang S, Ehsani S, Azizi Z, Rahimian S. Comparison of Tissue Density in Hounsfield Units in Computed Tomography and Cone Beam Computed Tomography. *J Dent (Tehran).* 2016; 13:108-15.

Veli I, Uysal T, Baysal A, Karadede I. Buccal cortical bone thickness at miniscrew placement sites in patients with different vertical skeletal patterns. *J Orofac Orthop.* 2014; 74:417-29.

Vidalón JA, Liñan C, Tay LY, Meneses A, Lagravère M. Evaluation of the palatal bone in different facial patterns for orthodontic mini-implants insertion: A cone-beam computed tomography study. *Dental Press J Orthod.* 2021; 26:e2119204.

Wahl N. Orthodontics in 3 millennia. Chapter 8: The cephalometer takes its place in the orthodontic armamentarium. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2006; 129:574-80.

Wahl N: Orthodontics in 3 millennia. Chapter 15: Skeletal anchorage. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008; 134:707-10.

Wakimoto M, Matsumura T, Ueno T, Mizukawa N, Yanagi Y, Iida S. Bone quality and quantity of the anterior maxillary trabecular bone in dental implant sites. *Clin Oral Implants Res.* 2012; 23:1314-9.

Wang YC, Liou EJW. Comparison of the loading behavior of self-drilling and predrilling miniscrews throughout orthodontic loading. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008; 133:38-43.

Wang Y, Qiu Y, Liu H, He J, Fan X. Quantitative evaluation of palatal bone thickness for the placement of orthodontic miniscrews in adults with different facial types. *Saudi Med J.* 2017; 38:1051-7.

Warming L, Hassager C, Christiansen C. Changes in Bone Mineral Density With Age in Men and Women: A Longitudinal Study. *Osteoporos Int.* 2002; 13:105-12.

Wehrbein H. Bone quality in the midpalate for temporary anchorage devices. *Clin Oral Implants Res.* 2009; 20:45-9.

Wehrbein H, Glatzmaier J, Mundwiler U, Diedrich P. The orthosystem: a new implant system for orthodontic anchorage in the palate. *J Orofac Orthop.* 1996; 57:142-53.

Wehrbein H, Merz BR, Diedrich P, Glatzmaier J. The use of palatal implants for orthodontic anchorage. Design and clinical application of the orthosystem. *Clin Oral Implants Res.* 1996; 7:410-6.

Wehrbein H, Merz BR. Aspects of the use of endosseous palatal implants in orthodontic therapy. *J Esthet Dent.* 1998; 10:315-24.

Wehrbein H, Merz BR, Hämmerle CH, Lang NP. Bone-to-implant contact of orthodontic implants in humans subjected to horizontal loading. *Clin Oral Implants Res.* 1998; 9:348-53.

Wilmes B, Rademacher C, Olthoff G, Drescher D. Parameters affecting primary stability of orthodontic mini-implants. *J Orofac Orthop.* 2006; 67:162-74.

Winsauer H, Vlachoianis C, Bumann A, Vlachoianis J, Chrubasik S. Paramedian vertical palatal bone height for mini-implant insertion: a systematic review. *Eur J Orthod.* 2014; 36:541-9.

Xun C, Zeng X, Wang X. Microscrew anchorage in skeletal anterior open-bite treatment. *Angle Orthod.* 2007; 77:47-56.

Yadav S, Sachs E, Vishwanath M, Knecht K, Upadhyay M, Nanda R, Tadinada A. Gender and growth variation in palatal bone thickness and density for mini-implant placement. *Prog Orthod.* 2018; 19:43.

Yang L, Li F, Cao M, Chen H, Wang X, Chen X, Yang L, Gao W, Petrone JF, Ding Y. Quantitative evaluation of maxillary interradicular bone with cone-beam computed tomography for bicortical placement of orthodontic mini-implants. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2015; 147:725-37.

Yao CCJ, Lai EHH, Chang JZC, Chen YJ: Comparison of treatment outcomes between skeletal anchorage and extraoral anchorage in adults with maxillary dentoalveolar protrusion. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008; 134:615-24.

Yi J, Ge M, Li M, Li C, Li Y, Li X, Zhao Z. Comparison of the success rate between self-drilling and self-tapping miniscrews: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2017; 39:287-93.

Yitschaky O, Meir redlich M, Abed Y, Faerman M, Casap N, Hiller N. Comparison of common hard tissue cephalometric

measurements between computed tomography 3D reconstruction and conventional 2D cephalometric images. Angle Orthod. 2011; 81:11-16.

Zamora N, Paredes V, Llamas JM, Cibrian R, Gandía JL. Cephalometric measurements from 3D reconstructed images compared with conventional 2D images. Angle Orthod. 2011; 81:856-64.

ANEXO 1

ANEXO 1. DOCUMENTACIÓN

A continuación se adjuntan los siguientes documentos:

Anexo 1.1 Certificado del Comité Ético de Investigación en Humanos.

Anexo 1.2 Consentimiento informado.

Anexo 1.3 Compromiso de confidencialidad y protección de datos.

1.1

VNIVERSITAT
 ED VALÈNCIA
 Vicectorat d'Investigació i Política Científica

D. Fernando A. Verdú Pascual, Profesor Titular de Medicina Legal y Forense, y Secretario del Comité Ético de Investigación en Humanos de la Comisión de Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València,

CERTIFICA:

Que el Comité Ético de Investigación en Humanos, en la reunión celebrada el día 7 de marzo de 2014, una vez estudiado el proyecto de investigación titulado:

"Evaluación 3D de los espacios interradiculares, cortical ósea y altura de hueso palatino en diferentes tipos faciales para la colocación de microtornillos ortodóncicos", número de procedimiento H1393234867650,

cuya investigadora responsable es Dña. Ana Mora Cervera,

ha acordado informar favorablemente el mismo dado que se respetan los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki, en el Convenio del Consejo de Europa relativo a los derechos humanos y cumple los requisitos establecidos en la legislación española en el ámbito de la investigación biomédica, la protección de datos de carácter personal y la bioética.

Y para que conste, se firma el presente certificado en Valencia, a ocho de abril de dos mil catorce.

FERNANDO ALEJO|VERDÚ|
 PASCUAL
 2014.04.08 08:48:20 +02'00'

1.2



FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGÍA
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

Valencia, ____ de _____ de 2014.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo (nombre del paciente/padre/madre o tutor) con DNI nº () he sido ampliamente informado de la Tesis Doctoral que va a ser llevada a cabo por la Odontóloga ANA MORA CERVERA colegiado nº 46003279, y consiento libremente que mis datos personales así como todos mis registros recogidos en la historia clínica, sean utilizadas exclusivamente con fines de investigación y docencia.

Firma paciente/padre/madre o tutor

1.3



FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGÍA
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

Valencia, 10 de MARZO de 2014.

COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD Y PROTECCIÓN DE DATOS.

Todos sus datos, así como toda la información médica recogida en su historia clínica será tratada con absoluta confidencialidad por parte del personal encargado de la investigación. Así mismo, si los resultados del estudio fueran susceptibles de publicación en revistas científicas, en ningún momento se proporcionarán datos personales de los pacientes que han colaborado en esta investigación. Tal y como contempla la Ley de Protección de Datos de Carácter Personal, podrá ejercer su derecho a acceder, rectificar o cancelar sus datos contactando con el investigador principal de este estudio.

ANEXO 2

ANEXO 2. ABREVIATURAS ESPECÍFICAS

MEDICIONES EN EL MAXILAR

ESPACIOS INTERRADICULARES A 5 MM DE LA UAC

5IRAD 7-6MX: distancia interradicular entre el segundo molar y el primer molar a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

5IRAD 6-5MX: distancia interradicular entre el primer molar y el segundo premolar a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

5IRAD 5-4MX: distancia interradicular entre el segundo premolar y el primer premolar a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

5IRAD 4-3MX: distancia interradicular entre el primer premolar y el canino a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

ESPACIOS INTERRADICULARES A 8 MM DE LA UAC

8IRAD 7-6MX: distancia interradicular entre el segundo molar y el primer molar a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

8IRAD 6-5MX: distancia interradicular entre el primer molar y el segundo premolar a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

8IRAD 5-4MX: distancia interradicular entre el segundo premolar y el primer premolar a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

8IRAD 4-3MX: distancia interradicular entre el primer premolar y el canino a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

ESPEJOR DE LA CORTICAL ÓSEA VESTIBULAR A 5 MM DE LA UAC

5CORTIC 7-6MX: espesor de la cortical ósea vestibular entre el segundo molar y el primer molar a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

5CORTIC 6-5MX: espesor de la cortical ósea vestibular entre el primer molar y el segundo premolar a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

5CORTIC 5-4MX: espesor de la cortical ósea vestibular entre el segundo premolar y el primer premolar a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

5CORTIC 4-3MX: espesor de la cortical ósea vestibular entre el primer premolar y el canino a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

ESPEJOR DE CORTICAL ÓSEA VESTIBULAR A 8 MM DE LA UAC

8CORTIC 7-6MX: espesor de la cortical ósea vestibular entre el segundo molar y primer molar a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

8CORTIC 6-5MX: espesor de la cortical ósea vestibular entre el primer molar y el segundo premolar a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

8CORTIC 5-4MX: espesor de la cortical ósea vestibular entre el segundo premolar y el primer premolar a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

8CORTIC 4-3MX: espesor de la cortical ósea vestibular entre el primer premolar y el canino a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

ANCHURA DEL PROCESO ALVEOLAR A 5 MM DE LA UAC

5ANCH 7-6MX: distancia de la anchura del proceso alveolar entre el segundo molar y el primer molar a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

5ANCH 6-5MX: distancia de la anchura del proceso alveolar entre el primer molar y el segundo premolar a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

5ANCH 5-4MX: distancia de la anchura del proceso alveolar entre el segundo premolar y el primer premolar a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

5ANCH 4-3MX: distancia de la anchura del proceso alveolar entre el primer premolar y el canino a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

ANCHURA DEL PROCESO ALVEOLAR A 8 MM DE LA UAC

8ANCH 7-6MX: distancia de la anchura del proceso alveolar entre el segundo molar y el primer molar a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

8ANCH 6-5MX: distancia de la anchura del proceso alveolar entre el primer molar y el segundo premolar a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

8ANCH 5-4MX: distancia de la anchura del proceso alveolar entre el segundo premolar y el primer premolar a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

8ANCH 4-3MX: distancia de la anchura del proceso alveolar entre el primer premolar y el canino a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en el maxilar.

MEDICIONES EN LA MANDÍBULA**ESPACIOS INTERRADICULARES A 5 MM DE LA UAC**

5IRAD 7-6MB: distancia interradicular entre el segundo molar y el primer molar a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

5IRAD 6-5MB: distancia interradicular entre el primer molar y el segundo premolar a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

5IRAD 5-4MB: distancia interradicular entre el segundo premolar y el primer premolar a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

5IRAD 4-3MB: distancia interradicular entre el primer premolar y el canino a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

ESPACIOS INTERRADICULARES A 8 MM DE LA UAC

8IRAD 7-6MB: distancia interradicular entre el segundo molar y el primer molar a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

8IRAD 6-5MB: distancia interradicular entre el primer molar y el segundo premolar a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

8IRAD 5-4MB: distancia interradicular entre el segundo premolar y el primer premolar a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

8IRAD 4-3MB: distancia interradicular entre el primer premolar y el canino a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

ESPEJOR DE LA CORTICAL ÓSEA VESTIBULAR A 5 MM DE LA UAC

5CORTIC 7-6MB: espesor de la cortical ósea vestibular entre el segundo molar y el primer molar a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

5CORTIC 6-5MB: espesor de la cortical ósea vestibular entre el primer molar y el segundo premolar a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

5CORTIC 5-4MB: espesor de la cortical ósea vestibular entre el segundo premolar y el primer premolar a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

5CORTIC 4-3MB: espesor de la cortical ósea vestibular entre el primer premolar y el canino a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

ESPESOR DE LA CORTICAL ÓSEA VESTIBULAR A 8 MM DE LA UAC

8CORTIC 7-6MB: espesor de la cortical ósea vestibular entre el segundo molar y primer molar a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

8CORTIC 6-5MB: espesor de la cortical ósea vestibular entre el primer molar y el primer premolar a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

8CORTIC 5-4MB: espesor de la cortical ósea vestibular entre el segundo premolar y el primer premolar a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

8CORTIC 4-3MB: espesor de la cortical ósea vestibular entre el primer premolar y el canino a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

ANCHURA DEL PROCESO ALVEOLAR A 5 MM DE LA UAC

5ANCH 7-6MB: distancia de la anchura del proceso alveolar entre el segundo molar y el primer molar a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

5ANCH 6-5MB: distancia de la anchura del proceso alveolar entre el primer molar y el segundo premolar a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

5ANCH 5-4MB: distancia de la anchura del proceso alveolar entre el segundo premolar y el primer premolar a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

5ANCH 4-3MB: distancia de la anchura del proceso alveolar entre el primer premolar y el canino a 5 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

ANCHURA DEL PROCESO ALVEOLAR A 8 MM DE LA UAC
--

8ANCH 7-6MB: distancia de la anchura del proceso alveolar entre el segundo molar y el primer molar a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

8ANCH 6-5MB: distancia de la anchura del proceso alveolar entre el primer molar y el segundo premolar a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

8ANCH 5-4MB: distancia de la anchura del proceso alveolar entre el segundo premolar y el primer premolar a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

8ANCH 4-3MB: distancia de la anchura del proceso alveolar entre el primer premolar y el canino a 8 mm verticalmente desde la unión amelocementaria en la mandíbula.

MEDICIONES EN EL PALADAR

DISTANCIAS A 5 MM DEL FORAMEN INCISAL

M5: Punto donde realizamos las mediciones verticales del espesor óseo palatino a lo largo de sutura palatina media a 5 mm del foramen incisal.

R5_5: Punto donde realizamos las mediciones verticales del espesor óseo palatino en la hemiarcada derecha a 5 mm lateralmente a la sutura palatina media y a 5 mm del foramen incisal.

L5_5: Punto donde realizamos las mediciones verticales del espesor óseo palatino en la hemiarcada izquierda a 5 mm lateralmente a la sutura palatina media y a 5 mm del foramen incisal.

R5_10: Punto donde realizamos las mediciones verticales del espesor óseo palatino en la hemiarcada derecha a 10 mm lateralmente a la sutura palatina media y a 5 mm del foramen incisal.

L5_10: Punto donde realizamos las mediciones verticales del espesor óseo palatino en la hemiarcada izquierda a 10 mm lateralmente a la sutura palatina media y a 5 mm del foramen incisal.

DISTANCIAS A 10 MM DEL FORAMEN INCISAL

M10: Punto donde realizamos las mediciones verticales del espesor óseo palatino a lo largo de sutura palatina media a 10 mm del foramen incisal.

R10_5: Punto donde realizamos las mediciones verticales del espesor óseo palatino en la hemiarcada derecha a 5 mm lateralmente a la sutura palatina media y a 10 mm del foramen incisal.

L10_5: Punto donde realizamos las mediciones verticales del espesor óseo palatino en la hemiarcada izquierda a 5 mm lateralmente a la sutura palatina media y a 10 mm del foramen incisal.

R10_10: Punto donde realizamos las mediciones verticales del espesor óseo palatino en la hemiarcada derecha a 10 mm lateralmente a la sutura palatina media y a 10 mm del foramen incisal.

L10_10: Punto donde realizamos las mediciones verticales del espesor óseo palatino en la hemiarcada izquierda a 10 mm lateralmente a la sutura palatina media y a 10 mm del foramen incisal.

DISTANCIAS A 15 MM DEL FORAMEN INCISAL

M15: Punto donde realizamos las mediciones verticales del espesor óseo palatino a lo largo de sutura palatina media a 15 mm del foramen incisal.

R15_5: Punto donde realizamos las mediciones verticales del espesor óseo palatino en la hemiarcada derecha a 5 mm lateralmente a la sutura palatina media y a 15 mm del foramen incisal.

L15_5: Punto donde realizamos las mediciones verticales del espesor óseo palatino en la hemiarcada izquierda a 5 mm lateralmente a la sutura palatina media y a 15 mm del foramen incisal.

R15_10: Punto donde realizamos las mediciones verticales del espesor óseo palatino en la hemiarcada derecha a 10 mm lateralmente a la sutura palatina media y a 15 mm del foramen incisal.

L15_10: Punto donde realizamos las mediciones verticales del espesor óseo palatino en la hemiarcada izquierda a 10 mm lateralmente a la sutura palatina media y a 15 mm del foramen incisal.

DISTANCIAS A 20 MM DEL FORAMEN INCISAL

M20: Punto donde realizamos las mediciones verticales del espesor óseo palatino a lo largo de sutura palatina media a 20 mm del foramen incisal.

R20_5: Punto donde realizamos las mediciones verticales del espesor óseo palatino en la hemiarcada derecha a 5 mm lateralmente a la sutura palatina media y a 20 mm del foramen incisal.

L20_5: Punto donde realizamos las mediciones verticales del espesor óseo palatino en la hemiarcada izquierda a 5 mm lateralmente a la sutura palatina media y a 20 mm del foramen incisal.

R20_10: Punto donde realizamos las mediciones verticales del espesor óseo palatino en la hemiarcada derecha a 10 mm lateralmente a la sutura palatina media y a 20 mm del foramen incisal.

L20_10: Punto donde realizamos las mediciones verticales del espesor óseo palatino en la hemiarcada izquierda a 10 mm lateralmente a la sutura palatina media y a 20 mm del foramen incisal.

ANEXO 3

ANEXO 3. APORTACIONES A CONGRESOS

Aportación a congreso:

Comunicación oral 60 Congreso de la Sociedad Española de Ortodoncia, Islantilla 2014



S-7	COMUNICACIONES ORALES	Sesión de Mañana / Sala Auxiliar
	Coordinador: Arturo Vela Hernández	
09.00	Luela Arantasi INFLUENCIA DE LA CLASE ESQUELÉTICA EN LA MORFOLOGÍA DE LAS VÉRTEBRAS CERVICALES. ESTUDIO COMPARATIVO SOBRE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO (CBCT)	
09.15	Ylenia Blanco Arias MOVIMIENTOS VERTICALES ORTODÓNCICOS EN PACIENTES PERIODONTALES: SERIE DE CASOS	
09.30	Gonzalo Julián Castellote ESTUDIO COMPARATIVO DE LA PERCEPCIÓN ESTÉTICA DE LA MALOCCLUSIÓN, ENTRE DENTISTAS GENERALES, ORTODONCISTAS Y PÚBLICO GENERAL MEDIANTE UNA ESCALA ANALÓGICA VISUAL (VAS) Y EL IOTN-AC (INDEX OF ORTHODONTIC TREATMENT NEED- AESTHETIC COMPONENT)	
09.45	Guillermo De Haro Muñoz CANINOS INCLUIDOS Y MICROTORNILLOS, ¿CÓMO REDUCIMOS EL TIEMPO DE TRATAMIENTO?	
10.00	Carla Hajjar FUERZAS ORTODÓNCICAS Y SU EFECTO EN LOS FIBROBLASTOS	
10.15	Patricia Porta Marín ANÁLISIS CEFALOMÉTRICO 3D DE LAS ASIMETRÍAS CRANEOFACIALES MEDIDO CON TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO (CBCT)	
10.30	Maria José Sánchez García RELACIÓN ENTRE DIMENSIONES CRANEOFACIALES Y AGENESIAS DENTARIAS	
10.45	Ana Mora Cervera EVALUACIÓN 3D DE LOS ESPACIOS INTERRADICULARES, GROSOR DE LA CORTICAL ÓSEA Y ESPESOR DEL HUESO PALATINO EN DIFERENTES TIPOS FACIALES PARA LA COLOCACIÓN DE MICROTORNILLOS ORTODÓNCICOS	
11.00	Javier Aznar Arraiz LA EXPRESIÓN DEL TORQUE EN LOS BRACKETS ORTODÓNCICOS	
11.15	Juan José Romero Sánchez-Palencia PROPORCIONES ÁUREAS EN LA CARA DE MUJERES Y HOMBRES CONSIDERADAS/OS ATRACTIVAS/OS	
11.30	Inés Díaz Renovales ELEMENTO II DEL DR. ANDREWS: RELACIÓN ANTEROPOSTERIOR DE LOS INCISIVOS SUPERIORES RESPECTO A LA FRENTE EN LOS PACIENTES QUE ACUDEN A LA UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO	
11.45 - 12.15 PAUSA CAFÉ		

Sábado 7 de junio / Sala Auxiliar / 10.45

Mora Cervera, A.¹; Zamora Martínez, N.²
Faus Matoses, I.³; Gandia Franco, J.L.⁴

**EVALUACIÓN 3D DE LOS ESPACIOS INTERRADICULARES,
ESPESOR DE LA CORTICAL ÓSEA Y DEL HUESO PALATINO
EN DIFERENTES TIPOS FACIALES PARA LA COLOCACIÓN
DE MICROTORNILLOS ORTODÓNCICOS**

¹ Máster en Ortodoncia, Universitat de València.² Profesora Asociada. Unidad de Ortodoncia. Universitat de València.³ Máster en Ortodoncia, Universitat de València.⁴ Profesor Titular. Director del Máster de Especialización en Ortodoncia. Unidad de Ortodoncia. Departamento de Estomatología. Universitat de València.

PROPÓSITO DEL TRABAJO: El estudio 3D para la correcta colocación de los microtornillos ortodóncicos, evitando dañar raíces y seleccionando las zonas de mayor anchura de cortical ósea nos puede ayudar a aumentar la estabilidad primaria y seleccionar los diámetros y longitudes correctos de los mismos.

MATERIAL: Se seleccionaron 60 pacientes que tenían realizado un CBCT como registro diagnóstico.

MÉTODO: Se realizaron 68 mediciones lineales de cada paciente usando el software InVivoDental® (Anatomage, San Jose, Calif) para el estudio de los espacios interradiculares, el grosor de la cortical ósea vestibular y de la distancia del proceso alveolar en sentido vertical, tanto de maxilar como de mandíbula, así como el espesor de hueso palatino. Se dividió a los pacientes de acuerdo con el patrón facial para realizar una comparativa entre el estudio óseo realizado y los diferentes patrones faciales.

RESULTADOS: En relación con el tipo facial se observaron valores más elevados en tipos braquifaciales en el espesor de hueso palatino y en los espacios interradiculares, así como en el grosor del proceso alveolar en la mandíbula. En relación a la edad, se observaron diferencias significativas en ciertas medidas del paladar. Por último, puede hablarse de un cierto dimorfismo sexual en las dimensiones de muchos de los parámetros analizados, como corticales óseas y anchuras del proceso en arcada superior.

CONCLUSIONES: Existen diferencias significativas en el grosor de la cortical ósea maxilar y mandibular. La distancia de espacios interradiculares y el espesor óseo palatino en los pacientes braquifaciales es significativamente mayor que en el resto de pacientes.

Bibliografía:

1. Fulya Ozdemir, Murat Tozlu, Derya Germec-Cakan. Cortical bone thickness of the alveolar process measured with cone-beam computed tomography in patients with different facial types. Am J Orthod Dentofacial Orthop.2013;143:190-6
2. Jun-Ha Ryu, Jae Hyun Park. Palatal bone thickness compared with cone-beam computed tomography in adolescents and adults for mini-implant placement. Am J Orthod Dentofacial Orthop.2012;142:207-12
3. Joorok Park and Heon Jae Cho. Three-dimensional evaluation of interradicular spaces and cortical bone thickness for the placement and initial stability of microimplants in adults. Am J Orthod Dentofacial Orthop.2009;136:314.e1-314.e12



La Sociedad Española de Ortodoncia

CERTIFICA QUE:

La Comunicación

**EVALUACIÓN 3D DE LOS ESPACIOS INTERRADICULARES,
ESPESESOR DE LA CORTICAL ÓSEA Y DEL HUESO PALATINO
EN DIFERENTES TIPOS FACIALES PARA LA COLOCACIÓN
DE MICROTORNILLOS ORTODÓNCICOS**

*Mora Cervera, A.; Zamora Martínez, N.; Faus Matoses, I.;
Gandía Franco, J.L.*

Ha sido presentada como Comunicación Oral en el

60 Congreso de la Sociedad Española de Ortodoncia,
celebrado en Islantilla, del 4 al 7 de junio de 2014



Secretaría: SIASA CONGRESOS. Paseo de la Habana, 134. 28036 Madrid
Tel.: 914 574 891 - Fax: 914 581 088 - cherrasti@siasa.es

Aportación a congreso:

Comunicación formato póster. 91 Congreso de la Sociedad Europea de Ortodoncia, Venecia 2015.



ABSTRACTS

OF LECTURES AND SCIENTIFIC POSTERS

Downloaded from by guest on September 23, 2015

EUROPEAN ORTHODONTIC SOCIETY
91st Congress Venice, Italy, 2015
13-18 June

e3

284 THREE-DIMENSIONAL EVALUATION OF PALATAL BONE THICKNESS FOR MINI-IMPLANT PLACEMENT IN DIFFERENT FACIAL HEIGHTS

Ana Mora, Natalia Zamora, Ignacio Faus, Jose Luis Gandia, Department of Orthodontics, University of Valencia, Spain

AIMS: To evaluate palatal bone thickness for the insertion of orthodontic mini-implants using cone-beam computed tomographic (CBCT) images of adults with low, normal and increased face heights.

MATERIALS AND METHOD: CBCT of 60 patients with ages ranging between 16 and 52 years were analysed using the software, InVivoDental® (Anatomage, San Jose, California, USA). Palatal bone thickness was measured along the midpalatal suture at four distances (5, 10, 15, and 20 mm) and

e145

paramedian areas (at 5 and 10 mm left and right of the midpalate) from the distal edge of the incisal foramen in 20 different sites. The patients were assigned to the low-, normal, and high-angle groups using the software Nemoceph 3D® (Nemotec Dental Studio®). Statistical analysis was carried out using SPSS software. Two-way ANCOVA and Bonferroni tests were used. The standard level of significance was 0.05.

RESULTS: The palatal bone thickness mean distances ranged from 6.35 to 1.64 mm and tended to progressively decrease from the incisal foramen to the posterior areas. The midpalatal bone was much thicker than the paramedian palatal bone at 10, 15 and 20 mm. The paramedian palatal bone showed the greatest thickness at 5 mm (6.35 mm; SD, 2.18 and 6.26 mm; SD 2.14). The thinnest palatal bone was found 20 mm from the incisive foramen. There were statistically significant differences between the groups regarding age and gender. Palatal bone thicknesses were significantly lower in young patients and female groups. No statistically significant differences were found between the groups regarding different face heights.

CONCLUSION: The thickest part of the palatal bone is the anterior region, especially the paramedian area. Clinicians should be aware of the probability of thin palatal cortical bone thickness in the posterior region, in order to avoid the risk of failures in mini-implant placement.

285 EVALUATION OF CORTICAL BONE THICKNESS FOR ORTHODONTIC MINI-IMPLANT PLACEMENT WITH CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY

Ana Mora, Natalia Zamora, Ignacio Faus, Jose Luis Gandia, Department of Orthodontics, University of Valencia, Spain

AIMS: To evaluate alveolar cortical bone thickness between interradicular sites for mini-implant placement using cone-beam computed tomography, in diverse age groups and facial patterns.

MATERIALS AND METHOD: Sixty cone-beam computed tomographs obtained for oral surgical purposes were selected. The cortical bone thickness and the alveolar process width from canine to second molar were measured at two different vertical levels (5 and 8 mm) from the cemento-enamel junction (CEJ) in the maxilla and mandible. Thirty two measurements were obtained for each patient using the software InVivoDental® (Anatomage, San Jose, California, USA). The patients were assigned by ages and facial patterns (low-angle, normal, and high-angle groups) using the software Nemoceph 3D®. For statistical analysis two-way ANCOVA and Bonferroni test were used.

RESULTS: There were statistically significant differences between the groups regarding the age and gender. The greatest thickness was between the mandibular second and first molar which tended to increase with the age of the patients. Buccal cortical bone thickness and alveolar process widths were significantly lower in the young patient group and the female group. In low-angle patients, higher values of cortical bone thickness were found with a statistically significant difference ($P \leq 0.05$).

CONCLUSION: In order to increase primary stability for mini-implants, clinicians should be aware of the variability of cortical bone thickness between ages, genders and facial patterns.

286 DOES EXPANSION OF VERTICAL SYMPHYSEAL OSTEOTOMY GAPS WITH LINGUALLY PLACED SCREWS AFFECT THE POSITION OF THE FIRST MOLARS IN THE FRONTAL PLANE?

Alfred Peter Muchitsch¹, Brigitte Wendl¹, Heinz Winsauer², Margit Pichelmayer¹, Markus Muchitsch³, ¹Department of Orthodontics, University Dental School Graz, ²Private Practice, Bregenz and ³Graz University of Technology, Austria

AIMS: To determine, whether and to what extent median symphyseal distraction with bonded and screw fixed full coverage splint appliances employing hinged expansion screws causes transversal and inclination changes of the lower first molars.

SUBJECTS AND METHOD: Seventeen patients (12 females; average age 16 years 3 months) with transverse space deficits and severe dental crowding. Mandibular casts before and after 6 weeks of median distraction were created, scanned and matched via their coordinate systems. Perpendiculars were drawn at the geometric centres between the cusp tips of teeth 36 and 46 and projected against the frontal plane. The intersection angles yielded single tooth and total inclination values for both

e146




THREE-DIMENSIONAL EVALUATION OF THE PALATAL BONE THICKNESS FOR MINI-IMPLANTS PLACEMENT IN DIFFERENT FACIAL HEIGHTS

A Mora, N Zamora, I Faus, V Paredes, JL Gandía

Department of Orthodontics. Faculty of Medicine and Dentistry. Valencia. Spain

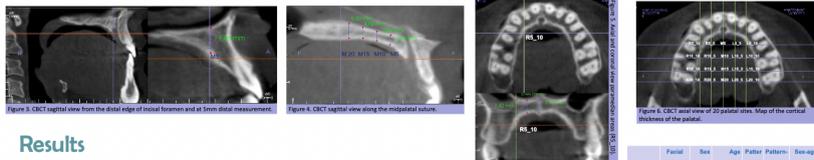
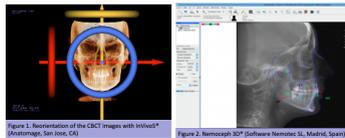



Objetives

The purpose of this study was to evaluate the palatal bone thickness for the insertion of orthodontic mini-implants by using cone-beam computed tomography images of adults with low, normal and increased facial heights.

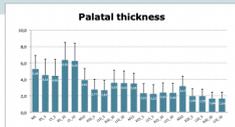
Material and Method

We analyzed the cone beam computed tomography images of 60 patients with ages ranging between 16 and 52 years using the software InVivoDental® (Anatomage, San Jose, Calif). All images were reoriented to minimize measurement errors (Figure 1). The patients were assigned to the low-angle, normal, and high-angle groups using the software Nemocep 3D® (Nemotec Dental Studio®) (Figure 2). Palatal bone thickness was measured from the distal edge of the incisal foramen (Figure 3) along the midpalatal suture at 4 distances (5, 10, 15, and 20 mm) (Figure 4) and paramedian areas (at 5 mm and 10 mm left and right of the midpalate) (Figure 5) in 20 different sites, in order to create a map of the cortical thickness of the palatal. (Figure 6). Statistical analysis was carry out by using SPSS software. The 2-way ANCOVA test and Bonferroni test were used in this study. The standard level of significance used was 0.05.



Results

Palatal bone thickness means distances ranged from 6.35 to 1.64 mm and tend to decrease progressively from the incisal foramen to posterior areas. The paramedian palatal bone showed the greatest thickness at 5 mm from the incisal foramen and at 10 mm laterally (R5_10). The thinnest palatal bone was found at 20 mm. (Graphic 1). There were statistically significant differences between the groups regarding the age, sex and facial pattern. Low-angle, adults and male patients had significantly greatest values of palatal thickness than the high-angle, young and females patients with a statistically significant difference ($P \leq 0.05$) in the paramedian area (R10_10, L10_10, R10_5, L10_5) 5 and 10 mm laterally from the incisal foramen. (Table 1).



Graphic 1. Palatal bone thickness average in the midpalatal and paramedian sites.

Table 1. Results of the ANCOVA model of palatal thickness. F test for main effects and interaction of second order.

Facial pattern	Sex	Age	Pattern	Pattern-age	Sex-age
R5	NS	0.016*	NS	NS	NS
R5_5	NS	0.020*	NS	NS	NS
L5_5	NS	0.022*	NS	NS	NS
R5_10	NS	NS	NS	NS	NS
L5_10	NS	NS	NS	NS	NS
R10	NS	0.007*	0.000**	NS	NS
R10_5	NS	0.043*	NS	NS	NS
L10_5	NS	0.019*	NS	NS	0.007*†
R10_10	0.009*†	NS	NS	NS	0.008*
L10_10	0.008*†	NS	NS	NS	0.042*
R15	NS	<0.001***	NS	NS	NS
R15_5	NS	0.000	NS	NS	NS
L15_5	NS	NS	NS	NS	NS
R15_10	NS	NS	NS	NS	NS
L15_10	NS	NS	NS	NS	NS
R20	NS	NS	0.000**	NS	NS
R20_5	NS	NS	NS	NS	NS
L20_5	NS	NS	NS	NS	NS
R20_10	NS	NS	NS	NS	NS
L20_10	NS	NS	NS	NS	NS

NS: not significant, †p<0.1, *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

Conclusions

We can conclude that the thickest part of the palate is the anterior region, especially the paramedian area at 5 and 10 mm from the midpalatal suture. Clinicians should be aware of the probability of thin palatal cortical bone thickness in the posterior region and increased facial heights, in order to avoid the risk of failures in the orthodontic mini-implants placement.

References

- Ryu JH, Park JH, Trang Vu Thi Thu, Bayome M, Kim Y, Kook YA. Palatal bone thickness compared with cone beam computed tomography in adolescents and adults for mini-implant placement. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2012; 142:207-12.
- Ludwig B, Glasi B, Bowman SJ, Wilmes B, Kinzinger GSM, Lissou JA. Anatomical guidelines for miniscrew insertion: palatal sites. J Clin Orthod. 2011; 45(8):433-41.



This is to certify that

Dr. ANA MORA CERVERA

has presented the poster

*“Three-dimensional evaluation of palatal bone thickness for
mini-implant placement in different facial heights”*

at the 9st Congress of the European Orthodontic Society

In Venice, Italy,

13th-18th June 2015

Authors : Ana Mora, Natalia Zamora, Ignacio Faus, Vanessa Paredes, Jose Luis Gandia

Chair of the EOS Congress Venice 2015
Antonio Maria Melli

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Antonio Melli".





This is to certify that

Dr. ANA MORA CERVERA

has presented the poster

“Evaluation of cortical bone thickness for orthodontic mini-implant placement with cone beam computed tomography”

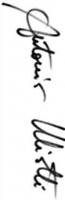
at the 91st Congress of the European Orthodontic Society

In Venice, Italy,

13th-18th June 2015

Authors : Ana Mora, Natalia Zamora, Ignacio Faus, Vanessa Paredes, Jose Luis Gandia

Chair of the EOS Congress Venice 2015
Antonio Maria Miotto



Aportación a congreso:

Comunicación formato póster. 8 Congreso Internacional de Ortodoncia, 27-30 Septiembre 2015, London.

The poster features a collage of diverse people smiling, with a semi-transparent grid overlay. The text is arranged in horizontal bands: a white band with 'FINAL PROGRAMME', an orange band with 'COME TO LONDON AND SEE THE WORLD SMILE', a blue band with '8TH INTERNATIONAL ORTHODONTIC CONGRESS' and dates, a white band with a 'London' skyline graphic, a dark blue band with the website 'www.wfo2015london.org', and a dark blue footer with the 'WORLD FEDERATION OF ORTHODONTISTS' logo.

FINAL PROGRAMME

COME TO LONDON AND
SEE THE WORLD SMILE

8TH INTERNATIONAL
ORTHODONTIC CONGRESS
27th-30th September 2015
ExCeL, London

London

www.wfo2015london.org

WORLD FEDERATION OF ORTHODONTISTS

POSTER BOARD NO.

- 666 **3D EVALUATION OF INTERRADICULAR SPACES AND CORTICAL BONE THICKNESS FOR ORTHODONTIC MINI-IMPLANTS PLACEMENT AND PRIMARY STABILITY IN DIFFERENT FACIAL TYPES**
A. Mora Cervera, N. Zamora Martínez, N. Faus Matoses, V. Paredes Gallardo, J.L. Gandia Franco
- 667 **ACCURACY AND REPRODUCIBILITY OF TOOTH WIDTHS AND LINEAR MEASUREMENTS WITH ITERO™ INTRAORAL SCANNER AND CBCT DIGITAL MODELS; A COMPARATIVE STUDY**
N. Zamora Martínez, V. San Jose Quilis, B. Tarazona Alvarez, V. Paredes Gallardo, J.L. Gandia Franco
- 668 **A COMPARATIVE STUDY OF PAIN BETWEEN STAINLESS STEEL AND NICKEL TITANIUM ARCHES IN ORTHODONTIC TREATMENT**
M. Larrea Elena, N. Zamora Martínez, V. Paredes Gallardo, R. Cibrian Ortiz de Anda, J.L. Gandia Franco
- 669 **UPPER PHARYNGEAL AIRWAY SPACE MEASURED WITH CBCT IN PATIENTS WITH DIFFERENT CRANIOFACIAL SKELETAL PATTERN. A COMPARATIVE STUDY**
N. Zamora Martínez, E. Dalmau Nieto, B. Tarazona Alvarez, V. Paredes Gallardo, J.L. Gandia Franco
- 670 **INTRAORAL 3D SCANNER (ITEROTM) AND 2D DIGITAL SCANNER FOR THE MEASUREMENT OF ORTHODONTIC STUDY MODELS. A COMPARATIVE STUDY OF ACCURACY AND RELIABILITY BETWEEN THE TWO METHODS**
N. Zamora Martínez, V. San Jose Quilis, B. Abella Tarazona, B. Tarazona Alvarez, V. Paredes Gallardo, J.L. Gandia Franco
- 671 **ADJUNCTIVE ORTHODONTIC AND PERIODONTIC MANAGEMENT OF DENTO-ALVEOLAR TRAUMA**
P. Zaveri
- 672 **DETERMINATION OF MOUTH WIDTH FOR SOFT TISSUE PREDICTION USING CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY**
F. Zhang, K.M. Lee, J.H. Cho, H.S. Hwang
- 673 **PAR INDEX IN EVALUATION OF THE TREATMENT OUTCOME OF THE TIP-EDGE PLUS TECHNIQUE AND SMART CLIP TECHNIQUE**
W. Zhang, L. Wang
- 675 **ARE REMOVABLE FUNCTIONAL APPLIANCES EFFECTIVE IN THE TREATMENT OF CLASS II MALOCCLUSION: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS**
V.F. Zymperdikas, V. Koretsi, S.N. Papageorgiou, M.A. Papadopoulos





15th INTERNATIONAL ORTHODONTIC CONGRESS 2015
29th - 30th SEPTEMBER 2015 | Antalya, Turkey

3D EVALUATION OF INTERRADICULAR SPACES AND CORTICAL BONE THICKNESS FOR ORTHODONTIC MINI-IMPLANTS PLACEMENT AND PRIMARY STABILITY IN DIFFERENT FACIAL TYPES

A Mora, N Zamora, I Faus, V Paredes, JL Gandia

MÁSTER DE ESPECIALIZACIÓN EN ORTODONCIA
Department of Orthodontics, Faculty of Medicine and Dentistry, Valencia, Spain



UNIVERSITAT DE VALÈNCIA



OBJECTIVES

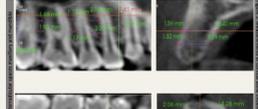
To evaluate in maxillary and mandible, the interradicular spaces, cortical bone thickness and alveolar process width at prospective mini-implant sites, in order to predict the more stable placement and selecting the correct diameters and lengths by using cone-beam computed tomographs of adults with low, normal and increased facial heights.

MATERIALS AND METHODS

3D images of 60 adults were selected from the University of Valencia. The CBCTs were taken using I-CAT equipment (Imaging Sciences International, Hatfield, Pa). The 3D reconstructions of each patient in the CBCT were evaluated using the software InVivoDental® (Anatomage). (Figure 1).

48 measurements were obtained for each patient by an observer on two different occasions using a standardized protocol where all images were reoriented to minimize measurement errors (Figure 2). All the measurements of the interradicular spaces, cortical bone thickness and alveolar process width, were done from canines to second molars and they were measured at two different vertical levels (5 and 8 mm) from the cementoamel junction (CEJ), in maxillary and mandible. (Figure 4, 5)

The patients were assigned to the low-angle, normal, and high-angle groups using the software Nemoceph 3D® (Nemotec Dental Studio®). (Figure 3).

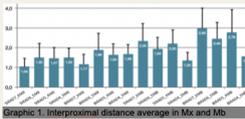
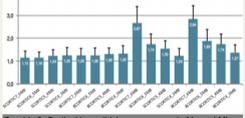
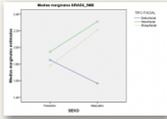
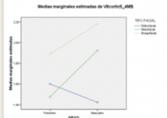
The statistical method used was a multivariate analysis of the covariance (Ancova).

RESULTS

Maxillary interradicular spaces had the greatest distance between the second premolar and the first molar at 8mm from CEJ. In the mandible the greatest distances were found between the second molar and the first molar at 8mm from CEJ. (Graphic 1).

Maxillary and mandibular buccal cortical bone thicknesses means were 1.15 to 1.32 mm and 1.23 to 2.84 mm, respectively. (Graphic 2)

In both jaws, measurements tended to increase from the CEJ to the apex. Low-angle and male patients had significantly greater values than the high-angle and females patients in both jaws but statistically significantly difference in the mandible between first molar and second premolar at 8mm from CEJ. (Graphic 3). The mandibular buccal cortical bone thickness measurements showed a similar pattern, statistically significant values between first premolar and second premolar. (Graphic 4) No statistically significant difference between the groups in the alveolar process width.

CONCLUSIONS

Clinicians should be aware of the probability of proximity of the roots and thin cortical bone thickness in order to avoid the risk of failures at maxillary buccal alveolar sites in high-angle patients, and at mandibular buccal alveolar sites (between canine and first premolar) in normal and high-angle patients.

REFERENCES

1. Özdemir F, Tudu M, Germec-Cakir D. Cortical bone thickness of the alveolar process measured with cone-beam computed tomography in patients with different facial types. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013;143:190-6.
2. Park J and Cho HJ. Three-dimensional evaluation of interradicular spaces and cortical bone thickness for the placement and initial stability of microimplants in adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009;136:314.e1-314.e12.
3. Swamy D, Lee J, Huang JC, Maki K, Gansky SA, Hatcher D, Miller AJ. Cross-sectional human mandibular morphology as assessed in vivo by cone-beam computed tomography in patients with different vertical facial dimensions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2011; 139:837-389.



This is to certify that

ANA MORA CERVERA

has presented the poster

3D EVALUATION OF INTERRADICULAR SPACES AND CORTICAL BONE THICKNESS FOR ORTHODONTIC MINI-IMPLANTS PLACEMENT AND PRIMARY STABILITY IN DIFFERENT FACIAL TYPES

in London, UK

27th - 30th Sept. 2015



