

Facultad de Medicina y Odontología  
Departamento de Estomatología



VNIVERSITAT  
E VALÈNCIA

**Estudio volumétrico de la cresta ósea infracigomática  
mediante tomografía computarizada de haz cónico.**

3143 PROGRAMA DE DOCTORADO  
**ODONTOLOGÍA**

DOCTORANDA  
**CAROLINA ROJO SANCHIS**

**TESIS DOCTORAL**

Directores:

**Dr. Juan Carlos Pérez Varela**  
**Dra. Beatriz Tarazona Álvarez**  
**Dra. Verónica García Sanz**

Tutora:

**Dra. Vanessa Paredes Gallardo**

*Valencia, febrero 2023*



INFORME DIRECTORES/AS Y TUTOR/A PARA DEPÓSITO DE TESIS

**Director (es) / Codirector (es):**

- 1.- Apellidos y nombre: TARAZONA ÁLVAREZ, BEATRIZ N.I.F. 29203729-P, Departamento/Instituto: Estomatología Centro: Facultad de Medicina y Odontología Universidad de Valencia
- 2.- Apellidos y nombre: GARCÍA SANZ, VERÓNICA N.I.F. 20832807-M, Departamento/Instituto: Estomatología Centro: Facultad de Medicina y Odontología Universidad de Valencia
- 3.- Apellidos y nombre: PÉREZ VARELA, JUAN CARLOS N.I.F. 33257830-Z, Departamento/Instituto: Odontología Centro: Facultad de Medicina y Odontología Universidad Santiago de Compostela

**Tutor o tutora**

Apellidos y nombre: PAREDES GALLARDO, VANESSA .N.I.F. 52735783-A, Departamento/Instituto: Estomatología Centro: Facultad de Medicina y Odontología Universidad de Valencia

Directores/as y tutor/a, respectivamente, de la tesis doctoral: "Estudio volumétrico de la cresta ósea infracigomática mediante tomografía computarizada de haz cónico."

de D/Dña. CAROLINA ROJO SANCHIS,

estudiante del Programa de Doctorado **3143 Odontología** (RD 99/2011) de la Universitat de València, emiten informe FAVORABLE (*favorable/desfavorable*) para la realización del depósito y la defensa de la tesis doctoral.

Fecha: 1 de febrero de 2023

Fdo.: Juan Carlos Pérez Varela. Fdo.: Beatriz Tarazona Álvarez. Fdo.: Verónica García Sanz Fdo.: Vanessa Paredes Gallardo



Fdo. Juan Carlos Pérez Varela

Director/a



Director/a

VERONICA  
[GARCIA]  
SANZ  
Firmado digitalmente por  
VERONICA  
GARCIA SANZ  
Fecha: 2023.02.01  
08:37:51 +01'00'

Director/a

VANESSA  
MARIA[DE  
PAREDES]  
GALLARDO  
Firmado digitalmente por  
VANESSA MARIA  
DE PAREDES  
GALLARDO  
Fecha: 2023.02.01  
09:35:23 +01'00'

Tutor/a

ESCOLA DE DOCTORAT  
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

Departament d'Estomatologia  
C/ Gascó Ollag. 1 46010 VALÈNCIA Tel. 963864144  
<http://www.uv.es/estomatologia>  
[dep.estomatologia@uv.es](mailto:dep.estomatologia@uv.es)



*“Si no pierdes, no puedes disfrutar de las victorias”*

*Rafael Nadal.*



## **AGRADECIMIENTOS**

Me gustaría dedicar unas palabras de agradecimiento a todas aquellas personas que de forma directa o indirecta me han apoyado en este camino, dando como fruto la realización de esta tesis doctoral.

Al Profesor José Luis Gandía, el que me dio la oportunidad para formarme en ortodoncia; esa especialidad por la que me contagiaste tu pasión. Gracias por tu cariño como padre de la pequeña familia que has formado en el Máster de ortodoncia de la Universidad de Valencia.

A mi director, el Dr. Juan Carlos Pérez Varela, por abrirme las puertas de su casa y permitirme elaborar un trabajo de investigación de esta envergadura.

A mis directoras, las doctoras Beatriz Tarazona y Verónica García, por impulsarme en cada línea de investigación que hemos llevado a cabo, y haberme dedicado innumerables horas necesarias para elaborar este proyecto juntas.

A mi tutora, la Dra. Vanessa Paredes, por haber pensado en mí para realizar esta investigación, por todo el tiempo que me ha dedicado desde que comencé en el camino de la ortodoncia.

Al Dr. Carlos Bellot, por despertar en mí un interés en el mundo de la investigación. Por su afán de perfección que me transmitió en cada estudio realizado, al que hoy en día tanto me exijo en este campo gracias a él.

A la Dra. Inmaculada Soler, quien me ha apoyado de forma incondicional en todo el camino desde que pude entrar en el mundo de la ortodoncia. Porque una mujer tan grande como ella, confió en alguien tan pequeño como yo. Sin sus recomendaciones y ayudas, yo no hubiera llegado hasta aquí.

A la Sociedad Española de Ortodoncia por otorgarme la Beca Investigación 2020 y dar un fuerte impulso a esta investigación.

A todos mis compañeros y profesores del Máster de Ortodoncia de la Universidad de Valencia con los que tanto he compartido estos años. A la Dra. Gemma Martínez Asúnsolo, por estar como consejera siempre que la he necesitado, porque le debo muchísimo aprendizaje.

Al equipo auxiliar del Máster de Ortodoncia de la Universidad de Valencia por su ayuda durante mis años de formación. Gracias Mariajo por todo el tiempo que me has regalado durante la elaboración de este trabajo y de otros muchos.

A la Dra. Laura Salanova, por acogerme en su gran familia haciéndome sentir especial, por apostar por aquella chica joven ortodoncista con ilusión en su trabajo. A Mariu, por su apoyo personal y laboral, por todos los consejos que le debo, por todo lo que me ha protegido. A Rui, por su eterna bondad. Compaginar el trabajo con este proyecto no ha sido fácil, si he podido ha sido también gracias al trabajo en equipo y eso se lo debo especialmente a mis compañeras de clínica Rosa, Fina y María.

A Inma, Vicky, Innes e Isabela, por ofrecerme siempre un hombro en el que apoyarme. A Ana y José Pablo, por enseñarme a seguir adelante.

A mis padres, Julio y Cristina, por darme la oportunidad de haber podido tener toda la formación que he recibido, por apoyarme en todas mis decisiones y ser el motor que necesitaba para finalizar esta etapa. A mi hermano Julio, también mi compañero de trabajo y amigo, por transmitirme sus conocimientos como especialista en cirugía bucal e implantología; por esa deferencia que siempre tiene hacia mi. A Doña Rosa, quien estaría muy orgullosa de verme llegar hasta aquí.

A Miguel, por su incesante ayuda en todos mis caminos. Por comprenderme cuando ni yo misma me entendía y simplificar mi trabajo con una “sencilla” hoja de cálculo, por todas las facilidades que me has puesto siempre.

A todos, GRACIAS.

# Índice



<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>2.</b>	<b>REVISIÓN DE LA LITERATURA .....</b>	<b>23</b>
	<b>2.1 ESTUDIO ANATÓMICO DEL MAXILAR SUPERIOR.....</b>	<b>25</b>
	2.1.1 Estructura ósea del maxilar superior.....	26
	2.1.2 La cresta ósea infracigomática .....	29
	2.1.3 La cresta ósea infracigomática y su relación con la edad, sexo el patrón facial y clase esquelética del paciente.....	30
	2.1.4 La línea amelo cementaria .....	32
	<b>2.2 EVOLUCIÓN DE LA RADIOLOGÍA EN ORTODONCIA .....</b>	<b>33</b>
	2.2.1 La imagen radiográfica en dos dimensiones (2D) .....	35
	2.2.2 La imagen radiográfica en tres dimensiones (3D). TC vs TCHC. ....	35
	2.2.3 Justificación del método radiológico en 3D frente al uso del 2D .....	40
	2.2.4 Postura cefálica en el momento del escaneado con TCTH.....	40
	2.2.5 Planos de referencia en la imagen TCHC en el software informático .....	42
	2.2.6 Estudio radiológico en 3D de la cresta ósea infracigomática. ....	43
	<b>2.3 EL ANCLAJE EN ORTODONCIA.....</b>	<b>44</b>
	<b>2.4 DISPOSITIVOS ORTODÓNCICOS DE ANCLAJE TEMPORAL (TAD'S).....</b>	<b>45</b>
	2.4.1 Componentes de los microtornillos .....	46
	2.4.2 Indicaciones de uso de los microtornillos. Ventajas y desventajas .....	48
	2.4.3 Microtornillos colocados en la cresta infracigomática. ....	49
<b>3.</b>	<b>REVISIÓN SISTEMÁTICA .....</b>	<b>53</b>
	<b>3.1 MATERIAL Y MÉTODO.....</b>	<b>55</b>
	3.1.1 Pregunta de investigación .....	55
	3.1.2 Fuentes de información y búsqueda electrónica .....	56
	3.1.3 Criterios de selección .....	60
	3.1.4 Selección de estudios .....	60
	3.1.5 Objetivos del estudio y evaluación .....	61
	3.1.6 Riesgo de sesgo en los estudios individuales .....	62
	<b>3.2. RESULTADOS.....</b>	<b>62</b>
	3.2.1 Selección de estudios .....	62
	3.2.2 Características de los estudios.....	65
	3.2.3 Riesgo de sesgo de los estudios individuales .....	65
<b>4.</b>	<b>HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....</b>	<b>67</b>
<b>5.</b>	<b>MATERIAL Y MÉTODO .....</b>	<b>73</b>
	<b>5.1 DISEÑO DEL ESTUDIO .....</b>	<b>75</b>

<b>5.2 MATERIAL</b> .....	<b>76</b>
5.2.1 Población de estudio .....	76
5.2.2 Recolección de datos .....	78
5.2.3 Equipo de registro .....	78
5.2.4 Programas informáticos empleados en las mediciones .....	79
<b>5.3 MÉTODO</b> .....	<b>80</b>
5.3.1 Determinación del patrón facial y clase esquelética de las imágenes 2D .....	80
5.3.2 Orientación y preparación de las imágenes 3D para las mediciones .....	88
5.3.3 Análisis radiográfico y protocolo de medida de las imágenes 3D.....	89
5.3.4 Calibración intra-examinador .....	93
5.3.5 Calibración inter-examinador .....	94
5.3.6 Cálculo del tamaño muestral .....	94
5.3.7 Método estadístico.....	96
<b>6. RESULTADOS</b> .....	<b>99</b>
<b>6.1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b> .....	<b>101</b>
<b>6.2 CALIBRACIÓN INTRAEXAMINADOR</b> .....	<b>101</b>
<b>6.3 CALIBRACIÓN INTEREXAMINADOR</b> .....	<b>103</b>
<b>6.4. ANÁLISIS DE LA LONGITUD TOTAL: DISTANCIA LAC – SENO MAXILAR</b> .....	<b>105</b>
6.4.1 Simetría contralateral .....	107
6.4.2 Efecto de los factores de perfil en LT 1.7 DV .....	108
6.4.3 Efecto de los factores de perfil en LT 2.7 DV .....	109
6.4.4 Efecto de los factores de perfil en LT 1.6 DV .....	110
6.4.5 Efecto de los factores de perfil en LT 2.6 DV .....	111
6.4.6 Efecto de los factores de perfil en LT 1.6 MV .....	112
6.4.7 Efecto de los factores de perfil en LT 2.6 MV .....	113
<b>6.5. ANÁLISIS DE LA LONGITUD INTRAALVEOLAR.</b> .....	<b>114</b>
6.5.1 Simetría contralateral .....	117
6.5.2 Efecto de los factores de perfil en LI 1.7 DV .....	117
6.5.3 Efecto de los factores de perfil en LI 2.7 DV .....	119
6.5.4 Efecto de los factores de perfil en LI 1.6 DV .....	120
6.5.5 Efecto de los factores de perfil en LI 2.6 DV .....	120
6.5.6 Efecto de los factores de perfil en LI 1.6 MV .....	121
6.5.7 Efecto de los factores de perfil en LI 2.6 MV .....	123
<b>6.6 RELACIÓN DE DISTANCIA LAC - CRESTA ALVEOLAR CON LONGITUDES TOTAL E     INTRAALVEOLAR (LT,LI)</b> .....	<b>125</b>
6.6.1 Medidas en 1.7 DV .....	126
6.6.2 Medidas en 2.7 DV .....	128
6.6.3 Medidas en 1.6 DV .....	129

6.6.4	Medidas en 2.6 DV .....	130
6.6.5	Medidas en 1.6 MV.....	131
6.6.6	Medidas en 2.6 MV.....	132
<b>7.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>133</b>
7.1	REVISIÓN SISTEMÁTICA .....	135
7.2	ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA .....	141
7.2.1	Características de la muestra.....	142
7.2.2	Sistema de medición de la cresta ósea infracigomática.....	144
7.2.3	La LAC como punto de referencia anatómico.....	145
7.3	ANÁLISIS LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ESTUDIO TRANSVERSAL .....	146
7.3.1	Altura total de la IZC en primeros y segundos molares superiores.....	147
7.3.2	Hueso intraalveolar existente en la IZC en primeros y segundos molares superiores .....	148
7.3.3	Influencia del sexo, edad, clase esquelética y patrón facial en los resultados obtenidos.....	149
7.3.4	Influencia de la distancia LAC - cresta ósea vestibular con la altura total e hueso intraalveolar en la cresta infracigomática.....	152
7.3.5	Implicaciones clínicas de los resultados obtenidos .....	153
7.4	LÍMITES DE LA TESIS DOCTORAL Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN .....	155
7.4.1	Limitaciones en el estudio .....	155
7.4.2	Recomendaciones para los próximos estudios .....	156
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>159</b>
<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>163</b>
<b>10.</b>	<b>DOCUMENTOS ANEXOS .....</b>	<b>185</b>
10.1	ANEXO I. DATOS DEMOGRÁFICOS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS EN LA REVISIÓN SISTEMÁTICA. ....	187
10.2	ANEXO II. ANÁLISIS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS .....	189
10.3	ANEXO III.- ESCALA NEWCASTLE-OTTAWA PARA EVALUACIÓN DE CALIDAD DE ESTUDIOS TRANSVERSALES.....	196
10.4	ANEXO IV. COMITÉ ÉTICO DE INVESTIGACIÓN EN HUMANOS DE LA UNIVERSITAT DE VALÈNCIA DEL ESTUDIO RADIOLÓGICO DE LA CORTICAL ÓSEA MEDIANTE TCHC. ....	198
10.5	ANEXO V. CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA UTILIZACIÓN DE DATOS CLÍNICOS EN EL ESTUDIO RADIOLÓGICO DE LA CORTICAL ÓSEA MEDIANTE TCHC. ....	201
10.6	ANEXO VI. CONSENTIMIENTO INFORMADO Y COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD.....	207
10.7	ANEXO VII. COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD. ....	211
10.8	ANEXO VIII. ANÁLISIS DESCRIPTIVO PARA LA VARIABLE LONGITUD TOTAL.....	212

<b>10.9 Anexo IX. ANÁLISIS DESCRIPTIVO PARA LA VARIABLE LONGITUD INTRAALVEOLAR</b> .....	<b>219</b>
<b>10.10 Anexo X. ANÁLISIS DESCRIPTIVO PARA LA VARIABLE DISTANCIA LAC – CRESTA</b> <b>ÓSEA</b> .....	<b>226</b>
<b>11. PRODUCCIÓN CIENTÍFICA</b> .....	<b>233</b>
<b>11.1 COMUNICACIÓN EN EVENTO CIENTÍFICO RELACIONADO CON EL TEMA DE LA TESIS</b> <b>DOCTORAL</b> .....	<b>235</b>
<b>11.2 ARTÍCULOS PUBLICADOS RELACIONADOS CON EL TEMA DE LA TESIS DOCTORAL</b> .....	<b>236</b>
<b>11.3 ARTÍCULOS ENVIADOS RELACIONADOS CON EL TEMA DE LA TESIS DOCTORAL</b> .....	<b>236</b>

## ÍNDICE ALFABÉTICO DE ABREVIATURAS

<b>ACI</b>	Análisis cresta infracigomática
<b>AFP</b>	Proporción facial media
<b>ANOVA</b>	Análisis de la varianza
<b>AR</b>	Ápice radicular
<b>BF</b>	Braquifacial
<b>BS</b>	<i>Buccal Shelf</i>
<b>CA</b>	Cresta alveolar
<b>CCI</b>	Coefficiente de correlación intra-clase
<b>CEJ</b>	<i>Cementoenamel junction</i>
<b>DE</b>	Desviación Estándar
<b>DF</b>	Dolicofacial
<b>DFP</b>	Fenotipo de proporción disminuida
<b>DICOM</b>	Digital Imaging and Communications in Medicine
<b>DV</b>	Distovestibular
<b>IFP</b>	Fenotipo de proporción facial aumentada
<b>IZC</b>	Cresta infracigomática
<b>LAC</b>	Línea amelocementaria
<b>LI</b>	Longitud intraalveolar
<b>LT</b>	Longitud total
<b>MB</b>	Mandíbula
<b>MESH</b>	Medical Subject Heading
<b>MF</b>	Mesofacial
<b>mm</b>	Milímetros
<b>MS</b>	Maxilar superior
<b>MT</b>	Microtornillo
<b>MV</b>	Mesiovestibular

<b>NR</b>	No reportado
<b>PF</b>	Plano de Frankfurt
<b>PN</b>	Posición natural de la cabeza
<b>PO</b>	Plano oclusal
<b>PRISMA</b>	Preferred Reported Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
<b>RSS</b>	Real Servicio de Sindicación
<b>TC</b>	Tomografía Computarizada
<b>TCHC</b>	Tomografía Computarizada de Haz Cónico
<b>TCMC</b>	Tomografía Computarizada Multi-Corte
<b>TAD's</b>	<i>Temporary Anchorage Devices</i>
<b>UCA</b>	Unión amelocementaria
<b>1MS</b>	Primer molar superior
<b>2D</b>	Dos dimensiones
<b>2MS</b>	Segundo molar superior
<b>2PM</b>	Segundo premolar superior
<b>3D</b>	Tres dimensiones

# **1. INTRODUCCIÓN**



Hoy en día, la preocupación por una correcta oclusión ligada a una mejora en el atractivo facial va en aumento, convirtiéndose en un elemento clave para la vida social de gran parte de la población. Este hecho ha desembocado en que la ortodoncia en pacientes adultos esté siendo un tratamiento cada vez más demandado y con ello, la excelencia estética y el trabajo multidisciplinar .

El paciente adulto en el tratamiento ortodóncico se caracteriza principalmente por presentar una mayor complejidad en su planificación terapéutica ya que frecuentemente este grupo etario presenta ausencias dentarias con sobreerupciones de su antagonista, pérdida de soporte dental y migraciones dentales entre otras situaciones que requieren el empleo de elementos auxiliares como refuerzo de anclaje (**Graber y Vanarsdall, 2000**).

La Tercera Ley de Newton o Principio de acción-reacción con mayor aplicación en Ortodoncia establece que: *“para cada acción, hay siempre una reacción de igual módulo de sentido contrario”*. Es decir, si existe una fuerza externa, tal fuerza será contrarrestada por otra igual, pero en la dirección opuesta. Cada movimiento de ortodoncia genera otro movimiento dental secundario (en muchas ocasiones no planificado), y es en ese momento en el que el anclaje juega un papel esencial en el tratamiento de ortodoncia (**Bravo, 2003**).

El anclaje se define como la resistencia al movimiento dentario no deseado y se diferencia entre anclaje dental (aparatoología extra o intraoral con soporte dentario) o anclaje esquelético (microtornillos o miniplacas). En aras a transmitir la fuerza ortodóncica directamente al

lugar de anclaje sin desplazamiento secundario, el uso de dispositivos de anclaje temporal (TAD's) está en auge (**Baumgaertel et al., 2008; Hong et al., 2016; Tepedino et al., 2020**).

Los puntos de referencia anatómicos por excelencia para el anclaje extraalveolar son: región palatina maxilar, cresta infracigomática y plataforma bucal mandibular conocida en la literatura como “*Buccal Shelf*” (**Liou et al., 2007; Gracco et al., 2010; Chang et al., 2018; Chang et al., 2022**).

La cresta infracigomática (IZC) es el área anatómica localizada en el contrafuerte cigomático a nivel de los primeros y segundos molares superiores, entre las raíces vestibulares y el hueso cortical vestibular del maxilar superior. Comprende tanto el hueso cortical como el medular, siendo el hueso cortical del seno maxilar el límite anatómico superior de esta estructura ósea (**Baumgaertel y Hans, 2009; Chang et al., 2021**).

A nivel clínico, dentro del arbotante cigomático, la cresta infracigomática es un pilar de hueso cortical que se extiende entre el proceso alveolar y el cigomático (**Song et al., 2022**). En pacientes jóvenes se encuentra entre el segundo premolar y primer molar superior; sin embargo en adultos, se encuentra a partir del primer molar superior. Un estudio reciente, dirigido por **Arango et al. (2022)**, determinó mayor altura de la cresta infracigomática en adultos que en pacientes jóvenes, y mayor espesor óseo en el grupo de menor edad.

El área más gruesa del contrafuerte cigomático del maxilar está por encima de la unión entre el proceso alveolar y el proceso cigomático del maxilar. El grosor del hueso cortical es de aproximadamente 3 a 4 milímetros y de unos 4-5 milímetros de hueso esponjoso. No obstante, su espesor varía según la neumatización del seno maxilar **(Liou et al., 2004)**.

En el resultado clínico de la colocación de microtornillos influyen muchos factores como puede ser la longitud, diámetro, diseño y cabeza del tornillo, características de la superficie del dispositivo, técnica quirúrgica y experiencia del clínico, cantidad y calidad del hueso, fuerza de carga, estabilidad primaria, proximidad radicular, presencia de encía adherida, higiene bucal, limitaciones de las estructuras anatómicas colindantes, etc **(Kravitz y Kusnoto, 2007; Watanabe et al., 2013; Hong et al., 2016; Tepedino et al., 2017)**.

Entre los factores enumerados, la inserción de microtornillos en la cresta infracigomática frecuentemente se ve restringida por la presencia del seno maxilar **(Baumgaertel et al., 2009; Du et al., 2021)**, siendo uno de los factores más relevantes clínicamente. Un estudio reciente **(Chang et al., 2022)** sobre una muestra de 200 pacientes en la colocación de microtornillos infracigomáticos estimó que aproximadamente en la mitad de su tamaño muestral existía perforación del seno maxilar, concluyendo que la incidencia de perforación sinusal aumentaba con un ángulo de inserción más vertical en la colocación del microtornillo y en pacientes adultos mayores de 30 años.

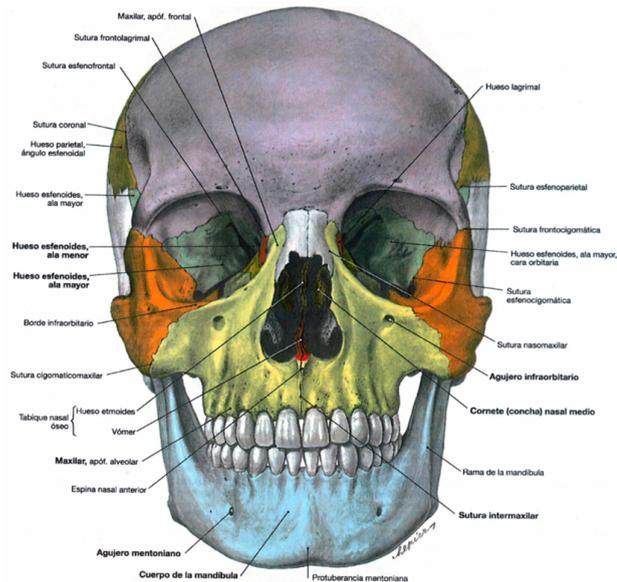
El estudio anatómico en tres dimensiones bajo un protocolo de estudio común, previo a la colocación de dispositivos de anclaje esquelético, proporciona al clínico una herramienta de pronóstico clave en la seguridad y estabilidad del tratamiento (**Wu et al., 2018; Paul et al., 2021**)

## **2. REVISIÓN DE LA LITERATURA**



## 2.1 Estudio anatómico del maxilar superior

El maxilar superior es un hueso craneal par. Los dos huesos maxilares se articulan entre sí y también con los huesos frontal, esfenoides, nasal, vómer, etmoides, palatino, lagrimal, cigomático, cornete nasal inferior y cartílagos septal y nasal. El cuerpo del maxilar abarca la mayor parte del hueso y tiene forma de pirámide. Contiene el seno paranasal maxilar y da lugar a cuatro regiones diferentes: órbita, cavidad nasal, fosa infratemporal y cara anterior del maxilar (Figura 1).

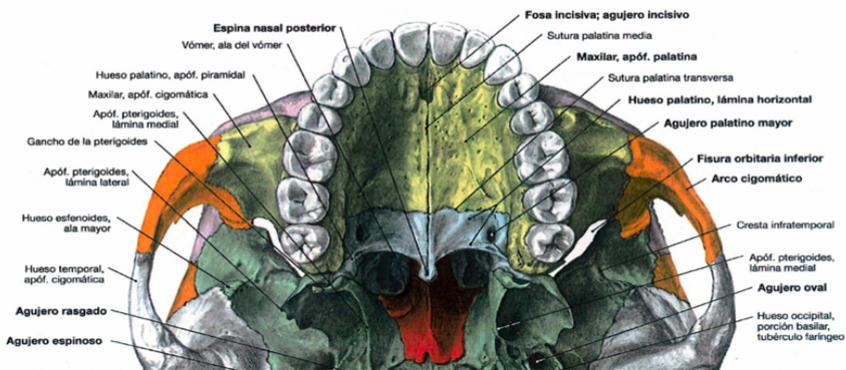


**Figura 1.-** Visión anterior de los huesos del cráneo. *Imágenes de Paulsen, F. and Waschke, J. (2019) Sobotta. Barcelona: Elsevier.*

El proceso frontal se extiende superiormente para articularse con los huesos nasal, frontal, etmoidal y lagrimal y forma el límite posterior de la fosa lagrimal. El proceso cigomático se extiende

lateralmente para articular con el proceso maxilar del hueso cigomático.

El proceso palatino se extiende medialmente para formar la mayor parte del paladar duro y se articula con el proceso palatino del lado opuesto y el plano horizontal del hueso palatino. El proceso alveolar es la parte del maxilar que soporta todos los dientes maxilares al extenderse inferiormente desde el maxilar (**Figura 2**).



**Figura 2.-** Parte anterior de la base externa craneal. *Imágenes de Paulsen, F. and Waschke, J. (2019) Sobotta. Barcelona: Elsevier.*

En condiciones de normalidad, cada hueso maxilar contiene 5 dientes primarios (incisivo central, incisivo lateral, canino, primer y segundo molar) y 8 permanentes (incisivo central, incisivo lateral, canino, primer y segundo premolar, primer, segundo y tercer molar).

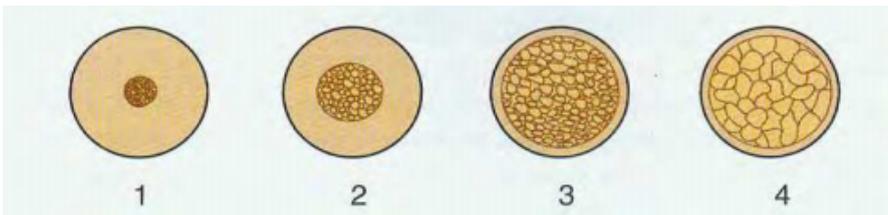
### 2.1.1 Estructura ósea del maxilar superior

Los componentes de tejido óseo que se pueden distinguir en función de la densidad son dos: cortical y esponjoso. El hueso cortical

es denso y compacto formado por unidades anatómicas y funcionales conocidas como sistemas de Havers; en ese tipo de hueso se puede distinguir entre cortical fina o gruesa. El hueso esponjoso o trabecular se caracteriza por presentar un gran orden en la disposición de las células y haces de colágena, dando lugar a trabéculas de hueso mineralizado. En este tejido óseo podemos discernir su densidad en función de la presencia de pocas lagunas óseas (hueso esponjoso denso) o muchas lagunas óseas y poco tejido óseo (hueso esponjoso poco denso) (Berkovitz et al., 2009).

Esta clasificación en función de la calidad ósea corresponde a la propuesta por **Lekholm y Zarb en 1985** que diferencia 4 tipos de hueso (**Figura 3**):

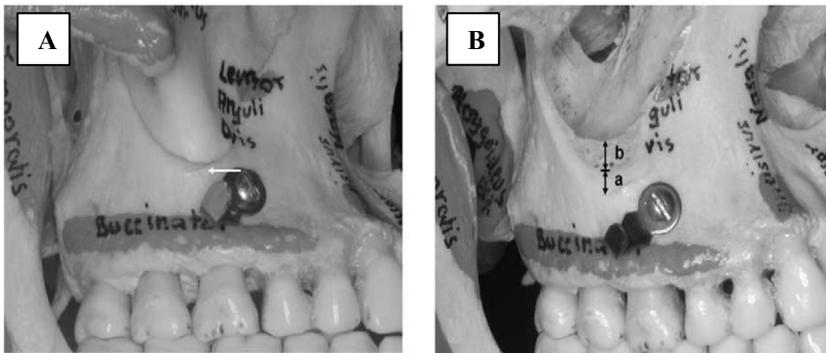
- I. Cortical muy gruesa y casi no hay esponjoso
- II. Cortical gruesa y esponjoso denso.
- III. Cortical fina y abundante esponjoso denso
- IV. Cortical fina y abundante esponjoso, muy poco denso.



**Figura 3.-** Clasificación de la densidad ósea propuesta por *Lekholm y Zarb., 1995*.

En la región anterior del maxilar superior existe mayor presencia de tipo 3 o 2; sin embargo en regiones posteriores, tipo 3 o

4. A medida que nos desplazamos hacia la región posterior del maxilar superior, existe mayor probabilidad de encontrar hueso tipo 4. A diferencia de la mandíbula, donde en la región anterior es más frecuente encontrar hueso tipo 1 o 2, y en la región posterior tipo 2 o 3; el maxilar superior posee mayor presencia de hueso esponjoso y corticales más finas, por lo tanto mayor vascularización y menor consistencia ósea (**Figura 4**).



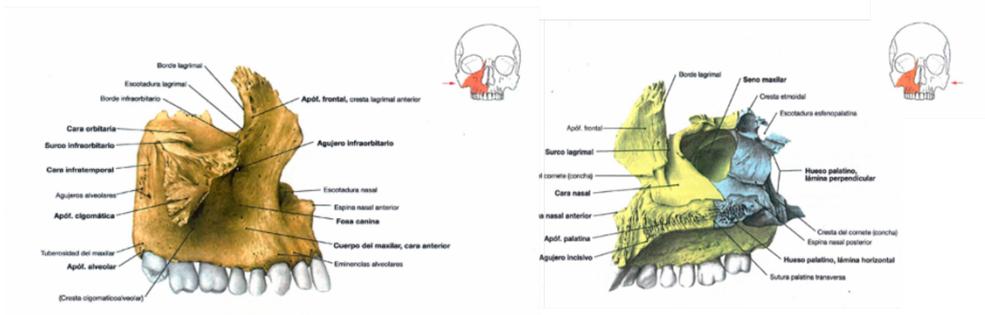
**Figura 4.** A, Proceso cigomático del maxilar (flecha). B, Se retira parte del proceso cigomático del maxilar para poder observar el grosor del hueso cortical (a) y el hueso esponjoso (b). *Imágenes de Liou EJ, Pai BC, Lin JC. Do miniscrews remain stationary under orthodontic forces? Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2004 Jul;126(1):42-7.*

El proceso alveolar que rodea cada diente completamente erupcionado es el tejido óseo que se forma en armonía al desarrollo y erupción de cada diente (**Araújo et al., 2015**). El alveolo es la cavidad que aloja la raíz dentaria y se encuentra inmersa en la cresta alveolar de los huesos maxilar y mandibular. Entre la porción basal o cuerpo del maxilar y el proceso alveolar propiamente dicho, no existe una límite anatómico preciso. Ante una extracción dental, el hueso alveolar va desapareciendo a causa de perder su estímulo funcional

que supone el diente y acaba reabsorbiéndose (Rojo-Sanchis et al., 2021).

### 2.1.2 La cresta ósea infracigomática

El maxilar superior se puede diferenciar en cuerpo del maxilar, apófisis frontal (límite con el hueso frontal), apófisis cigomática (junto con el hueso cigomático como límite anatómico forman el arco cigomático), apófisis palatina (constituye la porción anterior del paladar óseo) y la apófisis alveolar (comprende el límite inferior del hueso maxilar y abarca los alveolos dentarios) (Figura 5).



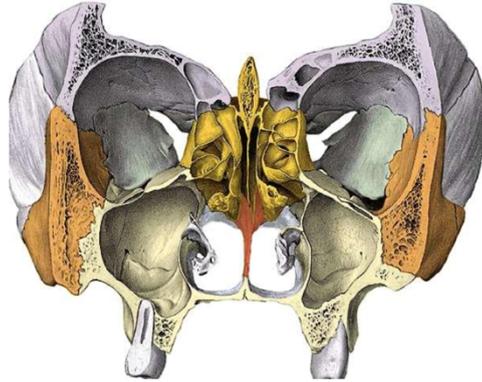
**Figura 5.-** Vista sagital del hueso maxilar superior. *Imágenes de Paulsen, F. and Waschke, J. (2019) Sobotta. Barcelona: Elsevier.*

Anatómicamente la cresta ósea es una protuberancia. La cresta infracigomática (IZC) es una cresta ósea palpable que se extiende entre la cresta alveolar (dentro de la apófisis alveolar) y el proceso cigomático del maxilar. En pacientes más jóvenes, se encuentra entre el segundo premolar superior y el primer molar, mientras que en los adultos se ubica por encima del primer molar superior (Liou et al., 2007). Sin embargo, las proporciones de este

arbotante anatómico varían de acuerdo con las dimensiones del seno maxilar, entre otros factores (sexo, raza, clase esquelética, patrón facial, etc) **(Wang et al., 2017)**.

### *2.1.3 La cresta ósea infracigomática y su relación con la edad, sexo el patrón facial y clase esquelética del paciente.*

Según los hallazgos de **Lee et al. (2013)**, el espesor óseo en los pacientes en crecimiento tiende a ser más grueso en la región superior y lateral del proceso cigomático del maxilar. Esto podría estar relacionado con el desarrollo del seno maxilar; ya que después del nacimiento se extiende tanto lateral como inferiormente desde la pared orbitaria medial. A nivel inferior, el seno maxilar alcanza el paladar duro a los 9 años y continúa creciendo hacia abajo junto con la neumatización del hueso alveolar maxilar, llegando a nivel del suelo nasal a los 12 años aproximadamente. **(Park et al., 2000; Jun et al., 2005)**. El suelo del seno maxilar termina extendiéndose entre 4 o 5 milímetros por debajo del suelo nasal. La forma del seno maxilar también cambia a una forma piramidal inversa con la expansión lateral en el lado superior **(Figura 6) (Lee et al., 2000)**.

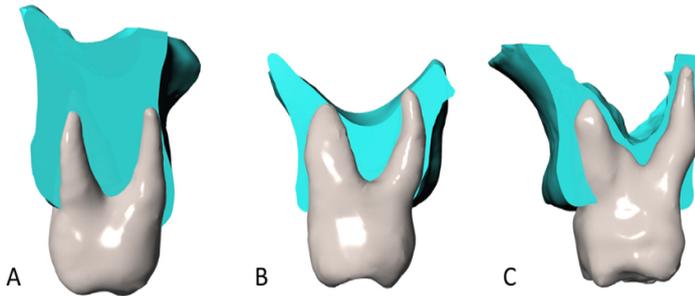


**Figura 6.-** Forma triangular del seno maxilar inmerso en el hueso maxilar. *Imágenes de Paulsen, F. and Waschke, J. (2019) Sobotta. Barcelona: Elsevier.*

La literatura científica actual acerca de las variaciones anatómicas de la cresta ósea IZG es heterogénea; especialmente en cuanto a sexo, patrón facial y clase esquelética se refiere. El dimorfismo sexual se encuentra comúnmente en las comparaciones de los patrones craneales y la estructura cigomática de hombres y mujeres, sin embargo, no existe consenso al respecto (**Arango et al., 2022; Song et al., 2022**).

Existen estudios que constatan que la dimensión del seno maxilar y por tanto, de la cresta IZG, varía de acuerdo a su patrón de crecimiento vertical y horizontal. Durante el crecimiento de las estructuras maxilofaciales, el hueso maxilar superior tiende a expandirse caudal y anteriormente. Este crecimiento puede diferir dentro de los pacientes debido a los numerosos factores encontrados durante la fase de crecimiento, produciendo una amplia gama de fenotipos (**Nielsen, 1991**). En términos de verticalidad en patrones de crecimiento, un sobrecrecimiento caudal del maxilar a menudo puede conducir a un aspecto facial alargado, por lo tanto, a un fenotipo de

proporción facial aumentada (IFP); la situación opuesta se observa en el fenotipo de proporción facial disminuida (DFP), mientras que los sujetos de proporción facial media (AFP) se mantienen entre los 2 extremos (**Figura 7**) (**Husseini et al., 2022**).

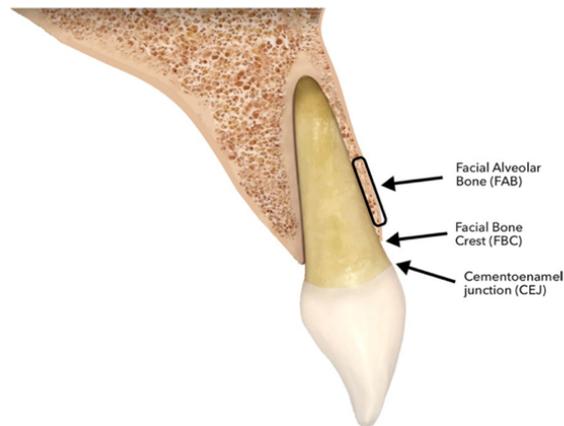


**Figura 7.-** Reconstrucción tridimensional de la cresta IZG a nivel de la raíz mesiovestibular del primer molar superior en función del patrón facial. A) Pacientes IFP B) Pacientes AFP C) Pacientes DFP. *Imágenes de Husseini B, Younes R, Baumgaertel S, El Wak T, El Osta N, Bassil-Nassif N, Bouserhal J. Assessment of infrazygomatic crest dimensions in different vertical facial growth types for miniscrew insertion: A cone-beam computed tomography study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2022 Sep 12:S0889-5406(22)00536-4.*

#### 2.1.4 La línea amelocementaria

La línea amelocementaria (LAC), comprende el límite que permite discernir entre la superficie de corona anatómica y superficie de la raíz de cada diente, siendo el punto que se une el esmalte con el cemento en la región cervical del diente (**Alpiste-Illueca, 2012**). La LAC cubierta por encía y al mismo nivel que el hueso alveolar, es de gran significado clínico. Discurre de forma festoneada a cierta distancia de la cresta ósea (también paralela a la LAC) (**Figura 8**).

Existe una alta variabilidad interpaciente en este punto anatómico. En términos fisiológicos, la cresta ósea debe de estar entre 1 y 3 milímetros de distancia de la LAC (Chapple et al., 2018). Si se encuentra más alejada, se sospecha que hay pérdida de altura de hueso alveolar.



**Figura 8.-** Vista sagital de las siguientes referencias dentarias: línea ameloalveolar (CEJ), cresta ósea vestibular (FBC), cresta ósea alveolar (FAB). Imágenes de Rojo-Sanchis J, Soto-Peñaloza D, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M, Viña-Almunia J. Facial alveolar bone thickness and modifying factors of anterior maxillary teeth: a systematic review and meta-analysis of cone-beam computed tomography studies. *BMC Oral Health*. 2021 Mar 22;21(1):143.

## 2.2 Evolución de la radiología en Ortodoncia

La ortodoncia comenzó con el estudio antropométrico hasta que se estandarizó la cefalometría gracias a Broabdent en el año 1931 y su cefalostato. Con ello, introdujo la cefalometría en el estudio del

crecimiento craneofacial a partir de la telerradiografía lateral y posteroanterior.

Entre la década de los años 40 y 50 se comenzó a introducir la radiografía bidimensional como parte del estudio diagnóstico en el tratamiento de ortodondia.

En 1970 Godfrey Hounsfield (compañía EMI) inventó el método de la Tomografía Computarizada (TC) representando una revolución en el campo de la radiología. Su invento, con el cual ganó el Premio Nobel en 1979, es considerado por muchos como uno de los más importantes del siglo XX.

El primer escáner comercializado fue el EMI Mark I; en 1972 se realizaron las primeras imágenes diagnósticas cortes cerebrales de un tumor de lóbulo frontal que comparadas con las imágenes actuales presentaban muy baja resolución

En el año 1983, Grayson describió el método multiplanar combinando vistas laterales, vista posteroanterior y basilar para poder relacionar a nivel tridimensional diferentes estructuras anatómicas.

El desarrollo de la TC espiral se produjo en 1989. La introducción de detectores capaces de realizar múltiples cortes en la imagen radiodiagnóstica (1998), permitieron adquirir volúmenes de datos con mayor precisión. **(Wahl, 2006; Lane y Harrell, 2008)**

En el año 1998, el NewTom 9000 fue el primer dispositivo en emplear la tecnología de TC de haz cónico en radiología Maxilofacial

y Odontología. Los primeros dispositivos se vendieron en Italia y Noale y Turín, e inmediatamente después se instalaron por todo el mundo.

### *2.2.1 La imagen radiográfica en dos dimensiones (2D)*

La radiografía convencional únicamente proporciona una información cualitativa y no cuantitativa en dos dimensiones de estructuras que poseen tres dimensiones. Las principales limitaciones con las que cuenta la radiografía bidimensional son la superposición de objetos que se encuentran en planos distintos y la modificación del tamaño de los objetos según la profundidad en la que se encuentren. No obstante, esta técnica sigue presentando grandes ventajas en situaciones donde no se requiera la visualización de la tercera dimensión como información cuantitativa: sencillez de uso, bajo coste, rapidez, menor exposición de radiación (**Lindauer et al., 1992**).

### *2.2.2 La imagen radiográfica en tres dimensiones (3D). TC vs TCHC.*

Las imágenes TC y TCHC están formadas por vóxeles isotrópicos, es decir, el grosor del corte es igual al tamaño del pixel. Por ello, poseen dimensiones iguales en altura, anchura y profundidad que permiten una fácil reconstrucción multiplanar sin pérdida de resolución espacial (**Lukat et al., 2015**).

La Tomografía Computarizada o TC es un método diagnóstico ampliamente utilizado en el campo de la Medicina. Se basa en el enfoque de un haz de rayos X colimado sobre el paciente, de modo que la radiación remanente atenuada por la estructura

atravesada es medida por un detector cuya respuesta se transmite a un sistema informático (**Angelopoulos et al., 2012**). El ordenador analiza la señal del detector, reconstruye la imagen y la presenta en un monitor de televisión (**Baumgaertel, 2014**).

La Tomografía Computarizada de Haz Cónico o TCHC es una técnica de obtención de imágenes relativamente novedosa ampliamente empleada en Odontología y hoy en día gran protagonista en el diagnóstico de gran mayoría de nuestros pacientes. Permite la obtención de imágenes tridimensionales de alta definición mediante la formación de un haz cónico de rayos x similar a la TC (**Rosário et al., 2017; De Grauwe et al., 2019**). La TCHC fue desarrollada a finales de los años 90 con el fin de obtener escáneres tridimensionales del complejo maxilofacial con una dosis menor que la TC.

Una imagen de una TC o TCHC tiene tres características o componentes fundamentales que son comunes: (1) resolución, (2) ruido de imagen y (3) artefactos. Estos, a su vez, están controlados por parámetros de la máquina, como voltaje máximo del tubo (kVp), segundos de miliamperaje (mAs), tiempo de escaneo, campo de visión (FOV), velocidad de cuadro, velocidad de rotación, arco de la trayectoria, tipo de detector, algoritmo de reconstrucción y dispersión de radiación (**Broderick et al., 2009**). Los efectos de algunos de estos parámetros de la máquina sobre la resolución, el ruido de la imagen y los artefactos se resumen a continuación y en la **Tabla 1**.

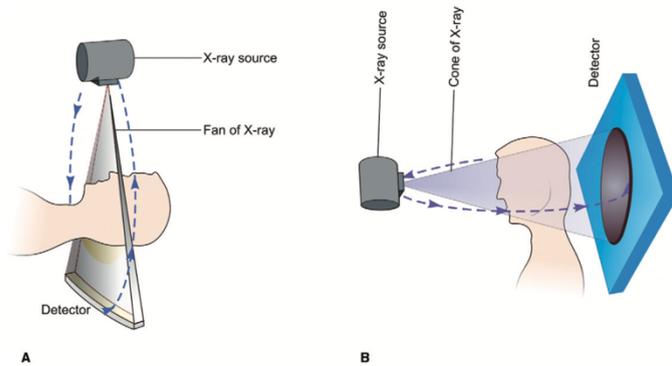
<b>Voltaje del tubo (kVp)</b>	<b>Alto</b>	Mayor energía del haz de rayos X, mayor penetración en los tejidos, buena relación señal/ruido.
	<b>Bajo</b>	Mejor resolución de contraste, menor relación señal/ruido y menor dosis para una corriente de válvula dada.
<b>Corriente del tubo (mA)</b>	<b>Alta</b>	Buena relación señal/ruido, lo que aumenta la resolución de contraste.
	<b>Baja</b>	Dosis más baja para el paciente, mala relación señal/ruido.
<b>Tiempo de escaneado</b>	<b>Largo</b>	Propenso a artefactos relacionados con el movimiento.
	<b>Corto</b>	Mayor resolución temporal, menos artefactos.
<b>Campo de visión (FOV)</b>	<b>Grande</b>	Se cubre un área más grande, menor resolución espacial.
	<b>Pequeño</b>	Mejor resolución espacial
<b>Grosor del corte</b>	<b>Grande</b>	Buena relación señal/ruido, menor resolución del eje Z.
	<b>Pequeño</b>	Se reduce el efecto de volumen parcial, mala relación señal/ruido.
<b>Reconstrucción del algoritmo</b>	<b>Baja frecuencia</b>	La imagen aparece con menos ruido, se ve afectada la resolución espacial.
	<b>Alta frecuencia</b>	Mejor resolución espacial pero mayor ruido de imagen.

**Tabla 1.-** Parámetros del escáner que influyen en la calidad de imagen. Tabla adaptada de Baumgaertel S. *Planning and placing temporary anchorage devices with the aid of cone beam computed tomography imaging*. In: Kapila SD, editor. *Cone Beam Computed Tomography in Orthodontics: Indications, Insights, and Innovations*. Hoboken: Wiley Blackwell; 2014. p. 43-55.

En el ámbito dental, el manejo del TC convencional es costoso y poco ergonómico. Los aparatos TC se encuentran ubicados en el medio hospitalario o centro radiológico, emitiendo una cantidad innecesaria de radiación en cabeza y cuello del paciente, aunque únicamente se requiera para estudio una pequeña región anatómica.

El uso del TCHC en la región dentomaxilofacial ha supuesto un avance con respecto a los TC médicos convencionales gracias a su mayor precisión, menor coste y radiación, mayor accesibilidad y corta duración en el momento del escaneado (**Park et al., 2022**). Ofrece una alternativa a la imagen radiológica convencional intraoral y panorámica, que elude problemas de superposición y distorsión de imágenes, sin grandes cambios o deformidades en la anatomía del paciente (**Hassan et al., 2009; Costa et al., 2019**).

En la imagen TCHC el volumen en tres dimensiones de los datos es adquirido en el curso de un solo barrido del escáner. En cambio, con la TC se necesitan muchos cortes para explorar toda la zona anatómica. Al completar cada corte la máquina se detiene y luego avanza (el espesor del corte) para completar otro giro y así sucesivamente, por lo que la toma del examen es de mayor duración (**Figura 9**) (**Loubele et al., 2007**).



**Figura 9.-** Esquema ilustrativo de adquisición de imagen TC vs TCHC. Imágenes de *Baumgaertel S. Planning and placing temporary anchorage devices with the aid of cone beam computed tomography imaging. In: Kapila SD, editor. Cone Beam Computed Tomography in Orthodontics: Indications, Insights, and Innovations. Hoboken: Wiley Blackwell; 2014. p. 43-55.*

En términos radiológicos, la principal ventaja del TCHC frente a la TC es la dosis efectiva menor. La dosis efectiva podría definirse como la suma ponderada de las dosis de radiación que reciben diversos tejidos corporales (**Baumgaertel, 2014**). Aunque las dosis efectivas de los escáneres TCHC varían en función de factores como el campo de visión o Field Of View (FOV), pueden ser casi tan bajas como una radiografía panorámica y considerablemente menores que un escáner TC médico. El haz está más enfocado y la radiación menos dispersa. La radiación total equivaldría a un 20% de un TC convencional.

### *2.2.3 Justificación del método radiológico en 3D frente al uso del 2D*

La radiografía panorámica (ortopantomografía) muestra distorsiones propias en su imagen, que limitan su valor como método para evaluar la angulación de las piezas dentarias. Esta distorsión no sucede con los nuevos métodos de radiología en 3D (**Larson, 2012; Park et al., 2022**).

Una reciente revisión sistemática (**Fokas et al., 2018**) estudió la evidencia científica disponible hasta la fecha de la precisión en las mediciones lineales cuando se realiza una TCHC. Concluyeron que la TCHC proporciona imágenes con una alta precisión y fiabilidad para las mediciones lineales óseas en imágenes transversales. También estimaron un tamaño de vóxel entre 0,3 y 0,4 milímetros para proporcionar imágenes TCHC de calidad de diagnóstico aceptable.

### *2.2.4 Postura cefálica en el momento del escaneado con TCTH*

Existe una falta de conformidad en el establecimiento de métodos estandarizados en cuanto a la postura cefálica durante el escaneado para la obtención de imágenes tomográficas (**Rosario et al., 2017**). Concretamente en el campo de la cirugía ortognática donde se requiere el estudio detallado de tejidos duros y blandos muchos autores (**Butterfield et al., 2015**) abogan por la posición natural de la cabeza con ayuda de un espejo o una luz láser durante el escaneado. Sin embargo, investigadores como **Hernández-Alfaro et al. (2011)** toman el plano de Frankfurt como referencia.

Se ha podido observar una sustancial desemejanza entre los estudios de la posición general del paciente (sentado o tumbado) como la cefálica durante el escaneado. En un estudio de la vía área superior mediante TCHC, **Rojo-Sanchis et al. (2018)** hallaron diferencias estadísticamente significativas de hasta 3 centímetros cúbicos de diferencia en función de si el paciente se encontraba en posición vertical o en decúbito supino en el momento del escaneado.

No obstante, resultados de investigaciones enfocadas a mediciones cefalométricas obtenidas a partir de imágenes en tres dimensiones afirman que la precisión y fiabilidad de las mediciones TCHC no se ven afectadas por el cambio de orientación del cráneo siempre que éste se encuentre en una posición estática reproducible. **(Hassan et al., 2009; El-Beialy et al., 2011)** Sin embargo, existen estudios acerca de la evaluación de implantes en el campo de cirugía oral **(Visconti et al., 2013; Sabban et al., 2015)** que demostraron que la orientación espacial del TCHC puede influir en algunas mediciones del hueso alveolar del hueso maxilar y/o mandibular, obtenidas a partir de cortes transversales de estas imágenes radiológicas. Esto puede estar relacionado con el hecho de que, las diferentes orientaciones espaciales del volumen TCHC dan como resultado imágenes transversales que no corresponden exactamente a la misma región anatómica **(Visconti et al., 2013)**.

### *2.2.5 Planos de referencia en la imagen TCHC en el software informático*

Para poder realizar un correcto estudio de la información obtenida de un escaneo TCHC, es necesario identificar los tres planos del espacio (plano coronal, sagital y axial) por los que se puede visualizar la imagen 3D (**Figura 10**) (**El Hayeck et al., 2023**):

#### Plano coronal:

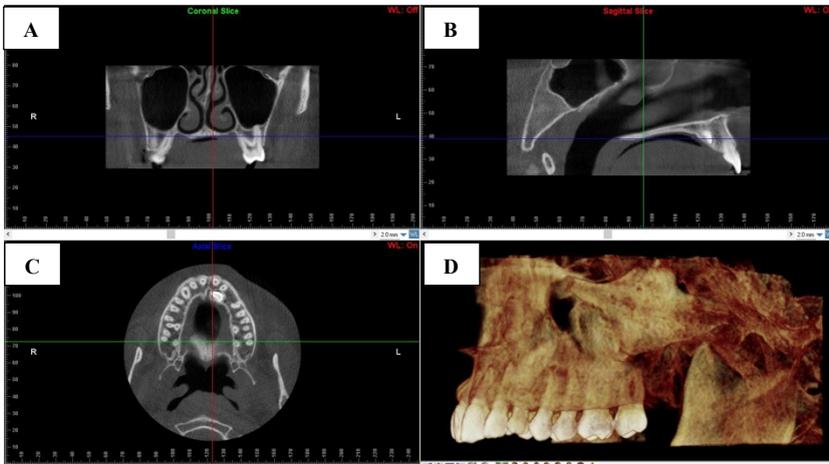
Se orienta hacia la porción anterior del cráneo, siendo casi paralelo a las cavidades orbitarias del paciente. Este plano permite discernir el cráneo en dos porciones, una anterior y otra posterior. A lo largo de él, se pueden observar las estructuras de atrás hacia delante o de adelante hacia atrás.

#### Plano sagital:

Plano perpendicular al plano coronal. Divide el cráneo en dos porciones simétricas (segmento derecho e izquierdo). Dentro de este plano se recorre la información de lado derecho a izquierdo del paciente, o viceversa.

#### Plano axial:

Plano paralelo a la base del cráneo y al plano oclusal. Diferencia el cráneo en dos partes iguales (una superior y otra inferior), por lo cual se pueden observar las estructuras de arriba abajo o de abajo hacia arriba.



**Figura 10.-** Planos coronal (A), sagital (B) y axial (C). La imagen se puede escanear a través de planos de corte para revelar detalles de la anatomía en cualquiera de los tres planos del espacio. La vista renderizada volumétrica en 3D (D) se puede rotar en los tres planos del espacio .

### 2.2.6 Estudio radiológico en 3D de la cresta ósea infracigomática.

En la actualidad se disponen de numerosas técnicas que permiten estudiar la cresta ósea IZG. Desde los primeros estudios con telerradiografía lateral de cráneo, procedentes sobre todo del campo de la ortodoncia, se han desarrollado sofisticados sistemas de evaluación tanto cuantitativa como cualitativa, cada uno con sus ventajas e inconvenientes particulares.

Hasta hace apenas pocos años la TCHC no había sido utilizada con el fin de estudiar la altura ósea la cresta IZG en el uso de dispositivos de anclaje temporal. La primera referencia en la literatura al uso de la TCHC para evaluar la cresta IZG en el uso de

microtornillos como sistema de anclaje en Ortodoncia corresponde a **Melsen et al. (1998)**.

El análisis de la cresta ósea en el hueso maxilar superior con mayor número de publicaciones y aval científico hasta la fecha es mediante Tomografía Computarizada de Haz Cónico (TCHC) (**Liou et al., 2007; Lee et al., 2013; Du et al., 2021; Hussein et al., 2022**). Constituye una herramienta diagnóstica no invasiva, de alta resolución, con baja dosis de radiación que permite crear una imagen completa de la localización ósea deseada a estudiar. Otro método para medir la región anatómica posterior descrito en la literatura consistiría en imágenes radiológicas en dos dimensiones mediante la radiografía panorámica (**Schnelle et al., 2004**). Sin embargo, su estudio se limita a la zona interradicular y con el asentamiento del uso del TCHC en la práctica clínica actual, ha caído en desuso (**Tepedino et al., 2018**).

### **2.3 El anclaje en Ortodoncia.**

El control del anclaje en Ortodoncia es la base de la planificación del tratamiento; ante un movimiento ortodóncico los dientes están expuestos a fuerzas y momentos, y estas mismas fuerzas actuantes siempre generan fuerzas recíprocas de la misma magnitud pero en dirección opuesta; es ese momento donde el anclaje desempeña un papel clave en evitar movimientos dentales no deseados (**Baumgaertel et al., 2014; Matias et al., 2021**).

En la dimensión anteroposterior, son tres las situaciones de anclaje que se definen tradicionalmente teniendo en cuenta la relación

entre la retracción de incisivos y la protracción molar. Mientras que el anclaje moderado implica el cierre recíproco del espacio, el anclaje máximo significa que la mayor parte del espacio se cierra por la retracción de los incisivos, y el anclaje mínimo significa que la mayor parte del espacio se cierra por mesialización posterior. El anclaje máximo o absoluto, cuando las unidades de anclaje permanecen completamente estacionarias, a veces es deseable, pero generalmente es inalcanzable con la mecánica de ortodoncia tradicional. La excepción sería la presencia de dientes anquilosados en la unidad de anclaje. En estas circunstancias especiales, las fuerzas aplicadas a esos dientes se transfieren por completo a las estructuras esqueléticas circundantes. Esta situación a veces se denomina anclaje esquelético y, según la definición anterior, también podría denominarse anclaje absoluto (**Baumgaertel et al., 2009**).

En función de la unidad de anclaje empleada y dónde ésta se sustenta, se puede diferenciar anclaje con apoyo dental o esquelético (dispositivos de anclaje temporal: microtornillos o miniplacas) (**Reynders et al., 2009**).

#### **2.4 Dispositivos ortodóncicos de anclaje temporal (TAD's).**

Recientemente, los dispositivos de anclaje temporal (TAD's) se han utilizado como una alternativa para el anclaje de ortodoncia estacionario. Algunas ventajas de los TAD's son la ausencia de colaboración del paciente problemas de incumplimiento que es inherente a otros dispositivos de anclaje extraoral, como la tracción extraoral y máscara facial; que permite una fácil colocación en

diferentes localizaciones intraorales; facilidad de colocación y remoción; carga inmediata; excelente anclaje de Ortodoncia; y bajo coste (**Park y Cho, 2009**).

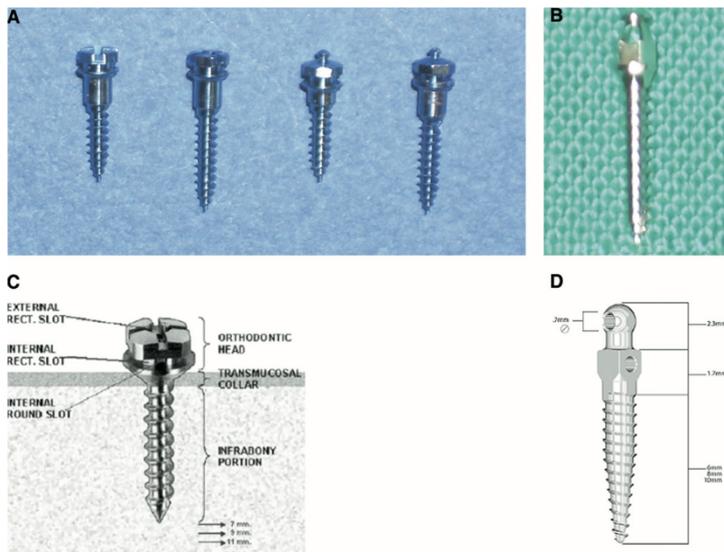
Los TAD's pueden estar osteointegrados o no osteointegrados, según la relación entre los TAD's y la interfaz ósea (**Kanomi, 1997**). Los TAD's se pueden categorizar según si el componente es “tornillo” (microtornillo) o “placa” (miniplaca), siendo características clave. Gracias a su simplicidad a la hora de colocarlos, los microtornillos parecen ser considerablemente más comunes entre los ortodoncistas (**Meder y Dreyer, 2020**), ya que la mayor desventaja de las miniplacas es la invasividad del proceso de implantación quirúrgica.

#### *2.4.1 Componentes de los microtornillos*

Los microtornillos, conocidos también como mini-implantes, se componen de tres partes: cabeza, parte activa y cuello transmucoso (**Melsen, 2005**).

La cabeza comprende la parte que se queda expuesta clínicamente y donde se podrán insertar diversos dispositivos ortodóncicos, en función de las características de la misma (por ejemplo, cadenas en el caso de cabeza redonda o alambre en el caso de cabeza con ranura) (**Figura 11**) (**Papadopoulos y Tarawneh, 2007**) . La parte activa consta de la superficie roscante del dispositivo. El cuello transmucoso es el área que se

encuentra entre la cabeza y la parte activa del microtornillo, entrando en contacto directo con la mucosa. Por ello, este último componente debe presentar una superficie lisa que permita una correcta acomodación del tejido blando que se encuentra alrededor del mini-implante, evitando la infección circundante y seleccionando su tamaño adecuado al grosor de la mucosa del punto de inserción (Umalkar et al., 2022).



**Figura 11.-** Diversos tipos de microtornillos. **A)** Sistema de anclaje Aarhus, **B)** AbsoAnchor, **C)** Spider Screw **D)** IMTEC. Imágenes cedidas de: Papadopoulos MA, Tarawneh F. The use of miniscrew implants for temporary skeletal anchorage in orthodontics: a comprehensive review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007 May;103(5):e6-15.

### *2.4.2 Indicaciones de uso de los microtornillos. Ventajas y desventajas*

Un estudio planificado en la colocación y las estructuras circundantes del punto diana del dispositivo de anclaje temporal, es clave para evitar complicaciones en el procedimiento siguiendo los siguientes criterios clínicos **(Baumgaertel et al., 2008)** :

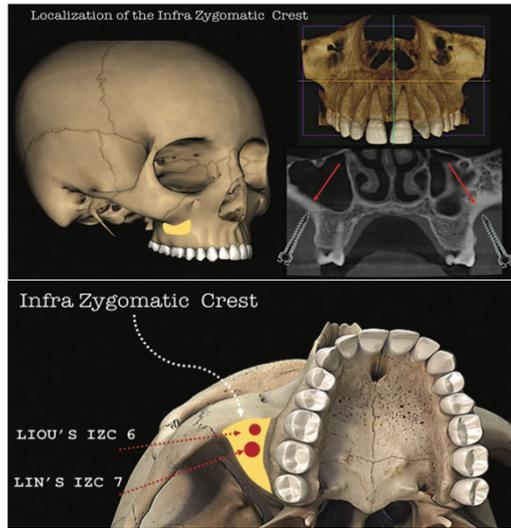
1. Selección de la longitud y diámetro adecuado del microtornillo en la zona a insertar
2. Evitar interferencias interradiculares en la colocación y durante el movimiento ortodóncico con un suficiente espacio interradicular. Sortear otras estructuras anatómicas relevantes como arteria palatina, foramen nasopalatino y mentoniano, nervio dentario, seno maxilar, cavidad nasal, etc...**(Liou et al.,2014)**.
3. Inserción del dispositivo en encía insertada y no en encía libre, tratando de evitar en la medida de lo posible zonas de inserción de frenillos, de tal modo que se previene el sobrecrecimiento de encía alrededor del microtornillo facilitando el acceso y la higiene del mismo **(Hong et al.,2016)**.
4. Seleccionar, en la medida de lo posible, localizaciones con cortical ósea gruesa de forma que sea más favorable la estabilidad del microtornillo y con ello mayor probabilidad de éxito **(Baumgaertel y Hans, 2009)**.

### 2.4.3 Microtornillos colocados en la cresta infracigomática.

El anclaje esquelético en la cresta IZG en el tratamiento de ortodondia, se desarrolló como alternativa económica al implante en pacientes con resalte aumentado y soporte dental insuficiente para el anclaje convencional. En estos pacientes no se preveía la colocación de implantes como parte del tratamiento, bien por limitaciones anatómicas óseas o más frecuentemente por motivos económicos (**Park, 2002**).

El anclaje en el arbotante cigomático del maxilar, fue descrito por primera vez por **Melsen et al. (1998)** como solución al anclaje en pacientes con número reducido o sin soporte dental en los segmentos posteriores. Posteriormente, **De Clerck et al. (2002)** propusieron el uso de miniplacas en el arco cigomático buscando una localización sólida y versátil.

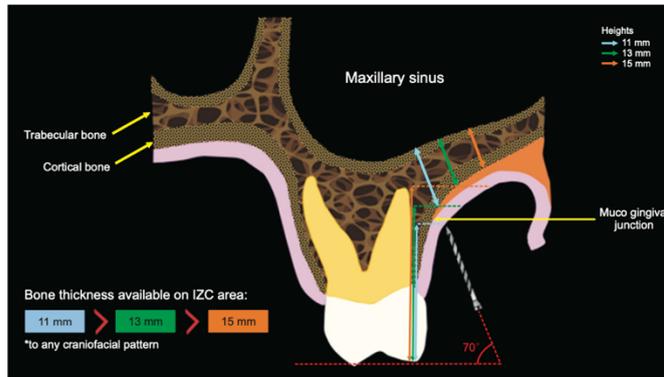
La ubicación por excelencia en la cresta infracigomática para la colocación de microtornillos es la ubicada en la región superior y lateral al primer y segundo molar. Ciertos autores como **Lin (2009)** prefieren que el punto de inserción sea entre el primer y segundo molar superior, sin embargo otros autores como **Liou et al. (2007)** abogan por una posición más anterior y cercana a la raíz mesiovestibular del primer molar superior (**Figura 12**).



**Figura 12.-** Cresta infracigomática. Lugares de inserción según los diferentes autores. Imágenes de Ghosh A. *Infra-Zygomatic Crest and Buccal Shelf - Orthodontic Bone Screws: A Leap Ahead of Micro-Implants – Clinical Perspectives. Journal of Indian Orthodontic Society. 2018;52(4\_suppl2):127-141. doi:10.4103/jios.jios\_229\_18.*

Una evaluación previa a la inserción del microtornillo mediante TCHC antes de la colocación del microtornillo en esta meseta ósea es esencial para evitar lesiones, principalmente en la raíz mesiovestibular del primer molar maxilar, mejorando la estabilidad del dispositivo y teniendo en cuenta la distancia existente al seno maxilar evitando su perforación (Wang et al., 2017).

La línea mucogingival es el punto de referencia intraoral más común, una vez insertado el microtornillo perpendicular a la raíz del molar superior; a medida que avanza la inserción del dispositivo, se tiende a angular el microtornillo hasta alcanzar alrededor de los 70 grados en función del grosor óseo y anatomía del paciente (**Figura 13**) (Matias et al., 2021).



**Figura 13.** Diagrama a color que muestra áreas de la cresta infracingomática (IZC) con un grosor óseo cortical adecuado. Imágenes de Matias M, Flores-Mir C, Almeida MR, Vieira BDS, Freitas KMS, Nunes DC, Ferreira MC, Ursi W. *Miniscrew insertion sites of infrazygomatic crest and mandibular buccal shelf in different vertical craniofacial patterns: A cone-beam computed tomography study.* Korean J Orthod. 2021 Nov 25;51(6):387-3.



# **3. REVISIÓN SISTEMÁTICA**



### **3.1 Material y método**

Se realizó una revisión sistemática, siguiendo las recomendaciones PRISMA (Preferred Reporting Items por Systematic Reviews and Meta-Analyses (<http://www.prisma-statement.org>) (Moher et al., 2009) para las revisiones sistemáticas y los metanaálisis. La revisión sistemática se registró en la base de datos PRISMA (PROSPERO <http://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO>) con el número de registro CRD42021284978.

#### *3.1.1 Pregunta de investigación*

Se empleó la estrategia " PICO ", que significa participantes (P), intervención (I), comparación (C) y resultados (O). En el presente trabajo de investigación se plantearon dos preguntas:

Q1: ¿Dónde se encuentra la localización con altura óptima a nivel posterior en el maxilar superior para la inserción de microtornillos infracigomáticos en pacientes adultos con dentición permanente evaluados mediante tomografía computarizada de haz cónico?

Q2: ¿Son edad, sexo, patrón facial y clase esquelética del paciente indicadores determinantes en la altura ósea de la cresta infracigomática?

*Población:* Pacientes con presencia de primeros y segundos molares superiores con dentición permanente adulta

*Comparación:* (i) Comparar la altura ósea en la cresta infracigomática entre primeros y segundos molares superiores. (ii) Influencia de la edad, sexo, patrón facial y clase esquelética en la altura ósea en la cresta infracigomática.

*Resultados:* (i) Localización altura ósea óptima para la colocación de microtornillos en la cresta ósea infracigomática. (ii) Relación de la raza, edad, sexo, patrón facial y clase esquelética en la altura ósea en la cresta infracigomática

### *3.1.2 Fuentes de información y búsqueda electrónica*

Dos revisores independientes (**C.R.S** y **C.B.A**) realizaron una búsqueda electrónica y manual. Para identificar los estudios potencialmente relevantes, independientemente del idioma y año de publicación, se realizó una búsqueda electrónica rigurosa en las bases de datos electrónicas PubMed (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>), Scopus (<https://www.scopus.com/>), Embase (<https://www.embase.com/>), Web of Science (<https://www.webofknowledge.com/?auth=Shibboleth>), Cochrane (<http://www.cochrane.org/>). También se hizo una búsqueda electrónica en Literatura Gris: Google Scholar (<https://scholar.google.es>). En casos concretos, se contactó con los autores de los artículos a través de correo electrónico o ResearchGate (<https://www.researchgate.net>) con la finalidad de pedir información adicional.

La estrategia de búsqueda combinó términos “MeSH” (Medical Subject Heading), títulos indexados de temas médicos, Emtree (Embase) y otros términos de texto libre que se combinaron

siempre que fue posible para disminuir el riesgo de sesgo de selección. De forma complementaria, se consultaron manualmente las revistas de origen primario relacionadas con el tema de estudio en los últimos cinco años. El real servicio de sindicación (RSS) en la base de datos PubMed se utilizó para identificar y recuperar nuevos títulos indexados ajustados a la estrategia de búsqueda. Los operadores booleanos (“OR” y “AND”) se usaron para unir términos (MeSH/ no MeSH / EMTREE) relacionados con la pregunta de investigación.

Se incluyeron 4 términos Mesh (Medical Subject Heading): “Computed Tomography”; “Cone Beam”; “Facial Bone”; “Molar”, 11 términos EMTREE (EMBASE): “Cone Beam Computed Tomography”; “CT”; “Bicortical Screw”; “Alveolar Bone”; “Alveolar Crest”; “Facial Bone”; “Thickness”; “Width”; “Maxillary First Molar”; “Maxillary Second Molar”; “Zygoma” y 22 descriptores no controlados: “Microimplant”; “TAD”; “Temporary Anchorage Device”; “Mini-Screw”; “Mini-Implant”; “Skeletal Anchorage”; “Bone-Born”; “CBCT”; “Cone Beam Volume CT”; “Cone-Beam CT”; “Infrazygomatic”; “Bicortical”; “Cortical”; “Retromolar”; “Interradicular”; “Alveolar”; “Crest”; "Insertion Site"; "Safe Zone"; "Vestibular Bone”; “Thickness”; “Tuberosity”.

Estas palabras clave se dividieron en dos grupos: 22 palabras clave primarias relacionadas con la localización ósea anatómica a estudiar y su altura y anchura; 14 palabras clave secundarias relacionadas con la TCHC y dispositivos de anclaje temporal (**Tabla 2**). Se buscaron todas las posibles combinaciones entre las palabras del primer y segundo grupo, de forma aislada o combinada (**Tabla 3**).

Palabras clave primarias	Palabras clave secundarias
“Facial Bone”; “Molar”; “Alveolar Bone”; “Alveolar Crest”; “Facial Bone”; “Maxillary First Molar”; “Maxillary Second Molar”; “Zygoma”; “Infrazygomatic”; “Bicortical”; “Cortical”; “Retromolar”; “Interradicular”; “Alveolar”; “Crest”; "Insertion Site"; "Safe Zone"; "Vestibular Bone"; “Thickness”; “Tuberosity”; “Thickness”; “Width”.	“Computed Tomography”; “Cone Beam”; “Cone Beam Computed Tomography”; “CBCT”; “Cone Beam Volume CT”; “Cone-Beam CT”.  “Bicortical Screw”; “Microimplant”; “TAD”; “Temporary Anchorage Device”; “Mini-Screw”; “Mini- Implant”; “Skeletal Anchorage”; “Bone- Born”.

**Tabla 2.-** Palabras clave primarias y secundarias empleadas en la búsqueda.

<b>PubMed (n=213)</b>	(Microimplant OR TAD OR miniscrew OR mini-screw OR "skeletal anchorage" OR "bone born" OR mini-implant ) AND ( "Cone-Beam Computed Tomography" OR CBCT OR "cone beam volume CT" OR "cone beam CT" OR "cone-beam CT" ) AND (Infrazygomatic OR bicortical OR cortical OR retromolar OR interradicular OR alveolar OR crest OR "insertion site" OR "safe zone" OR "vestibular bone" OR "facial bone" OR "alveolar bone" OR width OR thickness OR tuberosity OR molar) NOT ( "rapid palatal expansion" OR “maxillary skeletal expansion” OR MARPE OR "impacted canines" OR "impacted tooth")
<b>EMBASE (n=96)</b>	(miniscrew:ti,ab,kw OR 'temporary anchorage device':ti,ab,kw OR 'mini implant':ti,ab,kw OR 'micro implant':ti,ab,kw) AND ('cone beam computed tomography':ti,ab,kw OR ct:ti,ab,kw) AND ('bicortical screw':ti,ab,kw OR 'alveolar bone':ti,ab,kw OR 'alveolar crest':ti,ab,kw OR 'facial bone':ti,ab,kw OR thickness:ti,ab,kw OR wide:ti,ab,kw OR 'maxillary first molar':ti,ab,kw OR 'maxillary second molar':ti,ab,kw OR zygoma:ti,ab,kw) NOT ('palatal expansion'/exp OR 'palatal expansion' OR 'tooth disease'/exp OR 'tooth disease')

<b>Web of Science (n=301)</b>	(Microimplant OR TAD OR miniscrew OR mini-screw OR "skeletal anchorage" OR "bone born" OR mini-implant ) AND ( "Cone-Beam Computed Tomography" OR CBCT OR "cone beam volume CT" OR "cone beam CT" OR "cone-beam CT" ) AND (Infrazygomatic OR bicortical OR cortical OR retromolar OR interradicular OR alveolar OR crest OR "insertion site" OR "safe zone" OR "vestibular bone" OR "facial bone" OR "alveolar bone" OR width OR thickness OR tuberosity OR molar) NOT ("rapid palatal expansion" OR "maxillary skeletal expansion" OR MARPE OR "impacted canines" OR "impacted tooth")
<b>Google Scholar (n=1100)</b>	( Microimplant OR TAD OR miniscrew OR mini-screw OR "skeletal anchorage" OR "bone born" OR mini-implant ) AND ( "Cone-Beam Computed Tomography" OR CBCT OR "cone beam volume CT" OR "cone beam CT" OR "cone-beam CT" ) AND ( Infrazygomatic OR bicortical OR cortical OR retromolar OR interradicular OR alveolar OR crest OR "insertion site" OR "safe zone" OR "vestibular bone" OR "facial bone" OR "alveolar bone" OR width OR thickness OR tuberosity OR molar) NOT ( "rapid palatal expansion" OR "maxillary skeletal expansion" OR MARPE OR "impacted canines" OR "impacted tooth")

**Tabla 3.- Estrategias de búsqueda en las diferentes bases de datos electrónicas**

Las referencias bibliográficas de los estudios incluidos fueron identificadas y analizadas mediante una búsqueda manual para buscar artículos que no fueron encontrados en las bases de datos, pero que podrían cumplir los requisitos establecidos para ser incluidos en este estudio, según lo sugerido por **Greenhalgh y Peacock (2005)**. Las discrepancias de los títulos recuperados se resolvieron mediante discusión por un tercer asesor (**B.T.A**).

Esta revisión sistemática abarca toda la literatura internacional publicada hasta el 9 de noviembre de 2022.

### *3.1.3 Criterios de selección*

*Criterios de inclusión:* estudios realizados en pacientes adultos (> 18 años), con dentición permanente de tipo: observacionales (cohorte retrospectivo, transversal, caso-control), controlados aleatorizados que analizaran cuantitativamente la altura ósea a nivel de la cresta infracigomática en el maxilar superior para la colocación de microtornillos en ortodoncia.

*Criterios de exclusión:* estudios realizados en cadáveres, pacientes con enfermedad periodontal y/o con ausencias dentales a nivel posterior. No se tuvo en cuenta casos clínicos, series de casos, entrevistas, editoriales y opiniones de expertos.

### *3.1.4 Selección de estudios*

Dos revisores independientes (**C.R.S**, **C.B.A**) evaluaron sistemáticamente de forma independiente los títulos y los abstracts de todos los artículos identificados. Los artículos obtenidos se exportaron al software Mendeley Desktop 1.13.3 (Mendeley Ltd, London, England), para comprobar la existencia de duplicidad.

Si el resumen no aportó suficiente información para tomar la decisión, los revisores leyeron el artículo completo antes de tomar la decisión final. En caso de desacuerdo entre revisores, la elegibilidad se discutió con un tercer revisor (**B.T.A**). Posteriormente todos los artículos fueron leídos de forma completa y se registraron las razones para rechazar a los excluidos. Se empleó la estadística kappa (coeficiente k de Cohen) para evaluar el nivel de concordancia entre

revisores y se interpretó utilizando la escala de **Landis y Koch (1977)**.

### *3.1.5 Objetivos del estudio y evaluación*

Se registraron las siguientes variables de cada artículo en hojas de cálculo Excel predefinidas: autor, año de publicación y país de origen, tipo de estudio, tamaño de la muestra (incluidas las pérdidas durante el estudio) y variables demográficas (edad, sexo) **(Anexo I)**.

De cada artículo se registró la región de interés (maxilar superior, mandíbula o ambas), zona anatómica específica a estudiar, referencias anatómicas empleadas y mediciones, método de imagen, software empleado, protocolo de recogida de las imágenes radiológicas y configuración general del TC o TCHC (ROI, Vóxel, FOV), objetivos principales, resultados y conclusiones.

*Objetivo principal:* Analizar la zona anatómica posterior óptima en el maxilar superior en cuanto a altura ósea de la cresta infracigomática expresada en milímetros en la colocación de microtornillos en ortodoncia.

*Objetivo secundario:* Estudiar la influencia de la edad, sexo, patrón facial y clase esquelética en la altura de la cresta infracigomática.

### *3.1.6 Riesgo de sesgo en los estudios individuales*

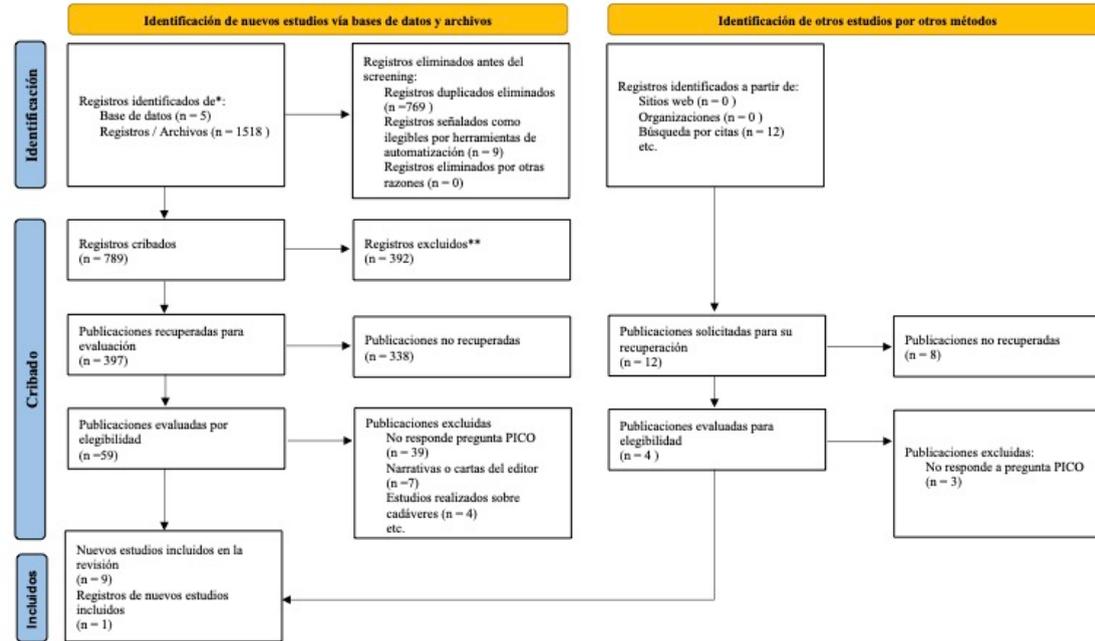
La calidad de los estudios fue analizada por los mismos investigadores independientemente (C.R.S, C.B.A), utilizando la Escala Newcastle-Ottawa (The Newcastle-Ottawa Scale - [http://www.ohri.ca/programs/clinical\\_epidemiology/oxford.asp](http://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp)) (Wells et al., 2014) para el análisis de la calidad de los estudios observacionales. En caso de discrepancia entre los dos investigadores iniciales se llegó a un consenso y en caso de duda se consultó al tercer investigador (B.T.A).

## **3.2. Resultados**

### *3.2.1 Selección de estudios*

La búsqueda inicial condujo a 1518 referencias preliminares de los cuales 197 eran de Pubmed, 92 de EMBASE, 273 de Web of Science; además de 956 artículos más procedentes de Literatura Gris (Google Scholar). Se excluyeron, 769 artículos duplicados y 9 estudios señalados. Fueron 338 artículos excluidos tras la lectura del título y resumen por no estar relacionados con la pregunta de investigación. Posteriormente, se realizó una búsqueda manual en base a las referencias bibliográficas de los artículos incluidos y finalmente se añadió 1 artículo más. Tras analizar las versiones a texto completo, se obtuvo un total de 59 estudios que fueron pre-aceptados para su lectura completa de los cuales se excluyeron 54 por los siguientes motivos: 39 no respondían a la pregunta guía, 7 revisiones de la literatura, narrativas o cartas al editor, y 4 artículos fueron estudios realizados en cadáveres. El nivel de acuerdo entre los

investigadores fue  $\kappa = 0.74$  (95%CI, 0.56–0.93). Finalmente, fueron 10 los artículos que cumplieron los criterios de inclusión y se incluyeron en la síntesis cualitativa. El diagrama de flujo PRISMA (**Figura 14**) proporciona una visión general del proceso de selección de artículos.



\* Considere, si es factible hacerlo, informar el número de registros identificados de cada base de datos o registro buscado (en lugar del número total en todas las bases de datos/registros).

\*\*Si se usaron herramientas de automatización, indique cuántos registros fueron excluidos por un humano y cuántos fueron excluidos por herramientas de automatización.

Fuente: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71. For more information, visit: <http://www.prisma-statement.org/>

Figura 14.- Diagrama de flujo PRISMA 2020 para revisiones sistemáticas

### *3.2.2 Características de los estudios*

Los 10 estudios incluidos fueron de tipo observacional retrospectivo. Los pacientes seleccionados se encontraban en edad adulta, todos contaban con imágenes TC/TCHC/TCMC realizadas por motivos diagnósticos o clínicos, sin antecedentes de tratamientos de ortodoncia u ortopedia previos a la realización de las imágenes radiológicas. Se registraron las siguientes variables: región de interés y anatómica específica, límites anatómicos empleados, método de imagen, postura cefálica en el momento del escaneado, software, características de las imágenes 3D. Dada la heterogeneidad de los estudios, se simplificaron los objetivos, resultados y conclusiones de cada estudio (**Anexo II**).

### *3.2.3 Riesgo de sesgo de los estudios individuales*

La evaluación del riesgo de sesgo mediante la escala New Castle Ottawa (ONS) no mostró un alto riesgo de sesgo en ninguno de los estudios (**Anexo III**).

La puntuación más baja fue el estudio de **Liou et al. (2007)** (5/10), seguido de **Tavares et al. (2020)** (6/10) y **Matias et al. (2021)** (7/10). Puntuaciones más elevadas (8/10) correspondieron a **Liu et al. (2017)**, **Arvind y Jane (2021)** y **Arango et al. (2022)**. Los estudios con mayor puntuación (9/10) fueron **Farnsworth et al. (2011)**, **Tavares et al. (2021)**, **Husseini et al. (2022)** y **Lima et al. (2022)**. Ningún estudio obtuvo la máxima puntuación de la escala.



## **4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**



La frecuencia de colocación de dispositivos de anclaje temporal (TAD's) en ortodoncia va en aumento. El análisis de las características de la cresta infracigomática en cuanto al estudio anatómico de cada paciente (teniendo en cuenta edad, género, clase esquelética, patrón facial) y con ello, la planificación en la selección de las características idóneas de los dispositivos de anclaje temporal en esta región anatómica. Estas especificaciones podrían ser beneficiosas para el clínico al individualizar ciertas características del TAD en cada paciente, obteniendo mayores garantías en el éxito del tratamiento. Es por ello que, queda justificada la realización del presente trabajo de investigación sobre el análisis de la cresta ósea infracigomática mediante TCHC en la planificación virtual de dispositivos de anclaje temporal en ortodoncia.

Se trata no obstante de un tratamiento que, por su reciente introducción en el campo de la ortodoncia carece todavía de evaluación de resultados a largo plazo que analicen la estabilidad del dispositivo de anclaje temporal durante el tratamiento y estandarización de su uso. Esta limitación se ve reflejada en la reciente revisión sistemática y metaanálisis de **Tepedino et al. (2020)** dada la heterogeneidad que existía en los diferentes estudios sin un protocolo de estudio común para medir la altura de la cresta infracigomática, tomando como referencia diferentes estructuras anatómicas y criterios de análisis en las imágenes TCHC.

Hasta la fecha, no se ha publicado ningún estudio sobre el estudio protocolizado de este arbotante óseo, definiendo límites anatómicos reproducibles en imágenes TCHC como paso previo a la

colocación de microtornillos en ortodoncia. Así pues, queda justificada la realización de la presente tesis doctoral en la que se analiza la cresta ósea infracigomática desarrollando una guía diagnóstica de actuación sistemática, fiable y reproducible en una serie de estudios radiológicos mediante TCHC.

En base a los antecedentes descritos, se formulan las siguientes hipótesis:

**“Cuanto más anterior sea la localización del microtornillo infracigomático, mayor altura ósea existirá hasta el seno maxilar”**

**“La clase esquelética anteroposterior, sexo y edad de cada individuo pueden influir en la altura de la cresta ósea infracigomática”**

**“La unión amelocementaria (LAC) podría ser un punto anatómico reproducible, pudiendo ser empleado como referencia en la selección de las características del dispositivo de anclaje temporal y con ello, en la colocación segura y estable de éstos en los tratamientos de ortodoncia. A menor distancia entre la unión amelocementaria y cresta alveolar; mayor altura ósea existirá”**

El propósito de la presente tesis doctoral fue evaluar de forma transversal la cresta ósea infracigomática a nivel de los primeros y segundos molares superiores, para el estudio sistematizado y enfocado a la colocación de dispositivos de anclaje temporal en ortodoncia.

Los objetivos fueron:

1. Determinar la altura total de la cresta infracigomática en primeros y segundos molares superiores desde el seno maxilar hasta la línea amelocementaria.
2. Comparar la altura total de la cresta infracigomática entre los primeros y segundos molares superiores desde el seno maxilar hasta la línea amelocementaria.
3. Estudiar la cantidad de hueso intraalveolar que existe en la cresta infracigomática en los primeros y segundos molares superiores.
4. Comparar los valores de altura total e intraalveolares de la cresta ósea infracigomática entre el lado derecho e izquierdo del paciente.
5. Evaluar la influencia del sexo, clase esquelética y patrón facial en la altura total e intraalveolar de la cresta infracigomática en la población española.
6. Analizar la influencia de la distancia de la línea amelocementaria a la cresta ósea vestibular en la altura total y hueso intraalveolar de la cresta ósea infracigomática.
7. Con los resultados obtenidos del presente estudio, estudiar las características en cuanto a longitud del cuello transmucoso del microtornillo en la región anatómica analizada.



## **5. MATERIAL Y MÉTODO**



## **5.1 Diseño del estudio**

El diseño del presente estudio contó con la aprobación del Comité de Ética en Investigación en Humanos de la Universidad de Valencia con número de registro 1867515 de acuerdo con los criterios éticos internacionales recogidos en la Declaración de Helsinki tal y como se aprecia en el **Anexo IV**, donde se adjunta el informe en español, inglés y valenciano.

Todos los pacientes fueron informados por escrito de los objetivos y de la metodología del estudio (**Anexo V**), se les solicitó que firmaran un consentimiento informado (**Anexo VI**) y por último, se les facilitó un compromiso de confidencialidad de sus datos por parte del observador principal (**Anexo VII**).

Las imágenes TCHC y telerradiografías laterales de cráneo se obtuvieron de forma retrospectiva a partir de la base de datos de la clínica privada de Ortodoncia Pérez Varela (Rúa do Doutor Teixeiro, 12, 15701 Santiago de Compostela, A Coruña). Todas las imágenes radiológicas se realizaron con fines de diagnóstico o plan de tratamiento entre enero de 2017 y mayo 2021. Ninguno de los pacientes fue sometido a imágenes de TCTH por razones puramente científicas. Los datos personales registrados de todos los pacientes se protegieron de acuerdo con lo establecido por el Reglamento General de Protección de Datos (UE) 2016/679 y la ley 3/2018 del 5 de diciembre.

El nombre del paciente no apareció en ningún documento del estudio, los datos de los pacientes se archivaron en una carpeta con acceso limitado por contraseña a la que sólo tenían acceso los investigadores, en un ordenador de la clínica. A cada paciente se le asignó un código al inicio del estudio; la relación código y paciente se guardó en una base de datos con contraseña. No se reveló la identidad de ningún participante en ningún momento ni se revelará en ninguna publicación o comunicación tras los resultados de este estudio. Se guardó la máxima estricta confidencialidad de los datos del estudio, tratando de evitar que se violasen los derechos de los pacientes.

## **5.2 Material**

### *5.2.1 Población de estudio*

En la población de estudio para los objetivos transversales de la presente tesis doctoral, se establecieron los siguientes criterios de inclusión y exclusión en los objetivos de TCHC en dientes maxilares:

<b>Criterios de inclusión</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Pacientes adultos entre los 20 y 40 años de edad</li><li>- Pacientes de etnia caucásica</li><li>- Pacientes sin antecedentes de tratamiento ortodóncico</li><li>- Pacientes sin reabsorción dental acusada en primeros y segundos molares superiores</li><li>- Pacientes sin caries a nivel de primeros y segundos molares superiores</li><li>- Pacientes en condiciones de salud periodontal, con una distancia de la LAC a la cresta ósea vestibular menor a 3 milímetros</li><li>- Pacientes sin ausencias dentales en los segundos premolares, primeros y segundos molares superiores</li><li>- Pacientes con ausencia de terceros molares superiores o que hayan sido extraídos como mínimo 12 meses antes de la realización del TCHC</li><li>- Pacientes con telerradiografía en posición natural de la cabeza</li></ul>
<b>Criterios de exclusión</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Pacientes menores de edad</li><li>- Presencia de algún diente deciduo en la zona de primeros y segundos molares superiores</li><li>- Pacientes fumadores</li><li>- Pacientes en tratamiento con medicación que pudiera repercutir a nivel óseo</li><li>- Portadores de implantes dentales en primeros y segundos molares maxilares</li><li>- Pacientes con restauraciones dentales endodónticas o protésicas que pudieran distorsionar la imagen</li><li>- Pacientes con patología asociada al seno maxilar presente en el momento de la imagen tomográfica</li><li>- Pacientes cuyos primeros y segundos molares superiores presenten un ángulo menor a 45° tomando como referencia el plano oclusal y el eje longitudinal del molar pasando por la furca</li></ul>

**Tabla 4.- Criterios de inclusión y exclusión en los objetivos transversales de TCHC en primeros y segundos molares superiores.**

### *5.2.2 Recolección de datos*

Se registraron las siguientes variables: sexo, edad, patrón facial, clase esquelética, distancia LAC- cresta ósea vestibular, longitud total (LT) en milímetros de la distancia LAC – seno maxilar en mesial de primeros molares maxilares (LT 1.6 MV, 2.6 MV), distal de primeros molares maxilares y mesial de segundos molares maxilares (LT 1.6 D.V, 2.6 D.V) y distal de segundos molares maxilares (LT 1.7 D.V, 2.7 D.V), longitud intraalveolar (LI) en milímetros de la distancia de la cortical vestibular a seno maxilar en mesial de primeros molares maxilares (LI 1.6 MV, 2.6 MV), distal de primeros molares maxilares y mesial de segundos molares maxilares (LI 1.6 DV, 2.6 DV), distal de segundos molares maxilares (LI 1.7 DV, 2.7 DV).

### *5.2.3 Equipo de registro*

Las imágenes TCHC y de telerradiografía se tomaron en una unidad i-CAT Classic (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, EE. UU Carestream 9300 ® (Atlanta, Georgia) (**Figura 15**) de la clínica privada de Ortodoncia Pérez Varela (Santiago de Compostela, Galicia). Todas las telerradiografías fueron tomadas con el mismo cefalostato digital con un método estandarizado (imagen lateral de 18 × 24 cm, modo de exploración rápida).



**Figura 15.- Unidad i-CAT Classic (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, EE.UU Carestream 9300 ® (Atlanta, Georgia).**

Los sujetos se colocaron con el plano horizontal de Frankfurt paralelo al suelo y se les indicó que mantuvieran la posición de máxima intercuspidad, con la lengua tocando el paladar y que evitaran tragar durante el período de exploración. El protocolo de imagen de TCHT implicó 120 kV, 8 mA, campo de visión (FOV) de 5 × 5 cm , tamaño de vóxel de 0,20 mm y tiempo de exploración de 20 segundos.

#### *5.2.4 Programas informáticos empleados en las mediciones.*

Las imágenes radiográficas se guardaron en archivos DICOM que fueron importados al software Carestream 3D Imaging (Atlanta, Georgia) para analizar las imágenes TCHC. Todas las imágenes radiológicas se analizaron desde el mismo ordenador y monitor (HP V24i 24" LED IPS FullHD, resolución de 1.920 × 1.080 píxeles).

Entre las aplicaciones del software Carestream 3D Imaging gracias a la herramienta de regla calibrada en los tres planos del espacio, se pudo hallar la longitud y anchura exacta del campo de estudio.

Las telerradiografías laterales de cráneo fueron trasladadas al programa específico de cefalometría, Dolphin® 2D, 3D (Dolphin Imaging Plus®) para realizar las mediciones cefalométricas de los pacientes y así, poder dividirlos en los distintos patrones faciales verticales (hipodivergente, hiperdivergente y normodivergente) y clase esquelética (I,II,III).

### **5.3 Método**

#### *5.3.1 Determinación del patrón facial y clase esquelética de las imágenes 2D*

Antes de llevar a cabo el estudio de la cresta infracigomática, se procedió a clasificar a los pacientes en función de su clase esquelética (I,II,III) y patrón facial (dolicofacial, mesofacial, braquifacial).

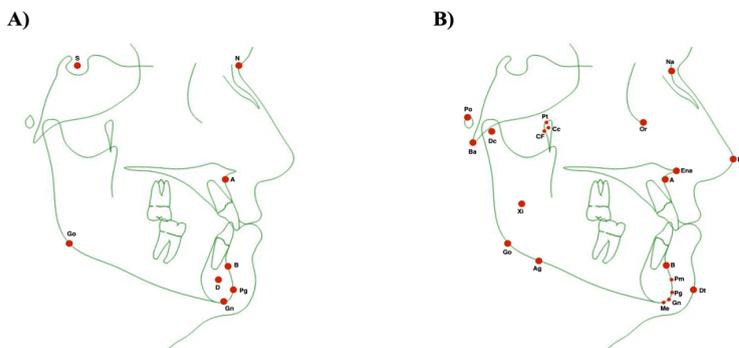
Para ello, se utilizó la telerradiografía lateral de cráneo de paciente en posición natural de la cabeza y posteriormente, se exportó al programa informático (Dolphin® 2D, 3D (Dolphin Imaging Plus®)). La postura cefálica de cada imagen se estandarizó tomando como referencia el plano horizontal de Frankfurt (plano definido bilateralmente por los puntos cefalométricos Porion - Orbitale).

En aras a dividir la muestra a nivel esquelético vertical y anteroposterior, se emplearon las mediciones cefalométricas de **Steiner (1953)** (ANB), **Ricketts (1960)** (Convexidad facial, eje facial, ángulo del plano mandibular, cono facial) y **Jacobson (1975)** (Wits).

En las mediciones cefalométricas se emplearon 13 puntos de referencia (**Figura 16**) a partir de las cuales se trazaron las mediciones:

1. **Sella (S)**: situado en el centro de la silla turca del hueso esfenoides. Se localiza por inspección.
2. **Nasion (N: Steiner; Na: Ricketts)**: punto medio de la sutura fronto-nasal. Límite de la base del cráneo anterior.
3. **Basion (Ba)**: punto más anteroinferior del foramen magnum. Límite de la base del cráneo posterior.
4. **Gnation (Gn)**: punto más anterior e inferior de la mandíbula, a nivel del plano sagital medio de la sínfisis. Punto de referencia del eje facial de crecimiento mandibular
5. **Gonion (Go)**: punto más posterior e inferior de la mandíbula, a nivel del vértice del ángulo goniaco. Representa el límite más posterior e inferior de la mandíbula.
6. **Menton (Me)**: punto más inferior de la mandíbula, a nivel del plano sagital medio de la sínfisis. Representa el límite inferior de la mandíbula.
7. **Orbitale / Punto suborbitario (Or)**: punto más inferior del reborde externo de la cavidad orbitaria. Referencia anterior del plano de Frankfurt.

8. **Pogonion (Pg):** punto más anterior de la mandíbula a nivel del plano sagital medio de la sínfisis.
9. **Porion (Po):** Punto más superior del agujero externo del conducto auditivo. Referencia posterior del plano de Frankfurt.
10. **Pterigoideo (Pt):** punto más superior del agujero redondo mayor, localizado a nivel del punto más posterior y superior de la fosa pterigomaxilar. Referencia ideal para el estudio del crecimiento mandibular.
11. **Punto A (A):** punto más profundo de la concavidad del proceso alveolar superior. Corresponde al límite anterior de la base apical superior.
12. **Punto B (B):** punto más profundo de la concavidad del proceso alveolar inferior. Corresponde al límite anterior de la base apical inferior.
13. **Punto O (O):** punto que hace referencia a la intersección con el plano oclusal de Ricketts.



**Figura 16.- A) Puntos cefalométricos de Steiner. B) Puntos cefalométricos de Ricketts.**

Gracias a la localización de estos puntos anatómicos, se trazaron 10 planos descritos a continuación :

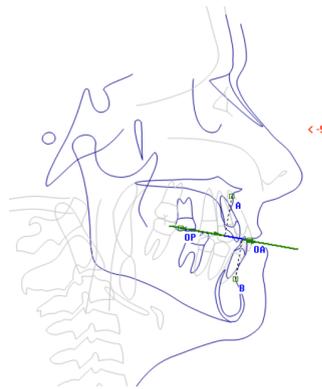
1. **Plano Basocraneal:** plano que une los puntos Ba y Na.
2. **Plano Gonion – Menton:** plano que une los puntos Go y Me.
3. **Plano SN:** plano que une los puntos S y N. Es el plano de referencia para localizar la base del cráneo.
4. **Plano NA:** plano que uno los puntos A y N. Este plano se utiliza para determinar la posición anteroposterior del maxilar.
5. **Plano NB:** plano que une los puntos B y N. Este plano se utiliza para determinar la posición anteroposterior de la mandíbula.
6. **Plano de Frankfurt:** plano que une los puntos Po-Or.
7. **Plano Nasion - Pogonion:** plano que une los puntos Na y Pg.
8. **Plano Mandibular (Ricketts, 1960):** plano que une los punto Go y Me.
9. **Plano oclusal funcional (PO) (Ricketts, 1960):** plano que une los puntos de máximo entrecruzamiento entre molares y premolares.
10. **Plano Pterigoideo – Gnation:** plano que une los puntos Pt y Gn.

Medidas cefalométricas para el análisis de la discrepancia anteroposterior:

1. Wits Appraisal (**Figura 17**) (**Jacobson, 1975**): diferencia en milímetros entre los puntos AO y BO. Norma: Adultos ♂  $-1 \pm 2$  mm (punto B por delante de punto A). Adultos ♀  $0 \pm 2$  mm.

Valores aumentados: discrepancia positiva

Valores disminuidos: discrepancia negativa



**Figura 17.- Wits Appraisal**

Medidas cefalométricas para el análisis de la clase esquelética:

1. Convexidad facial (**Figura 18**) (**Ricketts, 1960**): distancia en milímetros medida desde el punto A al plano facial (Na-Po). Esta distancia presenta una norma clínica donde a los 9 años el valor debe ser de +2mm disminuyendo 0,2 mm por año con un  $DS \pm 2$  mm.

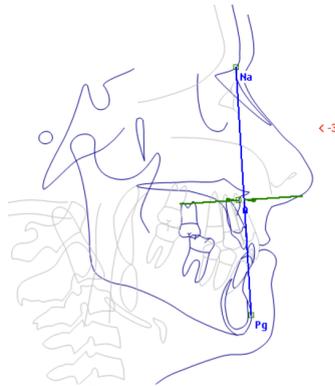


Figura 18.- Convexidad facial.

2. ANB (Figura 19) (Steiner, 1953): diferencia entre los ángulos SNA y SNB (Figura 18).

Norma:  $2^{\circ} \text{DS} \pm 1^{\circ}$

Valores en norma: Clase I esquelética

Valores aumentados: Clase II esquelética

Valores disminuidos: Clase III esquelética

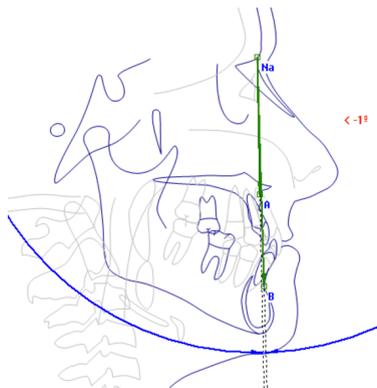


Figura 19.- ANB.

Medidas cefalométricas para el análisis del patrón facial (Ricketts, 1960):

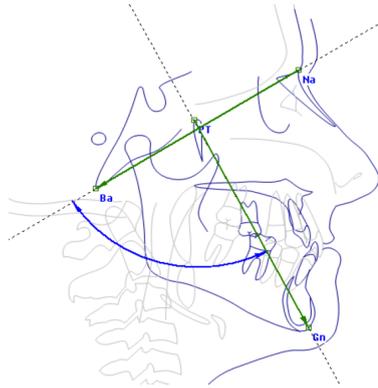
1. Eje facial (**Figura 20**) (**Ricketts, 1960**): Ángulo formado por el plano Pt-Gn y plano Ba-Na medido en su parte posterior.

Norma:  $90^{\circ} DS \pm 3^{\circ}$

Valores en norma: Pacientes mesofaciales

Valores aumentados: Pacientes braquifaciales

Valores disminuidos: Pacientes dolicofaciales



**Figura 20.- Eje facial.**

2. Ángulo del plano mandibular (**Figura 21**) (**Ricketts, 1960**): Es el ángulo formado entre el cuerpo de la mandíbula (plano mandibular) y la base del cráneo SN.

Norma:  $32^{\circ} DS \pm 4^{\circ}$

Valores en norma: Pacientes mesofaciales

Valores aumentados: Pacientes dolicofaciales

Valores disminuidos: Pacientes braquifaciales

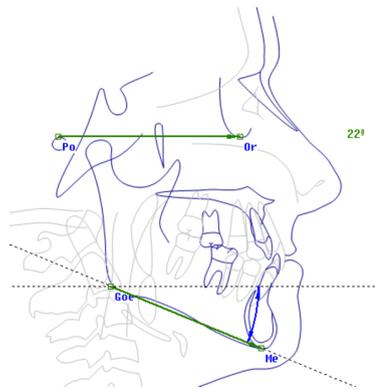


Figura 21.- Ángulo Plano Mandibular.

3. Cono facial (**Figura 22**) (Ricketts, 1960): Es el ángulo formado entre el plano mandibular y el plano facial.

Norma:  $68^{\circ} \text{DS} \pm 3,5^{\circ}$

Valores en norma: Pacientes mesofaciales

Valores aumentados: Pacientes braquifaciales

Valores disminuidos: Pacientes dolicofaciales

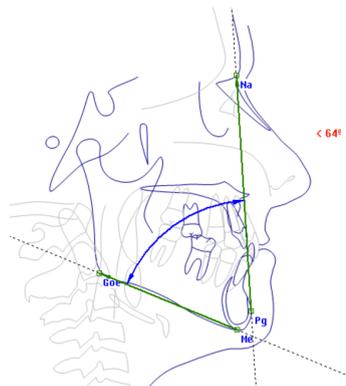


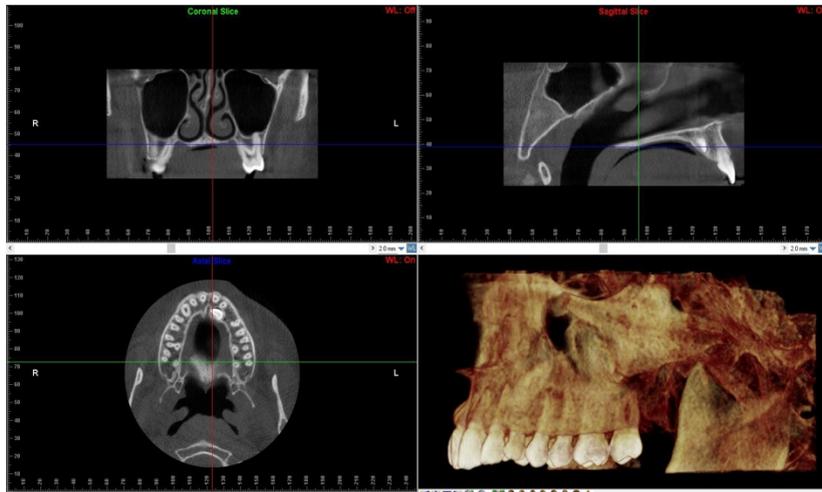
Figura 22.- Cono facial.

Todas las planificaciones de medida fueron realizadas por dos examinadores (C.R.S y B.T.A) y para el análisis de datos se emplearon los valores medios de ambos.

### *5.3.2 Orientación y preparación de las imágenes 3D para las mediciones*

Para localizar la ubicación del corte en el que realizar las mediciones, se procedió de la siguiente forma: se localizó la región posterior del maxilar usando una vista sagital 3D para obtener una vista coronal de cada lado. En el plano axial se localizó la ubicación de la raíz mesio o distovestibular del molar a estudiar; en el plano coronal correctamente orientado, se deslizó el corte en esta vista hasta observar completamente de forma longitudinal la raíz del molar a estudiar. A continuación, en este plano se localizó la unión amelocementaria (LAC) (**Figura 23**).

Todas las mediciones realizadas en el presente estudio de investigación fueron realizadas, tanto en la hermiarcada derecha como izquierda del maxilar superior de cada paciente.



**Figura 23.-** Ubicación de los cortes en el software software Carestream 3D Imaging (Atlanta, Georgia) para la medición de la raíz distovestibular del 2.7 .  
A) Localización del corte coronal del molar a estudiar observándose la raíz completa a estudio (2.7). B) Corte sagital que permite localizar la región posterior del maxilar superior. C) Localización del plano axilar observándose el conducto radicular de la raíz a estudiar. D) Reconstrucción 3D del TCHC.

### *5.3.3 Análisis radiográfico y protocolo de medida de las imágenes 3D*

Se tomó como referencia:

- La raíz mesiovestibular del primer molar permanente superior en caso de analizar el nivel óseo mesial de la misma pieza dentaria (1.6 MV, 2.6 MV).
- La raíz distovestibular para analizar la superficie distal del primer molar permanente superior, que equivale a la región mesial del segundo molar permanente superior (1.6 DV, 2.6 DV).

- Finalmente, se localizó como referencia la raíz distovestibular del segundo molar permanente superior, para estudiar la altura ósea de la superficie distal de la misma pieza dentaria (1.7 DV, 2.7 DV).

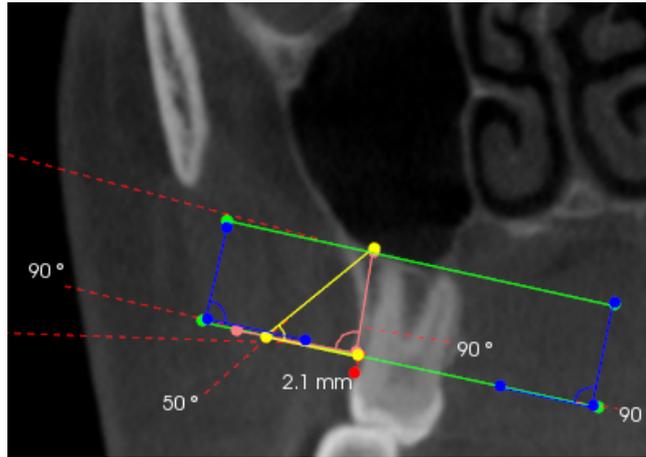
Una vez localizado el corte a estudiar, en una vista coronal de la región ósea a estudiar, se ubicó la LAC (**Figura 24**). Se comprobó que distancia de la LAC al borde de la cresta ósea no superaba los 3 milímetros, en aras a descartar una posible pérdida ósea periodontal.



**Figura 24.- Ubicación de la línea amelocementaria (LAC) y su distancia a la cresta ósea alveolar (línea de color rojo).**

A continuación, se trazaron dos líneas tangentes (líneas de color verde en **Figura 25**): línea tangente inferior que pase por la LAC y línea tangente superior que pase por el suelo del seno maxilar. Se aseguró que ambas líneas fueran paralelas entre sí delineando un rectángulo y comprobando que los extremos de éste formasen dos ángulos de 90°. Se trazó un ángulo de 90° (ángulo color rosa en

**Figura 25)** formado por: línea tangente que pase por la LAC y línea que corte en el suelo del seno (a 1 milímetro de distancia aproximadamente del ápice).



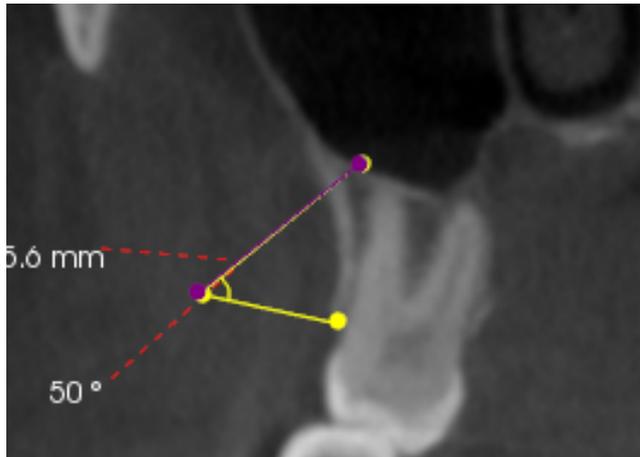
**Figura 25.-** Línea tangente inferior que pase por LAC y línea tangente superior que pase por el suelo del seno maxilar (líneas de color verde). Ángulos de 90° (líneas de color azul). Ángulo de 90° (ángulo color rosa) formado por: línea tangente que pase por la LAC y línea que corte en el suelo del seno maxilar.

Manteniendo las anteriores referencias tomadas, en la **Figura 26** se eliminan las líneas de la anterior ilustración para facilitar su comprensión.

Se procedió a medir a partir del trazado de los siguientes ángulos:

1. **Ángulo 1:** de 50° en segundos molares superiores y de 60° en primeros molares superiores (línea de color amarillo en la **Figura 26**, simulando el proceso de inserción del microtornillo). Este ángulo está formado por: línea tangente que pase por la LAC y hasta la línea que

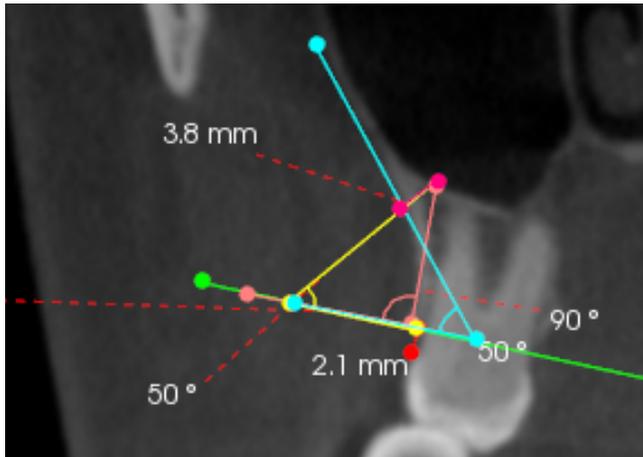
corte en el suelo del seno. A lo largo de este ángulo, se puede medir la distancia que existe de la LAC hasta el suelo del seno maxilar en el que se encuentran tanto el tejido duro junto como el blando (línea de color morado **Figura 26**). Esta línea corresponde a la longitud total (LT) que mide la distancia desde la LAC hasta el seno maxilar.



**Figura 26.-** Ángulo de 50° en segundos molares superiores y de 60° en primeros molares superiores (línea de color amarillo). Distancia que existe de la LAC hasta el suelo del seno maxilar en el que se encuentran tanto el tejido duro junto con tejido blando (línea de color morado).

2. **Ángulo 2:** de 50° en segundos molares superiores y de 60° primeros molares superiores (línea de color azul claro en **Figura 27**) formado por: línea tangente que pase por la LAC (línea verde en **Figura 27**), y línea tangente a la pared del seno maxilar pasando por el punto más anterior de la zona superior alveolar tomando como referencia la furca dental para seleccionar la altura en la que corta el vértice del ángulo en la línea tangente de la LAC. A lo largo de este ángulo, se puede medir la distancia a nivel intraalveolar hasta el seno

maxilar simulando, en el proceso de inserción del microtornillo, el tejido duro que existe (línea de color fucsia en **Figura 27**), es decir, la longitud intraalveolar (LI). Esta longitud mide la distancia que existe entre el límite óseo más inferior hasta el seno maxilar.



**Figura 27.-** Ángulo 50° en segundos molares superiores y de 60° primeros molares superiores (línea de color azul claro). Distancia a nivel intraalveolar hasta el seno maxilar (línea de color fucsia).

#### *5.3.4 Calibración intra-examinador*

Se llevó a cabo un análisis de reproducibilidad para la estimación del coeficiente de correlación intra-clase (CCI). Para ello, la investigadora (C.R.S) realizó una segunda medición de las dimensiones implicadas sobre una submuestra de 25 pacientes para la evaluación del error intra-examinador.

### *5.3.5 Calibración inter-examinador*

Se realizó un segundo análisis de reproducibilidad mediante la diferencia de medias entre mediciones de ambos observadores (**C.R.S** y **B.T.A**), sobre una submuestra de 30 pacientes para la evaluación del error inter-examinador.

### *5.3.6 Cálculo del tamaño muestral*

Se realizó un estudio piloto previo para determinar el tamaño muestral. Por el estudio de Tavares en primeros molares se obtiene una estimación de la desviación estándar (SD), en el rango 2,7-3,4 mm para diferentes angulaciones y distancias a la LAC. Puede asumirse  $SD=3$  como referencia para los cálculos siguientes.

Inicialmente se calculó el tamaño muestral necesario para que la estimación del valor de longitud de la IZC media no se diferencie de la poblacional en más de un cierto margen de error: Calculado para un nivel de confianza del 95%, desviación estándar  $\pm 3$  y un test z (**Tabla 5**).

Margen de error (mm)	n
0.1	3457
0.2	865
0.3	385
0.4	217
0.5	139
0.6	97
0.7	71
0.8	55
0.9	43

**Tabla 5.-** Tamaño muestral total necesario según error máximo de la estimación de la ACI media en una posición (ej. primeros molares).

Por ejemplo, n=139 pacientes son necesarios para que la estimación de la IZC media en la muestra tenga un margen de error inferior a 0,5 mm..

Otro enfoque para el cálculo del tamaño muestral puede estar basado en la comparación de la medición de IZC en primeros y segundos molares: calcular el tamaño muestral necesario para que una cierta diferencia en la IZC media de ambas posiciones sea detectada como significativa con una potencia estadística suficiente (**Tabla 6**).

Valores medios de ACI en M1 y M2	Tamaño efecto (d)	Potencia alcanzada		
		70%	80%	90%
7.5 – 8.0	0.2 (pequeño)	157	199	265
6.5 – 8.0	0.5 (medio)	27	34	44
5.5 – 8.0	0.8 (grande)	12	15	19

**Tabla 6.-** Tamaño muestral total necesario para diferencia en IZC (ACI en tabla) media de primeros y segundos premolares y según potencia estadística (paired t-test). Calculado para un nivel de confianza del 95% y desviación estándar ± 3.

Fue necesario un mínimo de n=34 pacientes para detectar valores medios de IZC 6,5 y 8,0 mm como estadísticamente significativos con potencia 80%. La muestra debe incrementarse a n=199 si se pretende detectar como significativos valores medios 7,5 y 8,0 mm con potencia 80%.

### 5.3.7 Método estadístico

El análisis descriptivo proporciona los estadísticos más relevantes para todas las variables de la investigación: media, desviación estándar, mínimo, máximo, mediana y cuartiles para todos los parámetros (de tipo continuo). La descriptiva se presenta segmentada según sexo, grupo edad (</>30), clase esquelética y patrón facial. El gran tamaño muestral permite aplicar un enfoque general de análisis de tipo paramétrico.

El análisis inferencial incluye:

- Test t de medidas repetidas, para comparar la dimensión media según tipos de diente o entre contralaterales.
- Test t de muestras independientes, para comparar la dimensión media según 2 niveles de un factor (sexo, grupo de edad </>30 años)
- Modelo ANOVA de una vía para comparar la dimensión media entre más de dos niveles de un factor (clase, patrón facial). Como prueba de comparación múltiple se utiliza la prueba de Bonferroni.
- Coeficiente de correlación lineal de Pearson, para estimar el grado de correlación entre la distancia LAC-cresta y las longitudes total e intraalveolar.

El *nivel de significatividad* empleado en los análisis ha sido el 5% ( $\alpha=0.05$ )<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>Cualquier p-valor menor a 0.05 es indicativo de una relación estadísticamente significativa. Por contra, un p-valor mayor o igual a 0.05 indica ausencia de relación.



## **6. RESULTADOS**



### 6.1. Descripción de la muestra

Fueron evaluados un total de 201 pacientes clasificados según género (masculino, femenino), patrón facial (mesofacial, braquifacial, dolicofacial), clase esquelética (I,II,III) y en dos grupos de edad: de 20 a 30 años y de 31 a 40 años de edad (**Tabla 7**).

Género		Patrón facial			Clase esquelética			Edad	
M	F	MF	BF	DF	I	II	III	20-30	31-40
89	112	60	55	86	71	61	69	102	99

**Tabla 7.- Características de la muestra.** Leyenda: M(masculino), F(femenino), MF (mesofacial), BF (braquifacial), DF (dolicofacial).

Tras dos meses de entrenamiento y aprendizaje con 10 TCHCs muestrales, el investigador principal calibrado y entrenado (**C.R.S**) procedió a la realización de 30 mediciones en cada uno de los 201 TCHCs, realizando un total de 6.030 mediciones.

### 6. 2 Calibración intraexaminador

La investigadora principal (**C.R.S**) realizó una segunda medición de las dimensiones implicadas sobre una submuestra de 25 pacientes para la evaluación del error intra-examinador. En la siguiente tabla se presenta la estimación del coeficiente de correlación intra-clase (CCI) (**Tabla 8**):

	CCI
LT 17 DV	0,995
LT 27 DV	0,993
LT 16 DV	0,994
LT 26 DV	0,991
LT 16 MV	0,996
LT 26 MV	0,994
LI 17 DV	0,990
LI 27 DV	0,994
LI 16 DV	0,987
LI 26 DV	0,767
LI 16 MV	0,966
LI 26 MV	0,977
Distancia LAC-cresta 17 DV	0,911
Distancia LAC-cresta 27 DV	0,931
Distancia LAC-cresta 16 DV	0,960
Distancia LAC-cresta 26 DV	0,930
Distancia LAC-cresta 16 MV	0,899
Distancia LAC-cresta 26 MV	0,960

**Tabla 8.- Reproducibilidad intra-examinador: coeficiente de correlación intra-clase (CCI) para dimensiones LT, LI y distancia LAC-cresta.**

Puede concluirse una reproducibilidad muy alta a nivel intra-operador, con valores CCI iguales o superiores a 0,90 para la mayoría de los parámetros evaluados. La excepción más notable la constituye el LI 26 DV donde se produjo cierta discrepancia individual. Véase el siguiente gráfico de dispersión (**Figura 28**):

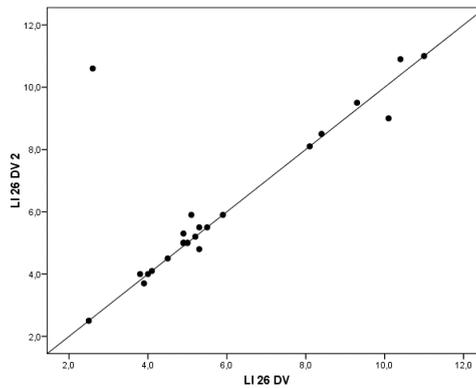


Figura 28.- Gráfico de dispersión CCI

En efecto, los valores de 24 pacientes se ajustan perfectamente a la diagonal principal y uno de ellos se aleja por un posible error de grabación.

### 6.3 Calibración interexaminador

Un segundo investigador (**B.T.A**), instruido previamente, realizando sus propias mediciones y siguiendo el mismo método; realizó también una medición de las dimensiones implicadas sobre una submuestra de 30 pacientes para la evaluación del error interexaminador. En la **tabla 9** siguiente se presenta la estimación del coeficiente de correlación intra-clase:

	CCI
LT 17 DV	0,989
LT 27 DV	0,990
LT 16 DV	0,989
LT 26 DV	0,984
LT 16 MV	0,987
LT 26 MV	0,989
LI 17 DV	0,954
LI 27 DV	0,979
LI 16 DV	0,880
LI 26 DV	0,994
LI 16 MV	0,964
LI 26 MV	0,990
Distancia LAC-cresta 17 DV	0,865
Distancia LAC-cresta 27 DV	0,920
Distancia LAC-cresta 16 DV	0,946
Distancia LAC-cresta 26 DV	0,891
Distancia LAC-cresta 16 MV	0,779
Distancia LAC-cresta 26 MV	0,881

**Tabla 9.-** Reproducibilidad inter-examinador: coeficiente de correlación intra-clase (CCI) para dimensiones LT, LI y distancia LAC-cresta.

Los valores del CCI continúan siendo muy elevados, por encima de 0,90 en la mayoría de parámetros. Ello permite hablar de una reproducibilidad inter-operador muy elevada. Para los parámetros con  $CCI > 0,8$ , la reproducibilidad es bastante alta.

#### 6.4. Análisis de la longitud total: distancia LAC – seno maxilar

La **tabla 10** describe la dimensión en las posiciones de primer y segundo molar a nivel de la raíz distovestibular (DV) y mesiovestibular (MV) en la longitud total (LT):

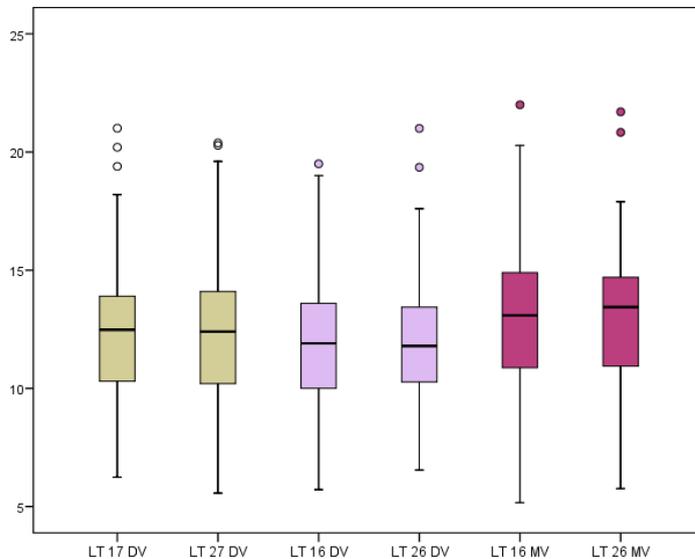
	N	Media	Desv. típica	Mín.	Máx.	Percentil 25	Mediana	Percentil 75
LT 1.7 DV	201	12,27	2,78	6,24	21,01	10,30	12,48	13,90
LT 2.7 DV	201	12,20	2,74	5,57	20,38	10,20	12,40	14,10
LT 1.6 DV	201	11,84	2,70	5,71	19,50	10,00	11,90	13,60
LT 2.6 DV	201	11,85	2,23	6,54	21,00	10,27	11,80	13,44
LT 1.6 MV	201	12,92	2,86	5,16	22,00	10,87	13,09	14,90
LT 2.6 MV	201	12,90	2,79	5,76	21,70	10,94	13,44	14,70

**Tabla 10.-** Valores de longitud total en milímetros (mm). *Leyenda: desv (desviación), mín. (mínimo), máx (máximo).*

Se ha estimado el IC 95% para los valores medios:

- LT 1.7 DV: 11,88-12,65
- LT 2.7 DV: 11,82-12,58
- LT 1.6 DV: 11,47-12,22
- LT 2.6 DV: 11,54-12,16
- LT 1.6 MV: 12,52-13,31
- LT 2.6 MV: 12,51-13,28

El gráfico siguiente representa las distribuciones muestrales de estas dimensiones (**Figura 29**). La caja concentra al 50% de los casos, siendo la mediana la línea horizontal que la divide. Los bordes superior e inferior de la caja se corresponden con el 1er y 3er cuartil, por debajo de los cuales está el 25% y 75% respectivamente de la muestra. Los “bigotes” se extienden hasta los valores en un rango aceptable, por encima de los cuales están los atípicos (círculos) y los extremos (asteriscos).



**Figura 29.- Diagrama de cajas de las medidas de longitud total (LT) en primeros y segundos molares maxilares.**

A continuación, se compara la longitud total media entre primer y segundo molar superior (**Tabla 11**):

	Diferencia media	IC 95%	p-valor
LT 1.7 DV – LT 1.6 DV	0,42	0,06 0,79	<b>0,023*</b>
LT 1.7 DV – LT 1.6 MV	-0,65	-1,03 -0,26	<b>0,001**</b>
LT 2.7 DV – LT 2.6 DV	0,35	0,01 0,69	<b>0,046*</b>
LT 2.7 DV – LT 2.6 MV	<b>-0,70</b>	<b>-1,08 -0,31</b>	<b>&lt;0,001***</b>

**Tabla 11.- Longitud total media según región del 1° o 2° molar superior:** diferencia media, IC95% y resultados del test t de medidas repetidas.

En todas las comparaciones hay diferencias significativas:

- La LT del 1.7 es significativamente mayor que la del 1.6 a nivel DV ( $p=0,023$ ). También hay diferencias cuando se comparan los dientes del lado opuesto ( $p=0,046$ ).
- La LT del 1.7 DV es significativamente menor que la del 1.6 MV ( $p=0,001$ ). La misma conclusión si se compara la 2.7 DV a la del 2.6 MV ( $p<0,001$ ).

#### 6.4.1 Simetría contralateral

Se acepta la simetría de las mediciones en ambos laterales, con los resultados obtenidos en la **Tabla 12**.

	Diferencia media	IC 95%	p-valor
LT 1.7 DV – LT 2.7 DV	0,07	-0,19 0,32	<b>0,609</b>
LT 1.6 DV – LT 2.6 DV	-0,01	-0,28 0,26	<b>0,936</b>
LT 1.6 MV – LT 2.6 MV	<b>0,02</b>	<b>-0,20 0,24</b>	<b>0,857</b>

**Tabla 12.- Longitud total media según lateral:** diferencia media, IC95% y resultados del test t de medidas repetidas.

#### 6.4.2 Efecto de los factores de perfil en LT 1.7 DV

La siguiente batería de pruebas estadísticas compara la LT media entre diferentes niveles de los factores demográficos y clínicos (**Tabla 13**):

	p-valor
SEXO	0,111 (t)
GRUPO EDAD	0,744 (t)
CLASE	0,711 (F)
PATRÓN	0,005** (F)

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

**Tabla 13.- Longitud total media LT 17 DV según factores independientes:** test t de muestras independientes y test F de ANOVA de una vía.

Se hallan diferencias significativas en la medida de la LT en función del patrón facial ( $p=0,005$ ).

Las pruebas de comparación múltiple de Bonferroni demuestran que los mesofaciales se diferencian significativamente con valores inferiores con respecto a los braquifaciales ( $p=0,006$ ) y los dolicofaciales ( $p=0,033$ ). Los valores de braquifaciales y dolicofaciales son similares ( $p=1,000$ ) (**Figura 30**).

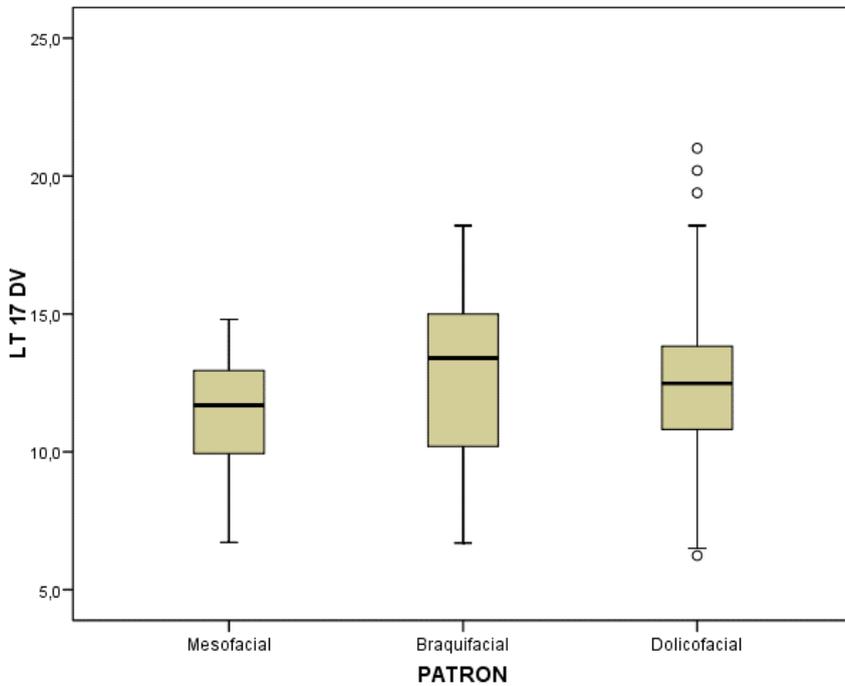


Figura 30.- Diagrama de cajas por grupo en función del patrón facial.

#### 6.4.3 Efecto de los factores de perfil en LT 2.7 DV

No se hallan diferencias significativas en la medida de la LT en función de los diferentes factores (Tabla 14).

	p-valor
SEXO	0,292 (t)
GRUPO EDAD	0,775 (t)
CLASE	0,808 (F)
PATRÓN	0,309 (F)

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

Tabla 14.- Longitud total media LT 27 DV según factores independientes: test t de muestras independientes y test F de ANOVA de una vía

#### 6.4.4 Efecto de los factores de perfil en LT 1.6 DV

Se hallan diferencias significativas en la medida de la LT en función del patrón facial (**Tabla 15**).

	p-valor
SEXO	<b>0,204 (t)</b>
GRUPO EDAD	<b>0,565 (t)</b>
CLASE	<b>0,933 (F)</b>
PATRÓN	<b>0,021* (F)</b>

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

**Tabla 15.- Longitud total media LT 16 DV según factores independientes: test t de muestras independientes y test F de ANOVA de una vía.**

Las pruebas de comparación múltiple de Bonferroni demuestran que los pacientes mesofaciales se diferencian significativamente de los braquifaciales ( $p=0,035$ ) y, con fuerte tendencia, de los dolicofaciales ( $p=0,062$ ). Los valores de braquifaciales y dolicofaciales son similares ( $p=1,000$ ) (**Figura 31**).

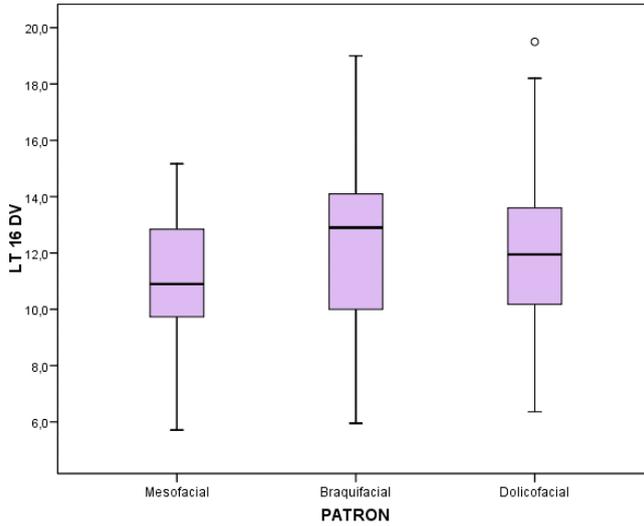


Figura 31.- Diagrama de cajas por grupo en función del patrón facial.

#### 6.4.5 Efecto de los factores de perfil en LT 2.6 DV

No se detectaron diferencias significativas en la medición LT<sub>2.6</sub> DV, si bien se aprecian ciertas tendencias relativas al sexo ( $p=0,094$ ) y la edad ( $p=0,085$ ) (Tabla 16).

	p-valor
SEXO	<b>0,094 (t)</b>
GRUPO EDAD	<b>0,085 (t)</b>
CLASE	<b>0,986 (F)</b>
PATRÓN	<b>0,766 (F)</b>

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

Tabla 16.- Longitud total media LT 2.6 DV según factores independientes: test t de muestras independientes y test F de ANOVA de una vía.

En el **Anexo VIII (longitud total según sexo y edad)** se interpreta que las mujeres y los mayores de 30 años son los estratos donde se mide una longitud más grande.

#### 6.4.6 Efecto de los factores de perfil en LT 1.6 MV

Se hallan diferencias significativas en la medida de la LT en función del patrón facial (**Tabla 17**).

	p-valor
SEXO	0,643 (t)
GRUPO EDAD	0,624 (t)
CLASE	0,131 (F)
PATRÓN	0,001** (F)

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

**Tabla 17.- Longitud total media LT 16 MV según factores independientes:** test t de muestras independientes y test F de ANOVA de una vía

Las pruebas de comparación múltiple de Bonferroni demuestran que los mesofaciales se diferencian significativamente de los braquifaciales ( $p=0,020$ ) y de los dolicofaciales ( $p=0,001$ ). Los valores de braquifaciales y dolicofaciales son similares ( $p=1,000$ ) (**Figura 32**).

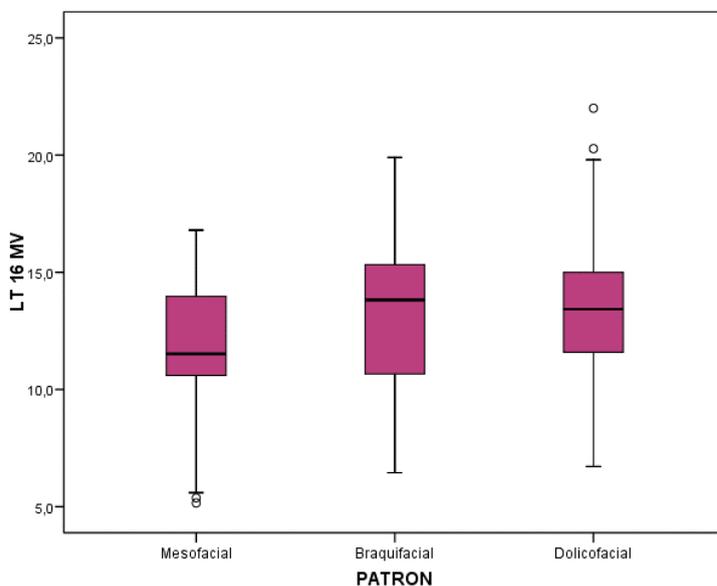


Figura 32.- Diagrama de cajas por grupo en función del patrón facial.

#### 6.4.7 Efecto de los factores de perfil en LT 2.6 MV

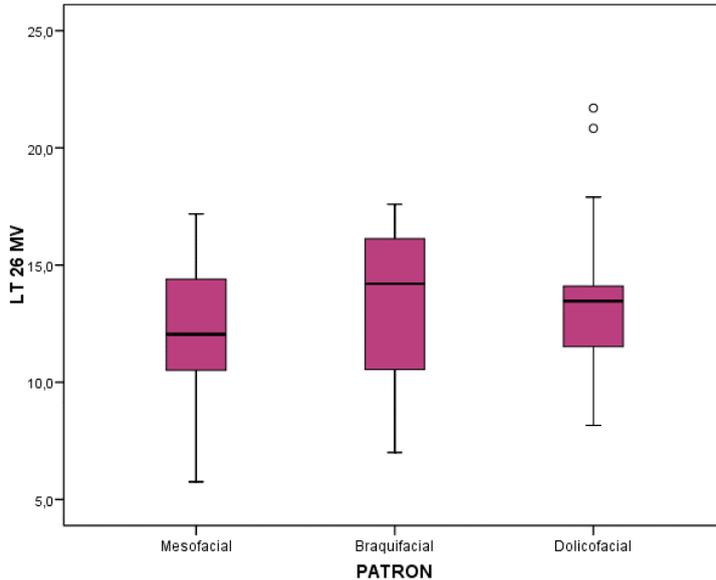
Se hallan diferencias significativas en la medida de la LT en función del patrón facial (**Tabla 18**).

	p-valor
SEXO	0,640 (t)
GRUPO EDAD	0,686 (t)
CLASE	0,193 (F)
PATRÓN	0,029* (F)

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

Tabla 18.- Longitud total media LT 26 MV según factores independientes: test t de muestras independientes y test F de ANOVA de una vía.

Las pruebas de comparación múltiple de Bonferroni demuestran que los mesofaciales se diferencian significativamente de los braquifaciales ( $p=0,031$ ), pero no de los dolicofaciales ( $p=0,141$ ). Los valores de braquifaciales y dolicofaciales son similares ( $p=1,000$ ) (**Figura 33**).



**Figura 33.- Diagrama de cajas por grupo en función del patrón facial.**

### 6.5. Análisis de la longitud intraalveolar.

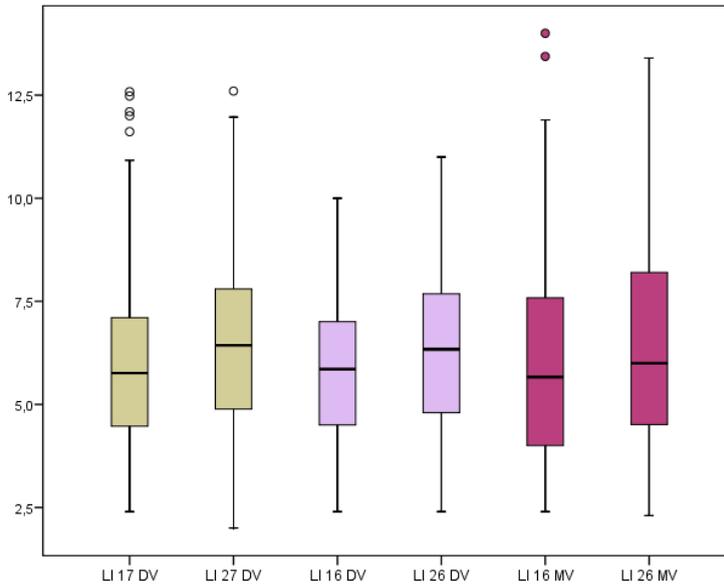
La **tabla 19** describe la dimensión (LI) en las posiciones de primer y segundo molar a a nivel DV y MV:

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Mediana	Percentil 75
LI 1.7 DV	201	5,98	2,07	2,40	12,58	4,47	5,76	7,10
LI 2.7 DV	201	6,53	2,18	2,00	12,60	4,89	6,43	7,80
LI 1.6 DV	201	5,84	1,80	2,40	10,00	4,50	5,86	7,01
LI 2.6 DV	201	6,33	1,99	2,40	11,00	4,80	6,34	7,68
LI 1.6 MV	201	5,98	2,38	2,40	14,00	4,00	5,66	7,58
LI 2.6 MV	201	6,40	2,53	2,30	13,40	4,51	6,00	8,20

**Tabla 19.- Longitud intraalveolar (mm).**

Se ha estimado el IC 95% para los valores medios (**Figura 34**):

- LI 1.7 DV: 5,69-6,27
- LI 2.7 DV: 6,22-6,82
- LI 1.6 DV: 5,59-6,09
- LI 2.6 DV: 6,05-6,61
- LI 1.6 MV: 5,65-6,32
- LI 2.6 MV: 6,05-6,75



**Figura 34.- Diagrama de cajas de las medidas de longitud intraalveolar (LI) en primeros y segundos molares maxilares.**

A continuación, se compara la longitud intraalveolar media entre diferentes dientes (**Tabla 20**):

	Diferencia media	IC 95%	p-valor
LI 1.7 DV – LI 1.6 DV	0,14	-0,11 0,39	<b>0,266</b>
LI 1.7 DV – LI 1.6 MV	0,00	-0,32 0,32	<b>0,981</b>
LI 2.7 DV – LI 2.6 DV	0,20	-0,08 0,47	<b>0,161</b>
LI 2.7 DV – LI 2.6 MV	<b>0,13</b>	<b>-0,25 0,50</b>	<b>0,510</b>

**Tabla 20.- Longitud intraalveolar media según región del primer o segundo molar maxilar: diferencia media, IC95% y resultados del test t de medidas repetidas.**

Todos los test concluyen que no hay suficiente evidencia estadística para hablar de diferencias entre mediciones ( $p > 0,05$ ).

### 6.5.1 Simetría contralateral

Se concluye asimetría de las mediciones en ambos laterales (Tabla 21). En el 2º cuadrante las dimensiones medias son significativamente más grandes que en el 1º.

	Diferencia media	IC 95%	p-valor
LI 1.7 DV – LI 2.7 DV	-0,54	-0,76 -0,33	<0,001***
LI 1.6 DV – LI 2.6 DV	-0,49	-0,68 -0,30	<0,001***
LI 1.6 MV – LI 2.6 MV	-0,41	-0,64 -0,19	<0,001***

**Tabla 21.- Longitud intraalveolar media según lateral:** diferencia media, IC95% y resultados del test t de medidas repetidas.

### 6.5.2 Efecto de los factores de perfil en LI 1.7 DV

La siguiente batería de pruebas estadísticas compara la LI media entre diferentes niveles de los factores demográficos y clínicos (Tabla 22):

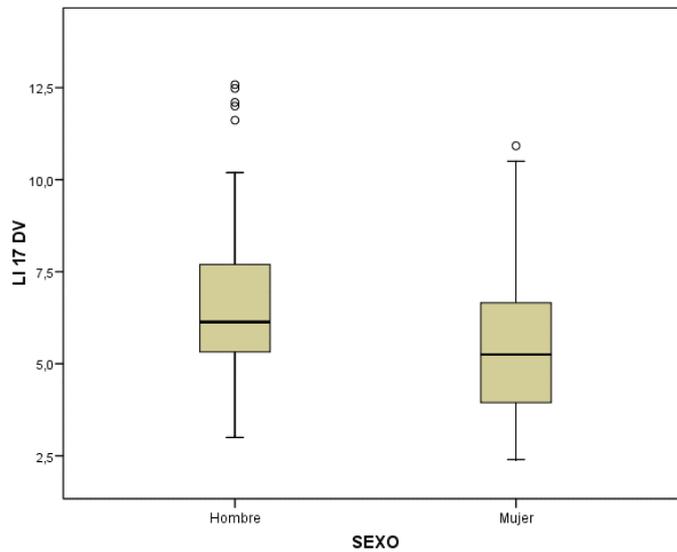
	p-valor
SEXO	<0,001** (t)
GRUPO EDAD	0,058 (t)
CLASE	0,797 (F)
PATRÓN	0,321 (F)

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

**Tabla 22.- Longitud total media LI 1.7 DV según factores independientes:** test t de muestras independientes y test F de ANOVA de una vía.

No se hallan diferencias significativas en la medida de la LI en función de la edad, clase o patrón; pero sí hay dimorfismo sexual ( $p < 0,001$ ).

El **Anexo IX (longitud intraalveolar según sexo)** describe una LI media 6,60 mm en hombres y 5,49 mm en mujeres (**Figura 35**).



**Figura 35.- Diagrama de cajas por grupo en función del sexo.**

### 6.5.3 Efecto de los factores de perfil en LI 2.7 DV

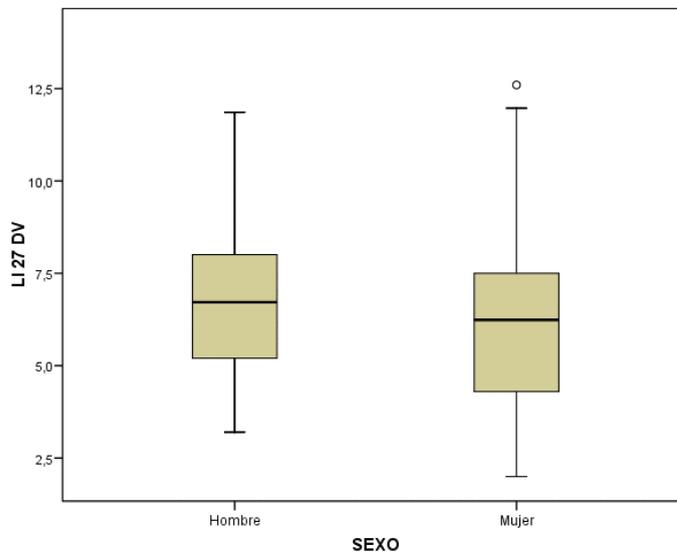
No se hallan diferencias significativas en la medida de la LI en función de los diferentes factores (**Tabla 23**).

	p-valor
SEXO	0,025* (t)
GRUPO EDAD	0,602 (t)
CLASE	0,505 (F)
PATRÓN	0,721 (F)

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

**Tabla 23.- Longitud total media LI 2.7 DV según factores independientes: test t de muestras independientes y test F de ANOVA de una vía.**

De nuevo, las diferencias significativas atañen al sexo del sujeto. El **Anexo IX (Longitud intraalveolar según sexo)** describe una LI media 6,91 mm en hombres y 6,22 mm en mujeres (**Figura 36**).



**Figura 36.- Diagrama de cajas por grupo en función del sexo.**

#### 6.5.4 Efecto de los factores de perfil en LI 1.6 DV

No se hallan diferencias significativas en la medida de la LI en función de los diferentes factores (**Tabla 24**).

	p-valor
SEXO	0,149 (t)
GRUPO EDAD	0,185 (t)
CLASE	0,139 (F)
PATRÓN	0,237 (F)

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

**Tabla 24.- Longitud total media LI 16 DV según factores independientes:** test t de muestras independientes y test F de ANOVA de una vía.

#### 6.5.5 Efecto de los factores de perfil en LI 2.6 DV

No se hallan diferencias significativas en la medida de la LI en función de los diferentes factores (**Tabla 25**).

	p-valor
SEXO	0,379 (t)
GRUPO EDAD	0,588 (t)
CLASE	0,907 (F)
PATRÓN	0,861 (F)

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

**Tabla 25.- Longitud total media LI 26 DV según factores independientes:** test t de muestras independientes y test F de ANOVA de una vía.

### 6.5.6 Efecto de los factores de perfil en LI 1.6 MV

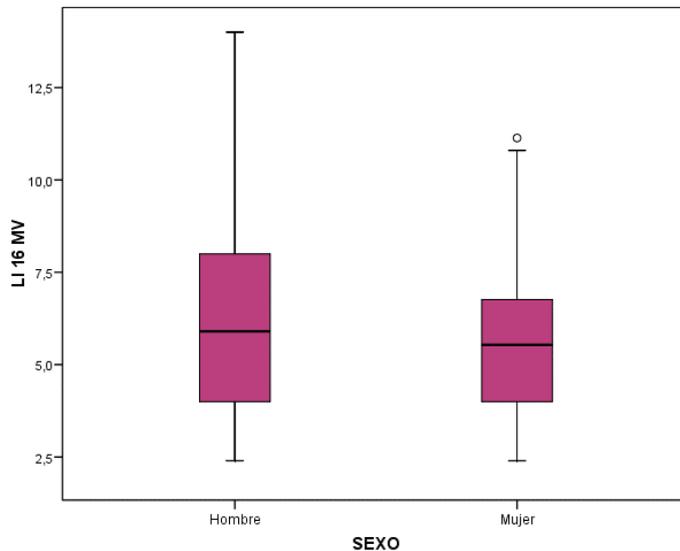
Varios de los factores implican diferencias significativas en la medición de la LI a nivel de 1.6 MV (**Tabla 26**).

	p-valor
SEXO	0,006** (t)
GRUPO EDAD	0,177 (t)
CLASE	0,142 (F)
PATRÓN	0,004** (F)

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

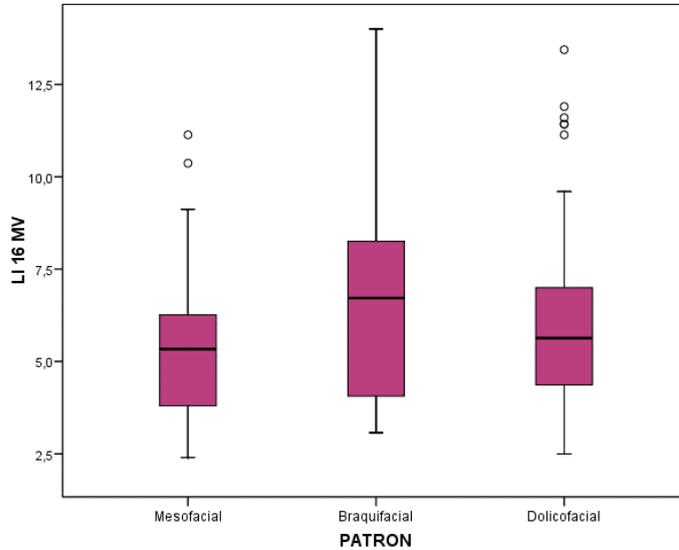
**Tabla 26.- Longitud total media LI 16 MV según factores independientes:** test t de muestras independientes y test F de ANOVA de una vía.

El **Anexo IX (Longitud intraalveolar según sexo)** se describen promedios de 6,52 y 5,56 mm respectivamente en hombres y mujeres (**Figura 37**):



**Figura 37.- Diagrama de cajas por grupo en función del sexo.**

Por otra parte, el patrón facial también induce fuertes diferencias  
(Figura 38):



**Figura 38.- Diagrama de cajas por grupo en función del patrón facial.**

Las pruebas de comparación múltiple de Bonferroni demuestran que los mesofaciales se diferencian significativamente de los braquifaciales ( $p=0,003$ ); pero no de los dolicofaciales ( $p=0,215$ ). Los valores de braquifaciales y dolicofaciales son similares ( $p=0,201$ ).

### 6.5.7 Efecto de los factores de perfil en LI 2.6 MV

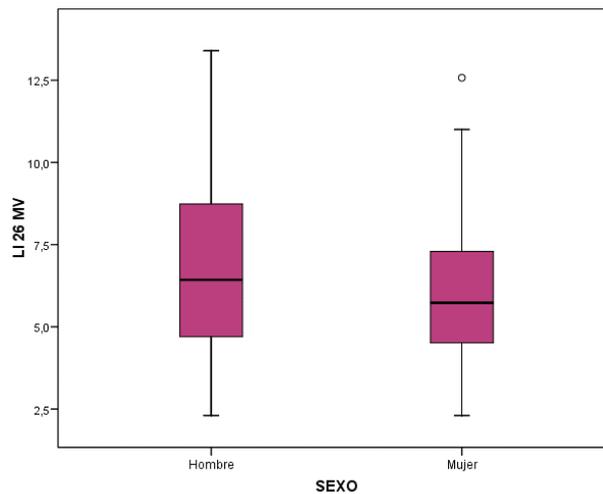
Varios factores implican diferencias significativas en la medición de la LI a nivel de 2.6 MV (**Tabla 27**):

	p-valor
SEXO	<b>0,006** (t)</b>
GRUPO EDAD	<b>0,346 (t)</b>
CLASE	<b>0,001** (F)</b>
PATRÓN	<b>0,052 (F)</b>

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

**Tabla 27.- Longitud total media LI 26 MV según factores independientes:** test t de muestras independientes y test F de ANOVA de una vía .

En el **Anexo IX (Longitud intraalveolar según sexo)** se describen promedios de 6,95 y 5,96 mm respectivamente en hombres y mujeres (**Figura 39**):



**Figura 39.- Diagrama de cajas por grupo en función del sexo.**

Se ha detectado diferencia significativa en la medición LI según la clase esquelética del paciente ( $p=0,001$ ).

Las pruebas de comparación múltiple de Bonferroni que la clase I se diferencia significativamente de la II ( $p=0,001$ ) y de la III ( $p=0,035$ ). Los valores de clase II y III son similares ( $p=0,709$ ).

El Anexo IX (Longitud intraalveolar según clase esquelética) proporciona medias 5,56, 7,13 y 6,62 respectivamente para clases I, II y III (Figura 40).

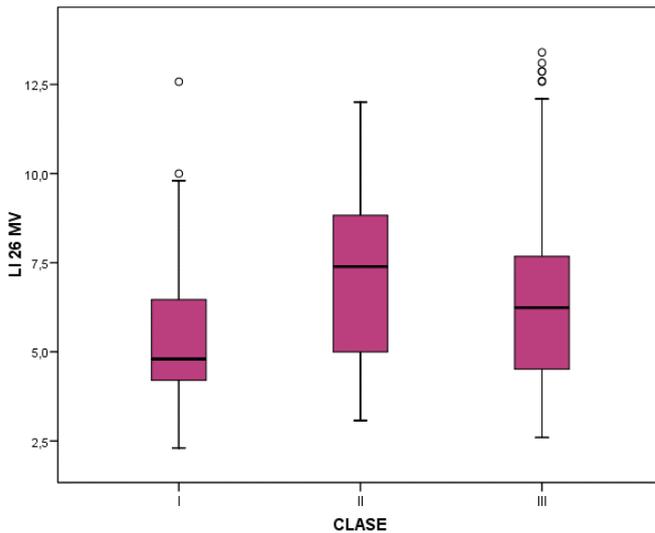


Figura 40.- Diagrama de cajas por grupo en función de la clase esquelética

## 6.6 Relación de distancia LAC - cresta alveolar con longitudes total e intraalveolar (LT,LI)

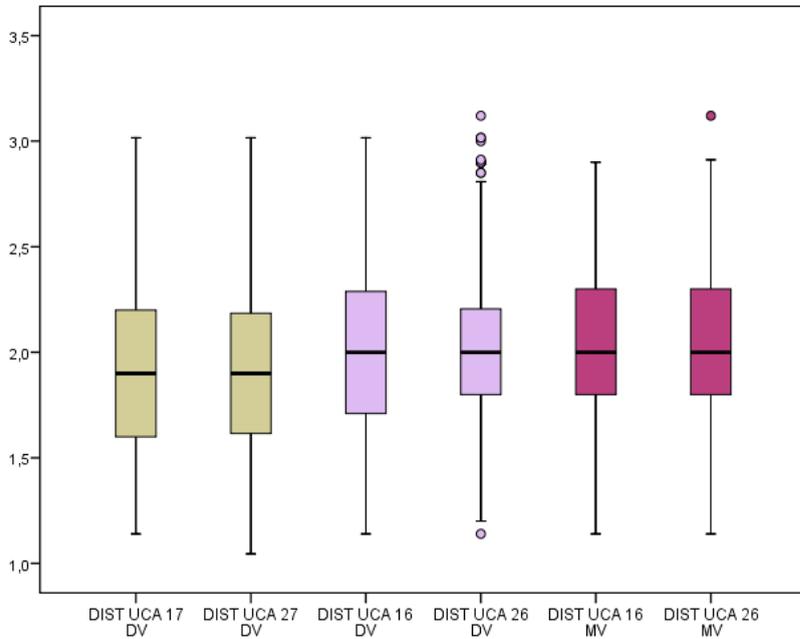
En primer lugar, una breve descriptiva de la distancia LAC-cresta (**Tabla 28**):

	N	Media	Desv. típica	Mín.	Máx.	Percentil 25	Mediana	Percentil 75
<b>DIST LAC 1.7 DV</b>	201	1,97	,44	1,14	3,02	1,60	1,90	2,20
<b>DIST LAC 2.7 DV</b>	201	1,93	,43	1,05	3,02	1,62	1,90	2,19
<b>DIST LAC 1.6 DV</b>	201	2,03	,41	1,14	3,02	1,71	2,00	2,29
<b>DIST LAC 2.6 DV</b>	201	2,06	,40	1,14	3,12	1,80	2,00	2,21
<b>DIST LAC 1.6 MV</b>	201	2,04	,37	1,14	2,90	1,80	2,00	2,30
<b>DIST LAC 2.6 MV</b>	201	2,06	,40	1,14	3,12	1,80	2,00	2,30

**Tabla 28.-** Distancia LAC-cresta ósea en milímetros (mm). Leyenda: desv (desviación), mín (mínimo), máx (máximo).

Se ha estimado el IC 95% para los valores medios (**Figura 41**):

- LI 1.7 DV: 1,91-2,03
- LI 2.7 DV: 1,87-1,99
- LI 1.6 DV: 1,98-2,09
- LI 2.6 DV: 2,00-2,12
- LI 1.6 MV: 1,99-2,10
- LI 2.6 MV: 2,01-2,12



**Figura 41.- Diagrama de cajas de las medidas de distancia LAC – cresta alveolar en primeros y segundos molares maxilares.**

### 6.6.1 Medidas en 1.7 DV

Existe una correlación débil-moderada, inversa y estadísticamente significativa entre la distancia y las longitudes. Es decir, a menor distancia, mayores longitudes (**Tabla 29**):

	LT	LI
Distancia LAC-cresta	r= -0,38; p<0,001***	r= -0,30; p<0,001***
LI	r= 0,41; p<0,001***	

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

Tabla 29.- Relación distancia LAC-cresta con LT y LI en 1.7 DV: coeficiente r de correlación lineal de Pearson.

Entre las longitudes LT y LI hay correlación débil-moderada, directa y también significativa. Es decir, a mayor LT, mayor LI (**Figura 42**).

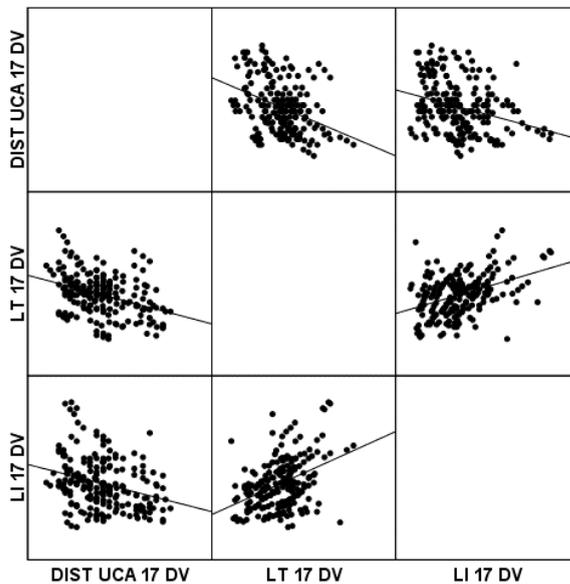


Figura 42.- Gráfico de regresión de las longitudes LT y LI para 1.7 DV.

6.6.2 Medidas en 2.7 DV

Hay correlación débil, inversa y estadísticamente significativa entre la distancia y las longitudes. Es decir, a menor distancia, mayor LT (Tabla 30):

	LT	LI
Distancia LAC-cresta	r= -0,35; p<0,001***	r= -0,24; p=0,001**
LI	r= 0,26; p<0,001***	

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

Tabla 30.- Relación distancia LAC-cresta con LT y LI en 2.7 DV: coeficiente r de correlación lineal de Pearson.

Entre las longitudes LT y LI hay correlación débil, directa y también significativa. Es decir, a mayor LT, mayor LI (Figura 43).

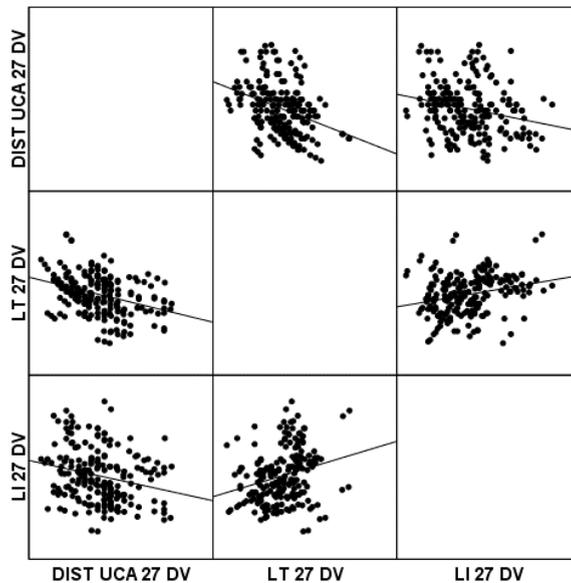


Figura 43.- Gráfico de regresión de las las longitudes LT y LI para 2.7 DV.

6.6.3 Medidas en 1.6 DV

Hay correlación débil, inversa y estadísticamente significativa entre la distancia y la longitud LI. Es decir, a menor distancia, mayor LI (Tabla 31).

	LT	LI
Distancia LAC-cresta	r= -0,09; p= 0,197	r= -0,33; p<0,001***
LI	r= 0,43; p<0,001***	

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

Tabla 31.- Relación distancia LAC-cresta con LT y LI en 1.6 DV: coeficiente r de correlación lineal de Pearson.

Entre las longitudes LT y LI hay correlación moderada, directa y también significativa. Es decir, a mayor LT, mayor LI (Figura 44).

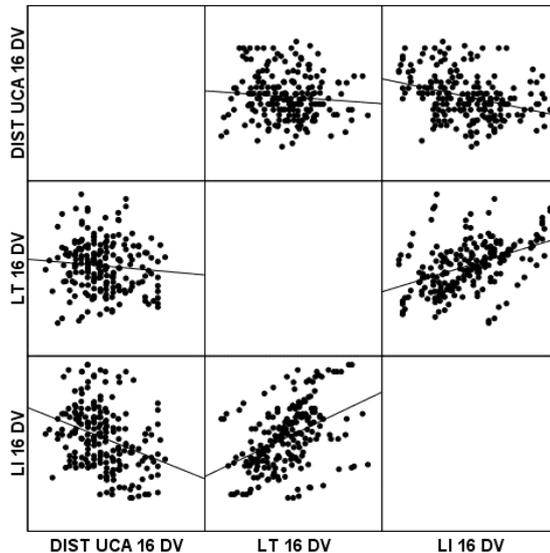


Figura 44.- Gráfico de regresión entre las longitudes LT y LI para 1.6 DV.

6.6.4 Medidas en 2.6 DV

No se halla correlación significativa entre distancia y LT; pero sí con LI aunque ésta bastante pobre ( $r = -0,18$ ) (Tabla 32):

	LT	LI
Distancia LAC-cresta	$r = -0,09$ ; $p = 0,189$	$r = -0,18$ ; $p = 0,012^*$
LI	$r = 0,40$ ; $p < 0,001^{***}$	

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

Tabla 32.- Relación distancia LAC-cresta con LT y LI en 2.6 DV: coeficiente r de correlación lineal de Pearson.

Entre las longitudes LT y LI hay correlación débil-moderada, directa y significativa. Es decir, a mayor LT, mayor LI (Figura 45).

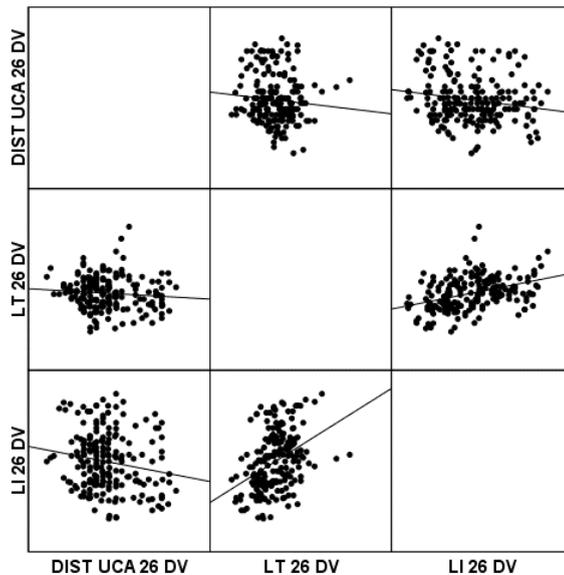


Figura 45.- Gráfico de regresión entre las longitudes LT y LI para 2.6 DV.

6.6.5 Medidas en 1.6 MV

Hay correlación débil, inversa y estadísticamente significativa entre la distancia y la LT, y moderada, inversa y significativa entre distancia y LI. Es decir, a menor distancia, mayores longitudes (Tabla 33).

	LT	LI
<b>Distancia LAC-cresta</b>	r= -0,23; p= 0,001**	r= -0,44; p<0,001***
<b>LI</b>	r= 0,63; p<0,001***	

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

Tabla 33.- Relación distancia LAC-cresta con LT y LI en 1.6 MV: coeficiente r de correlación lineal de Pearson.

Entre las longitudes LT y LI hay correlación moderada-fuerte, directa y también significativa. Es decir, a mayor LT, mayor LI (Figura 46).

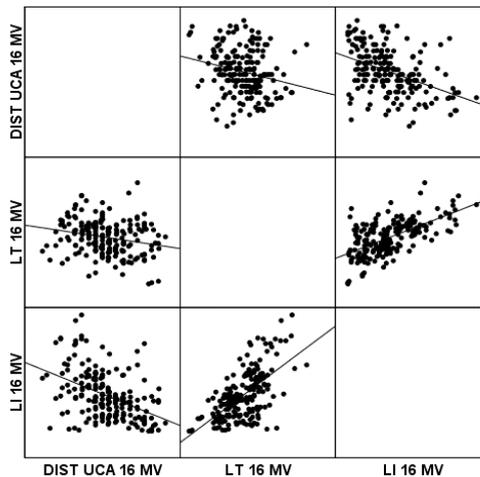


Figura 46.- Gráfico de regresión de las longitudes LT y LI para 1.6 MV.

6.6.6 Medidas en 2.6 MV

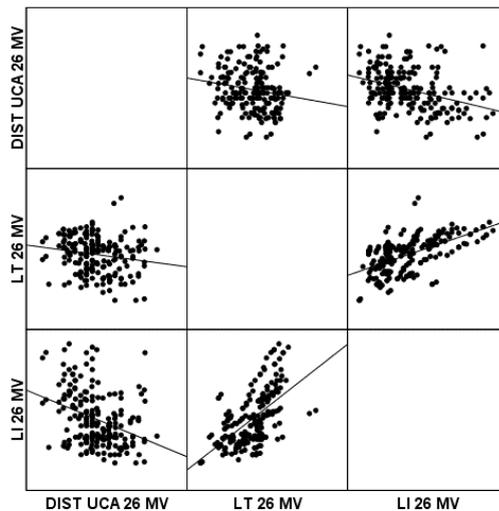
Hay correlación débil-moderada, inversa y estadísticamente significativa entre la distancia y la longitud LI. Es decir, a menor distancia, mayor LI. La distancia y la LT se correlacionan incluso más débilmente, alcanzando también la significancia estadística (**Tabla 34**).

	LT	LI
Distancia LAC-cresta	r= -0,17; p= 0,013*	r= -0,35; p<0,001***
LI	r= 0,58; p<0,001***	

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

**Tabla 34.-** Relación distancia LAC-cresta con LT y LI en 2.6 MV: coeficiente r de correlación lineal de Pearson.

Entre las longitudes LT y LI hay correlación moderada, directa y también significativa. Es decir, a mayor LT, mayor LI (**Figura 47**).



**Figura 47.-** Gráfico de regresión de las longitudes LT y LI para 2.6.

## **7. DISCUSIÓN**



Siguiendo con el esquema establecido en los apartados de revisión sistemática, material y método y resultados por el que estructuramos esta investigación, se dividió la discusión de la misma manera.

## **7.1 Revisión sistemática**

En la evidencia científica actual, existe un gran número de publicaciones acerca del estudio localizaciones extraalveolares para la inserción de dispositivos de anclaje temporal en el campo de la ortodoncia. Sin embargo, hasta la fecha, no hemos encontrado ninguna revisión sistemática que evalúe específicamente estos resultados a nivel de la cresta infracigomática con sus propias distinciones, que podrían repercutir a nivel clínico.

La revisión sistemática se realizó siguiendo la guía PRISMA (Moher et al., 2009), y se registró de forma prospectiva en la base de datos PROSPERO con la intención de garantizar la transparencia en sus resultados. La calidad metodológica de los artículos incluidos se aseguró mediante la escala New Castle Ottawa (ONS) (Wells et al., 2014).

La llegada de los dispositivos de anclaje temporal ha facilitado la predictibilidad de movimientos dentales complejos. Además de proporcionar un anclaje seguro y fiable, evitando movimientos no deseados; en muchas ocasiones ha mejorado el plan económico del tratamiento. Ya que, a diferencia de las miniplacas, los microtornillos pueden ser fácilmente colocados por el ortodontista

**(Melsen, 2005; Baumgaertel et al., 2014; Arvind y Jain., 2021; Matias et al., 2021).**

Mejorar la tasa de supervivencia de los microtornillos buscando puntos de inserción con amplia disponibilidad de cortical ósea y adecuado vector de fuerza biomecánica que además, se aleje de terminaciones nerviosas, vasos sanguíneos o raíces dentales que puedan interferir en el movimiento de ortodoncia **(Liou et al., 2007; Baumgaertel et al., 2011; Farnsworth et al., 2011)**, ha llevado al clínico a buscar puntos de inserción en regiones extraalveolares (retromolar, sutura palatina, región infracigomática, “*buccal shelf*”) **(Gracco et al., 2008; Baumgaertel y Hans, 2009; Hsu et al., 2017)**. A diferencia de las localizaciones interradiculares, permiten mover la dentición con la aplicación de una fuerza inmediata y directa al arco dentario sin preocuparse de la posible colisión, durante el tratamiento de ortodoncia, de la estructura dental con el microtornillo.

El patrón de crecimiento de cada paciente se caracteriza por desempeñar un papel crucial en la planificación del tratamiento ortodóncico. Los individuos pueden clasificarse en grupos hipodivergentes (braquifaciales), hiperdivergentes (dolicofaciales) y normodivergentes (mesofaciales); según el crecimiento vertical del maxilar y la mandíbula. Un paciente que presenta una cara equilibrada en la dimensión vertical, se clasifica como neutro a nivel de divergencia; quien presenta una altura facial anterior aumentada se clasifica como hiperdivergente; una altura facial anterior disminuida se categoriza como hipodivergente **(Jarabak y Fizzell, 1972)**.

En cuanto a la relación de la altura ósea de la cresta infracigomática con patrones faciales, no existe consenso en la literatura científica actual. Estudios como el de **Matias et al. (2021)** concluyeron que, el grosor del hueso cortical de la cresta infracigomática fue similar entre los tres patrones faciales o no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos (**Tavares et al., 2020**). La profundidad de la IZC se define por la distancia entre los límites bucal y palatino con el seno maxilar de la zona de la cresta infracigomática, sin interferencia radicular. Comprender que los sujetos del grupo hiperdivergente experimentaron un mayor desarrollo vertical que los sujetos de los otros grupos, puede explicar que los valores medios aquí fueran los más altos entre los tres grupos de estudio. Por lo tanto, es probable que el aumento de altura dentro del grupo hiperdivergente se deba a la altura de la cresta infracigomática y probablemente no esté estrictamente relacionado con la anchura vestíbulo-palatina (**Husseini et al., 2022**).

Los valores significativamente mayores de profundidad y altura en la zona del primer molar maxilar en el grupo hiperdivergente observados en el grupo de **Husseini et al. (2022)** podrían explicarse por **Okşayan et al. (2017)** quienes informaron una disminución en la dimensión y la anchura del seno maxilar en sentido vertical en comparación con los otros patrones faciales, y además por los hallazgos de **Kuitert et al. (2006)** con respecto al grupo de pacientes hiperdivergentes que presentaban un reborde alveolar maxilar más largo. Sin embargo, los resultados del presente estudio entran en contradicción con los resultados de **Costea et al. (2018)**. Según estos autores, el grupo hiperdivergente tiende a tener una distancia reducida

entre los ápices radiculares y el suelo del seno maxilar en comparación con el grupo hipodivergente.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio de **Lima et al. (2022)**, los lugares que pueden ser considerados seguros por el ortodoncista para la inserción de minitornillos infracigomáticos, se ubican bilateralmente a 11 milímetros de la cresta alveolar maxilar entre el primer y segundo molar superior, a nivel de la raíz mesial del segundo molar superior para los tres tipos faciales. Para pacientes con tipos faciales hiperdivergentes pueden ser idóneos las siguientes regiones de inserción: a 9 milímetros de la cresta alveolar maxilar en la raíz mesial del segundo molar y a 11 milímetros de la cresta alveolar maxilar en la raíz distal del segundo molar.

Dada las significativas características óseas con repercusión clínica que puede llegar a tener cada patrón facial, (**Husseini et al., 2022; Lima et al., 2022**) en el año 2014 el equipo de **Ozdemir et al.**, evaluó cuantitativamente las densidades óseas de los procesos alveolares maxilares y mandibulares en adultos con diferentes tipos faciales verticales utilizando imágenes de TCHC. Sin embargo, el estudio de **Arvind y Jain (2021)** realizado sobre imágenes TC, fue el primero que informó de diferentes valores de densidad ósea de la región de la cresta infracigomática entre los distintos patrones de crecimiento. En el presente estudio, los grupos hipodivergentes tenían la máxima densidad ósea cortical y esponjosa, seguidos de los grupos normodivergente e hiperdivergente. Los hombres tenían una densidad ósea cortical media más alta que las mujeres. Los valores de densidad

del hueso esponjoso fueron aproximadamente un tercio de los valores de densidad cortical en los tres patrones de crecimiento.

Cabe destacar que la literatura científica actual acerca de la cresta infracigomática es escasa, heterogénea y de moderada calidad científica. Además, fueron diversos los estudios que sí que estudiaron la cresta infracigomática sobre una muestra que incluía pacientes menores de edad (< 18 años) como por ejemplo el trabajo de **Vargas et al. (2020)** y **Lee et al. (2013)**. Por otro lado, el estudio de **Fansworth et al. (2011)**, a diferencia del estudio de **Vargas et al. (2020)**, sí se tuvo en cuenta (G2) en nuestra revisión sistemática debido a que dividió su muestra por grupos de edad, distinguiendo pacientes adultos de menores. Siguiendo investigaciones como la de **Fansworth et al. (2011)** o **Arango et al. (2022)** que concluyeron diferencias anatómicas estadísticamente significativas entre pacientes adultos y menores de edad, no se pudo tener en cuenta en la presente revisión sistemática, trabajos de investigación cuyo tamaño muestral estuviera compuesto por pacientes menores de edad, sin distinción de los de edad adulta.

Con el paso del tiempo, dentro de los estudios incluidos se observa que los trabajos más recientes (**Arvind y Jain, 2021**; **Tavares et al., 2021**; **Matias et al., 2021** y **Husseini et al., 2022**), sí que tienen presente el patrón facial como una característica del paciente a discernir, incluso la clase esquelética como es el caso del trabajo de **Tavares et al. (2021)**.

Los únicos estudios que no encontraron resultados estadísticamente significativos entre diferentes patrones faciales, fueron **Tavares et al. (2020)** y **Matias et al. (2021)**. El estudio reciente de **Arango et al. (2022)** señaló como limitación, no haber analizado el biotipo facial o maloclusión esquelética del paciente. En estudios como el de **Liou et al. (2007)**, **Liu et al. (2017)** y **Farnsworth et al. (2011)** señalan como criterio de exclusión en la selección de la muestra la existencia de anomalías craneofaciales o asimetrías esqueléticas, sin mencionar la maloclusión esquelética o clasificación del crecimiento vertical del maxilar o la mandíbula.

La cresta infracigomática se trata de una estructura ósea de controvertido análisis debido a las estructuras circundantes con unos límites anatómicos, en muchas ocasiones, difíciles de definir. El método de estudio de la cresta infracigomática más común en los trabajos de investigación, fue la TCHC (**Farnsworth et al., 2011; Liu et al., 2017; Matias et al., 2021; Arango et al., 2022** y **Husseini et al., 2022**). Sin embargo, fueron tres los estudios que emplearon la TC: **Liou et al. (2007)**, **Tavares et al. (2020)** y **Arvind y Jain (2021)**. Este último, justificó la TC como método de elección a la hora de discernir diferentes densidades óseas tanto en la región infracigomática como en la zona interradicular. Sólo un estudio empleó la Tomografía Computarizada Multi-Corte (TCMC) (**Tavares et al., 2021**).

Los puntos de referencia anatómicos fueron dispares entre los estudios; este hecho ha desembocado en la imposibilidad de la homogeneización de datos para poder obtener datos metaanalíticos.

Sólo tres estudios (**Tavares et al., 2020; Matias et al., 2021; Arango et al., 2022**) emplearon la línea amelocementaria como punto de referencia anatómico en el análisis de la región infracigomática. Dos estudios (**Arvind y Jaian, 2021; Husseini et al., 2022**) tomaron como referencia el ápice radicular; el estudio de **Farnsworth et al. (2011)** estableció unos planos en tres dimensiones estandarizados. Los estudios de **Liou et al. (2007)** y **Tavares et al. (2020)** tuvieron en cuenta la raíz mesiovestibular del primer o segundo molar superior (dependiendo de la región a estudiar), y el plano oclusal del maxilar. Por último, el estudio de **Liu et al. (2017)** tomó como referencia la cresta alveolar.

## **7.2 Análisis de la metodología**

Tras un exhaustivo análisis de la literatura, se decidió estudiar la cresta ósea infracigomática de forma protocolizada y reproducible, dada la heterogeneidad científica actual que existe y la falta de estudios observacionales en población española.

Es por ello que, una vez centrado el tema de investigación gracias a la revisión sistemática realizada, diseñamos un estudio transversal de interés clínico sobre población española acerca del análisis sistematizado de la cresta ósea infracigomática, con el propósito de mejorar el pronóstico en la colocación de dispositivos de anclaje temporal durante el tratamiento de ortodoncia.

Los estudios transversales nos permiten disponer de prevalencias y factores de riesgo de una población, en un determinado momento.

Los siete objetivos de la presente tesis doctoral, se plantearon en sobre estudios de TCHC en población española de la base de datos de la clínica privada de Ortodoncia Pérez Varela (Rúa do Doutor Teixeiro, 12, 15701 Santiago de Compostela, A Coruña). Los estudios fueron registrados en el Comité de Ética en Investigación en Humanos de la Universidad de Valencia y se desarrollaron siguiendo la guía STROBE (**Strobe, 2008**). Esta declaración, constituida por una lista de 22 puntos a tener en cuenta en la comunicación de estudios de cohortes, de casos y controles y transversales, pretende ofrecer una orientación acerca de la forma adecuada de comunicar los estudios de investigación observacionales y no la obligación de que se presenten en un formato rígido.

### *7.2.1 Características de la muestra*

En cuanto a la población de estudio, se decidió el rango de edad de los pacientes entre los 20 y 40 años, no fumadores en ausencia de patología periodontal por los siguientes motivos: en la evidencia científica actual estudios como el de **Paulander et al. (2004)** constatan que, en un estudio realizado sobre pacientes a partir de los 50 años de edad, la pérdida de dientes fue más común en el molar que en las regiones de los dientes anteriores, mientras que la pérdida ósea periodontal tuvo una distribución aleatoria en la dentición. Los factores de riesgo predominantes identificados con respecto a una mayor pérdida ósea radiográfica fueron una profundidad de la bolsa de sondaje de 6 milímetros y tabaquismo; ya que, fumar induce una aceleración de la tasa de reducción de la altura del hueso periodontal (**Bergström, 2004**). Además, los microtornillos están contraindicados

en fumadores y pacientes con trastornos metabólicos óseos (**Melsen y Verna, 2005**).

Que no se considerase la edad adulta (> 18 años) en la muestra y se contemplase a partir de los 20 años fue debido a la posible inmadurez ósea que podría existir aún a esa edad, especialmente en el sexo masculino. Estudios como el de **Fansworth et al. (2011)**, **Arango et al. (2022)** y **Song et al. (2022)** demostraron diferencias estadísticamente significativas entre el sexo masculino y femenino y entre jóvenes menores de edad. Cabe recordar que, si escogemos el seno maxilar como límite anatómico de referencia, el grado de maduración de éste se verá sesgado en pacientes jóvenes tal y como resalta **Arango et al. (2022)**.

Siguiendo los resultados de **Schorpp et al. (2003)** que demostraron cambios importantes en zonas de extracción de molares durante 1 año después de la extracción del diente; se aplicó como criterio de inclusión, aquellos pacientes con ausencia de terceros molares superiores o que hubieran sido extraídos como mínimo 12 meses antes de la realización del TCHC. De tal modo, se trató de evitar cualquier alteración de proceso de reabsorción ósea en distal de los segundos molares superiores o que hubiera afectado a la posición de éstos. Ya que en la evidencia actual se constatan cambios óseos dimensionales más allá de los 6 meses post-extracción (**Couso-Queiruga et al. 2021**).

### 7.2.2 Sistema de medición de la cresta ósea infracigomática

Si bien es cierto que en la evidencia científica existen trabajos de investigación realizados sobre TC recientes, el método de análisis de la cresta ósea infracigomática con mayor aval científico es mediante TCHC. Por ello, se decidió este método para estudiar la cresta ósea infracigomática en la presente tesis doctoral.

La TCHC, gracias a su baja invasividad, alta resolución y gran versatilidad a la hora de poder seleccionar las características idóneas en función del campo de estudio, protagoniza una de las primeras pruebas diagnósticas en la consulta odontológica **(El-Beialy et al., 2011; Fokas et al., 2018)**.

Desde un punto de vista práctico, los tipos de escáneres actualmente disponibles, se pueden categorizar por la posición del paciente y por el *Field of View* (FOV) del escáner. Cabe señalar que no existe una terminología estandarizada para usar el tamaño del FOV en la clasificación de las unidades TCHC. Se hace referencia al FOV en función de su tamaño (grande, mediano, pequeño), con los centímetros de alto y ancho que pueda llegar a abarcar el escáner. También se puede clasificar el FOV en función de las estructuras que pueda llegar a englobar para su estudio (de cráneo completo, bimaxilar, etc) **(Baumgaertel, 2014)**

Sin embargo, aumentar el FOV en las imágenes TCHC supone un aumento en la distorsión de la imagen. Es por ello que se decidió seleccionar imágenes radiológicas con menor FOV, permitiendo una localización más nítida de las estructuras anatómicas a estudiar.

La postura cefálica en el momento del escaneado con TCHC puede variar en cada escáner y las instrucciones de posición de lengua y respiración en el momento del escaneado (**Rosário et al., 2017; Rojo-Sanchis et al., 2018**). Un único aparato TCHC escaneó a todos los pacientes pertenecientes al tamaño muestral con la misma configuración radiológica en todos los escaneados e idéntico tiempo de escaneado y FOV. De igual forma en cada paciente, se siguieron las instrucciones protocolizadas durante el escaneado por la misma persona auxiliar, en posición natural de la cabeza.

### *7.2.3 La LAC como punto de referencia anatómico*

La localización de la línea amelocementaria en las TCHC se fundamenta en el considerable cambio de densidad, y por lo tanto, cambio notable de color en la imagen radiográfica, en la zona de transición esmalte – raíz dental. Los niveles fisiológicos de esta distancia según la clasificación de enfermedades periodontales de 2017, oscila de 1 a 3 milímetros (**Chapple et al., 2018**). Es por ello que no tuvimos en cuenta en la muestra a pacientes cuya distancia LAC – cresta ósea vestibular no se encontraba entre esos valores a nivel de los primeros y segundos molares superiores.

Existen factores locales que pueden modificar esta distancia como pueden ser: una posición vestibularizada del diente (**Bonta et al., 2017**), movimientos ortodóncicos (**Castro et al., 2016**), una fractura vertical dental (**Walton, 2017**), patología periodontal (**Chapple et al., 2018**) y la presencia anatómica de dehiscencias óseas (**Urbani et al., 1991**), entre otros.

Teniendo en cuenta los anteriores hallazgos clínicos, se decidieron aplicar como criterios de exclusión pacientes sometidos a tratamientos de ortodoncia previos a la toma de la TCHC, y presencia en historia clínica de alguno de los factores anteriormente mencionados. Además, no se tuvo en cuenta en la muestra, aquellos molares superiores que presentasen un ángulo menor a 45° tomando como referencia el plano oclusal y el eje longitudinal del molar maxilar pasando por la furca. A menor valor de este ángulo, mayor inclinación hacia vestibular presenta el molar y por tanto, podría existir una distancia sesgada de la LAC a la cresta ósea vestibular.

### **7.3 Análisis los resultados obtenidos del estudio transversal**

En la presente investigación, las mediciones realizadas abarcaban desde mesial del primer molar superior hasta distal del segundo molar superior. Se identificaron diferentes regiones a estudiar: superficie distal de los segundos molares superiores (1.7 y 2.7 DV, tomando como referencia la raíz distovestibular de 1.7 y 2.7), región distal de primeros molares superiores (1.6 y 2.6 DV, tomando como referencia la raíz distovestibular de 1.6 y 2.6) y por último, zona mesial de los primeros molares superiores (1.6 y 2.6 MV, tomando como referencia la raíz mesiovestibular de 1.6 y 2.6), esta última superficie anatómica equivaldría a la región mesial del segundo molar superior.

La longitud total (LT), se definió como la distancia de la LAC al seno maxilar. La longitud intraalveolar (LI), se cuantificó con el

protocolo de medida propuesto en el presente trabajo de investigación, una vez tomada la LT.

Siguiendo los objetivos transversales planteados en la presente tesis doctoral, se procede a esquematizar el siguiente apartado:

### *7.3.1 Altura total de la IZC en primeros y segundos molares superiores.*

La longitud total, vista desde el plano coronal, de distal de los segundos molares superiores (1.7 DV, 2.7 DV) fue mayor que la longitud total de distal de los primeros molares superiores, o región mesial de los segundos molares superiores (1.6 DV, 2.6 DV).

Sin embargo, los valores más elevados de altura total de la cresta infracigomática se encontraron en mesial de los primeros molares maxilares (1.6 MV, 2.6 MV). En todas estas comparaciones se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Estos mismos resultados concuerdan con los obtenidos en el estudio de **Liu et al. (2017)**; sin embargo se recomienda la colocación de microtornillos para ejercer el movimiento de distalización del maxilar superior entre el primer y segundo molar superior, debido a que en esta región encontraron mayor espesor óseo, y por lo tanto, pese a encontrar menor altura, esta zona podía aportar mayor consistencia ósea para la carga mecánica.

Se observó una simetría contralateral en los análisis de la longitud total.

### *7.3.2 Hueso intraalveolar existente en la IZC en primeros y segundos molares superiores*

No se encontró significatividad estadística en la altura intraalveolar de la cresta IZG en las diferentes regiones. Los valores medios oscilaron entre 5,98-6,53 milímetros en distal de los segundos molares superiores (1.7 DV, 2.7 DV), 5,84-6,33 milímetros entre los primeros y segundos molares superiores (1.6 DV, 2.6 DV) y 5,98-6,40 milímetros en mesial de los primeros molares (1.6 MV, 2.6 MV).

Estos valores obtenidos irían conforme a las recomendaciones de **Tavares et al. (2021)**, donde aboga por el anclaje bicortical con una profundidad máxima de penetración del seno maxilar de 1 milímetro. Para ello, limita a 7 y 8 milímetros la longitud de microtornillo en el hueso, resaltando aquellas regiones de inserción que se encuentren más allá de los 4 milímetros de distancia a la LAC. Tras estos resultados, cabe destacar que un estudio reciente de **Chang et al. (2022)** analizó 200 pacientes con microtornillos colocados en la cresta infracigomática de 12 milímetros de longitud. Pese a que ninguno de los pacientes de la muestral tuvo signos clínicos de sinusitis, el 48% de éstos presentaron perforación del seno maxilar.

En este apartado se observó cierta asimetría entre ambos lados, observándose significatividad estadística con dimensiones mayores en el lado izquierdo que derecho del paciente. Tras un

exhaustivo análisis, este hallazgo estadístico no tendría valor a nivel clínico tratándose de una diferencia de 0,49 milímetros.

### *7.3.3 Influencia del sexo, edad, clase esquelética y patrón facial en los resultados obtenidos*

Se observó significatividad estadística en cuanto al diformismo sexual observándose a nivel intraalveolar en distal de segundos molares maxilares (1.7 DV, 2.7 DV) y mesial de los primeros molares maxilares (1.6 MV, 2.6 MV), un leve incremento en el sexo masculino en comparación al femenino. Las conclusiones de **Arango et al. (2022)** sintonizan con nuestros hallazgos, ya que encontraron en el género masculino mayor longitud ósea de la cresta infracigomática en mesial de los primeros molares superiores (1.6 MV, 2.6 MV). Sin embargo, a nivel clínico esta pequeña diferencia de género podría ser un factor a tener en cuenta, no siendo determinante.

No se observaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a los grupos de edad. Sin bien es cierto que la literatura científica actual refleja diferencias de edad comparando grupos de edad mucho más dispares que los presentados en este trabajo de investigación. El equipo de **Arango et al. (2022)** encontró valores más altos en pacientes jóvenes que en adultos diferenciando los siguientes grupos de edad: 9-13 años, 14-23 años y 24-50 años.

Únicamente se detectó diferencia estadísticamente significativa según la clase esquelética del paciente en la región mesial del 2.6 con medias de 5,56 - 7,13 y 6,62 milímetros

respectivamente para las clases I, II y III. Sólo se encontró un estudio que evaluase la clase esquelética en su muestra (**Tavares et al., 2020**), concluyendo menor profundidad ósea a nivel apical de la cresta infracigomática en pacientes con clase II esquelética y mesofacial. A diferencia de nuestro estudio, el trabajo de **Tavares et al. (2020)** estudió profundidad, no altura total o intraalveolar de la cresta infracigomática. La maloclusión esquelética, al tratarse de un problema anteroposterior, podría no relacionarse con los valores de longitud total e intraalveolar del presente trabajo de investigación.

En función del crecimiento vertical, se clasificaron tres tipos de patrón facial. Inicialmente se planteó que pudieran existir diferencias entre los diversos patrones faciales de los pacientes. Se encontraron valores similares estadísticamente significativos entre los pacientes braquifaciales y dolicofaciales en distal de 1.7, entre 1.7 y 1.6, y en la región mesiovestibular de 1.6 y 2.6. Como se ha explicado anteriormente en el apartado de revisión sistemática, el patrón facial, al diferenciarse anatómicamente en el maxilar superior y mandíbula en sentido vertical, podría afectar a la longitud total e intraalveolar medido desde la cresta alveolar al seno maxilar.

Los resultados obtenidos se relacionan con las conclusiones de **Husseini et al. (2022)** cuyas principales variaciones de altura y profundidad se ubicaron en la raíz mesiovestibular de los primeros molares superiores (1.6 MV, 2.6 MV). Los valores más elevados se observaron en pacientes dolicofaciales, seguidos de los braquifaciales, y por último de los mesofaciales.

Estudios realizados en otras localizaciones anatómicas del maxilar superior, como es la tuberosidad del maxilar encontraron mayor grosor, que no altura ni longitud, en hombres que en mujeres (**Manzanera et al., 2018**). Sin embargo otros estudios como los de **Fansworth et al. (2011)** y **Scheiner et al. (2020)**, constatan ausencia de diferencia estadísticamente significativa entre géneros, aunque sí se mostraron diferencias significativas respecto al grupo de edad. Este último estudió no concluyó los resultados a nivel de la tuberosidad del maxilar, sino el grosor óseo entre canino y primer premolar superior, primer y segundo premolar superior y primer y segundo molar superior.

Estas conclusiones difieren de los de **Ono et al. (2008)** que concluyeron una cortical más delgada en mujeres que en hombres en mesial de los primeros molares superiores a nivel de la inserción de la encía adherida; advirtiendo de la edad del paciente como un factor a tener en cuenta debido a la inmadurez ósea de los pacientes más jóvenes, ya que encontraron diferencias significativas a nivel mandibular y no maxilar. Autores como **Park y Cho, (2009)** hallaron una relación directamente proporcional, entre el incremento del proceso alveolar en cuanto a anchura se refiere y la edad del paciente: a mayor edad, mayor anchura encontrada.

En cuanto a la clase esquelética en el espesor cortical del maxilar superior, resultados obtenidos de los estudios de **Rossi et al. (2017)** y **Ohimoba et al. (2017)**, no hallaron diferencias estadísticamente significativas en la maloclusión esquelética a nivel anteroposterior. Estudios como el de **Chaimanee et al. (2011)**

encontraron mayor espacio interradicular mesiodistal en el maxilar superior en sujetos con clase II esquelética.

A nivel esquelético visto desde el plano vertical, haciendo referencia al patrón facial se observó menor anchura alveolar en pacientes dolicofaciales (**Swasty et al., 2011; Sadek et al., 2015**). Pese a que la genética tenga un papel fundamental en el crecimiento, la anchura del proceso alveolar podría estar influenciada por factores ambientales como pueden ser la musculatura perioral o hábitos nocivos como la respiración oral. Del mismo modo, en la zona palatina se encuentra una relación estadísticamente significativa (**Johari et al., 2015; Wang et al., 2017**) entre espesor óseo y patrón facial: en sujetos hipodivergentes había mayor espesor, que en los normodivergentes; los pacientes hiperdivergentes presentaron un espesor óseo palatino más delgado con respecto a los otros dos grupos.

#### *7.3.4 Influencia de la distancia LAC - cresta ósea vestibular con la altura total e hueso intraalveolar en la cresta infracigomática*

Si bien diversos estudios emplearon la LAC como punto de referencia anatómico (**Matias et al., 2021; Tavares et al., 2021; Arango et al., 2022**), no se encontró ningún trabajo de investigación que relacionase la posible asociación entre esta distancia y la altura total e intraalveolar de la cresta infracigomática.

Se observa una correlación inversa y estadísticamente significativa entre la distancia LAC – cresta ósea vestibular y las

longitudes total e intraalveolar en todas las regiones estudiadas, a excepción de la zona distovestibular del 2.6. Esta medida, puede ser orientativa y tomada como referencia a la hora de prever ciertas características de la cresta infracigomática.

### *7.3.5 Implicaciones clínicas de los resultados obtenidos*

Realizar una correcta elección de la longitud del cuello transmucoso nos puede ayudar a seleccionar la longitud idónea del microtornillo en la región anatómica seleccionada. Teniendo como origen el campo de la implantología, en condiciones ideales, la superficie roscante del dispositivo de anclaje temporal debería quedar anclada a la región ósea, quedándose el cuello transmucoso liso y pulido en la zona de tejido blando (**Kokich, 1998; Kokich 2000**).

Por ello, durante el proceso de inserción de dispositivos de anclaje temporal, se recomienda dejar de insertar el microtornillo tan pronto como el cuello liso de su eje haya alcanzado el periostio. La inserción excesiva puede aumentar la tensión de torsión al cuello del microtornillo, lo que provoca el aflojamiento del mismo y el crecimiento excesivo de tejido blando (**Melsen y Verna, 2005**). La superficie roscante en tejido blando favorece el acúmulo de placa y ensombrece el pronóstico del dispositivo de anclaje temporal. Además, para permitir una mejor higiene bucal y prevenir la inflamación, se sugiere que la cabeza del microtornillo se coloque con una separación de aproximadamente 5 milímetros del tejido blando (**Hsu et al., 2017**).

En el presente trabajo de investigación, se analiza la longitud total de la distancia de la LAC al seno maxilar a lo largo de la cresta infracigomática para el estudio de inserción de microtornillos infracigomáticos. Tras los resultados obtenidos, a nivel intraalveolar, se observan valores inferiores con respecto a determinadas dimensiones de superficies roscantes en el mercado actual de los microtornillos a tener en cuenta por el clínico, en el momento de seleccionar las características idóneas del dispositivo para cada paciente.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se sugiere por norma general no exceder la longitud total de 14 milímetros para los dispositivos de anclaje temporal en la región distal de los segundos molares superiores y mesial de primeros molares superiores, y de hasta 12 milímetros entre los primeros y segundos molares. En cuanto a la superficie activa roscante del microtornillo, una media de unos 6 milímetros podría ser adecuada como longitud activa del dispositivo, siendo el resto de milímetros hasta llegar a la longitud total, la dimensión adecuada para el cuello transmucoso y liso que descansa sobre el tejido blando.

Estas dimensiones, pueden verse afectadas notoriamente por el patrón facial teniendo en cuenta que, en los pacientes dolicofaciales existe una altura ósea vertical mayor. La elección de las dimensiones de los microtornillos tiene que tener en cuenta las características anatómicas particulares de cada paciente. Es por ello, que un adecuado estudio previo a la colocación de los dispositivos de anclaje temporal con el protocolo propuesto en el presente estudio facilitaría

al clínico la adecuada selección de las características idóneas de los dispositivos de anclaje temporal.

Una sencilla y rápida medición de la distancia de la línea amelocementaria a la cresta ósea alveolar, nos puede sugerir características óseas relevantes en valores de la cresta ósea infracigomática.

## **7.4 Límites de la tesis doctoral y futuras líneas de investigación**

### *7.4.1 Limitaciones en el estudio*

El presente estudio de investigación se plantea mediante unos criterios de inclusión que limitan el tamaño de población a un perfil de tratamiento específico, puesto que los pacientes acudieron a consulta de ortodoncia solicitando su tratamiento; siendo ésta la principal limitación.

Los estudios TCHC fueron recogidos de forma retrospectiva partir de la base de datos de la clínica privada de Ortodoncia Pérez Varela (Rúa do Doutor Teixeiro, 12, 15701 Santiago de Compostela, A Coruña), con mayor protagonismo de sujetos dolicofaciales y clases III esquelética, diferenciados notablemente de otros patrones faciales o clases esqueléticas. Por lo que, podría tratarse de una muestra no representativa para la población española general. El presente estudio se enfoca en una población concreta, con pacientes de etnia caucásica, por tanto, estos resultados podrían variar notoriamente por ejemplo, en la raza asiática.

Otra limitación se podría atribuir a la dificultad de demarcar unos límites reproducibles, seleccionar el ángulo adecuado en el protocolo de medida propuesto y la complejidad visual de transición de colores de la escala de grises en los puntos de referencia anatómicos establecidos. Además, el presente estudio se basa en la medición de la altura de la cresta infracigomática en diferentes regiones, dentro del espesor de esta meseta ósea, pero no evalúa la densidad de la misma.

#### *7.4.2 Recomendaciones para los próximos estudios*

Se sugiere incluir en estudios sucesivos mayores rangos de edad en la muestra, separando los resultados en función del sexo, grupos de edad, patrón facial, clase esquelética, patología periodontal e historia clínica de interés relacionada (por ejemplo, hábito tabáquico) desarrollando de forma prospectiva el protocolo de medida en tres dimensiones de la cresta ósea infracigomática del presente trabajo de investigación en la inserción de TAD's.

Se recomienda comparar los resultados obtenidos con las diferentes etnias existentes, y evaluar la densidad ósea de la cresta infracigomática tomando como referencia la LAC, comparando las diferentes características de la muestra.

Dilucidar una definición exacta de los límites anatómicos a nivel tridimensional, definiendo términos específicos para los diferentes compartimentos anatómicos óseos, unificar criterios en la colocación de dispositivos de anclaje temporal y características del microtornillo en función del patrón facial, sexo, edad y clase esquelética del paciente. Todo ello, facilitaría el estudio de la

repercusión e importancia de la planificación virtual de microtornillos en ortodoncia.

Se requiere de estudios prospectivos controlados con mayor muestra y disparidad de edad a largo plazo, desarrollando el protocolo de actuación clínica propuesto en el presente estudio de investigación, para reforzar la evidencia de este trabajo.



## **8. CONCLUSIONES**



De la presente tesis doctoral se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. Se observa una longitud total de la cresta infracigomática de 12,25 milímetros en distal de los segundos molares superiores, de 11,85 milímetros en distal de los primeros molares superiores y de 12,9 milímetros en mesial de los primeros molares superiores.

2. La altura de la longitud total de la cresta infracigomática en la región distal de los segundos molares superiores fue significativamente mayor ( $p=0,023$  en 1.7,  $p=0,046$  en 2.7), que en la región distal de los primeros molares superiores. Sin embargo, la longitud total en la región mesial de los primeros molares superiores fue mayor que la superficie distal de los segundos molares superiores ( $p=0,001$  en 1.6,  $p<0,001$  en 2.6).

3. A nivel intraalveolar no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las regiones estudiadas. Se cuantificó una media de 6,25 milímetros en distal de los segundos molares superiores, 6 milímetros en distal de los primeros molares superiores y de 6,2 milímetros en la mesial de los primeros molares superiores.

4. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el lado derecho e izquierdo del paciente en los valores de longitud total. Sin embargo a nivel intraalveolar, las dimensiones medias fueron significativamente mayores en el segundo cuadrante.

5. Existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a sexo, clase esquelética y patrón facial del paciente tanto en la altura total como intraalveolar de la cresta infracigomática. Se estiman valores promedios más elevados en el género masculino que femenino. No se encontraron diferencias estadísticamente en cuanto a los dos grupos de edad establecidos.

6. Se encontró una relación inversamente proporcional y estadísticamente significativa entre la distancia de la LAC a la cresta ósea vestibular y la longitud total de la cresta infracigomática: a menor distancia de la LAC a la cresta ósea vestibular, mayor longitud total se encontró. A mayor longitud total, mayor longitud intraalveolar.

7. Acorde a los resultados obtenidos, se sugiere el diseño de cuellos transmucosos de mayores dimensiones y diferentes tamaños de selección estandarizados, acorde a las características óseas del paciente.

## **9. BIBLIOGRAFÍA**



Alpiste-Illueca F. Morphology and dimensions of the dentogingival unit in the altered passive eruption. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2012 Sep 1;17(5):e814-20.

Angelopoulos C, Scarfe WC, Farman AG. A comparison of maxillofacial CBCT and medical CT. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2012 Mar;20(1):1-17.

Arango E, Plaza-Ruíz SP, Barrero I, Villegas C. Age differences in relation to bone thickness and length of the zygomatic process of the maxilla, infrazygomatic crest, and buccal shelf area. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2022 Apr;161(4):510-18.e1.

Araújo MG, Silva CO, Misawa M, Sukekava F. Alveolar socket healing: what can we learn? *Periodontol* 2000. 2015 Jun;68(1):122-34.

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 Dec;48(4):392-402.

Baumgaertel S. Planning and placing temporary anchorage devices with the aid of cone beam computed tomography imaging. In: Kapila SD, editor. *Cone Beam Computed Tomography in Orthodontics: Indications, Insights, and Innovations*. Hoboken: Wiley Blackwell; 2014. p. 43-55.

Baumgaertel S. Temporary skeletal anchorage devices: the case for miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;145:558-64.

Baumgaertel S, Hans MG. Assessment of infrazygomatic bone depth for mini-screw insertion. *Clin Oral Implants Res.* 2009 Jun;20(6):638-42.

Baumgaertel S, Razavi MR, Hans MG. Mini-implant anchorage for the orthodontic practitioner. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008 Apr;133(4):621-7.

Bergström J. Influence of tobacco smoking on periodontal bone height. Long-term observations and a hypothesis. *J Clin Periodontol.* 2004 Apr;31(4):260-6.

Berkovitz BK, Holland G, Holland GR, Moxham B. *J. Oral anatomy, histology and embryology.* Editorial Mosby Elsevier (2009, 4a edición).

Bravo LA. *Manual de ortodoncia.* Madrid: Síntesis; 2003.

Broderick M, Menezes G, Leech M, Coffey M, Appleyard, R. A comparison of kilovoltage and megavoltage cone beam CT in radiotherapy. *Int J Clin Pract.* 2007; 6(3), 173-78.

Bonta H, Carranza N, Gualtieri AF, Rojas MA. Morphological characteristics of the facial bone wall related to the tooth position

in the alveolar crest in the maxillary anterior. Características morfológicas de la tabla ósea vestibular en relación a la posición dentaria en la cresta alveolar en la zona anterior del maxilar superior. *Acta odont latinoam.* 2017;30(2):49–56.

Borzabadi-Farahani A, Zadeh HH. Adjunctive orthodontic applications in dental implantology. *J Oral Implantol* 2015;41: 501-8.

Butterfield KJ, Marks PL, McLean L, Newton J. Pharyngeal airway morphology in healthy individuals and in obstructive sleep apnea patients treated with maxillomandibular advancement: a comparative study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2015 Mar;119(3):285-92.

Castro LO, Castro IO, de Alencar AH, Valladares-Neto J, Estrela C. Cone beam computed tomography evaluation of distance from cemento-enamel junction to alveolar crest before and after nonextraction orthodontic treatment. *Angle Orthod.* 2016 Jul;86(4):543-9.

Chang CCH, Lin JSY, Yeh HY. Extra-alveolar bone screws for conservative correction of severe malocclusion Without extractions or orthognathic surgery. *Curr Osteoporos Rep.* 2018; 16:387-94.

Chang CH, Lin LY, Roberts WE. Orthodontic bone screws: A quick update and its promising future. *Orthod Craniofac Res* 2021; 24(Suppl 1):75-82.

Chang CH, Lin JH, Roberts WE. Success of infrazygomatic crest bone screws: patient age, insertion angle, sinus penetration, and terminal insertion torque. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2022 Jun;161(6):783-90.

Chaimanee P, Suzuki B, Suzuki EY. "Safe zones" for miniscrew implant placement in different dentoskeletal patterns. *Angle Orthod.* 2011; 81:397-403.

Chapple ILC, Mealey BL, Van Dyke TE, Bartold PM, Dommisch H, Eickholz P, Geisinger ML, Genco RJ, Glogauer M, Goldstein M, Griffin TJ, Holmstrup P, Johnson GK, Kapila Y, Lang NP, Meyle J, Murakami S, Plemons J, Romito GA, Shapira L, Tatakis DN, Teughels W, Trombelli L, Walter C, Wimmer G, Xenoudi P, Yoshie H. Periodontal health and gingival diseases and conditions on an intact and a reduced periodontium: Consensus report of workgroup 1 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Periodontol.* 2018 Jun;89 Suppl 1:S74-S84.

Costa ED, Peyneau PD, Ambrosano GMB, Oliveira ML. Influence of cone beam CT volume orientation on alveolar bone measurements in patients with different facial profiles. *Dentomaxillofac Radiol.* 2019 Sep;48(6):20180330.

Costea MC, Bondor CI, Muntean A, Badea ME, Mesaros AS, Kuijpers-Jagtman AM. Proximity of the roots of posterior teeth to the maxillary sinus in different facial biotypes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2018;154:346-55.

Couso-Queiruga E, Stuhr S, Tattan M, Chambrone L, Avila-Ortiz G. Post-extraction dimensional changes: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol*. 2021 Jan;48(1):126-44.

De Clerck H, Geerinckx V, Siciliano S. The Zygoma Anchorage System. *J Clin Orthod*. 2002 Aug;36(8):455-9.

De Grauwe A, Ayaz I, Shujaat S, Dimitrov S, Gbadegbegnon L, Vande Vannet B, Jacobs R. CBCT in orthodontics: a systematic review on justification of CBCT in a paediatric population prior to orthodontic treatment. *Eur J Orthod*. 2019 Aug 8;41(4):381-9.

Du B, Zhu J, Li L, Fan T, Tan J, Li J. Bone depth and thickness of different infrazygomatic crest miniscrew insertion paths between the first and second maxillary molars for distal tooth movement: A 3-dimensional assessment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2021 Jul;160(1):113-23.

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 Dentofacial Orthop*. 2011 Aug;140(2):157-65.

El Hayeck E, Bassil-Nassif N, Khairallah A, El Wak T, Bouserhal J. Effect of head rotation on two-dimensional cephalometric measurements using cone beam-computed tomography. *Clin Oral Investig*. 2023 Jan 12. Epub ahead of print.

Farnsworth D, Rossouw PE, Ceen RF, Buschang PH. Cortical bone thickness at common miniscrew implant placement sites. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2011 Apr;139(4):495-503.

Fokas G, Vaughn VM, Scarfe WC, Bornstein MM. Accuracy of linear measurements on CBCT images related to presurgical implant treatment planning: A systematic review. *Clin Oral Implants Res*. 2018 Oct;29 Suppl 16:393-415.

Graber TM, Vanarsdall RL. *Orthodontics current principles and techniques*. 3<sup>ed</sup>. St.Louis: Mosby 2000.

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 Dentofacial Orthop*. 2008;134:361-9.

Gracco A, Tracey S, Baciliero U. Miniscrew insertion and the maxillary sinus: an endoscopic evaluation. *J Clin Orthod*. 2010 Jul;44(7):439-43.

Hassan B, van der Stelt P, Sanderink G. Accuracy of three-dimensional measurements obtained from cone beam computed tomography surface-rendered images for cephalometric analysis: influence of patient scanning position. *Eur J Orthod.* 2009 Apr;31(2):129-34.

Hernández-Alfaro F, Guijarro-Martínez R, Mareque-Bueno J. Effect of mono- and bimaxillary advancement on pharyngeal airway volume: cone-beam computed tomography evaluation. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011 Nov;69(11):e395-400.

Hong SB, Kusnoto B, Kim EJ, BeGole EA, Hwang HS, Lim HJ. Prognostic factors associated with the success rates of posterior orthodontic miniscrew implants: a subgroup meta-analysis. *Korean J Orthod.* 2016;46:111-26.

Hsu E, Lin JSY, Yeh HY, Chang C, Roberts WE. Comparison of the failure rate for infrazygomatic bone screws placed in movable mucosa or attached gingiva. *Int J Orthod Implantol.* 2017;47: 96-106.

Husseini B, Younes R, Baumgaertel S, El Wak T, El Osta N, Bassil-Nassif N, Bouserhal J. Assessment of infrazygomatic crest dimensions in different vertical facial growth types for miniscrew insertion: A cone-beam computed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2022 Dec;162(6):917-26.

Jacobs R. Dental cone beam CT and its justified use in oral health care. *JBR-BTR*. 2011 Sep-Oct;94(5):254-65.

Jacobson, A. The “Wits” appraisal of jaw disharmony. *Am J Orthod* 1975;67:125-38.

Jarabak J, Fizzell JA. *Technique and Treatment with Light Wire and Edge Wise Appliances*. 2nd ed. St Louis: Mosloy; 1972.

Johari M, Kaviani F, Saeedi A. Relationship between the thickness of cortical bone at maxillary mid-palatal area and facial height using CBCT. *Open Dent J*. 2015; 9:287-91.

Jun BC, Song SW, Park CS, Lee DH, Cho KJ, Cho JH. The analysis of maxillary sinus aeration according to aging process; volume assessment by 3-dimensional reconstruction by high-resolution CT scanning. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2005; 132: 429-34.

Kanomi R. Mini-implant for orthodontic anchorage. *J Clin Orthod*. 1997 Nov;31(11):763-7.

Kokich VG. Managing complex orthodontic problems: the use of implants for anchorage. *Semin Orthod*. 1996 Jun;2(2):153-60.

Kokich VG. Comprehensive management of implant anchorage in the multidisciplinary patient. Orthodontic applications of osteointegrated implants. Chicago (IL): Quintessence; 2000.

Kravitz ND, Kusnoto B. Risks and complications of orthodontic miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007 Apr;131(4 Suppl):S43-51.

Kuitert R, Beckmann S, van Loenen M, Tuinzing B, Zentner A. Dentoalveolar compensation in subjects with vertical skeletal dysplasia. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:649-57.

Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 1977 Mar;33(1):159-74.

Lane C, Harrell W JR. Completing the 3-dimensional picture. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008; 133:612-20.

Larson BE. Cone-beam computed tomography is the imaging technique of choice for comprehensive orthodontic assessment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012 Apr;141(4):402, 404, 406 passim.

Lee DW, Park JH, Bay RC, Choi SK, Chae JM. Cortical bone thickness and bone density effects on miniscrew success rates: A systematic review and meta-analysis. *Orthod Craniofac Res.* 2021 Mar;24 Suppl 1:92-102.

Lee HS, Choi HM, Choi DS, Jang I, Cha BK. Bone thickness of the infrazygomatic crest area in skeletal Class III growing patients: A computed tomographic study. *Imaging Sci Dent* 2013;43:261-6.

Lekholm U, Zarb GA. Patient selection and preparation. Branemark PI, Zarb GA, Albreksson T, editores. *Tissue-integrated prostheses - osseointegration in clinical dentistry*. Chicago, ILL: Quintessence; 1985. p. 199-209.

Lima A Jr, Domingos RG, Cunha Ribeiro AN, Rino Neto J, de Paiva JB. Safe sites for orthodontic miniscrew insertion in the infrazygomatic crest area in different facial types: A tomographic study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2022 Jan;161(1):37-45.

Lindauer SJ, Rubenstein LK, Hang WM, Andersen WC, Isaacson RJ. Canine impaction identified early with panoramic radiographs. *J Am Dent Assoc*. 1992 Mar;123(3):91-2, 95-7.

Lin JJ. A New method of placing orthodontic bone screws in IZC. *News & Trends in Orthodontics* 2009;13:4-7.

Lindauer SJ, Rubenstein LK, Hang WM, Andersen WC, Isaacson RJ. Canine impaction identified early with panoramic radiographs. *J Am Dent Assoc*. 1992 Mar;123(3):91-2, 95-7.

Liou EJ, Chen PH, Wang YC, Lin JC. A computed tomographic image study on the thickness of the infrazygomatic crest of the

maxilla and its clinical implications for miniscrew insertion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:352-6.

Liou EJ, Pai BC, Lin JC. Do miniscrews remain stationary under orthodontic forces? *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2004 Jul;126(1):42-7.

Loubele M, Guerrero ME, Jacobs R, Suetens P, van Steenberghe D. A comparison of jaw dimensional and quality assessments of bone characteristics with cone-beam CT, spiral tomography, and multi-slice spiral CT. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2007 May-Jun;22(3):446-54.

Lukat TD, Perschbacher SE, Pharoah MJ, Lam EW. The effects of voxel size on cone beam computed tomography images of the temporomandibular joints. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2015 Feb;119(2):229-37.

Manzanera E, Llorca P, Manzanera D, García-Sanz V, Sada V, Paredes-Gallardo V. Anatomical study of the maxillary tuberosity using cone beam computed tomography. *Oral Radiol*. 2018 Jan;34(1):56-65.

Matias M, Flores-Mir C, Almeida MR, Vieira BDS, Freitas KMS, Nunes DC, Ferreira MC, Ursi W. Miniscrew insertion sites of infrazygomatic crest and mandibular buccal shelf in different vertical craniofacial patterns: A cone-beam computed tomography study. *Korean J Orthod*. 2021 Nov 25;51(6):387-396.

Melsen B. Mini-implants: Where are we? *J Clin Orthod* 2005;39:539-47: quiz 531.

Melsen B, Petersen JK, Costa A. Zygoma ligatures: an alternative form of maxillary anchorage. *J Clin Orthod*. 1998 Mar;32(3):154-8.

Melsen B, Verna C. Miniscrew implants: the Aarhus anchorage system. *Semin Orthod* 2005;11:24-31.

Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med*. 2009 Jul 21;6(7):e1000097.

Nielsen IL. Vertical malocclusions: etiology, development, diagnosis and some aspects of treatment. *Angle Orthod* 1991;61:247-60.

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.

Okşayan R, Sökücü O, Yeşildal S. Evaluation of maxillary sinus volume and dimensions in different vertical face growth patterns: a study of cone-beam computed tomography. *Acta Odontol Scand*. 2017 Jul;75(5):345-349.

Ono A, Motoyoshi M, Shimizu N. Cortical bone thickness in the buccal posterior region for orthodontic mini-implants. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2008 Apr;37(4):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 Jan;44(1):36-43

Papadopoulos MA, Tarawneh F. The use of miniscrew implants for temporary skeletal anchorage in orthodontics: a comprehensive review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007 May;103(5):e6-15.

Park HS. An anatomical study using CT images for the implantation of micro-implants. *Korean J Orthod.* 2002;32(6):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 Dentofacial Orthop.* 2009 Sep;136(3):314.e1-12; discussion 314-5.

Park YS, Choi JH, Kim Y, Choi SH, Lee JH, Kim KH, Chung CJ. Deep Learning-Based Prediction of the 3D Postorthodontic Facial Changes. *J Dent Res.* 2022 Oct;101(11):1372-79.

Park CH, Kim KD, Park CS. Measurement of maxillary sinus volume using computed tomography. *Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2000; 30: 63-70.

Paul P, Mathur AK, Chitra P. Stress distribution patterns in mini-implant and bone in the infra-zygomatic crest region at different angulations: A finite element study. *J World Fed Orthod*. 2021 Mar;10(1):29-34.

Paulander J, Axelsson P, Lindhe J, Wennström J. Intra-oral pattern of tooth and periodontal bone loss between the age of 50 and 60 years. A longitudinal prospective study. *Acta Odontol Scand*. 2004 Aug;62(4):214-22.

Paulsen, F. and Waschke, J. Sobotta. Barcelona: Elsevier; 2019.

Reynders R, Ronchi L, Bipat S. Mini-implants in orthodontics: a systematic review of the literature. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009 May;135(5):564.e1-19; discussion 564-5.

Ricketts R. Cephalometric analysis and synthesis. *Angle Orthod*. 1960; 31:141-56.

Rajo-Sanchis C, Almerich-Silla JM, Paredes-Gallardo V, Montiel-Company JM, Bellot-Arcís C. Impact of Bimaxillary Advancement Surgery on the Upper Airway and on Obstructive Sleep Apnea Syndrome: a Meta-Analysis. *Sci Rep*. 2018 Apr 10;8(1):5756.

Rojo-Sanchis J, Soto-Peñaloza D, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M, Viña-Almunia J. Facial alveolar bone thickness and modifying factors of anterior maxillary teeth: a systematic review and meta-analysis of cone-beam computed tomography studies. *BMC Oral Health*. 2021 Mar 22;21(1):143.

Rosário HD, Oliveira GMS, Freires IA, de Souza Matos F, Paranhos LR. Efficiency of bimaxillary advancement surgery in increasing the volume of the upper airways: a systematic review of observational studies and meta-analysis. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2017 Jan;274(1):35-44.

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.

Sabban H, Mahdian M, Dhingra A, Lurie AG, Tadinada A. Evaluation of linear measurements of implant sites based on head orientation during acquisition: an ex vivo study using cone-beam computed tomography. *Imaging Sci Dent* 2015; 45: 73–80.

Sadek MM, Sabet NE, Hassan IT. Alveolar bone mapping in subjects with different vertical facial dimensions. *Eur J Orthod*. 2015; 37:194-201.

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 Dec;74(6):832-7.

Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2003 Aug;23(4):313-23. PMID: 12956475.

Song Q, Jiang F, Zhou M, Li T, Zhang S, Liu L, Pu L, Lai W, Long H. Optimal sites and angles for the insertion of orthodontic mini-implants at infrazygomatic crest: a cone beam computed tomography (CBCT)-based study. *Am J Transl Res.* 2022 Dec 15;14(12):8893-8902.

Steiner CC. Cephalometrics for you and me. *Am J Orthod* 1953; 39: 729– 55.

STROBE statement--checklist of items that should be included in reports of observational studies (STROBE initiative). (2008). *Int J public health*, 53(1), 3–4.

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.

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 Dentofacial Orthop.* 2020 Dec;158(6):783-98.e20.

Tepedino M, Cornelis MA, Chimenti C, Cattaneo PM. Correlation between tooth size-arch length discrepancy and interradicular distances measured on CBCT and panoramic radiograph: an evaluation for miniscrew insertion. *Dental Press J Orthod.* 2018 Sep-Oct;23(5):39.e1-39.e13.

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.

Umalkar SS, Jadhav VV, Paul P, Reche A. Modern Anchorage Systems in Orthodontics. *Cureus.* 2022 Nov 14;14(11):e31476.

Urbani G, Lombardo G, Filippini P, Nocini FP. Dehiscence and fenestration: study of distribution and incidence in a

homogeneous population model. *Stomatol Mediterr.* 1991 Apr-Jun;11(2):113-8.

Vargas EOA, Lopes de Lima R, Nojima LI. Mandibular buccal shelf and infrazygomatic crest thicknesses in patients with different vertical facial heights. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2020 Sep;158(3):349-56.

Visconti MAPG, Verner FS, Assis NMSP, Devito KL. Influence of maxillomandibular positioning in cone beam computed tomography for implant planning. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2013; 42: 880–6.

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.

Walton R. E. (2017). Vertical root fracture: Factors related to identification. *Journal of the American Dental Association,* 148(2), 100–5.

Wang P, Chen ZX, Wu J, Chen ZQ. Study of three-dimensional anatomical relationship between infrazygomatic crest and maxillary sinus for mini-screw insertion. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue.* 2017 Dec;26(6):623-27.

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.

Watanabe H, Deguchi T, Hasegawa M, Ito M, Kim S, Takano-Yamamoto T. Orthodontic miniscrew failure rate and root proximity, insertion angle, bone contact length, and bone density. *Orthod Craniofac Res* 2013;16:44-55.

Wells GA, Shea B, O'Connell D, Peterson J, Welch V, Losos M, et al. The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomised studies in meta-analyses. [cited 2016 Apr 25]. Available from: [http://www.ohri.ca/programs/clinical\\_epidemiology/oxford.asp](http://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp).

Wu X, Liu H, Luo C, Li Y, Ding Y. Three-Dimensional Evaluation on the Effect of Maxillary Dentition Distalization With Miniscrews Implanted in the Infrazygomatic Crest. *Implant Dent*. 2018 Feb;27(1):22-7.



# **10. DOCUMENTOS**

## **ANEXOS**



**10.1 Anexo I. Datos demográficos de los estudios incluidos en la revisión sistemática.**

<b>Autor, año y país de origen</b>	<b>Tipo de estudio</b>	<b>N</b>	<b>Edad (años)</b>	<b>Género (masculino M, femenino F)</b>
<b>Liou et al., 2007</b> <b>[Taiwán]</b>	Observacional retrospectivo	16	27 ± 5,2	M (10); F(6)
<b>Farnsworth et al., 2011</b> <b>[Texas]</b>	Observacional retrospectivo	52	G1: [14-16M;11-13F] G2: [20-45]	G1: [13M;13F] G2: [13M, 13F]
<b>Liu et al., 2017</b> <b>[China]</b>	Observacional retrospectivo	60	26 ± 7,8	M (18); F (42)
<b>Tavares et al., 2020</b> <b>[Brasil]</b>	Observacional retrospectivo	67	> de 18 años	M (27); F (40)
<b>Arvind Tr P and Jain RK, 2021 [India]</b>	Observacional retrospectivo	60	25,3 (M); 23,8 (F)	M(24,F (36)
<b>Matias et al., 2021</b> <b>[Brasil]</b>	Observacional retrospectivo	78 [G1:15 BF, G2: 15 MF; G3: 15 DF]	G1: 22,20 ; G2: 19,24; G3:17,79	[G1:15 BF 7 (M) 8 (F); G2: 15 MF 6 (M) 9 (F) ; G3: 15 DF 7(M) 8 (F)]
<b>Tavares et al., 2021</b> <b>[Brasil]</b>	Observacional retrospectivo	54	18-62 (29,5 ± 9,85)	23 (M); 35 (F)

<b>Arango et al., 2022</b> [Colombia]	Observacional retrospectivo	40 (G3)	24-50	20 (M); 20 (F)
<b>Husseini et al., 2022</b> [Libano]	Observacional retrospectivo	117 [27 DF, 62 MF, 28 BF]	22,96±2,7. M (23,7±3); F (21,2±2,4)	M (42); F (75)
<b>Lima et al., 2022</b> [Brasil]	Observacional retrospectivo	86 [24 DF, 30 MF, 32 BF]	18-40	NR

**10.2 Anexo II. Análisis de los estudios incluidos**

<i>Autor, año</i>	<b>Región de interés</b>	<b>Zona anatómica sometida a estudio</b>	<b>Referencias anatómicas empleadas</b>	<b>Método de imagen</b>	<b>Postura cefálica en el momento del escaneado</b>	<b>Software</b>	<b>Características imagen 3D</b>
<b>Liou et al., 2007</b>	MS	Plano entre cúspides MV's de 1MS	PO	TC (Somatom)	NR	Analyze	NR
<b>Farnsworth et al., 2011</b>	MS, MB	Zona paramedial palatina, IZC, cortical vestibular mandibular, cortical lingual interradicular maxilar.	Orientaciones de cada plano estandarizadas. Para IZC raíz MV	TCHC (CB MercuRay)	NR	Dolphin Imaging System 10.5	Voxel 0,39mm [0.20mm - 0.40mm]
<b>Liu et al., 2017</b>	MS	IZC	CA	TCHC	NR	Mimics software (version 17.0; Materialise, Leuven, Belgium)	110 kV, 0.07 mA
<b>Tavares et al., 2020</b>	MS	IZC	Raíces MV, DV y furca	TC	NR	Osirix v.3.9.3 software (Pixemeo, Geneva, Switzerland)	0,6mm de corte, FOV 32cm, 120 kV y 200 mA
<b>Arvind Tr P and Jain RK, 2021</b>	MS	Espacio interradicular (hueso alveolar y basal), IZC	CA, AR	TC	NR	Visores Philips and RadiAnt DICOM	120 kV; 100 mAs; field of view (FOV) = 220 mm; grosor del corte= 0.9 mm; pitch = 0.40; muy alta resolución; and 0° angulación

<b>Matias et al., 2021</b>	MS, MB	IZC, BS	LAC, PO	TCHC (i-CAT)	NR	Dolphin Imaging 11.9	120 kV, 8 mA, FOV de 13 × 16 cm ,tamaño de vóxel 0.30 mm, tiempo de escaneado 20 segundos
<b>Tavares et al., 2021</b>	MS	IZC	LAC, PO	TCMC	NR	OsiriX software (DICOM viewer OsiriX version 3.9.4; Pixmeo)	120 kV, 200 mA, voxel de 0.6 mm y FOV de 32 cm .
<b>Arango et al., 2022</b>	MS, MB	Proceso infracigomático del maxilar, IZC y <i>buccal shelf</i>	LAC	TCHC	NR	InVivo imaging software (version 6; Anatomage, San Jose, Calif)	Corte axial de 0,3mm, 120kV, 5 mA y 7 segundos de escaneado
<b>Husseini et al., 2022</b>	MS	Raíces MV y DV del 1MS y raíz MV del 2MS	AR	NR	NR	NNT + Blue Sky Plan	110 kVp; 60 mA; 0.3-mm tamaño voxel; tiempo escaneado 18 seconds; FOV 15x15
<b>Lima et al., 2022</b>	MS	El espesor del hueso alveolar vestibular se midió en 6 zonas entre el 2PM y la raíz distal del 2MS a 5, 7, 9 y 11 mm apical a la cresta alveolar	PO	TCHC (i-CAT)	PN	Dolphin Imaging	Voxel 0,4mm

**AR (ápice radicular); BF(braquifacial); BS (buccal shelf); CA (cresta alveolar); DF (dolicofacial); DV (distovestibular); MB (mandíbula); MF (mesofacial); mm (milímetros); MS (maxilar superior); MT (microtornillos); MV (mesiovestibular); NR (no reportado); PF (Plano de Frankfurt); PN (posición natural de la cabeza); PO (plano oclusal); TAD's (dispositivos de anclaje temporal); TCMC (Tomografía Computarizada Multi-Corte); 1MS (primer molar superior); 2MS (segundo molar superior); 2PM (segundo premolar).**

Autor, año	Objetivos	Resultados	Conclusiones
<b>Liou et al., 2007</b>	Medir el grosor de IZG por encima del primer molar maxilar en diferentes ángulos y posiciones con respecto al plano oclusal maxilar	El grosor de la cresta IZ por encima del primer molar maxilar varió de 5,2 ±1,1 mm a 8,8 ±2,3 mm, medido de 40° a 75° con respecto al plano oclusal maxilar y de 13 a 17 mm por encima del plano oclusal maxilar	La implicación clínica para la colocación de MT en la cresta IZ de un adulto es insertarlo de 14 a 16 mm por encima del PO maxilar y el IMS en un ángulo de 55° a 70° con respecto al PO maxilar
<b>Farnsworth et al., 2011</b>	Examinar el espesor cortical óseo de los lugares más comunes de localización de los MT en pacientes antes de tratamiento	No existen diferencias estadísticamente significativas con respecto al sexo. Hubo diferencias significativas entre adolescentes y adultos, con corticales adultas significativamente más gruesas en todas las áreas excepto en IZC, la zona del 1M inferior y 2M inferior y región palatina posterior	Los huesos corticales en los sitios de colocación de los MT comúnmente utilizados en el MS y MB son significativamente más gruesos en adultos que en adolescentes. No existen diferencias en el espesor óseo cortical en los sitios comúnmente empleados para los MT. Existen diferencias en el espesor óseo cortical entre y alrededor de las regiones MS y MB.
<b>Liu et al., 2017</b>	Estudiar el grosor y la altura del hueso alveolar en la región bucal de las raíces posteriores y proporcionar pautas para elegir los MT apropiados	Entre el 2PM y 1MS (12,41 ± 5,59 mm; 5,17-29,32); entre la raíz MV y la DV del 1MS (10,63 ±4,40 mm; 4,95-23,76); entre el 1MS-2MS(10,36 ±3,38 mm; 4,21-19,62)	Se sugiere que, la longitud adecuada del MT sea de 6 a 8 mm para la mayoría de los pacientes. La región entre los 1-2MS debe ser la primera opción para un microtornillo implantado en el hueso alveolar bucal

	<p>eligiendo una zona segura para colocación de MT</p>		<p>en la IZC para la distalización de toda la dentición del maxilar superior.</p>
<p><b>Tavares et al., 2020</b></p>	<p>Evaluar el lugar idóneo de MT en la IZC en función del patrón esquelético anteroposterior y vertical</p>	<p>El grosor óseo de la CA disminuyó gradualmente en dirección apical. No hubo diferencia entre los diferentes patrones esqueléticos verticales y anteroposteriores</p>	<p>El patrón facial no tuvo influencia significativa en el grosor de la IZC.</p>
<p><b>Arvind Tr P and Jain RK, 2021</b></p>	<p>Estimar cuantitativamente la densidad ósea del maxilar en la región interradicular (hueso alveolar y basal) y la región de la cresta IZG en varios patrones de crecimiento entre individuos Dravidianos</p>	<p>El grupo hipodivergente tenía una densidad ósea significativamente mayor en la corteza bucal en la región posterior en comparación con los grupos normodivergente e hiperdivergente. El hueso basal bucal era más denso que el hueso alveolar bucal en los tres grupos. En la región IZC, los grupos BF tenían valores de densidad significativamente más altos en comparación con los grupos MF y DF.</p>	<p>Los niveles de densidad ósea en la cresta IZG fueron más altos en las exploraciones obtenidas de individuos BF en comparación con los individuos MF y DF</p>
<p><b>Matias et al., 2021</b></p>	<p>Identificar áreas óptimas para la inserción de MT extraalveolares en la IZC) y BS, mediante TCHC en pacientes con diferentes patrones craneofaciales</p>	<p>No existen diferencias estadísticamente significativas entre el lado derecho e izquierdo del paciente, ni entre edades del paciente. Las medidas de IZC a 11 mm de las cúspides de los MS presentaron valores mayores, mientras que estos valores de grosor del hueso cortical disminuyeron a medida que aumentaba la altura de inserción del minitornillo</p>	<p>En el proceso alveolar, se puede esperar un grosor de hueso cortical de 1 mm o más en la zona posterior. Las localizaciones seguras para la colocación de MT con espacio interradicular adecuado son entre el 1PM y el 1MS en el hueso alveolar vestibular maxilar; entre los molares en el hueso alveolar palatino maxilar y los espacios interradiculares desde el 1PM hasta el 2MS en el hueso alveolar vestibular</p>

			mandibular. El área del paladar medio y el área retromolar también son lugares excelentes para la colocación de MT. Debido a los espacios interradiculares limitados, el diámetro recomendado de un MT es de 1,2 a 1,6 mm para su colocación en el hueso alveolar, y la longitud recomendada es de 6-7 mm
<b>Tavares et al., 2021</b>	Evaluar la disponibilidad ósea en la IZC para la inserción de MT extraalveolares en sujetos con diferentes patrones esqueléticos verticales y anteroposteriores	La profundidad ósea fue mayor cerca de la LAC ( $8,7 \pm 3,1$ mm) y menor en la zona apical ( $5,8 \pm 2,7$ mm). En los pacientes de clase II, considerando 6 mm desde la LAC, hubo una profundidad significativamente menor en el ángulo de $80^\circ$ ( $5,4 \pm 2,5$ mm) que en el de $60^\circ$ ( $8,6 \pm 3,5$ mm; $P = 0,007$ ). En mesofaciales, midiendo a 5 y 6 mm de la LAC, la profundidad ósea fue menor a $80^\circ$ ( $5,7 \pm 3,2$ mm y $5,3 \pm 2,5$ mm) que a $60^\circ$ midiendo a 4 mm de la LAC ( $p \leq 0,019$ ).	La mejor disponibilidad de hueso entre los 1MS y 2MS en la IZC para la inserción de MT extraalveolares se produce a una distancia de 4 mm de la LAC con un ángulo de inserción de $60^\circ$ para todos los individuos. Los sujetos de clase II y mesofacial fueron los patrones esqueléticos influenciados por el nivel y el ángulo de inserción, mostrando menor profundidad ósea en ángulos mayores y en un nivel más apical. En vista de los presentes hallazgos, se debe tener cuidado de insertar el MT no más de 7-8 mm en el hueso
<b>Arango et al., 2022</b>	Comparar el grosor y longitud del proceso cigomático, la IZC y BS en función del sexo y la edad del paciente	Las diferencias en cuanto a género sólo se encontraron en la longitud ósea de la IZC a la altura de 2PM y el 1MS y la región del 1MS. Las diferencias de edad se observaron; entre las distancias	Los resultados sugieren mayor altura ósea de la IZC en adultos que en pacientes jóvenes, y menor grosor óseo en adultos que en jóvenes

		del proceso cigomático y la altura de la IZC reflejada de la distancia seno maxilar a la LAC (longitud ósea IZC), el grosor de la IZC entre el 2PM y 1MS y en el 1MS. También se observaron diferencias en la edad el la longtiud ósea de la IZC a nivel de distal del 1MS.	
<b>Husseini et al., 2022</b>	Evaluar la profundidad y la altura de la cresta IZC ubicada en el MS a nivel posterior en la unión con el proceso cigomático, en pacientes con diferentes tipos de crecimiento facial vertical	La profundidad ósea media entre los 3 grupos fue significativamente diferente en la región de la raíz MV del 1MS en todos los niveles medidos. Era más pequeño para MF, intermedio para BF y elevado para DF. No se mostró diferencia estadística en la raíz DV del 1MS excepto en el nivel del ápice y en la raíz MV del 2MS excepto en el ápice y los niveles de 4 mm. La altura ósea media fue significativamente diferente entre los DF y los otros 2 grupos.	Las principales variaciones de la profundidad y altura de la IZC, evaluadas en diferentes patrones verticales, se ubicaron en la raíz MV del 1MS. Los valores más altos se observaron en los DF, seguidas de los BF; por último el grupo de MF

<p>Lima et al., 2022</p>	<p>Evaluar las diferencias en el espesor óseo en el área IZC entre pacientes de cada tipo facial para determinar una zona segura para la inserción de TAD's</p>	<p>Las áreas de IZC con espesor mínimo para la inserción de TAD's son: grupo I (DF), entre el 1MS-2MS a 11 mm de la CA, raíz MV del 2MS a 9 mm de la CA y raíz DV del 2MS a 11 mm de la cresta; grupos II (MF) y III (BF), entre 1MS-2MS a 11 mm de la CA y raíz MV del 2MS a 11 mm de la CA.</p>	<p>De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, los sitios que pueden ser considerados seguros por el ortodoncista para la inserción de MT IZC se ubican bilateralmente a 11 mm de la CA maxilar entre el 1MS-2MS y sobre la raíz MV del 2MS para los 3 tipos faciales. Además , para pacientes DF, a 9 mm de la CA maxilar en la raíz MV del 2MS y a 11 mm de la CA maxilar en la raíz DV del 2MS</p>
------------------------------	---	---	--

AR (ápice radicular); BF(braquifacial); BS (buccal shelf); CA (cresta alveolar); DF (dolicofacial); DV (distovestibular); MB (mandíbula); MF (mesofacial); mm (milímetros); MS (maxilar superior); MT (microtornillos); MV (mesiovestibular); NR (no reportado); PF (Plano de Frankfurt); PN (posición natural de la cabeza); PO (plano oclusal); TAD's (dispositivos de anclaje temporal); TCMC (Tomografía Computarizada Multi-Corte); 1MS (primer molar superior); 2MS (segundo molar superior); 2PM (segundo premolar).

10.3 Anexo III.- Escala Newcastle-Ottawa para evaluación de calidad de estudios transversales.

New Castle Ottawa Scale (Estudios transversales)							
Autor/año [referencia]	SELECCIÓN (*****)				COMPARABILIDAD (**)	RESULTADO (***)	*
	Muestra es representativa de la población diana.	Tamaño muestral adecuado y justificado.	Tasa de respuesta al estudio satisfactoria.	Medición de la exposición o factor de riesgo con instrumento validados ** o al menos descrito *	Los grupos son comparables y controla el factor de confusión más importante * e incluso otros factores *	Observador está enmascarado y es independiente ** , si es el propio equipo investigador * y si el análisis estadístico es correcto y aporta p valores e IC 95% *	
Liou et al., 2007			*	**	*	*	5/10
Farnsworth et al., 2011	*	*	*	**	**	**	9/10
Liu et al., 2017	*	*	*	**	*	**	8/10
Tavares et							

<b>al., 2020</b>	*	*		*	*	**	6/10
<b>Arvind Tr P y Jain RK, 2021</b>	*	*	*	**	*	**	8/10
<b>Matias et al., 2021</b>	*	*	*	**	*	*	7/10
<b>Tavares et al., 2021</b>	*	*	*	**	**	**	9/10
<b>Arango et al., 2022</b>	*	*	*	**	*	**	8/10
<b>Husseini et al., 2022</b>	*	*	*	**	**	**	9/10
<b>Lima et al., 2022</b>	*	*	*	**	**	**	9/10

## **10.4 Anexo IV. Comité Ético de Investigación en Humanos de la Universitat de València del estudio radiológico de la cortical ósea**

El comité Ético de Investigación en Humanos de la Comisión de Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València,

CERTIFICA:

Que el Comité d'Ètica d'Investigació en Humans , en la reunió celebrada el día 02 de Diciembre de 2021 , una vez estudiado el proyecto de tesis doctoral : "*Estudio volumétrico de la cortical ósea vestibular mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) en la planificación virtual de microtornillos en ortodoncia.* ", con número de registro1867515 .

Cuyo/a responsable es D/Dña.

VANESSA MARIA DE PAREDES GALLARDO , dirigida por D/Dña. VANESSA MARIA DE PAREDES GALLARDO

ha acordado informar favorablemente el mismo.

Y para que conste, se firma el presente certificado

Av. Blasco Ibáñez, 13 tel: 963864109 vicerec.investigacio@uv.es  
València 46010 fax: 963983221 www.uv.es/serinves

Firmado digitalmente por  
PEDRO JESUS PEREZ ZAFRILLA  
Cargo: Presidente del Comité de Ética de la Investigación en Humanos  
Fecha: 09/12/2021 22:56:55 CE



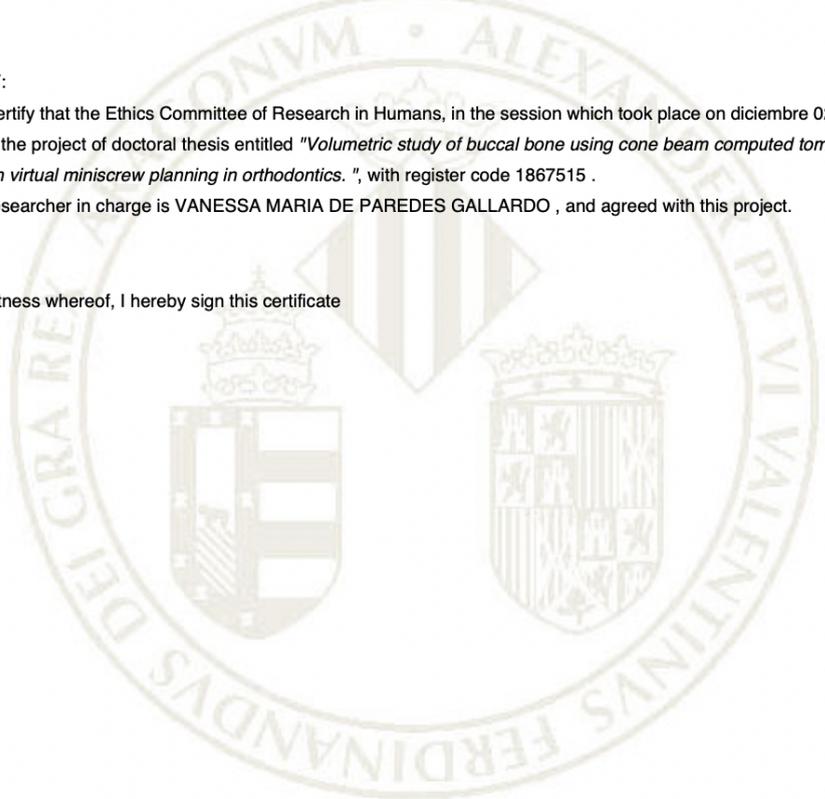
The Ethics Committee of Research in Humans of the Ethics Commission in Experimental Research of University of Valencia,

CERTIFY:

Hereby certify that the Ethics Committee of Research in Humans, in the session which took place on diciembre 02, 2021 , analysed the project of doctoral thesis entitled "*Volumetric study of buccal bone using cone beam computed tomography (CBCT) in virtual miniscrew planning in orthodontics.* ", with register code 1867515 .

Whose researcher in charge is VANESSA MARIA DE PAREDES GALLARDO , and agreed with this project.

And in witness whereof, I hereby sign this certificate



Comité d'Ètica d'Investigació en Humans de la Comissió d'Ètica en Investigació Experimental de la Universitat de València,

CERTIFICA:

Que Comité d'Ètica d'Investigació en Humans , en la reunió que tingué lloc el dia 02 de desembre de 2021 , una vegada estudiat el projecte de tesi doctoral titulat: "*Estudi volumètric de l'os vestibular mitjançant tomografia computaritzada de feix de con (CBCT) en planificació virtual de micro-cargols en ortodòncia.* ", amb codi de registre 1867515 .

que té com a responsable

VANESSA MARIA DE PAREDES GALLARDO , i que va dirigir VANESSA MARIA DE PAREDES GALLARDO , ha acordat emetre'n un informe favorablement .

I perquè així conste, signa aquest certificat.



## 10.5 Anexo V. Consentimiento informado para la utilización de datos clínicos en el estudio radiológico de la cortical ósea mediante TCHC.



### CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA UTILIZACIÓN DE DATOS CLÍNICOS

#### INFORMACIÓN AL SUJETO DE EXPERIMENTACIÓN.

*El proyecto de investigación para el cual le pedimos su participación se titula: “Estudio volumétrico de la cortical ósea vestibular mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) en la planificación virtual de microtornillos en ortodoncia.”.*

Para que usted pueda participar en este estudio es necesario contar con su consentimiento, y que conozca la información básica necesaria para que dicho consentimiento pueda considerarse verdaderamente informado. Por ello, le ruego que lea detenidamente la siguiente información. Si tuviera alguna duda exprese la, antes de firmar este documento, al investigador principal del proyecto, bien personalmente, bien a través del teléfono o por correo electrónico. Los datos del investigador principal del proyecto aparecen también en el presente documento.

La información básica que debe conocer es la siguiente:

#### OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Objetivo General:

Estudiar el espesor de la cortical ósea vestibular en el área retromolar e infracigomática en la población adulta española

Objetivos específicos:

Estimar en función del análisis de espesor óseo, la óptima colocación de microtornillos de anclaje ortodóncico en función de la edad y patrón facial

Elaborar un protocolo de actuación clínica en la planificación virtual de dispositivos de anclaje temporal en ortodoncia

Los resultados de los proyectos de investigación pueden derivar del uso de estas muestras biológicas pueden contribuir a la mejora en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Tanto las muestras como los datos asociados a las mismas serán custodiados y en su caso cedidos a terceros con fines de investigación biomédica en los términos previstos en la Ley 14/2007, de 3 de julio, y en el Real Decreto 1716/2011, de 18 de noviembre.

#### METODOLOGÍA

Se trata de un estudio de seguimiento clínico, de carácter retrospectivo. Se recopilarán de la historia clínica que obra en el *Clinica Odontológica de la Universitat de València departamento de Ortodoncia Fundación Lluís Alcanyís, Clínica privada de Ortodoncia Santiago Pérez Varela* los siguientes datos: edad, sexo, raza, imágenes radiográficas (CBCT's)

Toda esta información, está en la historia clínica y no se le van a realizar pruebas o exploraciones adicionales .

El acceso a la historia clínica, la realizará una persona en formación, debidamente autorizada y con un código de registro de acceso, que conoce la normativa emanada de la *Orden SSI/81/2017, de 19 de enero, por la que se publica el Acuerdo de la Comisión de Recursos Humanos del Sistema Nacional de Salud, por el que se aprueba el protocolo mediante el que se determinan pautas básicas destinadas a asegurar y proteger el derecho a la intimidad del paciente por los alumnos y residentes en Ciencias de la Salud. (en caso de que se trate de otra persona, especificar)*

En ningún caso se compartirá la información recopilada utilizando sistemas de información y/o herramientas informáticas/redes sociales, que no se encuentren sujetos a los sistemas de seguridad del Centro y estará supervisado por el responsable de los procesos asistenciales en el

**CONSENTIMIENTO INFORMADO  
PARA LA UTILIZACIÓN DE DATOS CLÍNICOS**

centro, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 104 de la LGS en relación con lo previsto en el Real Decreto 1558/1986.

**BENEFICIOS ESPERADOS**

Los resultados de este proyecto de investigación pueden contribuir a la mejora de colocación de microtornillos en ortodoncia.

**CONSECUENCIAS PREVISIBLES DE SU NO PARTICIPACIÓN Y DERECHO DE REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO**

La participación en este estudio es voluntaria y puede cancelarse en cualquier momento. Si rechaza participar, no habrá consecuencias negativas para usted. Si se retira del proyecto, puede decidir sin los datos utilizados hasta éste momento, deben borrarse o si se pueden seguir utilizando tras haberlos convertido en anónimos (p. ej., eliminando los datos de la información identificativa, incluido el código, para que resulte imposible volver a identificarlos). No percibirá ninguna compensación económica o de otro tipo por participar en ésta investigación.

**PROTECCIÓN DE DATOS PERSONALES Y CONFIDENCIALIDAD**

*Indicar los detalles del tratamiento que se dará a los datos de carácter personal del paciente, para ello consultar el siguiente documento disponible en la página web:*

***Protocolo para el cumplimiento de la normativa de protección de datos en la realización de Prácticas Externas y Trabajos Fin de Estudios***

Se han adoptado las medidas oportunas para garantizar la completa confidencialidad de los datos personales de los sujetos de experimentación que participen en este estudio, de acuerdo con la Ley de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD) 3/2018, de 5 de diciembre.

A cada participante se le asignará un código numérico, que no guardará relación con el número de historia ni con ningún dato identificativo del paciente, por lo que el tratamiento de los datos se realizará de forma anónima por parte de los investigadores. Dicho código le será asignado por el responsable del Centro, Consulta, Departamento o Unidad Clínica.

En el caso que se utilicen los resultados del estudio, con fines de docencia, investigación y/o publicación, se respetará siempre la debida anonimización de los datos de carácter personal, de modo que los sujetos de la investigación no resultarán identificados o identificables.

El titular de los datos personales podrá ejercitar los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición al tratamiento de datos de carácter personal, y de revocación del consentimiento, en los términos previstos en la normativa aplicable. *(Si lo considera oportuno, puede detallar más esas medidas)*

**INFORMACIÓN DE CONTACTO**

Si tienen alguna pregunta sobre este proyecto de investigación, puede consultar en cualquier momento al Investigador responsable del estudio Vanesa Paredes Gallardo tf 611716216, e mail: [vanessa.paredes@uv.es](mailto:vanessa.paredes@uv.es). Si deciden participar en este proyecto, rellenen y firmen el formulario de consentimiento que aparece a continuación.



**CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PACIENTE PARA LA UTILIZACIÓN DE DATOS CLÍNICOS**

**EJEMPLAR PARA EL PACIENTE**

Si la persona es mayor de edad, se recomienda utilizar esta fórmula:

D./Dña. \_\_\_\_\_ mayor de edad, titular del DNI: \_\_\_\_\_, por el presente documento manifiesto los siguientes consentimientos:

Si la persona es menor de edad o está incapacitada legalmente, se recomienda utilizar esta fórmula:

D./Dña. \_\_\_\_\_, mayor de edad, titular del DNI: \_\_\_\_\_, [padre, madre o tutor legal de \_\_\_\_\_], por el presente documento manifiesto los siguientes consentimientos:

**DECLARO**

- Que he leído la hoja de información que se me ha entregado.
- Que he comprendido las explicaciones que se me han facilitado.
- Que he podido realizar observaciones y me han sido aclaradas las dudas que he planteado.
- Que puedo revocar el consentimiento en cualquier momento sin tener que dar explicaciones y sin que esto tenga ninguna repercusión negativa.
- Que de forma libre y voluntaria cedo los datos que se hallan recogidos en la historia clínica de mi hijo para el estudio que se me ha propuesto
- Que puedo incluir restricciones sobre el uso de las mismas.

**CONSENTO**

Que se utilicen los datos que se hallan recopilados en mi historia clínica para el mencionado estudio.

Que el investigador pueda acceder a mis datos en la medida en que sea necesario y manteniendo siempre su confidencialidad.

Que el personal del centro me contacte en el futuro en caso de que se estime oportuno añadir nuevos datos a los recogidos y/o tomar nuevas muestras.  Sí  No

Deseo incluir la siguiente restricción al uso de mis datos:

.....

Nombre y apellidos	Nombre y apellidos
Firma PADRE / MADRE / TUTOR <i>Sólo utilizar en caso de que sea menor o tenga declaración de incapacidad</i>	Firma

Si el sujeto del estudio es un adolescente capaz intelectual y emocionalmente de entre 12 y 16 años debe de ser oída su opinión y autorizar su participación en el estudio firmando también este consentimiento. Cuando se trate de menores no incapaces ni incapacitados, pero emancipados o con 16 años cumplidos, no cabe prestar el consentimiento por representación y será el propio sujeto del estudio quien firmará el consentimiento (Ley 41/2002).

**Declaración Investigador:**

He informado debidamente al representante legal y/o al paciente arriba mencionado

Fdo.: ..... DNI .....



**CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PACIENTE  
PARA LA UTILIZACIÓN DE DATOS CLÍNICOS**

En ..... a ..... de ..... de 20...

**REVOCACIÓN**

Fdo.: D./Dña .....

Revoco el consentimiento cedido para la utilización de los datos de mi hijo/a para el estudio propuesto

En ..... a ..... de ..... de 20...



CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PACIENTE PARA LA UTILIZACIÓN DE DATOS CLÍNICOS

EJEMPLAR PARA EL CENTRO

Si la persona es mayor de edad, se recomienda utilizar esta fórmula:

D./Dña. \_\_\_\_\_ mayor de edad, titular del DNI: \_\_\_\_\_, por el presente documento manifiesto los siguientes consentimientos:

Si la persona es menor de edad o está incapacitada legalmente, se recomienda utilizar esta fórmula:

D./Dña. \_\_\_\_\_, mayor de edad, titular del DNI: \_\_\_\_\_, [padre, madre o tutor legal de \_\_\_\_\_], por el presente documento manifiesto los siguientes consentimientos:

DECLARO

- Que he leído la hoja de información que se me ha entregado.
• Que he comprendido las explicaciones que se me han facilitado.
• Que he podido realizar observaciones y me han sido aclaradas las dudas que he planteado.
• Que puedo revocar el consentimiento en cualquier momento sin tener que dar explicaciones y sin que esto tenga ninguna repercusión negativa.
• Que de forma libre y voluntaria cedo los datos que se hallan recogidos en la historia clínica de mi hijo para el estudio que se me ha propuesto
• Que puedo incluir restricciones sobre el uso de las mismas.

CONSIENTO

Que se utilicen los datos que se hallan recopilados en mi historia clínica para el mencionado estudio.

Que el investigador pueda acceder a mis datos en la medida en que sea necesario y manteniendo siempre su confidencialidad.

Que el personal del centro me contacte en el futuro en caso de que se estime oportuno añadir nuevos datos a los recogidos y/o tomar nuevas muestras. [X] Sí [ ] No

[ ] Deseo incluir la siguiente restricción al uso de mis datos:

.....

Table with 2 columns: Name and surnames, Signature. Includes text: Firma PADRE / MADRE / TUTOR, Sólo utilizar en caso de que sea menor o tenga declaración de incapacidad

Si el sujeto del estudio es un adolescente capaz intelectual y emocionalmente de entre 12 y 16 años debe de ser oída su opinión y autorizar su participación en el estudio firmando también este consentimiento. Cuando se trate de menores no incapaces ni incapacitados, pero emancipados o con 16 años cumplidos, no cabe prestar el consentimiento por representación y será el propio sujeto del estudio quien firmará el consentimiento (Ley 41/2002).

Declaración Investigador:

He informado debidamente al representante legal y al paciente arriba mencionado

Fdo.: ..... DNI .....

En ..... a ..... de ..... de 20...



**CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PACIENTE  
PARA LA UTILIZACIÓN DE DATOS CLÍNICOS**

**REVOCACIÓN**

Fdo.: D./Dña .....

Revoco el consentimiento cedido para la utilización de los datos de mi hijo/a para el estudio propuesto

En ..... a..... de ..... de 20.....

## 10.6 Anexo VI. Consentimiento informado y compromiso de confidencialidad.

### DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO Y COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD

#### 1.- INFORMACIÓN AL SUJETO DE EXPERIMENTACIÓN.

*El proyecto de investigación para el cual le pedimos su participación se titula:*

“Estudio volumétrico de la cortical ósea vestibular mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) en la planificación virtual de microtornillos en ortodoncia.”.

Para que usted pueda participar en este estudio es necesario contar con su consentimiento, y que conozca la información básica necesaria para que dicho consentimiento pueda considerarse verdaderamente informado. Por ello, le ruego que lea detenidamente la siguiente información. Si tuviera alguna duda exprese la, antes de firmar este documento, al investigador principal del proyecto, bien personalmente, bien a través del teléfono o por correo electrónico. Los datos del investigador principal del proyecto aparecen también en el presente documento.

La información básica que debe conocer es la siguiente:

- a) *Objetivo del estudio:*
  1. Estudiar el espesor de la cortical ósea vestibular en el área retromolar e infracigomática en la población adulta española
  2. Estimar en función del análisis de espesor óseo, la óptima colocación de microtornillos de anclaje ortodóncico en función de la edad y patrón facial
  3. Elaborar un protocolo de actuación clínica en la planificación virtual de dispositivos de anclaje temporal en ortodoncia
- b) *Metodología a utilizar para el estudio, tipo de colaboración que se espera de usted y duración de dicha colaboración:* Análisis de imágenes radiográficas CBCT's identificando las siguientes variables: edad, sexo, raza y espesor de la cortical ósea
- c) *Procedimientos preventivos, diagnósticos y/o terapéuticos disponibles alternativos a los que se investigan con este estudio:* No aplicable en este estudio
- d) *Posibles molestias y riesgos de su participación en el estudio:* No aplicable en este estudio
- e) *Medidas para responder a los acontecimientos adversos:* No aplicable en este estudio
- f) *Medidas para asegurar una compensación adecuada en el caso de que usted sufra algún daño:* No aplicable en este estudio
- g) *Beneficios que se espera obtener con la investigación:* Se tratará de elaborar un protocolo de actuación clínica en la colocación de microtornillos en ortodoncia para reducir su tasa de fracaso.

- h) *Consecuencias de la no participación:* No existirá ninguna consecuencia de la no participación: no afectará a su derecho a la asistencia sanitaria, y que la relación con las personas que le propusieron participar será igual de cordial y dedicada con los que rechacen participar que con los que sí participen
- i) *Posibilidad de retirada en cualquier momento y consecuencias:* Usted puede retirarse del proyecto en cualquier momento firmando la revocación del consentimiento que se incluye al final del documento. Su retirada no tendrá ninguna consecuencia negativa para usted, y será aceptada sin problemas por el equipo investigador.
- j) *¿Quién ha financiado el estudio?:* Este estudio no cuenta con financiación
- k) *¿Qué institución lo realiza?:* Se realiza en la Universitat de València.
- l) *Gratuidad por la participación:* Los sujetos de experimentación no obtendrán ninguna compensación económica por la participación en este estudio.
- m) *Previsión de uso posterior de los resultados:* Los resultados se utilizarán con fines de docencia, investigación y/o publicación científica. No se revelará la identidad de ningún participante en ningún momento ni en ninguna publicación o comunicación tras los resultados de este estudio. Se guardará la máxima estricta confidencialidad de los datos del estudio
- n) *Equipo investigador:* Vanessa Paredes Gallardo, Carolina Rojo Sanchis, Verónica García Sanz, Beatriz Tarazona Álvarez.
- o) *Datos de contacto del investigador principal para aclaraciones o consultas:* Vanessa Paredes Gallardo, C/Gascó Oliag 1, departamento de Estomatología. 669466423.
- p) El proyecto se realizará siguiendo los criterios éticos internacionales recogidos en la Declaración de Helsinki.

## 2.- COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD.

- a) *Medidas para asegurar el respeto a la vida privada y a la confidencialidad de los datos personales:* Se han adoptado las medidas oportunas para garantizar la completa confidencialidad de los datos personales de los sujetos de experimentación que participen en este estudio, de acuerdo con la Ley De Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD) 3/2018, de 5 de diciembre.
- b) *Medidas para acceder a la información relevante para usted que surjan de la investigación o de los resultados totales:* Sepa que tiene derecho a acceder a la información generada sobre usted en el estudio. (Detalle, brevemente, las medidas tomadas para acceder a esa información).
- c) *Medidas tomadas por tratarse de un estudio anonimizado:* (Inclúyase este párrafo si se trata de un estudio de este tipo: “Se ha establecido un sistema de

anonimización efectivo que no permite la identificación posterior del sujeto. En ningún caso se juntarán los consentimientos otorgados, donde sí se identifica al sujeto, con los cuestionarios utilizados en el estudio. En el uso que se realice de los resultados del estudio, con fines de docencia, investigación y/o publicación, se respetará siempre la debida anonimización de los datos de carácter personal, de modo que los sujetos de la investigación no resultarán identificados o identificables”).

### 3.- CONSENTIMIENTO.

En el caso de que el sujeto de experimentación sea mayor de edad:

Don/Doña \_\_\_\_\_,  
mayor de edad, titular del DNI : \_\_\_\_\_, por el presente documento manifiesto que:

En el caso de que el sujeto de experimentación sea menor de edad o incapaz de obrar:

Don/Doña \_\_\_\_\_,  
mayor de edad, titular del DNI : \_\_\_\_\_,  
 padre,  madre,  tutor legal  
de \_\_\_\_\_,  
por el presente documento manifiesto que:

He sido informado/a de las características del Proyecto de Investigación titulado:  
“ \_\_\_\_\_ ”

He leído tanto el apartado 1 del presente documento titulado “información al sujeto de experimentación”, como el apartado 2 titulado “compromiso de confidencialidad”, y he podido formular las dudas que me han surgido al respecto. Considero que he entendido dicha información.

Estoy informado/a de la posibilidad de retirarme en cualquier momento del estudio.

En virtud de tales condiciones, consiento participar en este estudio.

Y en prueba de conformidad, firmo el presente documento en el lugar y fecha que se indican a continuación.

Valencia, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_.

<i>Nombre y apellidos del / de la participante:</i>	<i>Nombre y apellidos del padre, madre o tutor (en el caso de menores o incapaces):</i>	<i>Nombre y apellidos del investigador principal:</i>

Firma:	Firma:	Firma:
--------	--------	--------

Si el sujeto del estudio es un adolescente capaz intelectual y emocionalmente de entre 12 y 16 años debe de ser oída su opinión y autorizar su participación en el estudio firmando también este consentimiento. Cuando se trate de menores no incapaces ni incapacitados, pero emancipados o con 16 años cumplidos, no cabe prestar el consentimiento por representación y será el propio sujeto del estudio quien firmará el consentimiento (Ley 41/2002).

**REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO**

Revoco el consentimiento prestado en fecha \_\_\_\_\_ para participar en el proyecto titulado “\_\_\_\_\_” y, para que así conste, firmo la presente revocación.

En Valencia, a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_.

<i>Nombre y apellidos del / de la participante:</i>	<i>Nombre y apellidos del padre, madre o tutor (en el caso de menores o incapaces):</i>	<i>Nombre y apellidos del investigador principal:</i>
Firma:	Firma:	Firma:

1)

## **10.7 Anexo VII. Compromiso de confidencialidad.**

### **FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGIA UNIVERSITAT DE VALÈNCIA COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD**

Yo, Carolina Rojo Sanchis, Odontóloga y con número de colegiado 46004727 por el Ilustre Colegio de Odontólogos y Estomatólogos de Valencia, declaro que los datos personales recogidos de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Valencia, serán utilizados únicamente con fines científicos, cumplirán con la legislación actual sobre la protección de datos de carácter personal y serán empleados para llevar a cabo mi trabajo de investigación dirigido por la Dra. Vanessa Paredes, la Dra. Beatriz Tarazona y la Dra. Verónica García, Doctoras en Odontología y Profesoras de la Unidad Docente de Ortodoncia de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Valencia.

Fdo. Carolina Rojo Sanchis

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke extending to the right.

## 10.8 Anexo VIII. Análisis descriptivo para la variable longitud total.

### LONGITUD TOTAL (mm)

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Mediana	Percentil 75
LT 17 DV	201	12,27	2,78	6,24	21,01	10,30	12,48	13,90
LT 27 DV	201	12,20	2,74	5,57	20,38	10,20	12,40	14,10
LT 16 DV	201	11,84	2,70	5,71	19,50	10,00	11,90	13,60
LT 26 DV	201	11,85	2,23	6,54	21,00	10,27	11,80	13,44
LT 16 MV	201	12,92	2,86	5,16	22,00	10,87	13,09	14,90
LT 26 MV	201	12,90	2,79	5,76	21,70	10,94	13,44	14,70

### LONGITUD TOTAL (mm) según SEXO

		SEXO		
		Total	Hombre	Mujer
LT 17 DV	N	201	89	112
	Media	12,27	12,62	11,99
	Desviación típica	2,78	2,48	2,98
	Mínimo	6,24	7,87	6,24
	Máximo	21,01	18,20	21,01
	Percentil 25	10,30	10,80	9,89
	Mediana	12,48	12,70	12,24
	Percentil 75	13,90	14,00	13,78
LT 27 DV	N	201	89	112
	Media	12,20	12,43	12,02
	Desviación típica	2,74	2,67	2,79

	<b>Mínimo</b>	5,57	6,53	5,57
	<b>Máximo</b>	20,38	20,38	20,28
	<b>Percentil 25</b>	10,20	10,94	9,83
	<b>Mediana</b>	12,40	12,60	11,91
	<b>Percentil 75</b>	14,10	14,00	14,20
<b>LT 16 DV</b>	<b>N</b>	201	89	112
	<b>Media</b>	11,84	11,57	12,06
	<b>Desviación típica</b>	2,70	2,73	2,67
	<b>Mínimo</b>	5,71	5,71	5,95
	<b>Máximo</b>	19,50	18,00	19,50
	<b>Percentil 25</b>	10,00	9,60	10,09
	<b>Mediana</b>	11,90	12,10	11,76
	<b>Percentil 75</b>	13,60	13,06	13,94
<b>LT 26 DV</b>	<b>N</b>	201	89	112
	<b>Media</b>	11,85	11,56	12,09
	<b>Desviación típica</b>	2,23	1,91	2,44
	<b>Mínimo</b>	6,54	7,10	6,54
	<b>Máximo</b>	21,00	16,70	21,00
	<b>Percentil 25</b>	10,27	10,14	10,29
	<b>Mediana</b>	11,80	11,60	12,00
	<b>Percentil 75</b>	13,44	12,80	13,76
<b>LT 16 MV</b>	<b>N</b>	201	89	112
	<b>Media</b>	12,92	13,02	12,83
	<b>Desviación típica</b>	2,86	2,96	2,79
	<b>Mínimo</b>	5,16	5,38	5,16
	<b>Máximo</b>	22,00	19,90	22,00
	<b>Percentil 25</b>	10,87	11,00	10,84
	<b>Mediana</b>	13,09	13,36	12,86
	<b>Percentil 75</b>	14,90	14,90	14,74
<b>LT 26 MV</b>	<b>N</b>	201	89	112
	<b>Media</b>	12,90	13,00	12,81
	<b>Desviación típica</b>	2,79	2,53	2,99
	<b>Mínimo</b>	5,76	5,76	5,76
	<b>Máximo</b>	21,70	17,90	21,70
	<b>Percentil 25</b>	10,94	11,20	10,45
	<b>Mediana</b>	13,44	13,54	13,30
	<b>Percentil 75</b>	14,70	14,59	14,84

**LONGITUD TOTAL (mm) según EDAD**

		GRUPO EDAD		
		Total	<=30 años	>30 años
LT 17 DV	N	201	113	88
	Media	12,27	12,21	12,34
	Desviación típica	2,78	2,48	3,14
	Mínimo	6,24	6,50	6,24
	Máximo	21,01	18,20	21,01
	Percentil 25	10,30	10,36	10,29
	Mediana	12,48	12,58	12,23
	Percentil 75	13,90	13,73	14,15
LT 27 DV	N	201	113	88
	Media	12,20	12,15	12,26
	Desviación típica	2,74	2,74	2,76
	Mínimo	5,57	5,80	5,57
	Máximo	20,38	20,38	20,28
	Percentil 25	10,20	9,88	10,35
	Mediana	12,40	12,45	12,24
	Percentil 75	14,10	14,00	14,20
LT 16 DV	N	201	113	88
	Media	11,84	11,75	11,97
	Desviación típica	2,70	2,71	2,71
	Mínimo	5,71	5,71	7,41
	Máximo	19,50	19,50	19,00
	Percentil 25	10,00	9,77	10,00
	Mediana	11,90	11,98	11,80
	Percentil 75	13,60	13,25	13,85
LT 26 DV	N	201	113	88
	Media	11,85	11,61	12,16
	Desviación típica	2,23	2,09	2,38
	Mínimo	6,54	6,54	7,74
	Máximo	21,00	16,70	21,00
	Percentil 25	10,27	10,10	10,46
	Mediana	11,80	11,89	11,71
	Percentil 75	13,44	13,09	13,48
LT 16 MV	N	201	113	88

	<b>Media</b>	12,92	12,83	13,03
	<b>Desviación típica</b>	2,86	2,72	3,04
	<b>Mínimo</b>	5,16	5,38	5,16
	<b>Máximo</b>	22,00	19,90	22,00
	<b>Percentil 25</b>	10,87	11,06	10,73
	<b>Mediana</b>	13,09	13,00	13,33
	<b>Percentil 75</b>	14,90	14,50	15,00
<b>LT 26 MV</b>	<b>N</b>	201	113	88
	<b>Media</b>	12,90	12,82	12,99
	<b>Desviación típica</b>	2,79	2,69	2,93
	<b>Mínimo</b>	5,76	5,76	5,76
	<b>Máximo</b>	21,70	17,90	21,70
	<b>Percentil 25</b>	10,94	10,66	11,21
	<b>Mediana</b>	13,44	13,44	13,44
	<b>Percentil 75</b>	14,70	14,80	14,65

**LONGITUD TOTAL (mm) según CLASE**

		<b>CLASE</b>			
		<b>Total</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>LT 17 DV</b>	<b>N</b>	201	71	61	69
	<b>Media</b>	12,27	12,07	12,29	12,45
	<b>Desviación típica</b>	2,78	2,84	3,19	2,31
	<b>Mínimo</b>	6,24	6,24	6,72	8,63
	<b>Máximo</b>	21,01	18,20	21,01	18,20
	<b>Percentil 25</b>	10,30	9,89	10,20	10,74
	<b>Mediana</b>	12,48	12,58	12,50	12,19
	<b>Percentil 75</b>	13,90	14,00	13,94	13,73
<b>LT 27 DV</b>	<b>N</b>	201	71	61	69
	<b>Media</b>	12,20	12,10	12,12	12,37
	<b>Desviación típica</b>	2,74	3,11	2,29	2,73
	<b>Mínimo</b>	5,57	5,57	7,97	6,53
	<b>Máximo</b>	20,38	20,38	16,54	20,28
	<b>Percentil 25</b>	10,20	9,67	10,20	11,14
	<b>Mediana</b>	12,40	12,45	12,00	12,48
	<b>Percentil 75</b>	14,10	14,40	14,00	13,73
<b>LT 16</b>	<b>N</b>	201	71	61	69

<b>DV</b>					
	<b>Media</b>	11,84	11,76	11,83	11,93
	<b>Desviación típica</b>	2,70	2,51	2,62	2,99
	<b>Mínimo</b>	5,71	6,91	5,95	5,71
	<b>Máximo</b>	19,50	19,00	18,00	19,50
	<b>Percentil 25</b>	10,00	9,60	10,05	10,07
	<b>Mediana</b>	11,90	11,90	12,17	11,90
	<b>Percentil 75</b>	13,60	13,73	13,50	13,40
<b>LT 26 DV</b>	<b>N</b>	201	71	61	69
	<b>Media</b>	11,85	11,83	11,89	11,84
	<b>Desviación típica</b>	2,23	2,31	1,94	2,41
	<b>Mínimo</b>	6,54	6,54	8,30	7,10
	<b>Máximo</b>	21,00	17,60	16,70	21,00
	<b>Percentil 25</b>	10,27	10,00	10,30	10,40
	<b>Mediana</b>	11,80	12,17	11,60	11,70
	<b>Percentil 75</b>	13,44	13,46	13,40	13,44
<b>LT 16 MV</b>	<b>N</b>	201	71	61	69
	<b>Media</b>	12,92	12,54	12,73	13,47
	<b>Desviación típica</b>	2,86	2,89	2,61	3,00
	<b>Mínimo</b>	5,16	5,16	8,94	6,45
	<b>Máximo</b>	22,00	18,70	19,90	22,00
	<b>Percentil 25</b>	10,87	10,78	10,60	11,15
	<b>Mediana</b>	13,09	13,00	12,60	13,36
	<b>Percentil 75</b>	14,90	14,69	14,50	15,07
<b>LT 26 MV</b>	<b>N</b>	201	71	61	69
	<b>Media</b>	12,90	12,42	13,22	13,10
	<b>Desviación típica</b>	2,79	3,01	2,42	2,84
	<b>Mínimo</b>	5,76	5,76	8,26	8,16
	<b>Máximo</b>	21,70	17,18	17,60	21,70
	<b>Percentil 25</b>	10,94	9,60	11,52	11,00
	<b>Mediana</b>	13,44	13,44	13,50	13,44
	<b>Percentil 75</b>	14,70	14,59	15,00	14,40

**LONGITUD TOTAL (mm) según PATRÓN**

		PATRÓN			
		Total	Mesofacial	Braquifacial	Dolicofacial
LT 17 DV	N	201	60	55	86
	Media	12,27	11,33	12,92	12,50
	Desviación típica	2,78	2,10	2,96	2,93
	Mínimo	6,24	6,72	6,70	6,24
	Máximo	21,01	14,80	18,20	21,01
	Percentil 25	10,30	9,94	10,20	10,82
	Mediana	12,48	11,69	13,40	12,48
	Percentil 75	13,90	12,95	15,00	13,83
LT 27 DV	N	201	60	55	86
	Media	12,20	11,74	12,42	12,38
	Desviación típica	2,74	2,37	2,74	2,97
	Mínimo	5,57	7,30	6,53	5,57
	Máximo	20,38	15,50	16,54	20,38
	Percentil 25	10,20	9,67	10,30	10,40
	Mediana	12,40	11,62	13,00	12,22
	Percentil 75	14,10	14,05	14,46	13,73
LT 16 DV	N	201	60	55	86
	Media	11,84	11,05	12,32	12,09
	Desviación típica	2,70	2,22	2,84	2,82
	Mínimo	5,71	5,71	5,95	6,36
	Máximo	19,50	15,17	19,00	19,50
	Percentil 25	10,00	9,73	9,40	10,18
	Mediana	11,90	10,90	12,90	11,95
	Percentil 75	13,60	12,84	14,10	13,60
LT 26 DV	N	201	60	55	86
	Media	11,85	11,68	11,91	11,94
	Desviación típica	2,23	2,02	2,38	2,29
	Mínimo	6,54	7,74	6,54	7,10
	Máximo	21,00	17,60	16,70	21,00
	Percentil 25	10,27	10,19	10,00	10,51
	Mediana	11,80	11,36	12,40	11,70
	Percentil 75	13,44	12,81	13,70	13,25

<b>LT 16 MV</b>	<b>N</b>	201	60	55	86
	<b>Media</b>	12,92	11,80	13,22	13,50
	<b>Desviación típica</b>	2,86	2,51	3,10	2,74
	<b>Mínimo</b>	5,16	5,16	6,45	6,72
	<b>Máximo</b>	22,00	16,80	19,90	22,00
	<b>Percentil 25</b>	10,87	10,60	10,10	11,59
	<b>Mediana</b>	13,09	11,52	13,82	13,43
	<b>Percentil 75</b>	14,90	13,98	15,36	15,00
<b>LT 26 MV</b>	<b>N</b>	201	60	55	86
	<b>Media</b>	12,90	12,13	13,46	13,06
	<b>Desviación típica</b>	2,79	2,67	3,12	2,56
	<b>Mínimo</b>	5,76	5,76	7,01	8,16
	<b>Máximo</b>	21,70	17,18	17,60	21,70
	<b>Percentil 25</b>	10,94	10,52	10,50	11,52
	<b>Mediana</b>	13,44	12,05	14,21	13,47
	<b>Percentil 75</b>	14,70	14,40	16,13	14,10

### 10.9 Anexo IX. Análisis descriptivo para la variable longitud intraalveolar.

#### LONGITUD INTRAALVEOLAR (mm)

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Mediana	Percentil 75
LI 17 DV	201	5,98	2,07	2,40	12,58	4,47	5,76	7,10
LI 27 DV	201	6,53	2,18	2,00	12,60	4,89	6,43	7,80
LI 16 DV	201	5,84	1,80	2,40	10,00	4,50	5,86	7,01
LI 26 DV	201	6,33	1,99	2,40	11,00	4,80	6,34	7,68
LI 16 MV	201	5,98	2,38	2,40	14,00	4,00	5,66	7,58
LI 26 MV	201	6,40	2,53	2,30	13,40	4,51	6,00	8,20

#### LONGITUD INTRAALVEOLAR (mm) según SEXO

		SEXO		
		Total	Hombre	Mujer
LI 17 DV	N	201	89	112
	Media	5,98	6,60	5,49
	Desviación típica	2,07	2,07	1,93
	Mínimo	2,40	3,00	2,40
	Máximo	12,58	12,58	10,92
	Percentil 25	4,47	5,32	3,94
	Mediana	5,76	6,14	5,25
	Percentil 75	7,10	7,70	6,66
LI 27 DV	N	201	89	112
	Media	6,53	6,91	6,22
	Desviación típica	2,18	2,14	2,17
	Mínimo	2,00	3,20	2,00
	Máximo	12,60	11,86	12,60

	<b>Percentil 25</b>	4,89	5,20	4,30
	<b>Mediana</b>	6,43	6,72	6,24
	<b>Percentil 75</b>	7,80	8,01	7,50
<b>LI 16 DV</b>	<b>N</b>	201	89	112
	<b>Media</b>	5,84	6,05	5,68
	<b>Desviación típica</b>	1,80	1,97	1,65
	<b>Mínimo</b>	2,40	2,40	2,40
	<b>Máximo</b>	10,00	10,00	9,60
	<b>Percentil 25</b>	4,50	4,61	4,41
	<b>Mediana</b>	5,86	6,05	5,78
	<b>Percentil 75</b>	7,01	7,20	6,86
<b>LI 26 DV</b>	<b>N</b>	201	89	112
	<b>Media</b>	6,33	6,47	6,22
	<b>Desviación típica</b>	1,99	1,90	2,06
	<b>Mínimo</b>	2,40	2,98	2,40
	<b>Máximo</b>	11,00	10,60	11,00
	<b>Percentil 25</b>	4,80	4,90	4,80
	<b>Mediana</b>	6,34	6,34	6,20
	<b>Percentil 75</b>	7,68	7,78	7,59
<b>LI 16 MV</b>	<b>N</b>	201	89	112
	<b>Media</b>	5,98	6,52	5,56
	<b>Desviación típica</b>	2,38	2,73	1,97
	<b>Mínimo</b>	2,40	2,40	2,40
	<b>Máximo</b>	14,00	14,00	11,14
	<b>Percentil 25</b>	4,00	4,00	4,00
	<b>Mediana</b>	5,66	5,90	5,53
	<b>Percentil 75</b>	7,58	8,00	6,76
<b>LI 26 MV</b>	<b>N</b>	201	89	112
	<b>Media</b>	6,40	6,95	5,96
	<b>Desviación típica</b>	2,53	2,90	2,12
	<b>Mínimo</b>	2,30	2,30	2,30
	<b>Máximo</b>	13,40	13,40	12,58
	<b>Percentil 25</b>	4,51	4,70	4,51
	<b>Mediana</b>	6,00	6,43	5,73
	<b>Percentil 75</b>	8,20	8,74	7,30

**LONGITUD INTRAALVEOLAR (mm) según EDAD**

		GRUPO EDAD		
		Total	<=30 años	>30 años
LI 17 DV	N	201	113	88
	Media	5,98	6,22	5,67
	Desviación típica	2,07	1,96	2,16
	Mínimo	2,40	2,40	2,78
	Máximo	12,58	12,48	12,58
	Percentil 25	4,47	5,00	3,98
	Mediana	5,76	6,00	5,20
	Percentil 75	7,10	7,28	6,95
LI 27 DV	N	201	113	88
	Media	6,53	6,60	6,43
	Desviación típica	2,18	2,18	2,18
	Mínimo	2,00	2,00	2,95
	Máximo	12,60	11,86	12,60
	Percentil 25	4,89	5,00	4,49
	Mediana	6,43	6,53	6,24
	Percentil 75	7,80	7,80	7,75
LI 16 DV	N	201	113	88
	Media	5,84	5,99	5,65
	Desviación típica	1,80	1,87	1,71
	Mínimo	2,40	2,40	2,40
	Máximo	10,00	10,00	10,00
	Percentil 25	4,50	4,70	4,29
	Mediana	5,86	6,10	5,68
	Percentil 75	7,01	7,10	6,96
LI 26 DV	N	201	113	88
	Media	6,33	6,40	6,24
	Desviación típica	1,99	2,01	1,97
	Mínimo	2,40	2,98	2,40
	Máximo	11,00	10,60	11,00
	Percentil 25	4,80	4,70	4,90
	Mediana	6,34	6,20	6,34
	Percentil 75	7,68	7,87	7,59
LI 16 MV	N	201	113	88

	<b>Media</b>	5,98	6,19	5,73
	<b>Desviación típica</b>	2,38	2,63	2,02
	<b>Mínimo</b>	2,40	2,40	2,40
	<b>Máximo</b>	14,00	14,00	11,90
	<b>Percentil 25</b>	4,00	4,03	4,00
	<b>Mediana</b>	5,66	5,57	5,73
	<b>Percentil 75</b>	7,58	7,87	7,00
<b>LI 26 MV</b>	<b>N</b>	201	113	88
	<b>Media</b>	6,40	6,55	6,21
	<b>Desviación típica</b>	2,53	2,62	2,43
	<b>Mínimo</b>	2,30	2,30	2,30
	<b>Máximo</b>	13,40	13,10	13,40
	<b>Percentil 25</b>	4,51	4,61	4,34
	<b>Mediana</b>	6,00	5,95	6,00
	<b>Percentil 75</b>	8,20	8,30	7,97

**LONGITUD INTRAALVEOLAR (mm) según CLASE**

		<b>CLASE</b>			
		<b>Total</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>LI 17 DV</b>	<b>N</b>	201	71	61	69
	<b>Media</b>	5,98	5,92	5,90	6,12
	<b>Desviación típica</b>	2,07	1,99	1,92	2,28
	<b>Mínimo</b>	2,40	2,40	2,78	2,98
	<b>Máximo</b>	12,58	10,92	12,00	12,58
	<b>Percentil 25</b>	4,47	4,60	4,30	4,37
	<b>Mediana</b>	5,76	5,70	5,90	5,60
	<b>Percentil 75</b>	7,10	6,90	7,28	7,10
<b>LI 27 DV</b>	<b>N</b>	201	71	61	69
	<b>Media</b>	6,53	6,75	6,30	6,50
	<b>Desviación típica</b>	2,18	2,35	1,93	2,21
	<b>Mínimo</b>	2,00	2,00	2,95	3,00
	<b>Máximo</b>	12,60	12,60	11,44	10,92
	<b>Percentil 25</b>	4,89	4,80	5,00	4,85
	<b>Mediana</b>	6,43	6,84	6,00	6,00
	<b>Percentil 75</b>	7,80	7,90	7,28	8,01

<b>LI 16 DV</b>	N	201	71	61	69
	Media	5,84	5,51	6,11	5,94
	Desviación típica	1,80	1,82	1,51	2,00
	Mínimo	2,40	2,40	3,70	2,59
	Máximo	10,00	9,60	10,00	10,00
	Percentil 25	4,50	4,22	4,61	4,30
	Mediana	5,86	5,70	6,14	5,66
	Percentil 75	7,01	6,60	7,30	7,20
<b>LI 26 DV</b>	N	201	71	61	69
	Media	6,33	6,25	6,40	6,35
	Desviación típica	1,99	2,13	1,71	2,08
	Mínimo	2,40	2,98	2,47	2,40
	Máximo	11,00	11,00	9,50	10,60
	Percentil 25	4,80	4,70	5,00	4,70
	Mediana	6,34	5,70	6,43	6,34
	Percentil 75	7,68	7,50	7,87	7,78
<b>LI 16 MV</b>	N	201	71	61	69
	Media	5,98	5,41	6,34	6,26
	Desviación típica	2,38	1,93	2,51	2,61
	Mínimo	2,40	2,40	2,50	2,59
	Máximo	14,00	11,14	14,00	13,44
	Percentil 25	4,00	3,84	4,03	4,10
	Mediana	5,66	5,47	6,34	5,60
	Percentil 75	7,58	6,82	8,00	7,68
<b>LI 26 MV</b>	N	201	71	61	69
	Media	6,40	5,56	7,13	6,62
	Desviación típica	2,53	2,14	2,41	2,79
	Mínimo	2,30	2,30	3,07	2,60
	Máximo	13,40	12,58	12,00	13,40
	Percentil 25	4,51	4,20	5,00	4,51
	Mediana	6,00	4,80	7,39	6,24
	Percentil 75	8,20	6,50	8,83	7,68

**LONGITUD INTRAALVEOLAR (mm) según PATRÓN**

		PATRÓN			
		Total	Mesofacial	Braquifacial	Dolicofacial
<b>LI 17 DV</b>	N	201	60	55	86
	Media	5,98	5,66	6,23	6,05
	Desviación típica	2,07	1,84	2,17	2,14
	Mínimo	2,40	2,90	2,40	2,78
	Máximo	12,58	10,19	12,00	12,58
	Percentil 25	4,47	4,47	4,32	4,37
	Mediana	5,76	5,45	6,14	5,79
	Percentil 75	7,10	6,54	7,80	7,39
<b>LI 27 DV</b>	N	201	60	55	86
	Media	6,53	6,70	6,38	6,50
	Desviación típica	2,18	2,26	2,14	2,16
	Mínimo	2,00	3,50	2,00	3,00
	Máximo	12,60	12,60	10,40	11,86
	Percentil 25	4,89	5,00	4,50	4,90
	Mediana	6,43	6,74	6,62	5,96
	Percentil 75	7,80	7,85	8,01	7,30
<b>LI 16 DV</b>	N	201	60	55	86
	Media	5,84	5,75	6,19	5,68
	Desviación típica	1,80	1,72	2,02	1,70
	Mínimo	2,40	2,40	2,40	2,59
	Máximo	10,00	9,60	10,00	10,00
	Percentil 25	4,50	4,70	4,47	4,40
	Mediana	5,86	5,83	6,34	5,49
	Percentil 75	7,01	7,00	7,50	6,60
<b>LI 26 DV</b>	N	201	60	55	86
	Media	6,33	6,44	6,33	6,26
	Desviación típica	1,99	2,04	2,13	1,87
	Mínimo	2,40	2,40	2,47	3,65
	Máximo	11,00	11,00	10,30	10,60
	Percentil 25	4,80	4,90	4,80	4,75
	Mediana	6,34	6,57	6,00	6,32
	Percentil 75	7,68	7,82	7,90	7,10

<b>LI 16 MV</b>	<b>N</b>	201	60	55	86
	<b>Media</b>	5,98	5,28	6,74	5,99
	<b>Desviación típica</b>	2,38	2,02	2,67	2,31
	<b>Mínimo</b>	2,40	2,40	3,07	2,50
	<b>Máximo</b>	14,00	11,14	14,00	13,44
	<b>Percentil 25</b>	4,00	3,80	4,00	4,37
	<b>Mediana</b>	5,66	5,34	6,72	5,63
	<b>Percentil 75</b>	7,58	6,26	8,30	7,00
<b>LI 26 MV</b>	<b>N</b>	201	60	55	86
	<b>Media</b>	6,40	5,80	6,93	6,48
	<b>Desviación típica</b>	2,53	2,07	2,80	2,59
	<b>Mínimo</b>	2,30	2,30	3,07	3,07
	<b>Máximo</b>	13,40	12,58	12,60	13,40
	<b>Percentil 25</b>	4,51	4,21	4,51	4,66
	<b>Mediana</b>	6,00	5,76	6,43	5,76
	<b>Percentil 75</b>	8,20	7,30	9,30	8,16

## 10.9 Anexo X. Análisis descriptivo para la variable distancia LAC – cresta ósea

### DISTANCIA LAC (UCA) - CRESTA ÓSEA (mm)

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Mediana	Percentil 75
DIST LAC 17 DV	201	1,97	,44	1,14	3,02	1,60	1,90	2,20
DIST LAC 27 DV	201	1,93	,43	1,05	3,02	1,62	1,90	2,19
DIST LAC 16 DV	201	2,03	,41	1,14	3,02	1,71	2,00	2,29
DIST LAC 26 DV	201	2,06	,40	1,14	3,12	1,80	2,00	2,21
DIST LAC 16 MV	201	2,04	,37	1,14	2,90	1,80	2,00	2,30
DIST LAC 26 MV	201	2,06	,40	1,14	3,12	1,80	2,00	2,30

### DISTANCIA LAC (UCA) - CRESTA ÓSEA (mm) según SEXO

		SEXO		
		Total	Hombre	Mujer
DIST LAC 17 DV	N	201	89	112
	Media	1,97	1,87	2,05
	Desviación típica	,44	,41	,45
	Mínimo	1,14	1,33	1,14
	Máximo	3,02	2,90	3,02
	Percentil 25	1,60	1,50	1,71
	Mediana	1,90	1,80	2,00
	Percentil 75	2,20	2,09	2,47
DIST LAC 27 DV	N	201	89	112
	Media	1,93	1,88	1,98
	Desviación típica	,43	,42	,44

	<b>Mínimo</b>	1,05	1,05	1,14
	<b>Máximo</b>	3,02	3,02	3,00
	<b>Percentil 25</b>	1,62	1,52	1,70
	<b>Mediana</b>	1,90	1,90	1,90
	<b>Percentil 75</b>	2,19	2,10	2,20
<b>DIST LAC 16 DV</b>	<b>N</b>	201	89	112
	<b>Media</b>	2,03	2,01	2,05
	<b>Desviación típica</b>	,41	,40	,41
	<b>Mínimo</b>	1,14	1,33	1,14
	<b>Máximo</b>	3,02	3,02	2,94
	<b>Percentil 25</b>	1,71	1,71	1,80
	<b>Mediana</b>	2,00	1,90	2,00
	<b>Percentil 75</b>	2,29	2,20	2,29
<b>DIST LAC 26 DV</b>	<b>N</b>	201	89	112
	<b>Media</b>	2,06	2,05	2,07
	<b>Desviación típica</b>	,40	,39	,42
	<b>Mínimo</b>	1,14	1,43	1,14
	<b>Máximo</b>	3,12	3,12	3,02
	<b>Percentil 25</b>	1,80	1,80	1,80
	<b>Mediana</b>	2,00	1,90	2,00
	<b>Percentil 75</b>	2,21	2,18	2,29
<b>DIST LAC 16 MV</b>	<b>N</b>	201	89	112
	<b>Media</b>	2,04	2,00	2,08
	<b>Desviación típica</b>	,37	,31	,41
	<b>Mínimo</b>	1,14	1,33	1,14
	<b>Máximo</b>	2,90	2,73	2,90
	<b>Percentil 25</b>	1,80	1,80	1,80
	<b>Mediana</b>	2,00	2,00	2,04
	<b>Percentil 75</b>	2,30	2,19	2,40
<b>DIST LAC 26 MV</b>	<b>N</b>	201	89	112
	<b>Media</b>	2,06	2,05	2,07
	<b>Desviación típica</b>	,40	,40	,41
	<b>Mínimo</b>	1,14	1,14	1,14
	<b>Máximo</b>	3,12	3,12	2,91
	<b>Percentil 25</b>	1,80	1,80	1,80

	<b>Mediana</b>	2,00	2,00	2,00
	<b>Percentil 75</b>	2,30	2,30	2,34

**DISTANCIA LAC (UCA) - CRESTA ÓSEA (mm) según EDAD**

		GRUPO EDAD		
		Total	<=30 años	>30 años
<b>DIST LAC 17 DV</b>	N	201	113	88
	Media	1,97	1,73	2,28
	Desviación típica	,44	,30	,40
	Mínimo	1,14	1,14	1,33
	Máximo	3,02	2,80	3,02
	Percentil 25	1,60	1,50	2,00
	Mediana	1,90	1,70	2,24
	Percentil 75	2,20	1,90	2,60
<b>DIST LAC 27 DV</b>	N	201	113	88
	Media	1,93	1,78	2,13
	Desviación típica	,43	,37	,43
	Mínimo	1,05	1,05	1,33
	Máximo	3,02	3,02	3,00
	Percentil 25	1,62	1,50	1,80
	Mediana	1,90	1,80	2,08
	Percentil 75	2,19	2,00	2,49
<b>DIST LAC 16 DV</b>	N	201	113	88
	Media	2,03	2,00	2,08
	Desviación típica	,41	,35	,47
	Mínimo	1,14	1,14	1,33
	Máximo	3,02	3,02	2,94
	Percentil 25	1,71	1,80	1,70
	Mediana	2,00	2,00	2,00
	Percentil 75	2,29	2,20	2,48
<b>DIST LAC 26 DV</b>	N	201	113	88

	<b>Media</b>	2,06	2,02	2,11
	<b>Desviación típica</b>	,40	,34	,47
	<b>Mínimo</b>	1,14	1,33	1,14
	<b>Máximo</b>	3,12	3,12	3,02
	<b>Percentil 25</b>	1,80	1,81	1,74
	<b>Mediana</b>	2,00	1,98	2,00
	<b>Percentil 75</b>	2,21	2,20	2,40
<b>DIST LAC 16 MV</b>	<b>N</b>	201	113	88
	<b>Media</b>	2,04	2,05	2,04
	<b>Desviación típica</b>	,37	,33	,41
	<b>Mínimo</b>	1,14	1,33	1,14
	<b>Máximo</b>	2,90	2,90	2,81
	<b>Percentil 25</b>	1,80	1,81	1,71
	<b>Mediana</b>	2,00	2,00	2,00
	<b>Percentil 75</b>	2,30	2,28	2,34
<b>DIST LAC 26 MV</b>	<b>N</b>	201	113	88
	<b>Media</b>	2,06	2,05	2,08
	<b>Desviación típica</b>	,40	,39	,42
	<b>Mínimo</b>	1,14	1,14	1,14
	<b>Máximo</b>	3,12	3,12	2,91
	<b>Percentil 25</b>	1,80	1,80	1,80
	<b>Mediana</b>	2,00	2,00	2,08
	<b>Percentil 75</b>	2,30	2,30	2,38

**DISTANCIA LAC (UCA) - CRESTA ÓSEA (mm) según CLASE**

		CLASE			
		Total	I	II	III
<b>DIST LAC 17 DV</b>	<b>N</b>	201	71	61	69
	<b>Media</b>	1,97	1,99	2,01	1,92
	<b>Desviación típica</b>	,44	,45	,44	,43
	<b>Mínimo</b>	1,14	1,33	1,14	1,33
	<b>Máximo</b>	3,02	2,94	2,90	3,02
	<b>Percentil 25</b>	1,60	1,60	1,71	1,56

	<b>Mediana</b>	1,90	1,98	2,00	1,90
	<b>Percentil 75</b>	2,20	2,29	2,20	2,19
<b>DIST LAC 27 DV</b>	<b>N</b>	201	71	61	69
	<b>Media</b>	1,93	1,92	2,01	1,88
	<b>Desviación típica</b>	,43	,48	,42	,40
	<b>Mínimo</b>	1,05	1,05	1,24	1,24
	<b>Máximo</b>	3,02	2,91	3,02	2,90
	<b>Percentil 25</b>	1,62	1,52	1,77	1,52
	<b>Mediana</b>	1,90	1,90	2,00	1,90
	<b>Percentil 75</b>	2,19	2,20	2,20	2,10
<b>DIST LAC 16 DV</b>	<b>N</b>	201	71	61	69
	<b>Media</b>	2,03	2,18	2,03	1,89
	<b>Desviación típica</b>	,41	,39	,44	,33
	<b>Mínimo</b>	1,14	1,33	1,33	1,14
	<b>Máximo</b>	3,02	2,94	3,02	2,70
	<b>Percentil 25</b>	1,71	1,90	1,70	1,70
	<b>Mediana</b>	2,00	2,18	1,90	1,90
	<b>Percentil 75</b>	2,29	2,47	2,29	2,09
<b>DIST LAC 26 DV</b>	<b>N</b>	201	71	61	69
	<b>Media</b>	2,06	2,02	2,15	2,03
	<b>Desviación típica</b>	,40	,39	,48	,33
	<b>Mínimo</b>	1,14	1,33	1,14	1,43
	<b>Máximo</b>	3,12	3,02	3,12	3,00
	<b>Percentil 25</b>	1,80	1,77	1,80	1,87
	<b>Mediana</b>	2,00	1,90	2,09	1,98
	<b>Percentil 75</b>	2,21	2,20	2,50	2,10
<b>DIST LAC 16 MV</b>	<b>N</b>	201	71	61	69
	<b>Media</b>	2,04	2,16	2,05	1,93
	<b>Desviación típica</b>	,37	,36	,42	,29
	<b>Mínimo</b>	1,14	1,33	1,14	1,33
	<b>Máximo</b>	2,90	2,90	2,81	2,70
	<b>Percentil 25</b>	1,80	1,90	1,70	1,71
	<b>Mediana</b>	2,00	2,10	2,00	1,90
	<b>Percentil 75</b>	2,30	2,42	2,30	2,10
<b>DIST</b>	<b>N</b>	201	71	61	69

LAC 26 MV					
	Media	2,06	2,17	1,98	2,04
	Desviación típica	,40	,36	,44	,39
	Mínimo	1,14	1,50	1,14	1,14
	Máximo	3,12	2,91	3,12	2,91
	Percentil 25	1,80	1,90	1,70	1,81
	Mediana	2,00	2,10	1,90	2,00
	Percentil 75	2,30	2,39	2,20	2,38

**DISTANCIA LAC (UCA) - CRESTA ÓSEA (mm) según PATRÓN**

		PATRÓN			
		Total	Mesofacial	Braquifacial	Dolicofacial
DIST LAC 17 DV	N	201	60	55	86
	Media	1,97	2,00	1,97	1,95
	Desviación típica	,44	,40	,47	,45
	Mínimo	1,14	1,33	1,14	1,33
	Máximo	3,02	2,94	2,90	3,02
	Percentil 25	1,60	1,71	1,60	1,60
	Mediana	1,90	2,00	1,90	1,90
	Percentil 75	2,20	2,19	2,30	2,20
DIST LAC 27 DV	N	201	60	55	86
	Media	1,93	1,98	1,98	1,87
	Desviación típica	,43	,48	,38	,43
	Mínimo	1,05	1,14	1,33	1,05
	Máximo	3,02	2,91	3,00	3,02
	Percentil 25	1,62	1,66	1,71	1,52
	Mediana	1,90	1,99	1,90	1,90
	Percentil 75	2,19	2,24	2,19	2,10
DIST LAC 16 DV	N	201	60	55	86
	Media	2,03	2,09	1,98	2,03
	Desviación típica	,41	,44	,40	,39
	Mínimo	1,14	1,33	1,33	1,14
	Máximo	3,02	2,94	2,90	3,02

	<b>Percentil 25</b>	1,71	1,80	1,70	1,80	
	<b>Mediana</b>	2,00	2,04	1,90	2,00	
	<b>Percentil 75</b>	2,29	2,39	2,20	2,28	
<b>DIST LAC 26 DV</b>	<b>N</b>	201	60	55	86	
	<b>Media</b>	2,06	2,03	2,09	2,07	
	<b>Desviación típica</b>	,40	,35	,42	,43	
	<b>Mínimo</b>	1,14	1,50	1,43	1,14	
	<b>Máximo</b>	3,12	2,90	3,02	3,12	
	<b>Percentil 25</b>	1,80	1,78	1,80	1,80	
	<b>Mediana</b>	2,00	2,00	1,98	2,00	
	<b>Percentil 75</b>	2,21	2,20	2,30	2,28	
	<b>DIST LAC 16 MV</b>	<b>N</b>	201	60	55	86
		<b>Media</b>	2,04	2,17	1,99	1,99
<b>Desviación típica</b>		,37	,44	,39	,27	
<b>Mínimo</b>		1,14	1,14	1,33	1,43	
<b>Máximo</b>		2,90	2,81	2,90	2,73	
<b>Percentil 25</b>		1,80	1,90	1,80	1,77	
<b>Mediana</b>		2,00	2,29	1,98	2,00	
<b>Percentil 75</b>		2,30	2,50	2,10	2,19	
<b>DIST LAC 26 MV</b>		<b>N</b>	201	60	55	86
		<b>Media</b>	2,06	2,09	1,95	2,12
	<b>Desviación típica</b>	,40	,40	,40	,39	
	<b>Mínimo</b>	1,14	1,14	1,14	1,43	
	<b>Máximo</b>	3,12	2,91	2,81	3,12	
	<b>Percentil 25</b>	1,80	1,90	1,62	1,90	
	<b>Mediana</b>	2,00	2,04	1,90	2,04	
	<b>Percentil 75</b>	2,30	2,30	2,18	2,40	

# **11. PRODUCCIÓN CIENTÍFICA**



### **11.1 Comunicación en evento científico relacionado con el tema de la tesis doctoral**

- Rojo- Sanchis, Carolina; García-Sanz Verónica, Paredes-Gallardo Vanessa; Montiel-Company José María; Bellot-Arcís Carlos; Gandía- Franco José Luis. Impacto de la cirugía bimaxilar de avance en la vía aérea superior y sus efectos en el síndrome de apnea del sueño. Metaanálisis. 65 Congreso de la Sociedad Española, Tarragona, Junio 2018.
- Rojo- Sanchis, Carolina; García-Sanz Verónica, Paredes-Gallardo Vanessa; Montiel-Company José María; Bellot-Arcís Carlos; Gandía- Franco José Luis. Efectos de la cirugía bimaxilar de avance en la vía aérea superior y sus efectos en el síndrome de apnea del sueño. Metaanálisis. XLVI Reunión Anual del Centro de Estudios, Valencia, Junio 2018.
- Rojo-Sanchis, Carolina; Haas-Junior, Orion Luiz; Peiró-Guijarro, María Aurora ; Tarazona-Álvarez, Beatriz ; Buj-Acosta, Cindy; Gandía-Franco, José Luis; Guijarro-Martínez, Raquel. Corrección ortopédica de la maloclusión de clase III mediante TAD's vs anclaje convencional. Revisión sistemática y metaanálisis. 67 Congreso de la Sociedad Española de Ortodoncia. Junio, 2021.

## **11.2 Artículos publicados relacionados con el tema de la tesis doctoral**

- Orion L. Haas Junior; Paulo R.B. Matje; Bibiana M. Rosa a; Carolina Rojo-Sanchis; Raquel Guijarro-Martínez; Adaia Valls-Ontañón; Luciane M Menezes; Federico Hernández-Alfaro e; Rogério B. de Oliveira. Minimally invasive surgical and miniscrew-assisted rapid palatal expansion (MISMARPE) in adult patients. *Journal of cranio-maxillo-facial surgery*. March, 2022.
- Rojo-Sanchis, C., Almerich-Silla, J.M., Paredes-Gallardo, V. *et al.* Impact of Bimaxillary Advancement Surgery on the Upper Airway and on Obstructive Sleep Apnea Syndrome: a Meta-Analysis. *Sci Rep* **8**, 5756 (2018).

## **11.3 Artículos enviados relacionados con el tema de la tesis doctoral**

- Orion Luiz Haas- Junior; Carolina Rojo-Sanchis; Bibiana Mello- da Rosa; Rogério Belle de Oliveira; Raquel Guijarro-Martínez. Maxillary protraction with temporary anchorage devices: a meta-analysis of controlled clinical trials. *Submitted for publication*.

## SCIENTIFIC REPORTS

## OPEN Impact of Bimaxillary Advancement Surgery on the Upper Airway and on Obstructive Sleep Apnea Syndrome: a Meta-Analysis

Received: 8 November 2017  
Accepted: 26 March 2018  
Published online: 10 April 2018

Carolina Rojo-Sanchis<sup>1</sup>, José Manuel Almerich-Silla, Vanessa Paredes-Gallardo, José María Montiel-Company & Carlos Bellot-Arcis

Upper airway changes following bimaxillary advancement surgery to treat obstructive sleep apnea syndrome remain controversial. The main objective of this systematic review and meta-analysis was to investigate the effects of bimaxillary advancement surgery on the upper airway (UA) of obstructive sleep apnea syndrome patients through examining changes three-dimensionally in vertical and supine position and through changes in oximetric variables (AHI, RDI, O2 Sat) and in the quality of life measured by the Epworth sleepiness scale (ESS). A thorough search of the PubMed, Scopus, Embase and Cochrane databases and a grey literature search (OpenGrey) were conducted. No limit was placed on publication year or language. The inclusion criteria were: adult obstructive sleep apnea patients who had undergone bimaxillary advancement surgery, three-dimensional CBCT or CT and oximetric measurements and at least six weeks follow-up. Sample sizes of under 10 patients were excluded. Finally, 26 articles were included in the qualitative review and 23 in the meta-analysis. Bimaxillary advancement surgery has been shown to be beneficial in terms of increased upper airway size, improved oximetric indicators and the quality of life measured on the Epworth sleepiness scale.

The incidence of obstructive sleep apnea syndrome (OSA) is 5–25% in adults<sup>1</sup>, or 2–4% in men and 1–2% in women<sup>2</sup>. This condition has serious consequences in terms of cardiovascular and metabolic function, lower quality of life and neurocognitive impairment<sup>3</sup>. The complications may be related to lower saturation of hemoglobin levels during sleep. A smaller upper airway (UA) volume or the presence of constrictions that present greater resistance to air passing through it are considered risk factors for OSA development<sup>4</sup>, owing to the occurrence of oxygen excitation or desaturations<sup>5,6</sup>.

The physiopathology of OSA has been related to predisposing anatomical factors such as craniofacial anomalies, macroglossia, hypoplasia of the soft tissues of the oropharynx, retroposition of the base of the tongue, mandibular hypoplasia and retroposition and maxillary retrusion<sup>7</sup>. Additionally, pharyngeal obstruction is commonly found in patients with retrognathia or a dolichofacial appearance<sup>8</sup>.

OSA is classified by the apnea/hypopnea index (AHI). It is considered mild when the number of events per hour is between 5 and 20, moderate with 20 to 35 events per hour and severe when the apnea/hypopnea index is over 35. An AHI of 5 or under is considered normal in an adult<sup>9</sup>.

Maxillofacial operations on patients with a severe form of OSA are increasing owing to the high success rate of maxillomandibular advancement<sup>10</sup>, even in very severe cases with AHI scores of over 100<sup>11</sup>. The literature contains solid evidence of improvement following maxillomandibular advancement<sup>12,13,14,15</sup>. Nevertheless, standardized anatomical limits and methods to determine the area need to be established before the real benefits of this type of surgery can be clarified<sup>16</sup>. Additionally, the position of the patient when the airway is measured after surgery appears to be decisive, and this aspect has not been taken into account in previous studies<sup>14,15</sup>.

### Objectives

The main objective of this systematic review and meta-analysis was to investigate the effects of bimaxillary advancement surgery on the UA of patients with obstructive sleep apnea syndrome. This was effected through

Department of Stomatology, Faculty of Medicina and Dentistry, University of Valencia, Valencia, Spain. Correspondence and requests for materials should be addressed to J.M.M.-C. (email: jose.maria.montiel@uv.es)

three-dimensional examination in vertical and in supine position and changes in oximetric variables (AHI, RDI, O2 Sat) and in the patient's quality of life, measured on the Epworth sleepiness scale (ESS).

### Materials and Methods

The systematic review was conducted in accordance with the PRISMA guidelines (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)<sup>17</sup> and was previously registered with PROSPERO under registration number CRD42017064891.

**PICO question.** The objective was to answer the following research question: What effects does bimaxillary surgery have on the upper airway space in patients with obstructive sleep apnea, on comparing the pre- and postoperative dimensions?

**Inclusion and exclusion criteria.** "Articles" and "articles in press" were included. Randomized clinical trials (RCTs), cohort studies and case-controlled studies were included. Retrospective and prospective studies were included. No restriction was placed on publication year or language. The inclusion criteria were: studies of adult patients with obstructive sleep apnea who had undergone bimaxillary advancement surgery, with three-dimensional CBCT or CT and oximetric measurement records and a follow-up period of at least six weeks. Studies with sample sizes of fewer than 10 patients were excluded.

**Search Strategy.** Sources of information. To identify the potentially relevant studies irrespective of language, a thorough electronic search was made in the PubMed, Scopus, Embase, and Cochrane databases. An electronic search of grey literature was made through OpenGrey. In particular cases the authors of the articles were contacted by email to request missing information. The reference lists of the studies included were hand-searched to identify and examine articles not found in the databases that might meet the inclusion criteria. This systematic review and meta-analysis was updated in March 2017.

**Search terms.** The search strategy included 12 Mesh (Medical Subject Heading) terms: "Malocclusion, Angle Class II", "Orthognathic surgery", "Mandibular advancement", "Airway", "Upper Airway", "PAS", "Nasopharynx", "Oropharynx", "Hypopharynx", "Hyoid bone", "Obstructive sleep apnea", "OSA" and 4 uncontrolled descriptors: "Posterior airway space", "Pharyngeal space/airway", "Retrogathia", and "Bimaxillary surgery". Boolean operators ("OR" and "AND") were used to join terms (MeSH/non-MeSH) related to the research question.

These keywords were divided into two groups: 5 primary keywords related to orthognathic surgery terminology and 11 secondary keywords related to UA and OSA. Searches were made for all the possible combinations between the terms in the two groups, separately and combined (Appendix Table 1). The articles identified were exported to Mendeley Desktop 1.13.3 software (Mendeley Ltd, London, England) to check for duplicates.

**Study selection.** Two reviewers (CR-S and CB-A), working independently, systematically assessed the titles and abstracts of all the articles identified. If they disagreed, a third reviewer was consulted. If the abstract did not contain sufficient information to reach a decision, the reviewers read the full article before taking the final decision. Subsequently the full texts of all the articles were read and the reasons for rejecting those excluded were recorded (Appendix Table 2).

**Study data.** The following variables were recorded for each article: author and year of publication, type of study, sample size (including losses to follow-up) and demographic variables (gender and age). To classify the severity of the OSA, the pre- and post-operative body mass index (BMI), apnea/hypopnea index (AHI), oxygen saturation (O2 Sat), respiratory disturbance index (RDI) and Epworth sleepiness scale (ESS) scores were recorded.

Any previous surgery on the patient was also recorded, as was the type of operation performed and any additional operation carried out during the process, together with the maxillomandibular advancement length and upper airway changes at the follow-up examinations. The method used to study pre- and postoperative changes was classified according to the radiographic method (two-dimensional or three-dimensional) and whether a polytomograph was used.

**Quality assessment.** The quality of the studies was assessed by the same researchers, working independently, using the Newcastle Ottawa Scale<sup>18</sup>. Any discrepancy between the initial two researchers was settled by consensus and where doubts remained the third researcher was consulted.

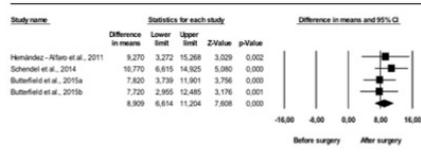
**Measurement of the variables and synthesis of the results.** The initial and final means and confidence intervals were recorded for the following variables: UA in vertical position, UA in recumbent position, AHI, RDI, O2 Sat and ESS.

**Statistical analysis.** For the quantitative synthesis, the differences between the initial and final means were calculated, together with their confidence intervals. Heterogeneity was assessed by the Q test and the I<sup>2</sup> statistic. A Q test p-value of less than 0.1 was considered heterogeneous. In that case, the random effects method was used to calculate the difference in means. Publication bias was measured by funnel plots and the classic fail-safe number. The software employed was comprehensive meta-analysis V 3.0 Biostat.

### Results

**Study selection and flow diagram.** The search identified 2979 preliminary references related to changes in the airway following orthognathic surgery, of which 1410 were found in PubMed, 640 in Scopus, 4 in Cochrane, 808 in Embase, 13 in the grey literature search and 4 through hand-searching based on the references cited in the

www.nature.com/scientificreports/



**Figure 1.** Changes in UA vertical position (mm).<sup>†</sup> Enlargement of upper airway following bimaxillary advancement surgery. Meta-analysis.

articles included. After excluding 2629 duplicates, the remaining 350 were screened. Of these, 297 were excluded on reading the title and abstract as they were unrelated to the research question. After examining the full text of the resulting 53 articles, 27 were excluded for the following reasons: 13 did not answer the PICO question, 7 only examined the UA two-dimensionally, 5 were narrative reviews or letters to the editor, 1 included patients aged under 18 years and 1 had a sample size of fewer than 10 patients. Finally, 26 articles met the inclusion criteria and were included in the qualitative review, and 23 were included in the quantitative review (meta-analysis). The PRISMA flow chart (Appendix Fig. 1) gives an overview of the article selection process.

**Characteristics of the studies included.** The studies included in the systematic review examined a minimum of 10 patients. The largest ones were Boyd *et al.*<sup>17</sup> who divided their sample into two subgroups, one of 37 patients who underwent maxillo-mandibular advancement surgery (MMA) and another of 35 patients who underwent both MMA and uvulopalatopharyngoplasty, and Riley *et al.*<sup>18</sup> whose 40 patients underwent bimaxillary advancement surgery. Not all the papers mentioned whether the sample included patients who smoked, smoked, and/or drank alcohol, but most reported the mean age, gender and body mass index. In the studies included in the present review the patients were all adults, with a mean age of approximately 45 years, only Faria *et al.*<sup>19</sup> and Hernández-Alfaro *et al.*<sup>15</sup> did not report this variable.

Out of the 26 studies (7 prospective and 19 retrospective), 25 were cohort studies and one was a case-control study.

Most of the articles presented medium-high quality on the Newcastle-Ottawa scale (Appendix Table 3)<sup>30</sup>. Of the cohort studies, four scored 5/9, indicating medium quality<sup>30,31</sup> and eight scored 6/9<sup>32,33,34,35</sup>. A higher score, 7/9, was achieved by nine studies<sup>36,37</sup>. The highest scoring cohort studies were Ronchi *et al.*<sup>38</sup>, Faria *et al.*<sup>19</sup>, Bianchi *et al.*<sup>39</sup> and Zinsler *et al.*<sup>40</sup> with 8/9. However, Butterfield *et al.*<sup>36</sup>, the only case-control study, achieved the maximum possible score (9/9).

**Qualitative synthesis of the studies included.** The mean advancement effected by the surgery was between 4.1 and 10 mm in the maxilla and between 6 and 12.9 mm in the mandible.

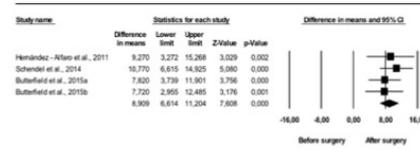
The upper airway was a parameter included in all the studies. Postoperative changes were studied through cephalometry alone in 9 of the papers<sup>30,31,32,33,37</sup>. These changes were also examined three-dimensionally in 13 studies: 7 used CT<sup>34,35,36,38,39,40</sup>, 5 assessed the UA by means of CBCT<sup>32,33,34,35,40</sup> and 1 did so through MR<sup>33</sup>. Two of the articles measured the changes two-dimensionally, through tele-radiography, but also in three dimensions, for which Butterfield *et al.*<sup>36,38</sup> used CBCT while Ronchi *et al.*<sup>38</sup> used CT.

The follow-up data from each study were analyzed to assess the surgical process over time, distinguishing four stages: T0 (preoperative), T1 (postoperative), T2 (1<sup>st</sup> check-up), and T3 (2<sup>nd</sup> check-up). All the articles assessed the patients prior to surgery, without defining a specific time interval except for Hernández-Alfaro *et al.*<sup>15</sup>, who stated that the preoperative scans were performed one day before surgery. Most of the studies defined the time interval to T2, examining the patients during the first year after surgery. Only 2 articles did not assess that patients at T2<sup>15,18</sup> but did so at T1, as did Ronchi *et al.*<sup>38</sup>, Riley *et al.*<sup>18</sup>, and Giarda *et al.*<sup>39</sup>. Only Hatoh *et al.*<sup>19</sup>, Riley *et al.*<sup>18</sup> and Conradt *et al.*<sup>40</sup> also performed a T3 assessment one or two years after surgery.

Appendix Table 4 presents the studies included, showing type of study, sample size, dropouts, demographic variables, oximetric variables (AHI, RDI, O2 Sat), Epworth scale (ESS), previous surgery (previous op), changes in upper airway (UA), amount of maxillo-mandibular advancement (MMA), additional surgery (additional op), and follow-up time.

**Quantitative synthesis of the studies included.** Changes in UA dimensions. Comparing the pre- and postoperative results, changes occurred in all the variables. The UA volume in vertical position (Fig. 1) showed statistically significant ( $p < 0.01$ ) mean volume increases of between 7.7 and 10.7 cm<sup>3</sup>. The random effects model estimated 8.91 cm<sup>3</sup>, with a 95% CI between 6.61 and 11.2 cm<sup>3</sup>, which was statistically significant ( $p < 0.001$ ). The I<sup>2</sup> value indicated an absence of heterogeneity ( $I^2 = 1.29$ ,  $p = 0.730$ ). The variations measured in supine position

www.nature.com/scientificreports/



**Figure 1.** Changes in UA vertical position (mm).<sup>†</sup> Enlargement of upper airway following bimaxillary advancement surgery. Meta-analysis.

articles included. After excluding 2629 duplicates, the remaining 350 were screened. Of these, 297 were excluded on reading the title and abstract as they were unrelated to the research question. After examining the full text of the resulting 53 articles, 27 were excluded for the following reasons: 13 did not answer the PICO question, 7 only examined the UA two-dimensionally, 5 were narrative reviews or letters to the editor, 1 included patients aged under 18 years and 1 had a sample size of fewer than 10 patients. Finally, 26 articles met the inclusion criteria and were included in the qualitative review, and 23 were included in the quantitative review (meta-analysis). The PRISMA flow chart (Appendix Fig. 1) gives an overview of the article selection process.

**Characteristics of the studies included.** The studies included in the systematic review examined a minimum of 10 patients. The largest ones were Boyd *et al.*<sup>17</sup> who divided their sample into two subgroups, one of 37 patients who underwent maxillo-mandibular advancement surgery (MMA) and another of 35 patients who underwent both MMA and uvulopalatopharyngoplasty, and Riley *et al.*<sup>18</sup> whose 40 patients underwent bimaxillary advancement surgery. Not all the papers mentioned whether the sample included patients who smoked, smoked, and/or drank alcohol, but most reported the mean age, gender and body mass index. In the studies included in the present review the patients were all adults, with a mean age of approximately 45 years, only Faria *et al.*<sup>19</sup> and Hernández-Alfaro *et al.*<sup>15</sup> did not report this variable.

Out of the 26 studies (7 prospective and 19 retrospective), 25 were cohort studies and one was a case-control study.

Most of the articles presented medium-high quality on the Newcastle-Ottawa scale (Appendix Table 3)<sup>30</sup>. Of the cohort studies, four scored 5/9, indicating medium quality<sup>30,31</sup> and eight scored 6/9<sup>32,33,34,35</sup>. A higher score, 7/9, was achieved by nine studies<sup>36,37</sup>. The highest scoring cohort studies were Ronchi *et al.*<sup>38</sup>, Faria *et al.*<sup>19</sup>, Bianchi *et al.*<sup>39</sup> and Zinsler *et al.*<sup>40</sup> with 8/9. However, Butterfield *et al.*<sup>36</sup>, the only case-control study, achieved the maximum possible score (9/9).

**Qualitative synthesis of the studies included.** The mean advancement effected by the surgery was between 4.1 and 10 mm in the maxilla and between 6 and 12.9 mm in the mandible.

The upper airway was a parameter included in all the studies. Postoperative changes were studied through cephalometry alone in 9 of the papers<sup>30,31,32,33,37</sup>. These changes were also examined three-dimensionally in 13 studies: 7 used CT<sup>34,35,36,38,39,40</sup>, 5 assessed the UA by means of CBCT<sup>32,33,34,35,40</sup> and 1 did so through MR<sup>33</sup>. Two of the articles measured the changes two-dimensionally, through tele-radiography, but also in three dimensions, for which Butterfield *et al.*<sup>36,38</sup> used CBCT while Ronchi *et al.*<sup>38</sup> used CT.

The follow-up data from each study were analyzed to assess the surgical process over time, distinguishing four stages: T0 (preoperative), T1 (postoperative), T2 (1<sup>st</sup> check-up), and T3 (2<sup>nd</sup> check-up). All the articles assessed the patients prior to surgery, without defining a specific time interval except for Hernández-Alfaro *et al.*<sup>15</sup>, who stated that the preoperative scans were performed one day before surgery. Most of the studies defined the time interval to T2, examining the patients during the first year after surgery. Only 2 articles did not assess that patients at T2<sup>15,18</sup> but did so at T1, as did Ronchi *et al.*<sup>38</sup>, Riley *et al.*<sup>18</sup>, and Giarda *et al.*<sup>39</sup>. Only Hatoh *et al.*<sup>19</sup>, Riley *et al.*<sup>18</sup> and Conradt *et al.*<sup>40</sup> also performed a T3 assessment one or two years after surgery.

Appendix Table 4 presents the studies included, showing type of study, sample size, dropouts, demographic variables, oximetric variables (AHI, RDI, O2 Sat), Epworth scale (ESS), previous surgery (previous op), changes in upper airway (UA), amount of maxillo-mandibular advancement (MMA), additional surgery (additional op), and follow-up time.

**Quantitative synthesis of the studies included.** Changes in UA dimensions. Comparing the pre- and postoperative results, changes occurred in all the variables. The UA volume in vertical position (Fig. 1) showed statistically significant ( $p < 0.01$ ) mean volume increases of between 7.7 and 10.7 cm<sup>3</sup>. The random effects model estimated 8.91 cm<sup>3</sup>, with a 95% CI between 6.61 and 11.2 cm<sup>3</sup>, which was statistically significant ( $p < 0.001$ ). The I<sup>2</sup> value indicated an absence of heterogeneity ( $I^2 = 1.29$ ,  $p = 0.730$ ). The variations measured in supine position

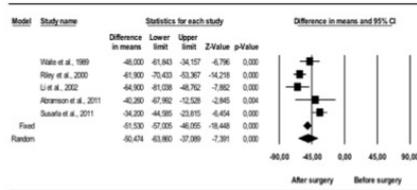


Figure 4. Changes in RDI (events/hour). Decrease in respiratory disturbance index following bimaxillary advancement surgery. Meta-analysis.

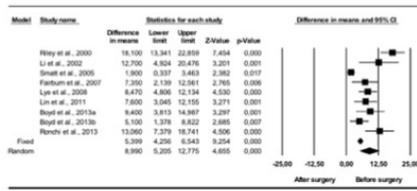


Figure 5. Changes in O2 Sat (%). Increase in oxygen saturation index following bimaxillary advancement surgery. Meta-analysis.

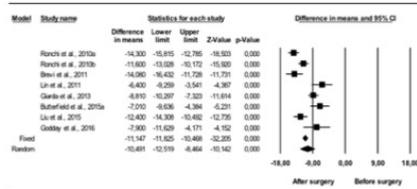


Figure 6. Changes in ESS. Decrease in Epworth sleepiness scale following bimaxillary advancement surgery. Meta-analysis.

Figs 2 and 3) that the four studies in each of the meta-analyses concentrate around the global mean in a totally symmetrical arrangement. There was no publication bias. The number of classic fail-safe studies was estimated at 55 for vertical position and 264 for supine position. This suggests that a large number of articles would have to have not been published for these meta-analyses not to be significant.

The same holds true for the oximetric variables AHI, RDI, and O2 Sat, which would need 7426, 375 and 294 studies respectively to contradict the meta-analysis results (Appendix Figs 4, 5 and 6).

In view of the funnel plot for ESS (Appendix Figure 7), no suspicion of publication bias may be anticipated. This was corroborated by a classic fail-safe number of 1840.

**Discussion**

Traditionally, obstructive sleep apnea (OSA) is treated by continuous positive airway pressure (CPAP) or mandibular advancement devices (MAD)<sup>10,11</sup>, which do not solve the problem definitively and require patient compliance. These methods are poorly tolerated tending to relapse<sup>10,11</sup>. In recent years, other alternatives such as orthognathic surgery have gained greater prominence, so that its evidence is solid in the literature<sup>12-14,17</sup>. Moreover, the importance of the surgical treatment of OSA lies in expanding the velopharyngeal way.

As regards changes in upper airway dimensions, the results of the present review show that they vary according to the patient's posture. The estimated increase in airway space was 8.91 cm<sup>3</sup> in vertical position but 6.05 cm<sup>3</sup> in supine position.

Physiologically this is crucial, so it was decided only to study the post-MMA upper airway volume three-dimensionally on the axial plane, perpendicular to the UA, this cannot be viewed by tele-radiography<sup>18</sup>. Nowadays, CBCT affords high precision, easy handling and lower radiation doses, and is widely used to examine the UA<sup>19</sup>. When assessing the increase in UA size, one important factor is the patient's position (sitting or lying down) when the image is obtained<sup>20-23,35,37</sup>. It was therefore decided to study the three-dimensional UA data separately for these two positions. The studies that used CBCT to measure the UA<sup>12,13,18,19</sup> (Appendix Table 5) presented a sitting patient without mentioning respiration control, with the exception of Hernández-Alfaro et al., who had the patient sitting vertically and breathing peacefully with the Frankfort plane horizontal, parallel to the ground, the tongue in a relaxed position and the mandible in centric occlusion, biting on a wax bite wafer to stabilize this relation.

A lack of agreement was also observed regarding standardized head positioning methods during scanning to obtain tomographic images<sup>18</sup>. Many authors<sup>20,21,35,37</sup> advocate a natural head position (NHP) and the assistance of a mirror or a laser light during scanning. However, Hernández-Alfaro et al.<sup>12</sup> and Hsieh et al.<sup>37</sup> took the Frankfort plane as their reference. In addition, Zimer et al.<sup>13</sup> asked the patients to stay still during the scan, not to swallow, to place the tongue against the incisors and to hold their breath at the end of exhalation, keeping the mandible positioned centrally and the lips relaxed.

Studies that used CT imaging (Appendix Table 6) controlled the respiration at the end of exhalation<sup>13,37</sup> or mentioned holding the breath at the end of normal inhalation<sup>13</sup>. Centric occlusion with the Frankfort plane perpendicular to the ground, without swallowing and with the mouth closed at the end of exhalation, was chosen by Hsieh et al.<sup>37</sup> as a reproducible head position. Faria et al.<sup>18</sup> was the only study included that used MR to assess the UA with the patient awake. However, it was excluded from the quantitative synthesis to eliminate the possible risk of bias for changes in UA volume, as the scanning time was longer so the breathing control would not be equivalent to that of the other studies.

The time taken to obtain the tomographic images varied between 7 seconds and under 15 seconds, respectively in Hernández-Alfaro et al.<sup>12</sup> and Abramson et al.<sup>13</sup>. The other studies included gave no indication of this value<sup>12,13,18,19,35,37</sup>. Not all the studies reported results in the same units: some expressed the increase in UA diameter in cubic centimeters or millimeters, others in milliliters and others as a percentage. Furthermore, the studies included did not all use the same anatomical limits to define the airway, for instance, Schendel et al.<sup>13</sup> chose the hyoid as the lower limit while Butterfield et al.<sup>19</sup> and Ronchi et al.<sup>12</sup> took the tip of the epiglottis as their reference point for the lower limit (Appendix Tables 5 and 6).

In the three oximetric variables (AHI, RDI, and O2 Sat), a statistically significant (p < 0.001) improvement following surgery was observed: apnea events/hour during sleep (AHI) fell by 45.6 events/hour, the respiratory disturbance index fell by 50.5 events/hour, and oxygen saturation (O2 Sat) increased by 8.99%. For AHI, the study by Goddard et al.<sup>12</sup> was a source of considerable heterogeneity in the meta-analysis, which ceased to be heterogeneous when this study was excluded although the resulting estimate continued to be very similar to that obtained when it had been included. For this reason it was decided to continue to include it, as it met the criteria despite being the only study that included patients with extreme clinical manifestations and obesity. The results of the present review agree with those obtained by Zoghi et al.<sup>24</sup>, who concluded that there was a significant improvement in this indicator, unlike the present review, theirs included studies with very small sample sizes, with lower than 10 patients. The heterogeneity in the respiratory disturbance and oxygen saturation (RDI, O2 Sat) results does not seem to be caused by any one article but to respond to a general overall variability.

The improvement in the patient's quality of life was studied through the Epworth sleepiness scale (ESS). This comprises a series of questions asking the patient about the possibility of falling asleep in certain situation. A statistically significant (p < 0.001) decrease in this likelihood was estimated. Again, the source of heterogeneity in the Epworth sleepiness scale could not be attributed to any single article. It should be mentioned that the two oldest studies<sup>19,24</sup> were among the four that reported the greatest improvements in the Epworth scale.

Because many patients with OSA have retrognathia (Class II malocclusion), the mandible is usually advanced more than the maxilla. During maxillo-mandibular advancement surgery, the usual practice is to advance the maxilla to the maximum point first, then advance the mandible into occlusion<sup>25</sup>. Together with advancement surgery, various authors<sup>26,28,29</sup> studied a variation on this process: maxillary rotation, known as counterclockwise rotation (CCW).

A significant lack of agreement in follow-up times after surgery was found<sup>10,11</sup>. They varied between 1 and 12 months, although the most common time for the first post-operative checkup was 6 months. In 1997, Conradt *et al.*<sup>12</sup> were already pointing out the importance of checking the stability of the initial postoperative results over a specific length of time (2 years). Nevertheless, only 6%<sup>13,14,15,16,17</sup> followed up for 1 year or more following bimaxillary surgery. In the case of Conradt *et al.*, a considerable decrease in AHI values was found at T2, 6–12 weeks after surgery (5.5 ± 5.8 compared to 5.1 ± 16.9 at T0), but they increased slightly in time (8.5 ± 5.4; T3–7.6 ± 5.3).

One of the main limitations of the present review is the disparity in sample size distribution by gender, age ranges and sleep apnea indices, as this limits the precision of the three-dimensional analysis of the upper airway to the post-operative changes. The scarcity of post-operative results for some variables, a greater number of retrospective studies, and difficulty in collecting data owing to the lack of clear values and the use of different units of measurement, all hindered the present investigation. The absence of consensus on the anatomical reference points, together with variations in breathing control and head position in the different studies, limited the precision in measuring the increased airway volume following bimaxillary advancement. Nevertheless, in all the studies included in the present meta-analysis, three-dimensional assessment of the UA showed a statistically significant increase ( $p < 0.001$ ) in the upper airway space following surgery.

### Conclusions

These findings confirm the benefits of bimaxillary advancement in terms of the increased total volume of the upper airway, improved oximetric indicators and better quality of life on the Epworth sleepiness scale.

### References

- Holby, J. E. C. & Gullentzen, C. Maxillo-mandibular advancement for the treatment of obstructive sleep apnea: a systematic review and meta-analysis. *Sleep Med. Rev.* **14**, 287–297 (2010).
- Boyd, S. N. Management of Obstructive Sleep Apnea by Maxillo-mandibular Advancement. *Oral Maxillofac. Surg. Clin. North Am.* **21**, 447–457 (2009).
- Auara, R. N. *et al.* Practice parameters for the surgical modifications of the upper airway for obstructive sleep apnea in adults. *Sleep* **33**, 1480–1511 (2010).
- Rodrigo, J. D., Oliveira, G. M. S., Freitas, I. A., de Sousa Mattos, F. & Paranhos, L. R. Efficacy of bimaxillary advancement surgery in increasing the volume of the upper airway: a systematic review of observational studies and meta-analysis. *Eur Arch Otorhinolaryngol* **274**, 39–44 (2016).
- Knaflitz, P., Landau, A. S., Ingwers, J., Homay, P. & Pischke, E. M. Improved apnea-hypopnea index and lower oxygen saturation after maxillo-mandibular advancement with or without concurrent levator palatopharyngeus resection in patients with obstructive sleep apnea: a meta-analysis. *J Oral Maxillofac. Surg.* **73**, 719–728 (2015).
- Pirkkuus, K. *et al.* Maxillo-mandibular advancement for treatment of obstructive sleep apnea syndrome: A systematic review. *J Oral Maxillofac. Surg.* **69**, e165–e178 (2011).
- Faria, A. C., Xavier, S. F., Silva, S. N., Trawinski, L. V. V. & De Mello-Filho, F. V. Cephalometric analysis of modifications of the pharynx due to maxillo-mandibular advancement surgery in patients with obstructive sleep apnea. *Int J Oral Maxillofac. Surg.* **42**, 579–584 (2013).
- Conradt, R., Hochhaus, W., Brandenburg, U., Heitzman, J. & Peter, J. H. Long-term follow-up after surgical treatment of obstructive sleep apnea by maxillo-mandibular advancement. *Eur Respir J* **18**, 123–128 (1997).
- Prinault, J. R. Maxillo-mandibular Advancement (MMA) in a Site-Specific Treatment Approach for Obstructive Sleep Apnea: A Surgical Algorithm. *Sleep Breath* **4**, 147–154 (2000).
- Iliev, B. G., Tamez, L., Paz, M. & Rosales, E. Quantitative histologic variation of the occlusal plane in the treatment of obstructive sleep apnea syndrome. *J Oral Maxillofac. Surg.* **69**, 917–921 (2011).
- Faria, A. C. *et al.* Volumetric analysis of the pharynx in patients with obstructive sleep apnea (OSA) treated with maxillo-mandibular advancement (MMA). *Sleep Breath* **17**, 397–401 (2013).
- Prinault, J. R. Primary and secondary trigonometric maxillo-mandibular advancement, with or without adjuvant procedures, for obstructive sleep apnea in adults: A literature review and treatment recommendations. *J Oral Maxillofac. Surg.* **70**, 1659–1677 (2012).
- Goodridge, R. H., Bourgeois, S. E. & Edwards, P. B. Objective and Subjective Outcomes Following Maxillo-mandibular Advancement Surgery for Treatment of Patients with Extremely Severe Obstructive Sleep Apnea (Apnea-Hypopnea Index 100). *J Oral Maxillofac. Surg.* **74**, 283–289 (2016).
- Schmid, S., Powell, N. & Jackson, R. Maxillary, mandibular, and chin advancement: Treatment planning based on airway anatomy in obstructive sleep apnea. *J Oral Maxillofac. Surg.* **66**, 662–676 (2011).
- Li, K. K., Gullentzen, C., Riley, B. W. & Powell, N. B. Obstructive sleep apnea and maxillo-mandibular advancement: An assessment of airway changes using radiographic and nasopharyngeal examinations. *J Oral Maxillofac. Surg.* **60**, 526–530 (2002).
- Bianchi, A. *et al.* Volumetric three-dimensional computed tomographic evaluation of the upper airway in patients with obstructive sleep apnea syndrome treated by maxillo-mandibular advancement. *Int J Oral Maxillofac. Surg.* **32**, 833–837 (2014).
- Borji, S. B., Walters, A. S., Jorde, Y. & Wang, L. Comparative Effectiveness of Maxillo-mandibular Advancement and Otolaryngopharyngology for the Treatment of Moderate to Severe Obstructive Sleep Apnea. *Int J Oral Maxillofac. Surg.* **71**, 743–751 (2011).
- Mattos, C. T., Vilain, G. N. L., Sant'Anna, F. F., Rodilas, A. C. O. & Maia, L. C. Effects of orthognathic surgery on cephalopneumal airway: a meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac. Surg.* **40**, 1347–1356 (2011).
- Liberati, A. *et al.* The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. (2009).
- Wells, G. *et al.* The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of non-randomized studies in meta-analyses. [http://www.ohri.ca/programs/clinical\\_epidemiology/oxford.asp](http://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp) (2017).
- Riley, R. W., Powell, N. B., Li, K. K., Truel, B. J. & Gullentzen, C. Surgery and obstructive sleep apnea: long-term clinical outcomes. *Otolaryngol Head Neck Surg* **122**, 415–21 (2000).
- Hernández-Alvarez, C., Guisasa-Morales, R. & Marceles-Bueno, I. Effect of mono- and bimaxillary advancement on pharyngeal airway volume: Cone-beam computed tomographic evaluation. *J Oral Maxillofac. Surg.* **69**, 1–6 (2011).
- Wain, T. D., Wilson, Y., Lachry, J. & Cooper, B. D. Maxillo-mandibular advancement surgery in 23 patients with obstructive sleep apnea syndrome. *J Oral Maxillofac. Surg.* **45**, 149–157 (1989).

- Saadeh, S. M., Abramson, Z. R., Dodson, T. B. & Kaban, L. B. Upper airway length decreases after maxillo-mandibular advancement in patients with obstructive sleep apnea. *J Oral Maxillofac. Surg.* **69**, 2872–2879 (2011).
- Yan, Y. T. *et al.* A retrospective study of 14 patients treated by maxillo-mandibular advancement with adjunctive procedures for obstructive sleep apnea syndrome. *J Craniofac. Surg.* **16**, 770–777 (2005).
- Giarda, M. *et al.* Efficacy and safety of maxillo-mandibular advancement in treatment of obstructive sleep apnea syndrome. *Acta Otorhinolaryngol Ital* **33**, 43–6 (2013).
- Rusch, P., Glognitsky, V., Ambrosio, A. & Capigliola, A. Maxillo-mandibular advancement in obstructive sleep apnea syndrome: patient: a retrospective study on the sagittal cephalometric variables. *J Oral Maxillofac. Res.* **4**, 65 (2013).
- Liu, S. C. *et al.* Lateral Pharyngeal Wall Tension After Maxillo-mandibular Advancement for Obstructive Sleep Apnea: Is a Marker for Surgical Success? Observations From Drug-Induced Sleep Endoscopy. *J Oral Maxillofac. Surg.* **73**, 1575–1582 (2015).
- Fairbairn, S. C. *et al.* Three-Dimensional Changes in Upper Airways of Patients With Obstructive Sleep Apnea Following Maxillo-mandibular Advancement. *J Oral Maxillofac. Surg.* **65**, 6–12 (2007).
- Ito, K. W., White, P. D., Means, D. & Wang, D. Quality of Life Evaluation of Maxillo-mandibular Advancement Surgery for Treatment of Obstructive Sleep Apnea. *J Oral Maxillofac. Surg.* **66**, 968–972 (2008).
- Abramson, Z. *et al.* Three-dimensional computed tomographic airway analysis of patients with obstructive sleep apnea treated by maxillo-mandibular advancement. *J Oral Maxillofac. Surg.* **69**, 877–886 (2011).
- Liu, C. H., Liao, Y. F., Chen, N. H., Lo, L. I. & Chen, Y. R. Three-dimensional computed tomography on obstructive sleep apnea treated by maxillo-mandibular advancement. *Laryngoscope* **121**, 1336–1347 (2011).
- Bischof, Y. J., Liao, Y. F., Chen, N. H. & Chen, Y. R. Changes in the caliber of the upper airway and the surrounding structures after maxillo-mandibular advancement for obstructive sleep apnea. *Br J Oral Maxillofac. Surg.* **52**, 445–451 (2014).
- Butterfield, R. J., Marks, P. J. G., McLean, L. & Newton, J. Linear and volumetric airway changes after maxillo-mandibular advancement for obstructive sleep apnea. *J Oral Maxillofac. Surg.* **73**, 1133–1141 (2015).
- Schmid, S. A., Brogdon, J. A. & Jackson, R. L. Three-dimensional upper-airway changes with maxillo-mandibular advancement for obstructive sleep apnea treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **146**, 985–993 (2014).
- Rusch, P. *et al.* Effectiveness of maxillo-mandibular advancement in obstructive sleep apnea patients with and without skeletal anomalies. *Int J Oral Maxillofac. Surg.* **39**, 541–547 (2010).
- Zinzer, M. J., Zischow, S. & Saller, H. F. Bimaxillary rotation advancement procedures in patients with obstructive sleep apnea: A 5-dimensional airway analysis of morphological changes. *Int J Oral Maxillofac. Surg.* **42**, 669–678 (2013).
- Butterfield, R. J., Marks, P. J. G., McLean, L. & Newton, J. Pharyngeal airway morphology in healthy individuals and in obstructive sleep apnea patients treated with maxillo-mandibular advancement: A comparative study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* **119**, 285–292 (2015).
- Abramson, Z. R., Sznajda, S., Tappin, J. R. & Kaban, L. B. Three-dimensional computed tomographic analysis of airway anatomy. *J Oral Maxillofac. Surg.* **68**, 363–369 (2010).
- Alfayumi, N. A., Al-Saleh, M. A. Q. & Magor, P. W. CBCT assessment of upper airway changes and treatment outcomes of obstructive sleep apnea: a systematic review. *Sleep Breath* **17**, 911–923 (2013).
- Zaghi, S. *et al.* Maxillo-mandibular Advancement for Treatment of Obstructive Sleep Apnea: A Meta-analysis. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg* **90995**, 1–12 (2015).

### Acknowledgements

The authors wish to thank Mary-Georgina Harding for translating the manuscript into English.

### Author Contributions

All authors contributed to the study. C.R.-S. and C.B.-A. participated in data collection, analysis and interpretation, and in drafting and revising the manuscript. J.M.-C. and V.F.-G. participated in designing and interpreting the statistical analysis and in critical revision. J.M.-C. S.-P. participated in interpretation, drafting and revision.

### Additional Information

**Supplementary information** accompanies this paper at <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24142-3>.

**Competing Interests:** The authors declare no competing interests.

**Publisher's note** Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

 **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

© The Author(s) 2018



## Minimally invasive surgical and miniscrew-assisted rapid palatal expansion (MISMARPE) in adult patients

Orion L. Haas Junior<sup>a,c,e,\*</sup>, Paulo R.B. Matijé<sup>b,1</sup>, Bibiana M. Rosa<sup>a</sup>, Carolina Rojo-Sanchis<sup>c</sup>,  
Raquel Guirrao-Martínez<sup>d</sup>, Adria Valls-Ontañón<sup>e</sup>, Luciane M. Menezes<sup>b</sup>,  
Federico Hernández-Alfaro<sup>e</sup>, Rogério B. de Oliveira<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Pontifical Catholic University of Rio Grande do Sul and São Lucas Hospital of PUCRS, Porto Alegre, Brazil  
<sup>b</sup> Department of Orthodontics, Pontifical Catholic University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil  
<sup>c</sup> Department of Orthodontics, Universidad de Valencia, Valencia, Spain  
<sup>d</sup> Department of Orthodontics, Cardenal Herrera-CEU Universidad de Valencia, Valencia, Spain  
<sup>e</sup> Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Universitat Internacional de Catalunya, Sant Cugat del Valles and Institute of Maxillofacial Surgery, Zekun Medical Centre, Barcelona, Spain

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Paper received 10 March 2021

Received in revised form 8 October 2021

Accepted 22 December 2021

Available online 27 December 2021

#### Keywords:

Minimally invasive surgery

MARPE

MISMARPE

Maxillary hypoplasia

Orthognathic surgery

Dental deflection

### ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate maxillary expansion, operative time and pain associated with a new minimally invasive surgical technique to treat maxillary hypoplasia in adult patients. Consecutive patients were included and prospectively analyzed. The technique consists in miniscrew-assisted rapid palatal expansion (MARPE), minimally invasive approach to maxillary osteotomies, latency period and activation period until the desired expansion. The parameters evaluated included operative time, treatment-related pain by the visual analog scale (VAS), and transverse maxillary expansion. The Shapiro-Wilk test was used to assess the normality of data distribution. A paired *t*-test was used to compare the data between T0 (preoperative) and T1 (postoperative – end of activation). The significance level was set at 5%. Eleven patients were included. Mean operative time was 24.11 min (14.4–32 min) and overall postoperative VAS score was 2.81 (0–9). A comparative analysis showed significant increases in maxillary width at the skeletal, alveolar, and dental levels ( $p < 0.0001$  for all) with a mean range of 1.8 (SD 0.3) mm to 4.7 (SD 0.5) mm. The present minimally invasive surgical MARPE (MISMARPE) technique appears to yield good skeletal outcomes with minimal trauma. It might have potential for clinical use, but larger comparative studies are needed to confirm the clinical relevance of the approach.

© 2022 European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

### 1. Introduction

Surgically assisted rapid palatal expansion (SARPE) and segmental Le Fort I osteotomy were the only options to correct transverse maxillary deficiency in adults until relatively recently (Williams et al., 2012; Zandi et al., 2014; Ascherick et al., 2016). However, with the introduction of skeletal anchorage, reports of nonsurgical disjunction of the midpalatal suture in skeletally mature patients using temporary anchorage devices have been

published, what is known today as microminipal-assisted rapid palatal expansion (MARPE) (Carlson et al., 2016; Brunetto et al., 2017; Cantarella et al., 2017; Abetini et al., 2018; Jesus et al., 2021; Oliveira et al., 2021). Nevertheless, the indications for this technique are still poorly defined, and the risk factors for failure are unknown. Furthermore, transverse expansion is not as predictable as it is with SARPE, which has been shown to provide stable transverse expansion in adults (Viani et al., 2012; Zandi et al., 2014; Seiberger et al., 2015; Ascherick et al., 2016; Camps-Perpérez et al., 2017; Gupta et al., 2020; Muñoz-Pérez et al., 2020).

In recent years, orthognathic surgery has evolved toward less invasive procedures, with the aim of reducing morbidity (Alfaro and Svensson, 2018). Within this context, Hernández-Alfaro et al. (2010) described a SARPE technique to treat transverse discrepancies of more than 5 mm in nongrowing patients which can be

\* Corresponding author. Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Pontifical Universidade Católica do Rio Grande do Sul Avenida Ipiranga, 6631, Building 6, 91019-900, Porto Alegre, Brazil.  
E-mail address: orionhaasjunior@pucrs.br (O.L. Haas Junior).  
<sup>1</sup> Both authors contributed equally.

<https://doi.org/10.1016/j.jcms.2021.12.011>

1010-5182/© 2022 European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

O.L. Haas Junior, P.R.B. Matijé, B.M. Rosa et al.

performed under local anesthesia plus sedation, as an office procedure, in 19 min.

In synchrony with the evolution of treatment options for transverse maxillary deficiency, the purpose of this study was to evaluate maxillary expansion, operative time and pain associated with a new minimally invasive surgical technique in combination with MARPE to treat maxillary hypoplasia in adult patients.

### 2. Materials and methods

This study is part of a longitudinal research project conducted jointly by the Department of Oral and Maxillofacial Surgery and the Department of Orthodontics of the Pontifical Catholic University of Rio Grande do Sul (PUC-RS) since April 2019. All procedures were performed in accordance with the Declaration of Helsinki, and the Institutional Review Board approved the study (ethical approval number: 42856915.1.0000.5336).

#### 2.1. Sample

The inclusion criteria for this study were age 18 years or older and an established diagnosis of transverse maxillary deficiency. Patients with congenital malformations or any systemic conditions that contraindicated surgical procedures under local anesthesia were excluded.

#### 2.2. Surgical protocol

##### 2.2.1. Virtual planning

The position of the MARPE bone-borne expander (PECLAB, Belo Horizonte, MG, Brazil) followed a digital workflow, based on cone-beam computed tomography (CBCT) of the patient's face, intra-oral scanner data in STL format, and STL files for the expander/screws. These data were superimposed in the Dolphin Imaging 12.0 Premium software (Dolphin Imaging & Management Solutions, Chatsworth, CA, USA) to create a virtual model where screw length and expander position were selected in accordance with palatal bone and palatal mucosa thickness. A surgical guide was used to transfer the virtual planning to the surgical field.

##### 2.2.2. Technique

Patients underwent minimally invasive osteotomies under local anesthesia (OLSA). The MARPE expander was positioned using a surgical guide and attached with four bicortical miniscrews previously selected during virtual planning (Fig. 1A).

A maxillary approach over the keratinized mucosa from lateral incisor to lateral incisor was made. Periosteal elevation was performed to expose the whole nasomaxillary region and the posterior maxillary area through a mucosal tunnel. Then, four osteotomies were made: one subhorizontal osteotomy to separate the anterior nasal spine, one vertical midline osteotomy extended into the nasal floor to the level of the medium thirds of the central incisors' roots (Fig. 1B), and two horizontal lateral osteotomies extending from the piriform aperture to the posterior maxilla (one per side) (Fig. 1C). The MARPE expander was then activated to check maxillary separation in the midline. One millimeter and a quarter (6 activations) remained at the time of the procedure. Sutures were placed to reposition the alar process of the nasal muscle and to close the midline incision (Fig. 1D).

An antibiotic, anti-inflammatory, analgesic, chlorhexidine rinse was prescribed for use during the postoperative period. The latency period was 7 days, at which point MARPE activation was started at a rate of two turns per day until appearance of an interincisal diastema. The activation rate was then decreased to one turn per day

Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery 50 (2022) 211–217

until the required expansion was achieved. The activation protocol was based on the study by Carlson et al. (2016).

#### 2.3. Analysis

##### 2.3.1. Operative time

The duration of the surgical procedure was timed from first incision to placement of the last suture.

##### 2.3.2. Visual analog scale (VAS) for pain

Patients were instructed to record pain daily on a VAS (Hayes and Paterson, 1921) from 0 ("no pain") to 10 ("worst pain imaginable"). The scores were obtained from the first postoperative day until the last day of activation of the expander. Pain was classified as mild (VAS score 1–3), moderate (VAS score 4–6), or severe (VAS score 7–10).

##### 2.3.3. CBCT measurements

An i-CAT scanner (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA) was used to obtain CBCT images before expansion (T0) and at the end of the activation period (T1). Scans were performed at 120 kV, 8 mA, acquisition time 40 s, and 0.3-mm voxel dimension. The data were reconstructed with 0.3-mm slice thickness, and the resulting digital imaging and communications in medicine (DICOM) images were assessed using Dolphin Imaging software.

The pre-treatment three-dimensional CBCT model was reconstructed in Dolphin Imaging Software. Then, it was oriented to set the Frankfort plane (Or left-Po-Or right) parallel to the axial crosshair and the nasion-anterior nasal spine plane perpendicular to the Frankfort plane. After orientation of pre-treatment images, the post-treatment CBCT was superimposed using the voxel-based technique of the anterior cranial base (Haas Junior et al., 2019). When both CBCT scans had the same orientation, the surgical results could be measured (Fig. 2).

For transverse maxillary evaluation, eight distances and two angular values were analyzed: Distance 1 (D1): Posterior maxilla distance; Distance 2 (D2): Posterior midpalatal suture distance; Distance 3 (D3): Anterior maxilla distance; Distance 4 (D4): Anterior midpalatal suture distance; Distance 5 (D5): Posterior alveolar process distance; Distance 6 (D6): Anterior alveolar process distance; Distance 7 (D7): Posterior dental crown distance; Distance 8 (D8): Posterior dental root distance; Angle 1 (A1): Angle UR6; and Angle 2 (A2): Angle LR6 (Table 1).

#### 2.4. Statistical analysis

Test-retest reliability of the measurements was calculated by intraclass correlation coefficients (ICCs). Assessment of all parameters at T0 and T1 (10 days apart) of five patients were compared. The data obtained were processed in IBM SPSS Statistics (version 22.0, IBM, Armonk, NY) and assessed for normality by the Shapiro-Wilk test. Means and standard errors for each parameter were calculated. As the assumption of normality was confirmed, data at T0 and T1 were compared by a paired *t*-test, a significance level of 5%.

### 3. Results

Eleven consecutive patients were included and prospectively analyzed from June to December 2019. The sample consisted of 8 women and 3 men, with a mean age of 38.89 years (range, 19.1–56 years). Mean operative time was 24.11 min (range, 14.4–32 min), and the mean activation period of the orthodontic appliance was 24.36 days (range, 20–31 days) (Table 2).

O.I. Huan Junior, P.R.R. Matijc, E.M. Rusa et al.

Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery 50 (2022) 211–217



Fig. 1. MISMARPE technique. A. MARPE expander in place. B. Subpalatal osteotomy and vertical osteotomy. C. Horizontal osteotomy and intraoral osteotomy. D. MARPE activation and suture.

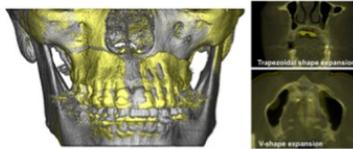


Fig. 2. Voxel-based superimposition and palatal expansion pattern. Gray – preoperative CBCT, yellow – postoperative CBCT.

Table 1  
Landmarks and measurements for transverse maxillary evaluation.

Landmarks	Measurements
<b>Skeletal</b>	
D1. Posterior maxilla distance	Width between maxilla buccal cortex in the region of the right and left first upper molar, passing through inferior inner contour of the posterior nasal cavity.
D2. Posterior midpalatal suture distance	Midpalatal suture width in the posterior region (same CBCT coronal view of the posterior maxilla distance). Representing the posterior midpalatal suture opening after activation.
D3. Anterior maxilla distance	Width between maxilla buccal cortex in the region of the right and left upper canine, passing through inferior inner contour of the anterior nasal cavity.
D4. Anterior midpalatal suture distance	Midpalatal suture width in the anterior region (same CBCT coronal view of the anterior maxilla distance). Representing the anterior midpalatal suture opening after activation.
<b>Alveolar</b>	
D5. Anterior alveolar process distance	Width between most coronal alveolar process buccal cortex in the region of the right and left first upper molar.
D6. Anterior alveolar process distance	Width between most coronal alveolar process buccal cortex in the region of the right and left upper canine, 5 mm inferior to the line of the "Anterior maxilla distance".
<b>Dental</b>	
D7. Posterior dental crown distance	Width between medial-palatal cuspid of the right and left first upper molar.
D8. Posterior dental root distance	Width between palatal root apices of the right and left first upper molar.
A1. Angle URS	Angle formed by the straight line between distances 7 and 8 in the right side.
A2. Angle ULS	Angle formed by the straight line between distances 7 and 8 in the left side.

URS: upper right first molar; ULS: upper left first molar.

213

O.I. Huan Junior, P.R.R. Matijc, E.M. Rusa et al.

Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery 50 (2022) 211–217

Table 2

Demographic data				
Patients	Gender	Age (years)	Surgical time (minutes)	Activation period (days)
1	F	19.1	28	25
2	F	40.5	26.58	22
3	F	52	21.4	24
4	F	40.0	14.4	28
5	F	34.3	32	20
6	M	40.5	22.3	31
7	M	35.8	29	22
8	F	45.8	19.5	24
9	M	56	21	24
10	F	37.8	21	20
11	F	25.2	28	28
General	MF/M	38.89	24.11	24.36

F: female; M: male.

Table 3

Mean values of VAS (Visual Analogue Scale) for pain			
Patients	Latency period (Day one to six) Average	Activation period (Day seven to end activation) Average	Total postoperative period (Latency + Activation) Average (Range)
1	1	2.84	2.48 (0–6)
2	1	3.31	2.82 (0–6)
3	1.5	2.70	2.40 (0–6)
4	0.83	2.10	1.88 (0–6)
5	0.66	4.3	3.40 (0–6)
6	1.33	2.87	2.62 (0–6)
7	0.5	1.69	0.96 (0–4)
8	0.33	4.41	3.64 (0–6)
9	1.5	6	5.12 (1–9)
10	1.33	4	3.58 (0–6)
11	1	2.71	2.41 (0–6)
General	1	3.25	2.81 (0–6)

Table 3 provides detailed VAS data. Before device activation (postoperative days 1–6), overall mean VAS score was 1. During activation (day 7 until the end of the activation period for each patient), the mean VAS score was 3.25. Overall postoperative VAS score 2.81, with most patients recording a maximum pain score of 6 (moderate) on VAS, except for patient 9 (Table 3 and Fig. 3).

However, at all stages, all patients had a mean VAS score within the moderate range of pain.

ICCs showed excellent intra- and inter-examiner reproducibility. The results for all measurements are shown in Table 6. Comparative analysis showed significant increases in maxillary width at the skeletal, alveolar, and dental levels ( $p < 0.0001$ ) after complete

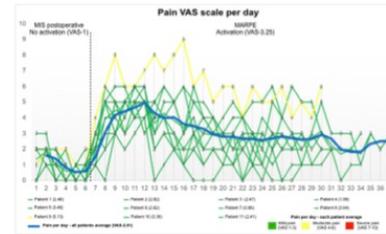


Fig. 3. VAS scores for pain per day.

214

**Table 4**  
Measurements for transverse maxillary evaluation.

Patients	D1 (mm)			D2 (mm)			D3 (mm)			D4 (mm)			D5 (mm)			D6 (mm)			D7 (mm)			D8 (mm)																																																		
	T0	T1	T1-T0	T0	T1	T1-T0	T0	T1	T1-T0	T0	T1	T1-T0	T0	T1	T1-T0	T0	T1	T1-T0	T0	T1	T1-T0	T0	T1	T1-T0																																																
<b>1</b>	52.3	55.4	<b>3.1</b>	72	75.2	<b>3.2</b>	44.8	47	<b>2.2</b>	36.4	38.6	<b>2.2</b>	0	2.3	<b>2.3</b>	36.3	38.5	<b>2.2</b>	35.6	38.4	<b>2.8</b>	0	4.1	<b>4.1</b>																																																
<b>2</b>	55.4	59.3	<b>3.9</b>	65.6	67.9	<b>2.3</b>	45.7	48.7	<b>3</b>	30.8	32.4	<b>1.6</b>	0	2.9	<b>2.9</b>	30.1	34.2	<b>4.1</b>	35.4	39.5	<b>4.1</b>	0	4	<b>4</b>																																																
<b>3</b>	60.2	62.7	<b>2.5</b>	66.1	68.4	<b>2.3</b>	46.7	50.2	<b>3.5</b>	37.3	39.9	<b>2.6</b>	47.2	49.9	<b>2.7</b>	28.9	32.5	<b>3.6</b>	33.9	38.4	<b>4.5</b>	3.9	8.8	<b>4.9</b>																																																
<b>4</b>	48.6	52	<b>3.4</b>	55.8	59.3	<b>3.5</b>	36.1	38.7	<b>2.6</b>	30.3	33.5	<b>3.2</b>	0.8	7.2	<b>6.4</b>	25.9	33.8	<b>7.9</b>	27.7	34.9	<b>7.2</b>	1.1	7.7	<b>6.6</b>																																																
<b>5</b>	51	52.5	<b>1.5</b>	78.3	78.2	<b>-0.1</b>	36.7	39.7	<b>3</b>	31.4	32.9	<b>1.5</b>	0.6	2.3	<b>1.7</b>	24.8	30.5	<b>5.7</b>	29	34	<b>5</b>	1.9	6.1	<b>4.2</b>																																																
<b>6</b>	48.8	57.8	<b>9</b>	60.6	63	<b>2.4</b>	43.3	51.9	<b>8.6</b>	30	35.8	<b>5.8</b>	0.3	8.1	<b>7.8</b>	31.5	38.5	<b>7</b>	36.3	42.5	<b>6.2</b>	1.8	9.2	<b>7.4</b>																																																
<b>7</b>	52.2	56.3	<b>4.1</b>	68.3	70.3	<b>2</b>	37.7	44.3	<b>6.6</b>	36.4	41.7	<b>5.3</b>	1.6	5.5	<b>3.9</b>	22.8	31.1	<b>8.3</b>	31.3	37.5	<b>6.2</b>	1.7	8.9	<b>7.2</b>																																																
<b>8</b>	58.4	63	<b>4.6</b>	63.9	64.8	<b>0.9</b>	42.3	46.2	<b>3.9</b>	34.7	37	<b>2.3</b>	0.8	3.5	<b>2.7</b>	22.6	26	<b>3.4</b>	30	33.9	<b>3.9</b>	2.2	7.5	<b>5.3</b>																																																
<b>9</b>	44.5	46.4	<b>1.9</b>	57.2	58	<b>0.8</b>	38.4	42.5	<b>4.1</b>	29.2	30.7	<b>1.5</b>	0.5	2.8	<b>2.3</b>	33.1	35.8	<b>2.7</b>	35.9	38.6	<b>2.7</b>	0.9	2.6	<b>1.7</b>																																																
<b>10</b>	54.7	55.9	<b>1.2</b>	57.5	58.7	<b>1.2</b>	39.6	41.6	<b>2</b>	29.5	31.5	<b>2</b>	44.5	46.1	<b>1.6</b>	26.7	28.2	<b>1.5</b>	27.7	29.6	<b>1.9</b>	1.1	4.2	<b>3.1</b>																																																
<b>11</b>	60.8	63.3	<b>2.5</b>	64.2	65.7	<b>1.5</b>	48.7	49.8	<b>1.1</b>	34	36.6	<b>2.6</b>	49	50.3	<b>1.3</b>	26.6	28.8	<b>2.2</b>	29.5	32.9	<b>3.4</b>	6.2	10.7	<b>4.5</b>																																																
Mean (SD)	53.3	56.7	<b>3. (0.6)</b>	64.5	66.3	<b>1.8 (0.3)</b>	41.8	45.5	<b>3.7 (0.6)</b>	32.7	35.5	<b>2. (0.4)</b>	0.74	4	<b>3.2 (0.6)</b>	28.1	32.5	<b>4.4 (0.7)</b>	32	36.3	<b>4.3 (0.5)</b>	1.9	6.7	<b>4.7 (0.5)</b>																																																
P	<0.0001*			<0.0001*			<0.0001*			<0.0001*			<0.0001*			<0.0001*			<0.0001*			<0.0001*																																																		
Intra-examiner	0.93			0.89			0.93			0.88			0.90			0.89			0.88			0.94			0.91																																															
ICC	0.91			0.95			0.70			0.88			0.88			0.71			0.77			0.88																																																		
ICC																																																																								
												A1 (°)												A2 (°)																																																
T0												T1												T1-T0												T0												T1												T1-T0												
<b>110</b>													113.2												<b>3.2</b>												101.8												98.4												<b>-3.4</b>											
<b>107.1</b>													106.4												<b>-0.7</b>												112												117.6												<b>5.6</b>											
<b>102.8</b>													103												<b>0.2</b>												105.4												107.6												<b>2.2</b>											
<b>95.6</b>													97												<b>1.4</b>												99.1												96.9												<b>-2.2</b>											
<b>94.3</b>													95												<b>0.7</b>												102.1												4.2												<b>-97.9</b>											
<b>113.4</b>													115.7												<b>2.3</b>												101.7												106.4												<b>4.7</b>											
<b>85.1</b>													90.5												<b>5.4</b>												98.6												99.3												<b>0.7</b>											
<b>110.3</b>													111.1												<b>0.8</b>												93												102.2												<b>9.2</b>											
<b>101.1</b>													100.9												<b>-0.2</b>												107.5												117.9												<b>10.4</b>											
<b>110.8</b>													110.8												<b>0</b>												102.6												102.1												<b>-0.5</b>											
<b>120.6</b>													117.5												<b>-3.1</b>												103.8												101.1												<b>-2.7</b>											
<b>104.6</b>													105.5												<b>0.9 (0.6)</b>												102.5												104.8												<b>2.3 (1.4)</b>											
<b>0.203</b>																																					0.123																																			
0.89																																					0.91																																			
<b>0.94</b>																																					0.80																																			

\*Statistically significant (P < 0.05).  
ICC (intraclass correlation coefficient); D1. Posterior maxilla distance; D2. Posterior midpalatal suture distance; D3. Anterior maxilla distance; D4. Anterior midpalatal suture distance; D5. Posterior alveolar process distance; D6. Anterior alveolar process distance; D7. Posterior dental crown distance; D8. Posterior dental root distance; A1. Angle UR0; A2. Angle UL0; (mm): millimeters.

D.I. Huan Junior, P.R.B. Matij, B.M. Rosa et al.

activation of the device. The anterior skeletal gains were 3.7 mm (D3) and 2.7 mm (D4). There was a 4.4 mm gain (D6) at the anterior alveolar level in the posterior region (overall mean  $\pm$  SD findings and dental gains were, respectively, 3.4 mm (D1) and 1.8 mm (D2); 3.2 mm (D5); 4.3 mm (D7); and 4.7 mm (D8). Greater expansion was observed in the anterior region than in the posterior region. In the posterior region, more expansion was seen in the maxilla than in the alveolar process (Table 4).

Skeletal measurements distant from the miniscrews were greater than the measurements close to the miniscrews, both in the posterior region (D1 greater than D2) and in the anterior region (D3 greater than D4). The measurements that showed the smallest increases were the anterior and posterior midpalatal suture distances (D2 and D4). The final angulations of the maxillary first molars did not show significant differences after the procedure (URE: 0.9°,  $p = 0.203$ ; URE: 2.3°,  $p = 0.123$ ) (Table 4).

All patients had an opening of the transverse palatal suture, and 8 patients had an opening of the median suture posteriorly to the transverse palatal suture (up to the posterior nasal spine). No patient presented with opening of the pterygomaxillary fissure at the end of the activation period.

4. Discussion

To analyze the potential effectiveness and safety of the present minimally invasive surgical MARPE (MISMARPE) technique, a longitudinal sample was assessed consisting of patients in the second to sixth decades of life (mean age, 38.89 years) in whom MARPE would be contraindicated. This approach aimed at minimizing surgical trauma while providing an advantage over SARPE (Fig. 4).

The MISMARPE technique does not involve pterygomaxillary disjunction. This step is not required for the success of maxillary expansion according to the results of a meta-analysis conducted by Sangati et al. (Sangati et al., 2016). Avoiding pterygomaxillary disjunction makes the surgical procedure less traumatic, more streamlined, and feasible under local anesthesia in an office setting. MISMARPE can be undertaken with less morbidity to the patient and fewer costs to both patients and insurers, which are extremely important advantages. Another important advantage of performing the MISMARPE technique in an office setting is the short operative time, which, in our sample, ranged from 14.4 to 32 min (mean, 24.11 min) from first incision to closure of the surgical wound. This result indicates that MISMARPE is a rapid minimally invasive technique in the hands of experienced operators.

Shortened operative time also contributed to a reduction in postoperative discomfort and complications. This was supported by the fact that the MISMARPE technique was assessed by using a VAS that had already been tested in the SARPE technique, with results of high pain (Gill et al., 2021). A recent MARPE study described mild to moderate pain as reported by patients, but VAS was not used (Zong et al., 2019). In the present study, the overall mean VAS score was 2.81, which is classified as mild pain. This is in accordance with the SARPE and MARPE techniques, despite the use of local anesthesia to perform the surgical procedure and no pterygomaxillary disjunction. Also, pain was

greater during activation of the expander (overall mean VAS score of 3.25) than during the first 7 days after surgery, i.e., during the latency period (overall mean VAS score of 1). These findings confirm the low morbidity and good tolerability of the proposed procedure when performed in an office setting. The low level of discomfort experienced by patients can be attributed to the minimally invasive soft-tissue approach, use of piezoelectric surgery for osteotomies, short operative time, and judicious postoperative medication protocol.

In addition to rapid execution and minimal morbidity, MISMARPE also proved effective in the treatment of maxillary hypoplasia, with statistically significant expansion of all regions of interest. Average transverse gains in the body of the maxilla ranged from 4.4 to 4.7 mm anteriorly to 1.8–3.2 mm posteriorly, with a 3.4-mm gain in the posterior alveolar process and a 4.3-mm gain in the anterior alveolar process. In an axial view, the midpalatal suture is opened in a V-shape, while on the coronal plane, the midpalatal suture is opened in a trapezoidal shape, with more anterior than posterior expansion and more alveolar-process than maxillary expansion (Fig. 2). Based on these findings, one may assume that, in adult patients, the MISMARPE technique will be useful mainly in cases where there is a discrepancy between the maxillary and mandibular arches, with V-shaped maxillary arch and U-shaped mandibular arch. MISMARPE can be used to coordinate the arches and correct the anterior maxillary constriction without dental repercussions, thus preventing relapse after removal of brackets. Liu et al. (2017), in a study of young adults with obstructive sleep apnea (OSA), used a technique and a device very similar to those presented here and observed a reduction in objective and subjective measurements of OSA. Vinha et al. (2020) also observed a reduction in OSA using the conventional surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME) technique. In the present study, respiratory parameters were not assessed. Airway assessment using the MISMARPE technique will be performed in future studies.

The main factors that may explain a more anterior opening in patients undergoing MISMARPE include the use of fully skeletal anchorage (Kiyalilar et al., 2016, 2019; Celenk-Koca et al., 2018) and the absence of pterygomaxillary disjunction, which turns the posterior region into the center of resistance of the maxilla (Verstraeten et al., 2010). This trend also applies to older patients, as those in our sample (aged 19–56 years), advancing age correlates negatively with the proportion of suture opening (Salgueiro et al., 2015; Shin et al., 2019; Smets et al., 2020).

The technique described in this study produced gains in all dimensions at the skeletal and dental levels, but the extent and pattern of expansion are also influenced by the type of appliance. There is evidence that bone-borne appliances produce more skeletal expansion than tooth-borne ones (Liu et al., 2015; Celenk-Koca et al., 2018) because forces are applied directly to bone, thus obviating the need for overcorrection to prevent dental relapse when using tooth-borne appliances.

This is a proof-of-concept study presenting the results of the first consecutive patients treated with the MISMARPE technique.

Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery 50 (2022) 217–217

D.I. Huan Junior, P.R.B. Matij, B.M. Rosa et al.

Therefore, the study has limitations such as the small sample size and lack of data to evaluate long-term effects.

5. Conclusion

It appears that the MISMARPE technique might have potential for use in maxillary expansion in adults. Larger comparative studies with evaluation of stability effects are needed to confirm the clinical relevance of the approach.

Ethical approval

CAEC: 42856915.1000.5336 (Research Ethics Committee - Pontificia Catholic University of Rio Grande do Sul).

Written patient consent has been obtained.

Funding

None declared.

Declaration of competing interest

None declared.

References

Abelton, S., Elfenowy, I., Kim, E., Moon, W., 2018 Nov 19. Three-dimensional soft tissue analysis of the face following micro-implant-supported maxillary dental expansion. *Prog. Orthod* 19 (1), 49. <https://doi.org/10.1007/s10167-018-0417-7>. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10167-018-0417-7>.

Alexander, N., Iversen, G., 2014. Minimally invasive orthognathic surgery: a systematic review [Internet]. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 47 (10), 1299–1310. <https://doi.org/10.1053/j.joms.2014.04.017>. Available from: <https://doi.org/10.1053/j.joms.2014.04.017>.

Auscherlik, K., Covert, E., Arntz, J., Vande Vannet, B., 2016 Mar. Maxillary changes with bone-borne surgically assisted rapid palatal expansion: a prospective study. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 149 (3), 374–383.

Brinetti, D.F., Sant'Anna, E.P., Machado, A.W., Moon, W., 2017 Feb. Non-surgical treatment of transverse deficiency in adults using Microimplant-assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE). *Oral Prev. J. Orthod.* 22 (1), 100–125.

Campo-Veredez, L., Galipari-Martínez, R., Pérez-Galdames, M.A., Hernández-Alfaro, E., 2019. The value of cone beam computed tomography imaging in surgically assisted rapid palatal expansion: a systematic review of the literature [Int. J. Oral Maxillofac. Surg. 48 (7), 827–838].

Cattafini, D., Dominguez-Montero, R., Malva, M.M., Mouchi, C., Pan, H.C., Miller, J., Moon, W., 2017 Nov 1. Changes in the midpalatal and pterygomaxillary sutures induced by micro-implant-supported skeletal expander: analysis with a novel 3D method based on CBCT imaging. *Prog. Orthod.* 18 (1), 34.

Cartho, C., Jung, J., McCross, K.W., Machado, A.W., Moon, W., 2016 May. Micro-implant-assisted rapid palatal expansion appliance to orthodontically correct transverse maxillary deficiency in an adult. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 149 (5), 716–728.

Celenk-Koca, T., Erbuğ, A.E., Hazer, S., Harris, L., Engilbi, J.D., Ayalasli, S., 2018. Evaluation of miniscrew-supported rapid maxillary expansion in adolescents: a prospective randomized clinical trial. *Angle Orthod.* 88 (3), 792–799.

Goga, N., Jhal, A.S., Sharma, P., 2020. The stability of surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME): a systematic review [Internet]. *J. Cranio-Maxillo-Fac. Surg.* 48 (9), 845–852. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2020.07.093>. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joms.2020.07.093>.

Gill, A., Pieter de Gij, J., Wolvink, E.B., Koudstaal, M.J., 2021 Aug. Patient experience and satisfaction of surgically assisted rapid maxillary expansion and mandibular midline distraction. *J. Cranio-Maxillo-Fac. Surg.* 49 (8), 649–654. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2021.05.013>.

Huan Junior, D.I., Galipari-Martínez, R., De Souza, G.A., P., Mendes-Mangini, L., Valls-Ostale, M., De Oliveira, E.B., et al., 2019. Cone beam superimposition of cone-beam computed tomography images: a voxel-based protocol validation. *J. Craniofac. Surg.* 20 (9), 1809–1814.

Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery 50 (2022) 217–217

Hayes, M.H.S., Peterson, D.G., 1921. Experimental development of the graphic rating method. *Psychol. Bull.* 18, 38–50.

Hortado-Alfonso, E., Marquez-Barral, J., Diaz, A., Pagés, C.M., 2010 Sep. Minimally invasive surgically assisted rapid palatal expansion with limited approach under sedation: a report of 283 consecutive cases. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 68 (9), 2154–2159.

Jinno, A.S., et al., 2021. Nasomaxillary effects of miniscrew-assisted rapid palatal expansion and two surgically assisted rapid palatal expansion approaches. *Int. J. Cranio-Maxillofac. Surg.* (in press).

Kayalar, E., Schwaner, M., Kovat, S.V., Ernelik, U., Hrašík, S., Kottenacher-Strasser, H., 2019. Novel soft- and hard-tissue changes following tooth-borne and hybrid surgically assisted rapid maxillary expansion: a randomized clinical cone-beam computed tomography study. *J. Cranio-Maxillofac. Surg.* 47 (8), 1190–1197.

Lin, L., Ahn, H.W., Kim, S.J., Moon, S.C., Kim, S.H., Nelson, G., 2019. Tooth-borne vs bone-borne rapid maxillary expansion in late adolescence. *Angle Orthod.* 89 (2), 293–302.

Lin, S.Y.-C., Collettissimi, C., Hone, L.-K., Yoon, A., 2017. Distraction osteogenesis maxillary expansion (DOMME) for adult obstructive sleep apnea patients with high-arched palate. *Orthognathic Head Neck Surg. (HNS)* 15 (2), 345–348.

Matij, P.R.B., Junior, D.I.H., Da Silva Mesquita, L., Machado-Fernandes, A., Galipari-Martínez, R., Hernández-Alfaro, E., et al., 2021. Stability and surgical complications of tooth-borne and bone-borne appliances in surgical assisted rapid maxillary expansion: a systematic review. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* <https://doi.org/10.1016/j.joms.2020.08.017>.

Oliveira, C.B., et al., 2021. Evaluation of factors related to the success of miniscrew-assisted rapid palatal expansion. *Angle Orthod.* 91 (2), 187–194.

Salgueiro, D.C., Rodrigues, V.H., de O., Tighi Neto, V., de Moraes, C.C., Gonçalves, L.S., Ferreira, O., 2015. Evaluation of opening pattern and bone reformation at median palatal suture area in patients submitted to surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME) through cone beam computed tomography. *J. Appl. Oral Sci.* 23 (4), 397–404.

Saebørg, R., Abo-Nickel, D., Hoffmann, J., Rasmussen, K., Ziegler, S., 2010 Dec. One-stage tooth-borne distraction versus two-stage bone-borne distraction in surgically assisted maxillary expansion (SARME). *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.* 120 (6), 693–698.

Shin, H., Hwang, S.-K., Park, C.-W., Han, S.S., Yoo, H.S., 2019. Prediction of midpalatal suture expansion by miniscrew-assisted rapid palatal expansion in young adults: a preliminary study. *Br. J. Orthod.* 46 (5), 368–377.

Smets, M., De Costa Senoo, O., Emms, S., Pollock, C., 2020. A retrospective analysis of the complication rate after SARPE in 111 cases, and its relationship to patient age at surgery [Internet]. *J. Cranio-Maxillofac. Surg.* 48 (5), 467–471. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2020.05.016>. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joms.2020.05.016>.

Verstraeten, J., Kijlstra-Jagtman, A.M., Monemans, M.V., Borge, S.J., Noks, R.M., Schick, J.G.H., 2018. A systematic review of the effects of bone-borne surgical assisted rapid maxillary expansion [Internet]. *J. Cranio-Maxillofac. Surg.* 38 (1), 100–104. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2018.01.001>. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joms.2018.01.001>.

Vilari, C.M., Mendes, C.T. de Oliveira Barilho, A.C., Marx, L.C., 2011 Dec. Long-term dental and skeletal changes in patients submitted to surgically assisted rapid maxillary expansion: a meta-analysis. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.* 114 (5), 689–697.

Vilari, P.Z., Thuler, L.R., de Mello-Ribbo, J.V., 2020. Effects of surgically assisted rapid maxillary expansion on the modification of the pharynx and hard palate and on obstructive sleep apnea, and their correlations [Internet]. *J. Cranio-Maxillofac. Surg.* 48 (4), 339–348. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2020.02.007>. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joms.2020.02.007>.

Williams, B.J., Carruthrough, S., Silva, A., O'Riain, F.S., 2012 Oct. Complications following surgically assisted rapid palatal expansion: a retrospective cohort study. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 70 (10), 2194–2202.

Zhang, S., Maccioni, A., Hinder, S., 2014 Oct. Short-term skeletal and dental changes following bone-borne versus tooth-borne surgically assisted rapid maxillary expansion: a randomized clinical trial study. *J. Cranio-Maxillofac. Surg.* 42 (7), 1100–1105.

Zong, Z., Zhang, B., Hou, K., He, H., Ngan, P., 2019. Skeletal and demolarization changes in the transverse dimension using microimplant-assisted rapid palatal expansion (MARPE) appliances [Internet]. *Orthod. Craniofac. Surg.* 45 (1), 46–59. <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2018.02.008>. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2018.02.008>.



Fig. 4. MISMARPE indication and invasiveness in relation to other techniques.

