

TESIS DOCTORAL

Julio Rojo Sanchis

2020



VNIVERSITAT  
DE VALÈNCIA

Facultad de Medicina y Odontología  
Departamento de Estomatología  
Programa de Doctorado en Odontología 3143

**Análisis de la anchura de la cortical vestibular  
en dientes anteriores maxilares y en la  
planificación virtual de implantes mediante  
tomografías computarizadas de haz cónico.**

TESIS DOCTORAL

Presentada por:  
Julio Rojo Sanchis

Dirigida por:  
Dr. José Viña Almunia  
Dr. David Peñarrocha Oltra

Valencia, diciembre de 2020





Facultad de Medicina y Odontología  
Departamento de Estomatología



Análisis de la anchura de la cortical vestibular en dientes anteriores maxilares y en la planificación virtual de implantes mediante tomografías computarizadas de haz cónico.

**3143-Programa de doctorado en odontología**

TESIS DOCTORAL

Presentada por: Julio Rojo Sanchis

Dirigida por: Dr. José Viña Almunia

Dr. David Peñarrocha Oltra

Diciembre, 2020



Facultad de Medicina y Odontología

Departamento de Estomatología

Universitat de València



Dr. D. José Viña Almunia, Profesor Asociado de Cirugía Bucal de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universitat de València,

Dr. D. David Peñarrocha Oltra, Ayudante Doctor de Cirugía Bucal de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universitat de València,

Certifican que D. Julio Rojo Sanchis, ha realizado bajo nuestra dirección el presente trabajo titulado: “**Análisis de la anchura de la cortical vestibular en dientes anteriores maxilares y en la planificación virtual de implantes mediante tomografías computarizadas de haz cónico**”, y reúne, en nuestro criterio, los requisitos y méritos suficientes para optar, mediante el mismo, al grado de Doctor en Odontología por la Universitat de València.

Fdo.: Dr. José Viña Almunia

Fdo.: Dr David Peñarrocha Oltra



*Cada día sabemos más y entendemos menos*

*Albert Einstein*





## ***AGRADECIMIENTOS***

Al Profesor Miguel Peñarrocha Diago, por su incesante dedicación a la profesión y aporte continuo al avance al mundo de la cirugía bucal e implantología. Me siento afortunado de haber contado siempre con su ayuda, gracias por confiar en mí para formarme en el campo de la Cirugía y la investigación.

Al Dr. David Peñarrocha Oltra, por su incondicional apoyo en todos los proyectos, su tiempo, sus consejos y correcciones en mis investigaciones. Gracias por tu confianza y tu sencillez.

Al Dr. José Viña Almunia, por su vocación, tiempo y paciencia que ha tenido conmigo desde hace ya 6 años. Su constancia y perfeccionismo han sido determinantes en todos los proyectos que hemos llevado a cabo. Muchas gracias por confiar en mí, tienes por siempre mi más profundo respeto y admiración.

Al Dr. David Soto Peñaloza, por su gran amistad y apoyo en el campo de la investigación. Con ese entusiasmo por la ciencia, siempre dispuesto a un poco más de esfuerzo para llegar a la meta.

Al Dr. Hilario Pellicer Chover, por su vocación, generosidad y apoyo en este proyecto. Gracias por tu humildad y confianza.

A todos mis compañeros de Máster con los que he compartido promoción: Regi, Fer, Maria, Óscar, Juan, Alba, Lorenzo, Joseca, Isabel, Natalia, Maria, Javier y David. Gracias por formar parte de esta bonita experiencia.

A mis profesores del Máster de Cirugía e Implantología, por ser grandes profesionales y mejores personas: Pepe Viña, Luis Martorell, Hilario Pellicer, Amparo Aloy, Marian Fuster, Paula Girbés, Javi Romero, David Peñarrocha, Berta García, Pepe Balaguer, Jose M<sup>a</sup> Sanchís, Guillermo Cabanes y Maria Peñarrocha.

A mis compañeras de clínica Rosario Valverde, Inma Guirado y M<sup>a</sup> José Barrachina por su ayuda durante los años de Máster.

A mis amigos, por su eterno apoyo y comprensión que siempre me han transmitido. En especial a Javier Hernández por ser como un hermano para mí y por su trabajo en diseño gráfico y visual en todos mis proyectos.

A mis padres Julio y Cristina y mi hermana Carolina, porque siempre he notado su apoyo y ayuda en todas mis decisiones. Sin ellos nada de esto hubiese sido posible. Gracias por ayudarme a conseguir mis sueños.

A Isabel, por su cariño, ayuda y comprensión en todas las situaciones. Gracias por formar parte de mi vida y porque sigamos recorriendo muchos caminos juntos.

A todos,

Muchas gracias.





## **Abreviaciones**

|        |                                                                   |
|--------|-------------------------------------------------------------------|
| LAC    | Línea amelocementaria                                             |
| COV    | Cresta ósea Vestibular                                            |
| TCHC   | Tomografía computarizada de haz cónico                            |
| IC     | Incisivo central                                                  |
| IL     | Incisivo lateral                                                  |
| C      | Canino                                                            |
| 1PM    | Primer premolar                                                   |
| 2PM    | Segundo premolar                                                  |
| PRISMA | Preferred Reported Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses |
| MESH   | Medical Subject Heading                                           |
| RSS    | Real servicio de sindicación                                      |
| NRSI   | Non-randomized Studies of Interventions                           |
| DE     | Desviación Estándar                                               |
| ANOVA  | Análisis de la varianza                                           |



# | Índice





|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1. Introducción</b>                                                                                          | 19 |
| <b>2. Revisión sistemática y metaanálisis</b>                                                                   | 39 |
| 2.1 Material y método                                                                                           | 41 |
| 2.1.1 Pregunta objetivo                                                                                         | 41 |
| 2.1.2 Fuentes de información y búsqueda electrónica                                                             | 42 |
| 2.1.3 Criterios de selección                                                                                    | 42 |
| 2.1.4 Selección de estudios                                                                                     | 43 |
| 2.1.5 Objetivos del estudio y evaluación                                                                        | 44 |
| 2.1.6 Riesgo de sesgo en los estudios individuales                                                              | 45 |
| 2.1.7 Síntesis cuantitativa y metaanálisis                                                                      | 46 |
| 2.1.8 Análisis adicionales                                                                                      | 47 |
| 2.1.9 Certeza de la evidencia                                                                                   | 48 |
| 2.2 Resultados                                                                                                  | 49 |
| 2.2.1 Selección de estudios                                                                                     | 49 |
| 2.2.2 Características de los estudios                                                                           | 51 |
| 2.2.3 Riesgo de sesgo de los estudios individuales                                                              | 57 |
| 2.2.4 Síntesis cuantitativa de los resultados                                                                   | 58 |
| 2.2.4.1 <i>Grosor de la cortical vestibular usando la Cresta ósea vestibular (COV) como punto de referencia</i> | 60 |
| 2.2.4.2 <i>Grosor de la cortical vestibular usando la línea amelocementaria (LAC) como punto de referencia</i>  | 65 |
| 2.2.4.3 <i>Distancia LAC-COV</i>                                                                                | 69 |
| 2.2.4.4 <i>Dehiscencias y fenestraciones</i>                                                                    | 71 |
| 2.2.4.5 <i>Porcentaje de dientes anteriores con una cortical &lt;1 mm y &lt;0.5 mm</i>                          | 72 |
| 2.2.5 Sesgo de publicación                                                                                      | 73 |
| 2.2.6 Certeza de la evidencia                                                                                   | 74 |
| <b>3. Justificación, objetivos e hipótesis</b>                                                                  | 77 |
| <b>4. Material y método</b>                                                                                     | 85 |
| 4.1 Diseño del estudio                                                                                          | 87 |
| 4.2 Población del estudio                                                                                       | 88 |
| 4.3 Recolección de datos                                                                                        | 90 |

|           |                                                                                                                |            |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.4       | Análisis radiográfico de la imagen                                                                             | 90         |
| 4.5       | Calibración interexaminador                                                                                    | 96         |
| 4.6       | Cálculo del tamaño muestral                                                                                    | 97         |
| 4.7       | Análisis estadístico                                                                                           | 98         |
| <b>5.</b> | <b>Resultados</b>                                                                                              | <b>101</b> |
| 5.1       | Descripción de la muestra                                                                                      | 103        |
| 5.2       | Grosor de la cortical vestibular en dientes anteriores                                                         | 104        |
| 5.2.1     | <i>Incisivos centrales</i>                                                                                     | 104        |
| 5.2.2     | <i>Incisivos laterales</i>                                                                                     | 104        |
| 5.2.3     | <i>Caninos</i>                                                                                                 | 105        |
| 5.2.4     | <i>Porcentaje de dientes anteriores con una cortical <math>\geq 1</math> mm</i>                                | 107        |
| 5.3       | Comparativa del grosor de la cortical vestibular<br>entre primeros y segundos premolares maxilares             | 108        |
| 5.3.1     | <i>Porcentaje de premolares con una cortical <math>\geq 1</math> mm y 2 mm</i>                                 | 110        |
| 5.4       | Influencia de la distancia LAC-COV en la anchura<br>de la cortical vestibular en incisivos y caninos           | 111        |
| 5.4.1     | <i>Análisis por dientes</i>                                                                                    | 111        |
| 5.4.2     | <i>Análisis por grupos según distancia LAC-COV</i>                                                             | 127        |
| 5.5       | Cortical vestibular en planificación virtual de implantes                                                      | 131        |
| 5.5.1     | <i>Anchura de la cortical vestibular del implante según la<br/>posición apico-coronal</i>                      | 131        |
| 5.5.2     | <i>Grosor de la cortical ósea crestral</i>                                                                     | 136        |
| <b>6.</b> | <b>Discusión</b>                                                                                               | <b>143</b> |
| 6.1       | Sistemas de medición del hueso alveolar                                                                        | 148        |
| 6.2       | Parámetros radiológicos en dientes maxilares                                                                   | 151        |
| 6.2.1     | Medición de la cortical desde la COV o desde la LAC                                                            | 151        |
| 6.2.2     | Influencia distancia LAC-COV                                                                                   | 155        |
| 6.2.3     | Implicaciones clínicas del grosor de la cortical<br>vestibular                                                 | 157        |
| 6.3       | Influencia de la posición apico-coronal del implante<br>en la anchura de la cortical vestibular perimplantaria | 161        |
| 6.4       | Límites de la tesis y futuras líneas de investigación                                                          | 164        |

|                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------|------------|
| <b>7. Conclusiones</b>                                    | <i>169</i> |
| <b>8. Bibliografía</b>                                    | <i>173</i> |
| <b>9. Documentos Anexos</b>                               | <i>197</i> |
| <b>10. Producción científica</b>                          | <i>211</i> |
| <b>11. Artículos publicados sobre el tema de la tesis</b> | <i>217</i> |



# 1 | INTRODUCCIÓN



El proceso alveolar es el tejido óseo que rodea un diente completamente erupcionado y se forma en armonía con el desarrollo y la erupción de los dientes (Araújo, Silva, Misawa y Sukekava, 2015). El alveolo es la cavidad dentro de la cresta alveolar de los huesos maxilar y mandibular para alojar la raíz dentaria. No existe un límite anatómico preciso entre la porción basal o cuerpo del maxilar y el proceso alveolar propiamente dicho, si bien existen diferencias en cuanto al origen y funcionalidad de ambas estructuras (Figura 1.1).

La cortical vestibular del proceso alveolar es la estructura más lábil del periodonto, sujeta a continuos procesos de remodelación debido a su alta sensibilidad a estímulos externos (Harada y Rodan, 2003). El hueso fasciculado, se trata de la porción interna de las paredes del alveolo. Está compuesto por lamelas circunferenciales y tiene un espesor de 0.2-0.4 mm (Schroeder, 1986). Es una estructura dento-dependiente, que se reabsorberá inevitablemente tras la exodoncia. En el hueso fasciculado, se insertan las fibras de Sharpey que conectan el ligamento periodontal con el hueso alveolar (Araújo y cols., 2015).

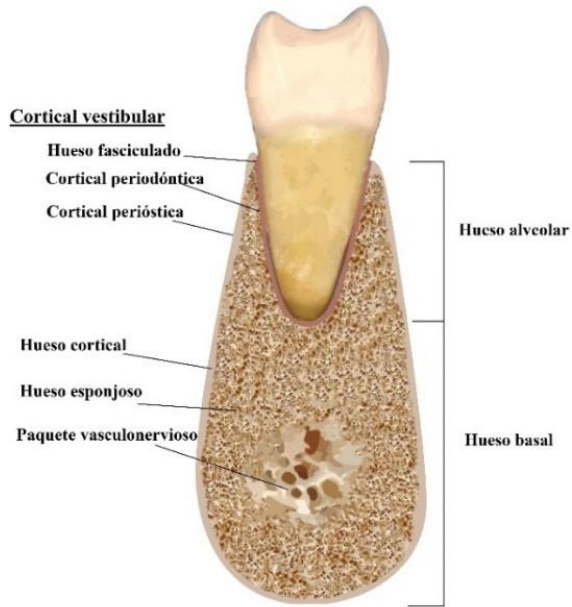


Figura 1.1 Estructuras anatómicas del proceso alveolar. Distinguimos el hueso alveolar que rodea al diente, el hueso basal que subyace y soporta el hueso alveolar, la cortical vestibular compuesta por el hueso fasciculado, y las corticales periodonticas y periósticas. Todo el proceso alveolar está rodeado de un hueso cortical que protege el hueso esponjoso en su interior. En la mandíbula el paquete vasculonervioso está en la porción apical rodeado de hueso esponjoso.

La cortical vestibular se trata de una estructura de difícil evaluación debido a su escasa anchura y que requiere de sistemas de medición extremadamente precisos y exactos. El método de análisis de la cortical vestibular con mayor número de publicaciones y aval científico es mediante tomografías



computarizadas de haz cónico (TCHC) (Weiss y Read-Fuller, 2019). No es invasivo, tiene alta resolución, baja dosis de radiación y permite crear una imagen completa del hueso alveolar (Lee, Kim, Son y Chung, 2010; Tian y cols., 2015) (Figura 1.2a). Los otros métodos descritos en la literatura para medir la cortical vestibular es el uso de calibradores (Ferrus y cols., 2010) y ultrasonidos (Glüer, Wu, Jergas, Goldstein y Genant, 1994). El principal objetivo del análisis de la anchura de la cortical vestibular es el diagnóstico y planificación previa a la cirugía, y la medición con calibradores se trata de un método invasivo que requiere la exodoncia del diente para poder realizar las mediciones (Huynh-Ba y cols., 2010) (Figura 1.2b). Los ultrasonidos han demostrado un gran potencial tanto en la medición de la cortical vestibular en dientes (Chan y cols., 2017) como en implantes (Bohner y cols., 2019), pero actualmente la mayoría de estudios son in vitro y en cadáveres, serían necesarios más estudios clínicos para avalar su utilización.

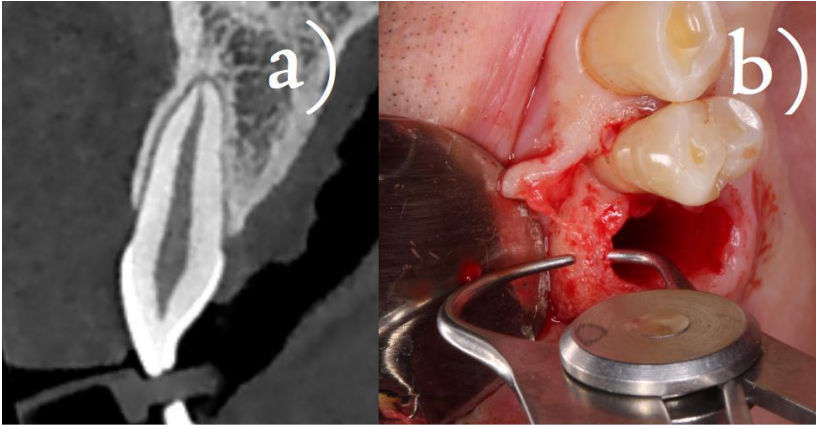


Figura 1.2 a) TCHC de un incisivo central superior en el plano sagital donde se puede medir la anchura de la cortical vestibular. En este caso vemos que la raíz se encuentra en íntimo contacto con una cortical vestibular bastante uniforme en anchura a lo largo de toda su dimensión apico-coronal. En la parte apical de la raíz podemos observar la concavidad del maxilar y la abundante disponibilidad ósea a nivel palatino. b) Medición de la cortical vestibular mediante calibres tras la exodoncia de un premolar superior, levantando un colgajo mucoperióstico a espesor completo.

El grosor de la cortical vestibular en los dientes anteriores maxilares es delgada, generalmente entre 0.5-1 mm (Januário y cols., 2011). Evangelista y cols., (2010) analizaron la cortical vestibular en 4319 dientes y determinaron que el 75.65% presentaba algún tipo de defecto óseo, de los cuales el 51.09% fueron dehiscencias óseas. Por lo tanto, es frecuente la ausencia de cortical vestibular en su porción coronal en condiciones de salud periodontal, dejando parte de la raíz cubierta únicamente

por encía o incluso expuesta al medio oral (D’Silva y cols., 2019) (Figura 1.3).

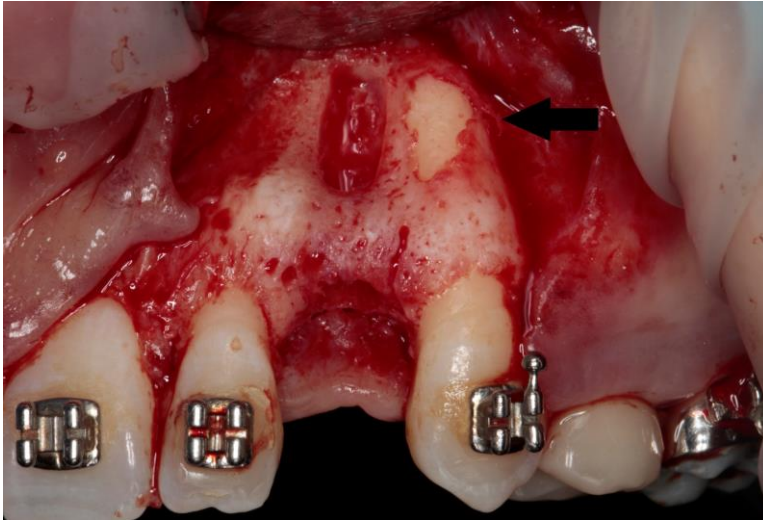


Figura 1.3 Observamos al levantar un colgajo a espesor total en el sector anterior maxilar, que el canino 2.3 presenta una fenestración ósea.

Existen diferentes situaciones clínicas que pueden hacer necesaria la exodoncia de un diente; tratamientos endodóncicos fracasados, fracturas radiculares, lesiones de caries avanzadas, y dientes comprometidos periodontalmente (Hauser y cols., 2013). El proceso alveolar es una estructura dento-dependiente, y su desarrollo está estrictamente conectado con la erupción dental (Barone y cols., 2014). Tras la extracción dentaria se producen cambios dimensionales en la cresta alveolar, que da lugar una atrofia de la ésta y a un colapso de los tejidos blandos (Checchi,

Savarino, Montevicchi, Felice y Checchi, 2011). Aparece como un proceso progresivo e irreversible, en el que la anchura alveolar decrece en volumen y cambia morfológicamente (Gholami, Najafi, Mashhadiabbas, Goetz y Najafi, 2012).

Los cambios del alveolo tras la exodoncia han sido analizados en la literatura mediante estudios experimentales (Araújo y Lindhe, 2005; Cardaropoli, Araújo y Lindhe, 2003) y estudios clínicos (Farmer y Darby, 2014; Chappuis y cols., 2013). La cortical vestibular es la estructura más susceptible a la remodelación ósea tras la exodoncia, y esta remodelación depende en gran medida de la anatomía y anchura de la cortical vestibular preexistente. Es por ello de gran interés el estudio y análisis de esta estructura anatómica para ayudar a predecir los cambios dimensionales del alveolo postextracción. La evaluación del grosor de la cortical vestibular proporciona al clínico una herramienta de pronóstico para estimar el grado de pérdida ósea futura antes de la extracción del diente (Buser, Chappuis, Belser y Chen, 2017).

El fenotipo de cortical vestibular fue clasificado en 2013 por Mandelaris y cols., (2013) como grueso cuando la cortical presentaba una anchura de  $\geq 1$  mm y fino cuando era  $< 1$  mm. En un estudio clínico prospectivo en 39 pacientes (Chappuis y cols., 2013), se observó un patrón de reabsorción diferente según el fenotipo de la cortical vestibular. En los alveolos con un fenotipo fino de cortical vestibular, se produjo una pérdida ósea vertical

media de 7.5 mm a las 8 semanas de la exodoncia, 62% de la altura ósea vestibular inicial. Por el contrario, los pacientes con un fenotipo grueso, mostraron una pérdida ósea vertical media de solo 1.1 mm o del 9% (Figura 1.4). El patrón de alteración dimensional en zonas de exodoncia de un solo diente con dentición vecina sana se produjo principalmente en el área central de la pared del alvéolo, mientras que las áreas proximales permanecieron casi sin cambios después de la extracción de dientes sin colgajo en 8 semanas de curación (Chappuis y cols., 2013).

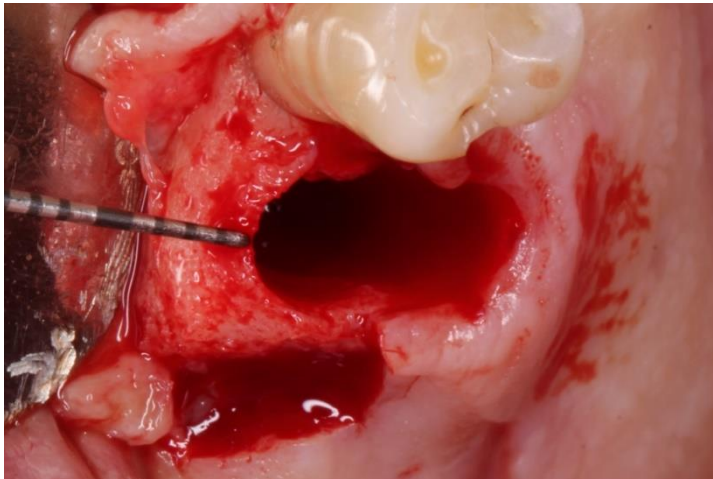


Figura 1.4 Observamos un paciente con un fenotipo de cortical vestibular grueso, con una anchura de la cortical de unos 2 mm, por lo que podemos esperar que no se produzca una gran reabsorción de la cortical vestibular.

La colocación de implantes inmediatos tras la exodoncia, se trata de una técnica que disminuye la morbilidad y los tiempos para reemplazar un diente perdido (Canellas, Medeiros, Figueredo, Fischer y Ritto, 2019). Esta técnica está recomendada en condiciones clínicas ideales con un fenotipo de cortical vestibular ancha ( $>1$  mm) y un biotipo gingival grueso (Buser y cols., 2017) (Figura 1.5). Un estudio prospectivo reciente (Yang, Zhou, Zhou y Man, 2019) de implantes inmediatos con provisionalización inmediata, observó que al año de seguimiento la reabsorción de la cortical vestibular y recesión de los tejidos blandos fue mucho mayor cuando la anchura preoperatoria de la cortical vestibular de los dientes fue  $<0.5$  mm comparado cuando era de 0.5-1 mm.

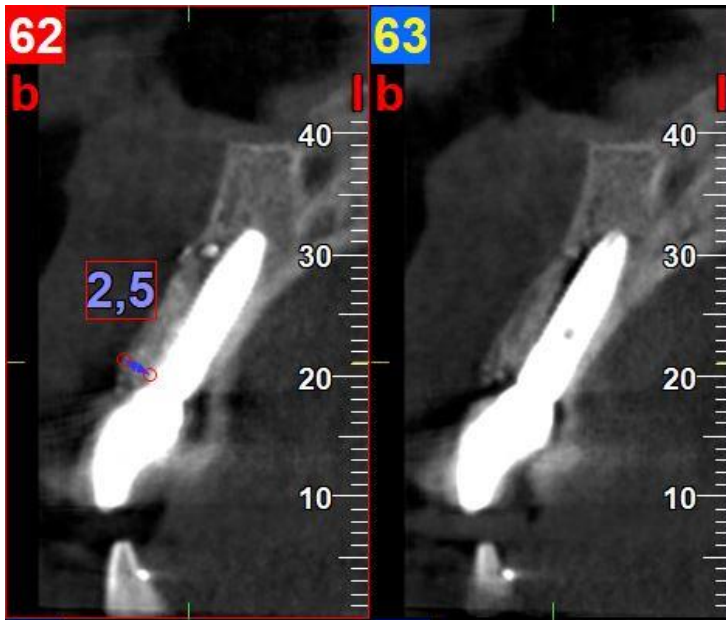


Figura 1.5 Anchura de la cortical vestibular de 2.5 mm en implante inmediato al año de la colocación de la prótesis definitiva. Cabe esperar una estabilidad en la cortical vestibular y en el nivel de los tejidos blandos a largo plazo.

La evaluación del grosor de la cortical vestibular proporciona al clínico una herramienta de pronóstico para estimar el grado de pérdida ósea futura antes de la extracción del diente (Buser y cols. 2017). La reabsorción ósea bucal después de la extracción dental difiere entre estudios, individuos y localización del diente a extraer. Los factores implicados en esta variación incluyen la presencia y ausencia de infección existente, exodoncia con colgajo versus sin colgajo, el grado de trauma durante la extracción y el grosor de la cortical vestibular antes de la exodoncia (Huynh-Ba y cols., 2010; Fuentes y cols., 2015).

El remodelado óseo postextracción en las zonas de la exodoncia de un solo diente parece estar localizado en el aspecto central y medio vestibular de la pared del alveolo a las 8 semanas después de la extracción, mientras que las áreas proximales están bien soportadas por el ligamento periodontal de los dientes vecinos y no muestran pérdida ósea (Chen y Buser, 2009). Tal patrón de reabsorción ósea da como resultado una morfología de defecto de dos paredes en fenotipos de pared ósea fina en la que la pared ósea vestibular se ha reabsorbido parcialmente (Chen y Darby, 2017), y en una morfología de tres paredes en sitios con un fenotipo de pared ósea vestibular gruesa intacta (Chappuis y cols., 2015) (Figura 1.6).



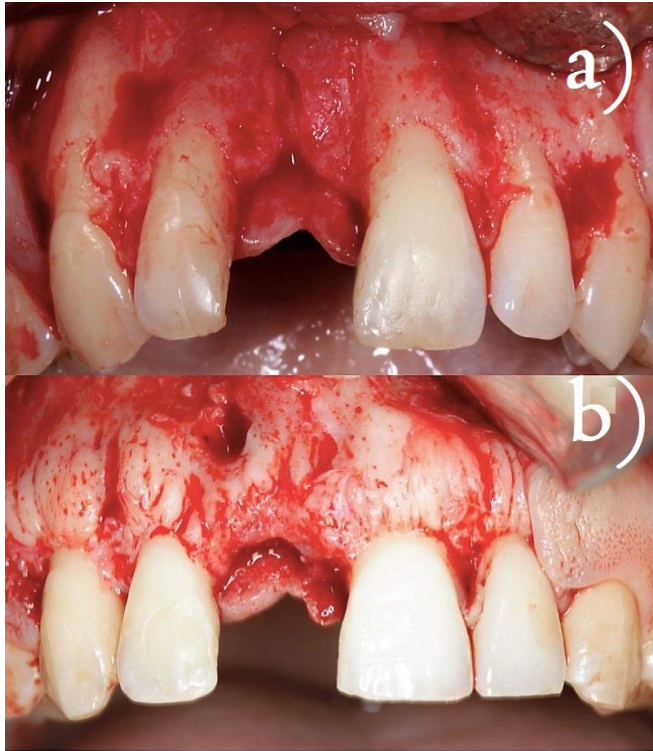


Figura 1.6 Reentrada quirúrgica a las 8 semanas de la exodoncia de incisivos centrales superiores: a) Fenotipo de cortical vestibular fino que a las 8 semanas de la exodoncia presenta una gran dehiscencia ósea. b) Fenotipo de cortical vestibular grueso que a las 8 semanas de la exodoncia conserva los márgenes óseos coronales intactos, debido a la anchura de la cortical vestibular antes de la exodoncia, en cambio aparece una fenestración como consecuencia de un proceso apical en el diente exodonciado.

La preservación de la cresta se trata una técnica de regeneración ósea guiada que tiene como objetivos minimizar los cambios volumétricos de tejido duro y blando tras la extracción dentaria (Leblebicioglu y cols., 2013; Araújo, Linder y Lindhe,

2009) (Figura 1.7). Se trata de una técnica bien documentada sobre la que se han publicado varios metaanálisis y revisiones sistemáticas, que muestran beneficios en el mantenimiento de las dimensiones de la cresta ósea para la preservación de la cresta en comparación con la cicatrización espontánea del alveolo (Avila-Ortiz, Chambrone y Vignoletti, 2019; Vittorini Orgeas, Clementini, De Risi, y de Sanctis, 2013; Vignoletti y cols., 2012). Aunque la porción interna de las paredes del alveolo formada por hueso fasciculado se reabsorberá inevitablemente tras la exodoncia (Araújo y cols., 2015). Bassir y cols., (2018) en una meta-análisis reciente mostraron un beneficio significativo de la preservación alveolar en la reducción de los cambios dimensionales en anchura del hueso alveolar (1.86 mm) y en altura del hueso vestibular (1.55 mm) comparado con la cicatrización espontánea.

La técnica quirúrgica de preservación alveolar suele incluir injerto óseo y membrana, para contener el material de injerto y prevenir el crecimiento epitelial debajo del lugar de curación (Iasella y cols., 2003). En cuanto al tipo de biomaterial utilizado para rellenar el alveolo encontramos gran diferencia según su origen y su velocidad de reabsorción, pero ninguno ha mostrado superioridad sobre el resto (Parashis, Kalaitzakis, Tatakis y Tosios, 2014).

Aunque se han observado ciertos beneficios en la reducción de los cambios morfológicos y contrarrestar

parcialmente la contracción del reborde marginal después de la exodoncia (Fickl y cols., 2009), aún se debe esperar cierto grado de pérdida ósea horizontal y vertical (Jambhekar, Kernen y Bidra, 2015). Estos cambios dimensionales dependen en gran medida del grosor de la cortical vestibular del alveolo, Spinato y cols., (2014) vieron que la preservación de la cresta en los alveolos con una cortical vestibular ancha ( $>1$  mm) producía una reducción horizontal  $1.29 \pm 0.2$  mm, mientras que la reducción horizontal en los alveolos de cortical fina ( $< 1$ mm) fue de  $3.22 \pm 0.2$  mm.

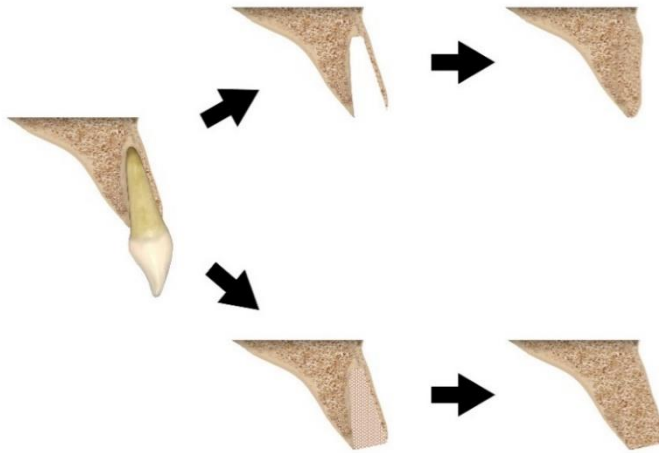


Figura 1.7 Cambios volumétricos tras la exodoncia y curación espontánea o mediante técnicas de preservación alveolar. Observamos en las figuras superiores que se produce una marcada contracción horizontal del proceso alveolar debido a la gran reabsorción de la cortical vestibular; en cambio en las figuras inferiores a pesar de la reabsorción de la cortical vestibular el material de relleno colocado en el alveolo preserva el volumen de la cresta ósea.

La cantidad y calidad de hueso, y más concretamente de la cortical vestibular, son factores cruciales para el éxito a largo plazo de los tratamientos con implantes. Una revisión sistemática reciente (Aizcorbe-Vicente, Peñarrocha-Oltra, Canullo, Soto-Peñaloza y Peñarrocha-Diago, 2020) sobre los cambios dimensionales que suceden tras la colocación de implantes en alveolos cicatrizados (> 6 meses) recalca que cuanto menor es la anchura de la cortical vestibular tras el fresado del lecho, se produce una mayor remodelación ósea y recesión de la mucosa periimplantaria (Figura 1.9). Monje y cols., (2019) colocaron implantes en perros Beagle con corticales vestibular delgadas (<1.5 mm) o anchas (>1.5 mm) tras el fresado del lecho. A las 8 semanas la mayoría de implantes colocados en corticales delgadas presentaban dehiscencias óseas. Es por ello que clásicamente se ha recomendado 2 mm de cortical vestibular en los implantes (Spray, Black, Morris y Ochi, 2000). El dejar una suficiente anchura de hueso en la porción vestibular del implante está condicionado porque en el alveolo cicatrizado, únicamente encontramos hueso esponjoso en el centro de la cresta, y las partes externas están formadas por hueso cortical, que cuando deja de recibir vascularización del hueso esponjoso y del periostio se necrosa (Roush, Howard y Wilson, 1989).

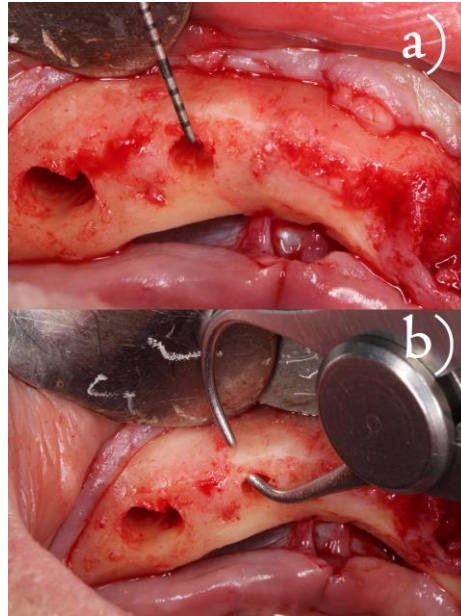


Figura 1.6. a) Cortical vestibular de 1.5-2 mm tras el fresado del lecho de un implante. b) Se regularizó la cresta alveolar para obtener una mayor anchura de la cortical vestibular periimplantaria.

La colocación del implante con cuello rugoso en una posición más profunda con respecto a la cresta ósea (colocación subcrestal) se ha descrito en estudios clínicos como un método que puede contribuir a mantener los tejidos blandos y duros periimplantarios en comparación con la colocación crestal (Pellicer-Chover y cols., 2019) (Figura 1.7). Alguna hipótesis clásica es la restauración del espesor biológico (Berglundh y Lindhe, 1996), que en el caso de una delgada mucosa periimplantaria se produciría a expensas de la resorción ósea. Ya en estudios preclínicos de 1969, Brånemark y cols.,

recomendaron la colocación del implante por debajo de la cresta ósea para prevenir la exposición del implante durante la remodelación ósea. Estudios experimentales recientes (Weng, Nagata, Leite, de Melo y Bosco, 2011; Barros, Novaes, Muglia, Iezzi y Piattelli, 2010), han observado que la osteointegración puede ocurrir incluso por encima de la plataforma del implante cuando éste se coloca 2 mm por debajo de la cresta ósea.

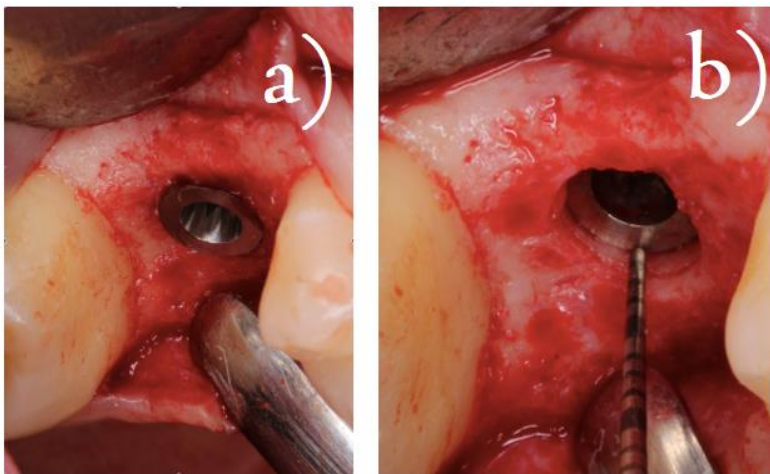


Figura 1.7 a) Colocación de implante al nivel del hueso crestal. b) Colocación del implante 1.5-2 mm subcrestal.

Por lo tanto, mientras que alrededor de los dientes una cortical vestibular delgada ( $<1$  mm) puede mantenerse estable debido al aporte vascular del periodonto (Araújo y cols., 2015), en los implantes las corticales vestibulares delgadas se reabsorberán dejando expuesta parte de la superficie rugosa del implante (Renvert y Quirynen, 2015).







## **2 | REVISIÓN SISTEMÁTICA Y METAANÁLISIS**



## 2.1 Material y método

Esta revisión sistemática se realizó siguiendo la guía “Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses” (PRISMA) (Moher y cols., 2015). La revisión se desarrolló y registró prospectivamente en la base de PROSPERO de la Universidad de York, con el número de protocolo: CRD42019120631.

### 2.1.1 Pregunta objetivo

Se plantearon 2 preguntas enfocadas *a priori* basadas en el formato participantes (P), exposición (E) y el resultado (O):

Q1: ¿Cuál es la anchura de la cortical vestibular en los dientes anteriores maxilares medida con tomografías de haz cónico?

Q2: ¿Cuál es la distancia LAC-Cresta ósea vestibular en los dientes anteriores maxilares medida con tomografías computarizadas de haz cónico?

*Población:* Pacientes con dientes anteriores maxilares (de segundo a segundo premolar).

*Exposición:* Tomografías computarizadas de haz cónico.

*Resultados:* (i) Cortical vestibular en los diferentes niveles apico-coronales, medida desde la cresta ósea vestibular (COV) o desde la LAC. (ii) La distancia desde la COV hasta la LAC.

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

Dos revisores independientes (J.R.S y D.S.P) realizaron una búsqueda electrónica y manual consultando cuatro bases de datos principales y Google Scholar hasta diciembre de 2019: Medline a través de PubMed, Web of Science, Embase, Cochrane Library y Google Scholar. La estrategia de búsqueda combinó "MESH" (PubMed), títulos indexados de temas médicos, y EMTREE (EMBASE) y otros términos de texto libre 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 que abarcaban los últimos dos años. El real servicio de sindicación (RSS) para PubMed se empleó para identificar y recuperar nuevos títulos indexados ajustados a la estrategia de búsqueda. Finalmente, se consultó la bibliografía de los estudios incluidos para recuperar títulos potencialmente elegibles, según lo sugerido por Greenhalgh y Peacock (2005). No se impusieron restricciones con respecto al idioma o la fecha de publicación. Las discrepancias de los títulos recuperados se resolvieron mediante discusión con un tercer asesor (J.V.A.).

### **2.1.3 Criterios de selección**

*Criterios de inclusión:* Estudios observacionales (cohorte retrospectivo, transversal, caso-control) y si hubiera algún estudio controlado aleatorizado, que analizaran y cuantitativamente comparan la anchura de la cortical

vestibular en dientes maxilares, utilizando la LAC o COV como referencia tomográfica anatómica.

*Criterios de exclusión:* artículos que estudiaran la anchura de la cortical vestibular con calibradores o tomografías limitadas a los dientes mandibulares o maxilares posteriores; estudios con una población de < 30 pacientes (como umbral según el teorema del límite central para muestras con una distribución normal); estudios que incluyan pacientes bajo tratamiento ortodóncico, procedimientos de injerto óseo o con enfermedades sistémicas que afecten el metabolismo óseo. También se excluyeron casos clínicos, series de casos, entrevistas, editoriales y opiniones de expertos.

#### **2.1.4 Selección de estudios**

Los títulos y resúmenes se seleccionaron por duplicado (J.R.S y D.S.P) utilizando una hoja de cálculo Excel predefinida (Excel para Mac ver. 16.16.2, Microsoft®, Redmond, WA, EE. UU.). En una segunda etapa, se revisaron los archivos de texto completo de los títulos potencialmente elegibles para su inclusión definitiva. El acuerdo de elegibilidad entre los revisores se evaluó mediante la puntuación kappa (coeficiente  $\kappa$  de Cohen) y se interpretó utilizando la escala de Landis y Koch. Los desacuerdos se resolvieron mediante discusión con un tercer asesor (J.V.A).

### **2.1.5 Objetivos del estudio y evaluación**

Los datos del estudio se extrajeron buscando comparabilidad en hojas de cálculo Excel predefinidas. Se consideraron los siguientes ítems: autor/año, país, tamaño de la muestra, diseño del estudio, calidad del estudio, edad, sexo, dientes analizados, propósito de TCHC, presencia de dehiscencia o fenestración, configuración general de TCHC, espesor de la cortical vestibular y distancia LAC-COV. Los objetivos principales de la revisión fueron:

*Objetivo principal:* Anchura de la cortical vestibular a diferentes niveles apico-coronales, medida desde la LAC o COV, expresado en mm.

*Objetivo secundario:* La distancia de la LAC a la COV, expresado en mm.

Estos objetivos se evaluaron utilizando diferentes puntos de referencia anatómicos (Figura 2.1):

Línea amelocementaria (LAC): el límite entre la corona anatómica y la superficie de la raíz, definido como la zona de unión del cemento y el esmalte en la región cervical del diente (Alpiste-illueca, 2012).

Cresta ósea vestibular (COV): el punto más coronal más del hueso alveolar vestibular en la zona media del diente (Chappuis, Bornstein, Buser y Belser, 2016)

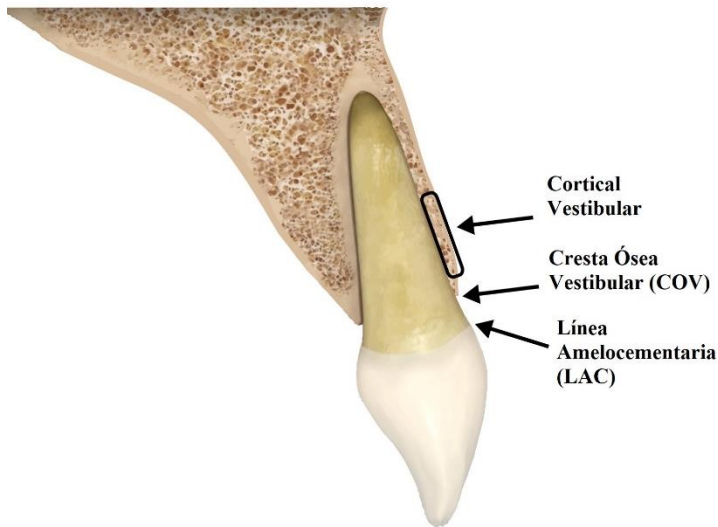


Figura 2.1 Localizaciones anatómicas en un incisivo central superior. Línea amelocementaria (LAC): límite entre el esmalte y la porción radicular del diente; cortical vestibular: porción del alveolo que se encuentra en la zona vestibular del diente; y cresta ósea vestibular (COV): porción más coronal de la cortical vestibular.

### 2.1.6 Riesgo de sesgo de los estudios individuales

La evaluación de la calidad fue realizada por duplicado por dos revisores independientes (J.R.S y D.S.P). La herramienta ROBINS-I de la Colaboración Cochrane se utilizó para estudios no aleatorios de intervenciones (NRSI) (Sterne y cols., 2016). La herramienta consta de 7 ítems relacionados con pre-intervención (sesgo de confusión y selección), intervención (sesgo de

clasificación) y etapas posteriores a la intervención (sesgo de informe). Se consideró que los estudios tenían bajo riesgo (bajo riesgo de sesgo para todos los dominios), riesgo moderado (riesgo bajo o moderado de sesgo para todos los dominios), riesgo grave (riesgo grave de sesgo en al menos un dominio, pero no un riesgo crítico de sesgo en cualquier dominio), riesgo crítico (riesgo crítico de sesgo en al menos un dominio) o falta de información (no hay una indicación clara de que el estudio esté en riesgo grave o crítico de sesgo y hay una falta de información en una o más claves dominios de sesgo).

### **2.1.7 Síntesis cuantitativa y metaanálisis**

Los datos cuantitativos se resumieron en hojas de cálculo Excel predefinidas, buscando la comparabilidad entre los estudios. Se calculó la media simple y la desviación estándar (media  $\pm$  DE) del grosor de la anchura de la cortical vestibular en los diferentes niveles apicoronales, y también se calculó la distancia desde LAC-COV en los diferentes dientes del maxilar anterior para explorar posibles interacciones con los valores de la anchura de la cortical. En relación con el objetivo principal del estudio, la estrategia fue segmentar los datos en dos grupos de acuerdo con el punto de referencia empleado para medir el grosor de la cortical: LAC o COV.

Si un estudio no pudo proporcionar suficientes datos para estimar la media y la desviación estándar de los valores de la cortical vestibular, se envió un correo electrónico al autor



correspondiente solicitando los datos sin procesar. Se realizó un metanálisis de medias individuales. Se calculó el índice  $I^2$  de heterogeneidad y la correspondiente prueba Q estadística de nulidad: los valores  $I^2$  de 25%, 50% y 75% se interpretan como indicativos de heterogeneidad baja, moderada y alta, respectivamente. La consistencia de los resultados se exploró a través de gráficos de Galbraith. El sesgo de publicación se investigó mediante detección visual en el gráfico en embudo, empleando la prueba de Egger si fuera posible (10 estudios) (Egger, Davey Smith, Schneider y Minder, 1997). Se diseñó un análisis de subgrupos para evaluar el efecto de la edad, el sexo y el fenotipo gingival.

### **2.1.8 Análisis adicionales**

En el caso de alta heterogeneidad, se realizó un análisis de metarregresión de modelo de efectos mixtos para detectar el efecto de modificadores de efectos potenciales sobre la consistencia del análisis. El impacto sobre la heterogeneidad está representado por la estadística R-cuadrado (Veroniki y cols., 2016). Se estableció un nivel de significación del 5% ( $\alpha = 0.05$ ). El paquete R 3.5.1 (Fundación R para el cómputo estadístico, Viena, Austria) se utilizó para realizar el presente metaanálisis.

Se consideran las siguientes variables: localización geográfica, propensión a sesgos de confusión y selección (preocupaciones moderadas a graves), enfermedad periodontal, tabaquismo y resolución del tamaño del vóxel.

*Enfermedad periodontal*: si los criterios de inclusión de los estudios primarios revelan explícitamente la ausencia de enfermedad periodontal o se refieren a niveles fisiológicos de pérdida ósea aceptados como periodonto sano (1.0-3.0 mm) del LAC (Chapple y cols., 2017).

*Tabaquismo*: el consumo de tabaco aumenta el riesgo de osteoporosis (Li y cols., 2020) y tiene un efecto nocivo en el estado de salud periodontal (Leite, Nascimento, Scheutz y López, 2018).

*Resolución de tamaño de vóxel*: un tamaño de vóxel de 0.3 a 0.4 mm es aceptable para la calidad del diagnóstico para la planificación del tratamiento con implantes (Fokas, Vaughn, Scarfe y Bornstein, 2018).

### **2.1.9 Certeza de la evidencia**

Se utilizó el enfoque GRADE con el software GRADEpro GDT (<https://gdt.gradepro.org/app/>) para evaluar la calidad general de las meta-evidencias, según su nivel de certeza: muy bajo, bajo, moderado o alto de acuerdo con el manual GRADE (<https://gdt.gradepro.org/app/handbook/handbook.html>). Los siguientes elementos se incorporan en las tablas de resumen de hallazgos: riesgo de sesgo, inconsistencia, indirecta, imprecisión y otras razones. Este enfoque se basa en la escala métrica proporcionada por la herramienta I-ROBINS para el riesgo de sesgo. Debido a que los estudios incluidos son observacionales,

comienzan la evaluación con una certeza de reducción de dos niveles.

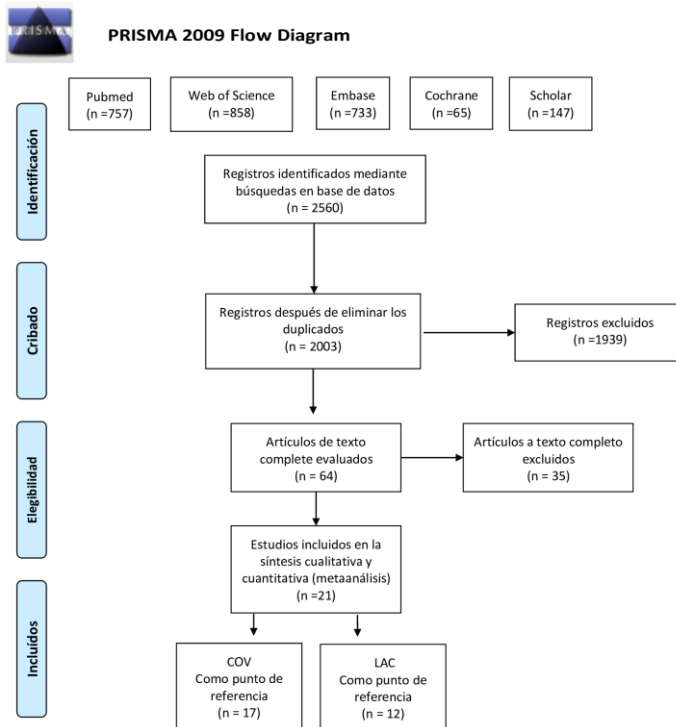
Para evaluar la evidencia por imprecisión, en una primera instancia, se inspecciona el IC del 95% para asegurarse de que no incluye/cruza el valor cero (efecto nulo). Si el intervalo de confianza tiende hacia un lado (positivo o negativo), se establece un error de medición máximo de aproximadamente  $\pm 0.20$  mm como umbral para la precisión de la medición (como se muestra en tablas resumen de resultados). Las desviaciones estándar metaanalíticas que superan en una décima el punto de error se consideran imprecisas.

## 2.2 Resultados

### 2.2.1 Selección de estudios

Se encontraron un total de 2.560 artículos potencialmente relevantes a través de las búsquedas sensibles (Figura 2.1). Después de la eliminación de 557 duplicados, se consideró que un total de 2.003 títulos y resúmenes eran potencialmente elegibles. Dos revisores (J.R.S y D.S.P) fueron calibrados en la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión. En una segunda fase, se obtuvieron y evaluaron 64 artículos leyendo el texto completo. Para la revisión sistemática, 29 artículos cumplieron los criterios de inclusión. Los revisores mostraron un

acuerdo casi perfecto ( $k = 0.83$ ). La discusión con un tercer asesor (J.V.A) resolvió las discrepancias entre los dos revisores.



From: Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. PLoS Med 6(7): e1000097. doi:10.1371/journal.pmed1000097

For more information, visit [www.prisma-statement.org](http://www.prisma-statement.org).

Figura 2.2 Diagrama de flujo de la revisión sistemática. Se encontraron 2560 artículos de las 5 bases de datos incluidas: Pubmed, Web of Science, Embase, Cochrane y Google Scholar. Tras la eliminación de duplicados y evaluación del título y resumen se revisaron 64 artículos a texto completo. 29 artículos se incluyeron para la revisión sistemática y metaanálisis, 17 con referencia de la COV y 12 con referencia de la LAC.

## **2.2.2 Características de los estudios**

Los 29 estudios incluidos se publicaron entre 2010 y 2019, y la mayoría se publicaron en los últimos 5 años (Tabla 2.1). Tres estudios incluidos fueron estudios de cohorte retrospectivos, dos estudios de casos y controles y 24 tenían un diseño transversal. Todos ellos midieron el grosor de la cortical vestibular con TCHC realizado previamente con fines de diagnóstico. La mayoría de los estudios fueron de moderados a altos en términos de tamaño de la muestra (mediana de 120 pacientes por estudio) y 19 analizaron más de 300 dientes. Los 29 estudios incluidos comprendieron 3.556 pacientes y midieron 17.321 dientes, incluidos incisivos centrales superiores (IC), incisivos laterales (IL), caninos (C), primeros premolares (1PM) y segundos premolares (2PM). Según el entorno geográfico de la muestra del estudio, se realizaron 15 estudios en poblaciones de Asia, 5 de América, seis de Europa y tres de África. Diecisiete estudios analizaron el grosor de la cortical vestibular considerando la COV como el punto de referencia anatómico, mientras que 12 estudios utilizaron el LAC. Quince estudios analizaron la distancia LAC-COV, diez evaluaron la prevalencia de anchura de la cortical  $< 1$  mm y solo 7 analizaron la presencia de dehiscencias o fenestraciones.

Tabla 2.1 Descripción de los artículos incluidos en la revisión sistemática y metaanálisis de la cortical vestibular.

| Autor/año      | Revista                                      | Diseño del estudio    | Tamaño muestral (género)     | Edad media (rango) | Ajuste de TCHC                                                | Localización de las mediciones               | Dientes incluidos    | Anchura de la cortical vestibular                                                                                                                                                                                                  |
|----------------|----------------------------------------------|-----------------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Amid/2017      | <i>Arch. Oral Biol</i>                       | Transversal           | 144 (60 hombres, 84 mujeres) | 44.62 (NR)         | Soredex: FOV (12 x 8) y 200 mm tamaño de vóxel                | 2, 4 y 6 mm del LAC                          | 621 (IC, IL, C)      | IC: 2 mm (0.43±0.46), 4 mm (0.85±0.32), 6 mm (0.82±0.3)<br>IL: 2 mm (0.38±0.43), 4 mm (0.9±1.7), 6 mm (0.89±0.38)<br>C: 2 mm (0.46±0.57), 4 mm (0.92±0.45), 6 mm (0.59±0.43)                                                       |
| Braut/2011     | <i>Int. J. Periodontics Restorative Dent</i> | Cohorte retrospectivo | 125 (60 hombres, 65 mujeres) | 47.3 (17-84)       | 3D Accutomo; FOV (4X4 o 6x6 o 8x8). Monitor Eizo Numao        | 4 mm del LAC (P1) y en mitad de la raíz (P2) | 498 (IC, IL, C, IPM) | IC: P1 (0.47±0.5), P2 (0.59±0.57)<br>IL: P1 (0.54±0.56), P2 (0.55±0.51)<br>C: P1 (0.45±0.52), P2 (0.57±0.52)<br>IPM: P1 (0.73±0.47), P2 (0.65±0.49)                                                                                |
| Cook/2011      | <i>Int. J. Periodontics Restorative Dent</i> | Caso-control          | 60 (NR)                      | NR                 | Accutomo: FOV; 2.5; cortes de 1 mm                            | 4, 6, 8 y 10 mm del LAC                      | 360 (IC, IL, C)      | IC: 4 mm (0.59±0.11), 6 mm (0.66±0.12), 8 mm (0.77±0.14), 10 mm (0.9±0.23)<br>IL: 4 mm (0.58±0.14), 6mm (0.64±0.13), 8mm (0.74±0.15), 10mm (0.87±0.26)<br>C: 4mm (0.47±0.14), 6mm (0.54±0.12), 8 mm (0.63±0.14), 10 mm (0.73±0.22) |
| Demircan/2015  | <i>Implant Dent</i>                          | Transversal           | 66 (37 hombres, 28 mujeres)  | 38.7 (18-84)       | Galileos: FOV 15 x 12 cm, cortes de 1 mm, tamaño vóxel 70 mSv | 1, 2 y 5 del LAC                             | 240 (IC, IL)         | IC: 1 mm (0.72±0.17), 2 mm (0.85±0.19), 5 mm (0.75±0.17)<br>IL: 1 mm (0.76±0.22), 2 mm (0.83±0.24), 5 mm (0.7±0.22)                                                                                                                |
| D'Silva/2019   | <i>J. Periodontol</i>                        | Transversal           | 73 (42 mujeres, 31 hombres)  | 58 ± 14.7 (22-84)  | i-CAT: cortes de 1 mm                                         | 4 mm del LAC (P1) y en mitad de la raíz (P2) | 334 (IC, IL, C)      | IC: P1 (0.89±0.42), P2 (0.86±0.37)<br>IL: P1 (0.96±0.5), P2 (0.88±0.64)<br>C: P1 (0.9±0.61), P2 (0.65±0.5)                                                                                                                         |
| El Nahass/2015 | <i>Clin. Oral Implants Res</i>               | Transversal           | 73 (42 mujeres, 31 hombres)  | 42.3 (24-56)       | Cramex 3D: FOV 61 x 41, cortes de 1 mm                        | 1, 2 y 4 mm del COV                          | 146 (IC, IL)         | IC: 1 mm (0.72±0.19), 2 mm (0.78±0.18), 4 mm (0.81±0.1)                                                                                                                                                                            |
| Farahmand/2017 | <i>Int. J. Periodontics Restorative Dent</i> | Transversal           | 132 (67 hombres, 65 mujeres) | NR (18-80)         | cortes de 1 mm                                                | 2, 5 y 8 mm del COV                          | 792 (IC, IL, C)      | IC: 1 mm (0.73±0.19), 2 mm: (0.84±0.23), 4 mm (0.84±0.25)<br>IL: 2 mm (0.75±0.62), 5 mm (0.69±0.64), 8 mm (0.47±0.53)<br>C: 2 mm (0.79±0.69), 5 mm (0.71±0.64), 8 mm (0.52±0.57)                                                   |

Tabla 2.1 (continuación).

| Autor/año       | Revista                                  | Diseño del estudio | Tamaño muestral (género)       | Edad media (rango) | Ajuste de TCHC                                                                               | Localización de las mediciones                                     | Dientes incluidos | Anchura de la cortical vestibular                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------|------------------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gakonyo/2018    | <i>Int. J. Oral Maxillofac. Implants</i> | Transversal        | 184 (85 hombres, 99 mujeres)   | 39,28 (18-81)      | Galileos: FOV 15, tamaño de vóxel 0,3, 85 Kv y 7 mA                                          | 4 mm del LAC (P1) y en mitad de la raíz (P2)                       | 1104 (IC, IL, C)  | IC: P1 (0.58±0.38), P2 (0.68±0.3)<br>IL: P1 (0.56±0.4), P2 (0.59±0.36)<br>C: P1 (0.5±0.46), P2 (0.52±0.41)                                                                                                                                                                             |
| Ganjij/2017     | <i>J Esthet Restor Dent</i>              | Transversal        | 32 (NR)                        | 20-35              | CranexTM 3DX: FOV 100x995 mm, tamaño vóxel 0.2, 96 Kv, 11 mA                                 | 3 mm del LAC                                                       | 128 (1PM, 2PM)    | IPM: (1.17±0.34)<br>2PM: (1.34±0.6)                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Ghassseman/2012 | J. Periodontol                           | Transversal        | 66 (31 hombres, 36 mujeres)    | 39.9 (17-69)       | Lightspeed: cortes de 1 mm, FOV: 25, 120 KV, 100 mA                                          | 1, 2, 3, 4 y 5 mm apical del COV                                   | 396 (IC, IL, C)   | IC: 1mm (1.13±0.36), 2mm (1.41±0.41), 3 mm (1.43±0.44), 4 mm (1.37±0.45), 5 mm (1.22±0.53)<br>IL: 1mm (1.21±0.34), 2mm (1.56±0.46), 3 mm (1.66±1.53), 4 mm (1.57±0.61), 5 mm (1.32±0.57)<br>C: 1 mm (1.13±0.37), 2 mm (1.42±0.4), 3 mm (1.53±0.47), 4 mm (1.43±0.52), 5 mm (1.31±0.57) |
| Gluckman/2018   | <i>J Prosthodont Dent</i>                | Transversal        | 150 (67 males, 83 females)     | 49.4 (18-89)       | Carestream 9300 3D: FOV: 5x5, 8x8, 10x5, 10x10, 17x6, 17x11, 17x13.5                         | 1 mm del COV, en el ápice y en mitad entre 1 mm del COV y el ápice | 591 (IC, IL, C)   | IC: P1 (0.6±0.3), P2 (0.5±0.3), P3 (1.2±0.8)<br>IL: P1 (0.7±0.3), P2 (0.5±0.4), P3 (1.5±1.2)<br>C: P1 (0.6±0.3), P2 (0.5±0.3), P3 (1.4±1)                                                                                                                                              |
| Januário/2011   | <i>Clin. Oral Implants Res</i>           | Transversal        | 250 (118 hombres, 132 mujeres) | 37.9 (17-66)       | i-CAT: FOV: 6 x 17, tamaño vóxel 0.2, exposición 40 segundos                                 | 1, 3 y 5 del COV                                                   | 1500 (IC, IL, C)  | IC: 1 mm (0.6±0.3), 3 mm (0.6±0.4), 5 mm (0.5±0.3)<br>IL: 1mm (0.7±0.3), 3 mm (0.7±0.4), 5 mm (0.5±0.4)<br>C: 1 mm (0.6±0.3), 3 mm (0.6±0.4), 5 mm (0.6±0.4)                                                                                                                           |
| Jung/2017       | <i>Imaging Sci Dent</i>                  | Transversal        | 199 (100 hombres, 99 mujeres)  | 28.3 (20-50)       | PaX-Zenith 3D: FOV: 16x14or 12x9 tamaño de vóxel 0.2, 5.7 mA, 110 KV, exposición 24 segundos | Pico óseo, 2, 4 y 6 mm de la COV y en el ápice                     | 796 (IC, IL)      | IC: pico óseo (0.79±0.16), 2mm (0.91±0.24), 4 mm (0.86±0.27), 6 mm (0.87±0.35), ápice (1.18±0.53)                                                                                                                                                                                      |

54 Tabla 2.1 (continuación).

| Autor/año         | Revista                | Diseño del estudio    | Tamaño muestral (género)    | Edad media (rango) | Ajuste de TC/HC                                                             | Localización de las mediciones                       | Dientes incluidos         | Anchura de la cortical vestibular                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Khour/2015        | <i>Implant Dent</i>    | Cohorte retrospectivo | 150 (NR)                    | NR                 | i-CAT: 120 Kv, 18.66 mA, voxel 0.25                                         | 3 mm apical a la LAC, mitad de la raíz y en el ápice | 300 (IC)                  | IC: P1 (0.92±0.38), P2 (0.89±0.52), P3 (1.57±0.88)<br><br>IC: 4 mm (1.07±0.38), 6 mm (1.01±0.35), 8 mm (0.93±0.32), 10 mm (0.95±0.41)<br><br>IL: 4 mm (1.1±0.56), 6 mm (0.93±0.65), 8 mm (0.66±0.64), 10 mm (0.57±0.61)<br><br>C: 4 mm (0.94±0.55), 6 mm (0.81±0.6), 8 mm (0.63±0.56), 10 mm (0.47±0.46)                                                                                                                                                                                                        |
| Khoury/2016       | <i>Implant Dent</i>    | Transversal           | 47 (16 hombres, 31 mujeres) | 34 (21-48)         | NewTom: cortes de 1 mm                                                      | 4, 6, 8 y 10 mm de la LAC                            | 282 (IC, IL, C)           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Koc/2019          | <i>Cambiar Dent J</i>  | Transversal           | 62 (29 hombres, 33 mujeres) | 19-60              | KaVo 3D eXam                                                                | Pico óseo, 1 y 2 mm apical de la COV                 | 186 (IC, IL, C)           | IC: pico óseo (0.69±0.16), 1 mm (0.74±0.18), 2 mm (0.76±0.21)<br>IL: pico óseo (0.74±0.19), 1 mm (0.81±0.23), 2 mm (0.85±0.29)<br>C: pico óseo (0.97±0.26), 1 mm (1.04±0.3), 2 mm (1.06±0.35)<br><br>IC: 1 mm (1.07±0.49), 4 mm (1.02±0.49), ápice (1.6±0.95)<br>IL: 1 mm (0.99±0.44), 4 mm (1.02±0.49), ápice (1.6±0.95)<br>C: 1 mm (1.04±0.39), 4 mm (1.27±1.95), ápice (1.26±0.68)<br>IPM: 1 mm (1.2±0.67), 4 mm (1.43±0.95), ápice (2.19±1.68)<br>2PM: 1 mm (1.2±0.67), 4 mm (1.43±0.95), ápice (2.19±1.68) |
| López-Jarana/2018 | <i>BMC Oral Health</i> | Transversal           | 49 (19 hombres, 30 mujeres) | 40.3               | Planmeca ProMax 3D: FOV 200 mm, voxel 200 mSV, 90 KV, 10 mA, cortes de 1 mm | 1 y 4 mm apical a la COV y en el ápice               | 208 (IC, IL, C, 1PM, 2PM) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Morad/2014        | <i>Craniofac. Surg</i> | Transversal           | 152 (NR)                    | 44.4 (16-79)       | NewTom: 110KV, 10-20 Ma, exposición 3.6 segundos                            | 1.2, 3, 4, 5 mm apical a la COV                      | 276 (IC, IL, C)           | IC: 1 mm (1.04±0.17), 2 mm (1.14±0.2), 3 mm (1.13±0.22), 4 mm (1.07±0.23), 5 mm (1.02±0.25)<br>IL: 1 mm (1.1±0.17), 2 mm (1.26±0.19), 3 mm (1.24±0.24), 4 mm (1.08±0.25), 5 mm (0.91±0.25)<br>C: 1 mm (1.04±0.22), 2 mm (1.14±0.24), 3 mm (1.1±0.22), 4 mm (1.01±0.19), 5 mm (0.9±0.2)                                                                                                                                                                                                                          |



Tabla 2.1 (continuación).

| Auto/año          | Revista                                  | Diseño        | Tamaño muestral (género)       | Edad media (rango)    | Ajuste de TCHC                                                                                       | Localización de las mediciones                   | Dientes incluidos          | Anchura de la cortical vestibular                                                                                                                                                                                         |
|-------------------|------------------------------------------|---------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nowzari/2010      | <i>Clin Implant Dent Relat Res</i>       | Retrospectivo | 101 (53 hombres, 48 mujeres)   | 48.5 (15-62)          | NewTom 3G: 110Kv, 1-1.2, 3, 4.5, 6.7, 8.9, 10 15 mA, 60Sv, 12FOV; Galileos: 85Kv, 5-7mA, 15FOV, 68Sv | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 mm apical a la COV | 202 (IC)                   | IC: 1 mm (1.0±0.3); 2 mm (1.15±0.35), 3 mm (1.2±0.4); 4 mm (1.1±0.4); 5 mm (1.1±0.4); 6 mm (1.05±0.45); 7 mm (1.15±0.55); 8 mm (1.05±0.7); 9 mm (1.1±0.8); 10 mm (1.25±1.05)                                              |
| Rojo-Sanchis/2017 | <i>J. Oral Implantol</i>                 | Transversal   | 44 (25 hombres, 19 mujeres)    | 42.7 (18-60)          | Phameca Promax 3D: vóxel 150 mSv, 90 Kv, 10 mA, FOV (4x4)                                            | 1, 2, 3 y 5 mm de la COV                         | 144 (IPM, 2PM)             | IPM: 1mm (1.41±0.5), 2mm (1.68±0.72), 3mm (1.71±0.89), 5mm (1.44±1.23)±1.06)<br>2PM: 1mm (1.72±0.56), 2mm (2.23±0.66), 3mm (2.43±0.82), 5mm                                                                               |
| Sheerah/2019      | <i>Saudi Dent J</i>                      | Transversal   | 490 (109 hombres, 77 mujeres)  | 34.65 ± 11.57 (18-65) | NR                                                                                                   | Pico óseo, mitad de la raíz y ápice              | 116 (IC, IL, C)            | IC: pico óseo (1.21±0.35), mitad raíz (0.96±0.35), ápice (1.51±0.53)<br>IL: pico óseo (0.93±0.47), mitad raíz (0.92±0.39), ápice (1.58±0.62)<br>C: pico óseo (0.88±0.33), mitad raíz (0.84±0.31), ápice (1.38±0.52)       |
| Temple/2016       | <i>Clin. Oral Implants Res</i>           | Transversal   | 265 (119 hombres, 146 mujeres) | 55.9 ± 13.7 (20-85)   | Accutomo: FOV: 4, 6, 8; cortes de 0.1 mm                                                             | 1, 3, 5 mm FBC                                   | 172 (IPM, 2PM)             | IPM: 1 mm (0.88), 3 mm (0.71), 5 mm (0.61)<br>2PM: 1 mm (1.32), 3 mm (1.23), 5 mm (1)                                                                                                                                     |
| Uner/2019         | <i>Niger J Clin Pract</i>                | Transversal   | 160 (80 hombres, 80 mujeres)   | 36.86 ± 7.78 (21-53)  | I-CAT: vóxel 0.3, 120 kv, 5 mA, 8-9 segundos de exposición                                           | 3, 6 y 9 mm apical a LAC                         | 320 (IC)                   | IC: 3 mm (1.15±0.34), 6 mm (1.11±0.44), 9 mm (1.06±0.51)                                                                                                                                                                  |
| Wang/2014         | <i>Int. J. Oral Maxillofac. Implants</i> | Transversal   | 300 (133 hombres, 167 mujeres) | 36.9 (18-60)          | NewTom 3G, NNT software, cortes de 0.3mm                                                             | 4 mm apical a LAC y mitad de la raíz             | 1500 (IC, L, C, IPM, 2PIM) | IC: 4 mm (0.8±0.4), mitad raíz (0.8±0.3)<br>IL: 4 mm (0.7±0.4), mitad raíz (0.7±0.3)<br>C: 4 mm (0.7±0.5), mitad raíz (0.7±0.4)<br>1PM: 4 mm (1.2±0.6), mitad raíz (1.2±0.6)<br>2PM: 4 mm (1.7±0.7), mitad raíz (1.8±0.8) |
| Yuani/2019        | <i>West China J Stomatol</i>             | Transversal   | 40 (16 hombres and 24 mujeres) | 26.30 ± 2.29 (23-34)  | NewTom: cortes de 1 mm                                                                               | 1, 3 y 5 mm apical a la COV                      | 120 (IC, IL, C)            | IC: 1 mm (0.89 ± 0.3), 3 mm (0.81 ± 0.3), 5 mm (0.67 ± 0.28)<br>IL: 1 mm (0.80 ± 0.33), 3 mm (0.85 ± 0.46), 5 mm (0.43 ± 0.34)<br>C: 1 mm (0.96 ± 0.34), 3 mm (0.96 ± 0.44), 5 mm (0.77 ± 0.37)                           |

56 Tabla 2.1 (continuación).

| Auto/año   | Revista                        | Diseño       | Tamaño muestral (género)       | Edad media (rango)  | Ajuste de TCHC                                         | Localización de las mediciones  | Dientes incluidos          | Anchura de la cortical vestibular                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------|--------------------------------|--------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zekry/2014 | <i>Clin. Oral Implants Res</i> | Transversal  | 200 (74 hombres, 126 mujeres)  | 37,2 (17-82)        | i-CAT; voxel 0,4; FOV (15 x 12); 120 Kv; 18-48mA       | 1,3 y 5 mm apical a la COV      | 1303 (IC, IL, C, 1PM, 2PM) | <p><b>IC:</b> 1mm (0,9±0,28), 3 mm (0,89±0,3), 5 mm (0,81±0,3)</p> <p><b>IL:</b> 1mm (0,94±0,34), 3 mm (0,88±0,36), 5mm (0,68±0,29)</p> <p><b>C:</b> 1mm (1,09±0,34), 3 mm (1,08±0,47), 5mm (0,84±0,39);</p> <p><b>IPM:</b> 1 mm (1,23±0,4), 3mm (1,26±0,51), 5mm (1,16±0,49)</p> <p><b>2PM:</b> 1mm (1,63±0,62), 3mm (2,01±0,83), 5mm (1,99±0,92)</p> |
| Zhang/2016 | <i>Implant Dent</i>            | Caso-Control | 239 (120 hombres, 119 mujeres) | 45 ± 10,8           | CB MercurRay, 15 mA, 120kV, FOV 4, voxel0,38           | Pico óseo, mitad raíz           | 956 (IC, IL)               | <p><b>IC:</b> pico óseo (1,21 ± 0,41), mitad raíz (1,34 ± 0,44)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Zhang/2015 | <i>Implant Dent</i>            | Transversal  | 105 (69 hombres, 46 mujeres)   | 32,5 (20-48)        | ProMax 3D Max: 82 kV, 8 mA, y 12 segundos              | Pico óseo, mitad raíz y ápice   | 630 (IC, IL, C)            | <p><b>IC:</b> pico óseo (0,86±0,23), mitad raíz (0,79±0,25), ápice (0,95±0,39)</p> <p><b>IL:</b> pico óseo (0,9±0,29), mitad raíz (0,61±0,25), ápice (0,76±0,38)</p> <p><b>C:</b> pico óseo (0,98±0,31), mitad raíz (0,65±0,35), ápice (0,67±0,42)</p>                                                                                                 |
| Zhou/2014  | <i>J Biomed Res</i>            | Transversal  | 80 (33 hombres, 47 mujeres)    | 23,08 ± 6,3 (18-42) | New Torn VG: 110 kV, 5 mA, cortes 0,25 mm, 36 segundos | 3 mm del LAC, mitad raíz, ápice | 480 (IC, IL, C)            | <p><b>IC:</b> 3 mm (0,98±0,32), mitad raíz (0,96±0,24), ápice (2,04±0,98)</p> <p><b>IL:</b> 3 mm (0,87±0,36), mitad raíz (0,59±0,3), ápice (2,07±1,04)</p> <p><b>C:</b> 3 mm (1,26±0,62), mitad raíz (0,74±0,27), ápice (1,65±0,66)</p>                                                                                                                |

### 2.2.3 Riesgo de sesgo de los estudios individuales

La evaluación del riesgo de sesgo de los estudios incluidos con la herramienta ROBINS mostró que solo cuatro estudios tenían un alto riesgo de sesgo (10.34%), mientras que la mayoría de los estudios (n = 25; 89.65%) presentaron riesgo moderado de sesgo (Figura 2.2). Los dominios más problemáticos se referían a factores de confusión (graves en el 6.89% de los estudios) y en la selección de participantes en el estudio (graves en el 10.34% de los estudios). Se informó un bajo riesgo de sesgo para la clasificación de las intervenciones, debido a las desviaciones de las intervenciones previstas, los datos faltantes, las mediciones de los resultados y la selección de los resultados informados en la mayoría de los estudios. No se encontró ningún estudio con bajo riesgo de sesgo.

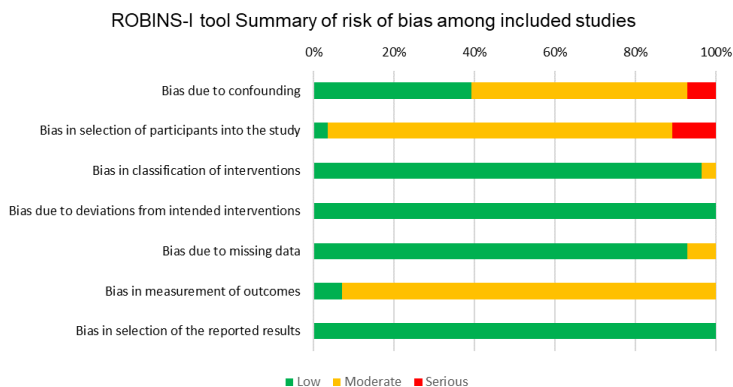
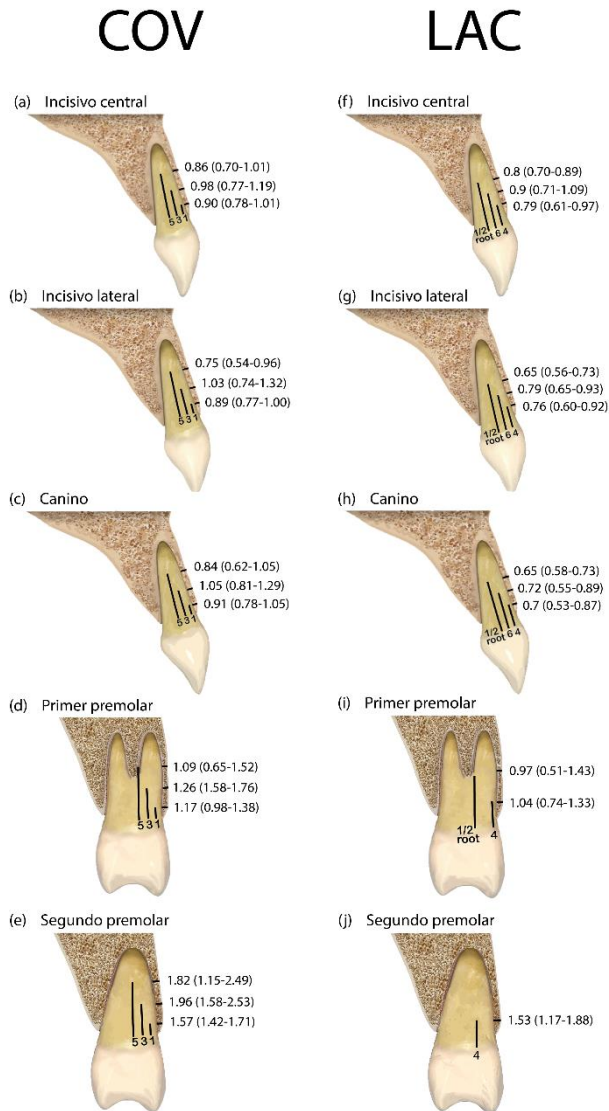


Figura 2.2 Análisis de sesgo con la herramienta I-ROBINS. Vemos que el sesgo fue en su mayoría moderado en los confusores, selección de participantes en el estudio y en los resultados de medición. No encontramos ningún artículo con bajo riesgo de sesgo en todos los dominios.

#### **2.2.4 Síntesis cuantitativa de los resultados.**

El grosor de la cortical vestibular fue el resultado principal de la presente revisión. Sin embargo, los diferentes puntos de referencia anatómicos entre los estudios fueron la principal limitación para establecer comparaciones. Los datos de los estudios en los que la COV fue el punto de referencia considerado para la medición se analizaron independientemente de los estudios que consideraron la LAC como punto de referencia anatómico (Figura 2.3). Para evaluar la influencia de la edad en el grosor de la cortical vestibular, cada estudio incluido dividió su muestra en diferentes grupos de edad, aunque la mayoría de los artículos tenían grupos de más de 50 años, por lo que se utilizó esta edad para compararlos.

Figura 2.3 Media e intervalo de confianza al 95% de la anchura de la cortical vestibular en los estudios que tomaron como referencia la cresta ósea vestibular (COV) (a-e) y la línea amelocementaria (LAC) (f-i). Obsérvese que la anchura en todos los dientes anteriores (IC, IL, C) fue  $\leq 1$  mm independientemente del punto de referencia anatómico o el punto de medición. En cambio en los premolares maxilares la anchura fue entre 1-2 mm.



*2.2.4.1 Grosor de la cortical vestibular usando la Cresta ósea vestibular (COV) como punto de referencia*

Diecisiete estudios (9.264 dientes) utilizaron la COV como punto de referencia. Las medidas en las que la mayoría de los artículos estuvieron de acuerdo fueron a 1, 3 y 5 mm de la COV. La cortical vestibular fue más ancha cuando el diente analizado estaba ubicado en un área más posterior. La anchura media en los dientes anteriores (IC, IL y C) fue  $\leq 1$  mm (0.75-1.05). En cambio en los premolares maxilares (1PM y 2PM) la anchura media de la cortical vestibular fue  $>1$  mm en todas las mediciones (1.09-1.96). En todos los dientes analizados, una mayor anchura media de la cortical vestibular se observó a 3 mm comparado con las mediciones a 1 y 5 mm la COV (Tabla 2.2).

El análisis por grupos de edad mostró que a 5 mm de la COV, se observaron diferencias estadísticamente significativas de cortical vestibular más delgada en grupos de  $>50$  años en IC ( $p = 0.049$ ) y C ( $p = 0.049$ ). Con respecto al sexo, se encontró una mayor anchura de la cortical en los hombres a 1 mm de la COV en el IL ( $p=0.038$ ) y C ( $p=0.004$ ), y también a 5 mm de la COV en IC ( $p=0.034$ ). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas referidas a los otros dientes y sitios de medición con respecto a la edad y el sexo (Tabla 2.3).

Tabla 2.2 Anchura de la cortical vestibular a los diferentes puntos apical a la COV. Obsérvese mayor anchura media a 3 mm que a 1 y a 5 de la COV, también podemos apreciar que la anchura fue mayor en los sectores posteriores (1PM, 2PM).

| Anchura de la cortical vestibular desde la COV |                       |                      |       |                |           |                |              |                 |                                 |
|------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|-------|----------------|-----------|----------------|--------------|-----------------|---------------------------------|
| Diente                                         | N (número de dientes) | Puntos de referencia | Media | Error estándar | IC 95%    | I <sup>2</sup> | QH (p-valor) | Egger (p-valor) | Certeza de la evidencia (GRADE) |
|                                                | 14 (3038)             | 1mm                  | 0.90  | 0.06           | 0.78-1.01 | 99.30%         | <0.001***    | 0.332           | ⊕⊕○○<br>BAJO                    |
| IC                                             | 7 (1369)              | 3mm                  | 0.98  | 0.11           | 0.77-1.19 | 99.30%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕⊕○<br>MODERADO                |
|                                                | 8 (1654)              | 5mm                  | 0.86  | 0.08           | 0.70-1.01 | 98.80%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕⊕○<br>MODERADO                |
| IL                                             | 13 (2721)             | 1mm                  | 0.89  | 0.06           | 0.77-1.00 | 98.90%         | <0.001***    | 0.494           | ⊕⊕⊕○<br>MODERADO                |
|                                                | 6 (957)               | 3mm                  | 1.03  | 0.15           | 0.74-1.32 | 99.30%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕⊕○<br>MODERADO                |
|                                                | 7 (1266)              | 5mm                  | 0.75  | 0.11           | 0.54-0.96 | 99.10%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕⊕○<br>MODERADO                |
| C                                              | 9 (1652)              | 1mm                  | 0.91  | 0.07           | 0.78-1.05 | 98.70%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕⊕○<br>MODERADO                |
|                                                | 6 (1006)              | 3mm                  | 1.05  | 0.12           | 0.81-1.29 | 98.80%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕⊕○<br>MODERADO                |
|                                                | 6 (1150)              | 5mm                  | 0.84  | 0.11           | 0.62-1.05 | 98.80%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕⊕○<br>MODERADO                |
| 1PM                                            | 4 (491)               | 1mm                  | 1.17  | 0.1            | 0.98-1.38 | 95.30%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕⊕○<br>MODERADO                |
|                                                | 3 (461)               | 3mm                  | 1.26  | 0.26           | 0.76-1.76 | 98.80%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕○○<br>BAJO                    |
|                                                | 3 (432)               | 5mm                  | 1.09  | 0.22           | 0.65-1.52 | 98.50%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕○○<br>BAJO                    |
| 2PM                                            | 4 (534)               | 1mm                  | 1.57  | 0.07           | 1.42-1.71 | 83.80%         | 0.002**      | -               | ⊕⊕⊕○<br>MODERADO                |
|                                                | 3 (508)               | 3mm                  | 1.96  | 0.29           | 1.38-2.53 | 98.30%         | 0.004**      | -               | ⊕⊕○○<br>BAJO                    |
|                                                | 3 (508)               | 5mm                  | 1.82  | 0.34           | 1.15-2.49 | 98.60%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕○○<br>BAJO                    |

N, número de estudios; I<sup>2</sup>, I-cuadrado; IC, intervalo de confianza; QH, Q de Cochran

\*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001

Tabla 2.3 Influencia de la edad y el sexo en la anchura de la cortical vestibular en las diferentes mediciones con referencia de la COV. La edad fue estadísticamente significativa a 5 mm en IC y C; mientras que el sexo fue significativo a 1 mm en IL y C, y a 5 mm en IC.

| Anchura de la cortical vestibular desde la COV |                     |            |                       |       |      |             |                |              |                |
|------------------------------------------------|---------------------|------------|-----------------------|-------|------|-------------|----------------|--------------|----------------|
| Diente                                         | Punto de referencia | Covariable | N (número de dientes) | DMP   | ES   | 95% IC      | I <sup>2</sup> | QH (p-valor) | z (p-valor)    |
| IC                                             | 1mm                 | Edad       | 5 (1544)              | -0.04 | 0.04 | -0.11 0.04  | 82.70%         | <0.001***    | 0.354          |
|                                                |                     | Sexo       | 7 (1432)              | 0     | 0.05 | -0.09 0.09  | 90.80%         | <0.001***    | 0.353          |
|                                                | 3mm                 | Edad       | 3 (933)               | -0.05 | 0.05 | -0.14 0.04  | 69.30%         | 0.038        | 0.879          |
|                                                |                     | Sexo       | 3 (565)               | 0     | 0.04 | -0.07 0.07  | 43.40%         | 0.171        | 0.308          |
|                                                | 5mm                 | Edad       | 4 (1020)              | -0.07 | 0.04 | -0.14 -0.00 | 70.20%         | 0.018        | 0.992          |
|                                                |                     | Sexo       | 5 (916)               | -0.04 | 0.02 | -0.08 -0.00 | 0.0%           | 0.747        | <b>0.049*</b>  |
| IL                                             | 1mm                 | Edad       | 5 (1435)              | -0.05 | 0.05 | -0.14 0.05  | 82.20%         | <0.001***    | <b>0.034*</b>  |
|                                                |                     | Sexo       | 7 (1315)              | -0.06 | 0.03 | -0.13 0.01  | 71.10%         | 0.002**      | 0.329          |
|                                                | 3mm                 | Edad       | 3 (807)               | -0.06 | 0.06 | -0.19 0.06  | 68.80%         | 0.04         | <b>0.038*</b>  |
|                                                |                     | Sexo       | 3 (439)               | 0     | 0.05 | -0.09 0.09  | 45.90%         | 0.158        | 0.321          |
|                                                | 5mm                 | Edad       | 4 (830)               | -0.06 | 0.05 | -0.16 0.04  | 76.40%         | 0.005**      | 0.941          |
|                                                |                     | Sexo       | 5 (726)               | 0.01  | 0.03 | -0.04 0.06  | 0.00%          | 0.846        | 0.239          |
| C                                              | 1mm                 | Edad       | 3 (780)               | 0.01  | 0.04 | -0.06 0.08  | 0.00%          | 0.917        | 0.64           |
|                                                |                     | Sexo       | 4 (645)               | -0.08 | 0.03 | -0.14 0.03  | 23.90%         | 0.268        | 0.735          |
|                                                | 3mm                 | Edad       | 3 (772)               | -0.02 | 0.04 | -0.09 0.05  | 0.00%          | 0.712        | <b>0.004**</b> |
|                                                |                     | Sexo       | 3 (404)               | -0.07 | 0.04 | -0.14 0.01  | 0.00%          | 0.6          | 0.627          |
|                                                | 5mm                 | Edad       | 3 (714)               | -0.06 | 0.03 | -0.11 -0    | 0.00%          | 0.563        | 0.077          |
|                                                |                     | Sexo       | 4 (610)               | -0.02 | 0.07 | -0.16 0.12  | 75.80%         | 0.006**      | <b>0.049*</b>  |

N, número de estudios; DMP, diferencia de medias ponderadas; ES, error estándar; IC, intervalo de confianza; I<sup>2</sup>, I-cuadrado; QH, Q de Cochran  
 \*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001



La localización geográfica en un análisis de meta-regresión mostró un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) en todas las mediciones a 5 mm de la COV en relación con IC, LI y C (Tabla 2.4). En los IC, los estudios de poblaciones asiáticas mostraron una anchura de la cortical vestibular significativamente más delgada en comparación con los de Europa ( $R^2 = 40.1\%$ ). En los IL, los estudios de Europa mostraron una anchura de la cortical vestibular significativamente más ancha que los de Asia a 1 ( $R^2 = 29.3\%$ ), 3 ( $R^2 = 77.1\%$ ) y 5 mm ( $R^2 = 61.7\%$ ) de la COV; también los estudios de África mostraron significativamente menor anchura de la cortical que los de Europa a 1 mm de la COV. En los C, la población asiática mostró mayor anchura de la cortical vestibular que la población africana y americana a 1 ( $R^2 = 63.7\%$ ) y 3 ( $R^2 = 87.1\%$ ) mm de la COV; también a 5 mm de la COV los estudios europeos mostraron significativamente mayor anchura de la cortical vestibular que los asiáticos ( $R^2 = 58.71\%$ ).

Tabla 2.4 Metarregresión de la localización geográfica en la anchura de la cortical vestibular medida desde la COV en IC, IL y C. Los estudios asiáticos mostraron significativamente menos anchura que los europeos en los C.

| Diente | Punto de referencia | N (número de dientes) | Localización geográfica | Beta | Error Estándar | 95% IC        | z (p-valor)    | R <sup>2</sup> |
|--------|---------------------|-----------------------|-------------------------|------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| IC     | 1mm                 | 14 (3038)             | América (ref.)          | -    |                |               | 0.139          | 16.00%         |
|        |                     |                       | Asia                    | 0.06 | 0.14           | -0.34 0.21    | 0.645          |                |
|        |                     |                       | Europa                  | 0.15 | 0.16           | -0.17 0.47    | 0.369          |                |
|        |                     |                       | África                  | 0.27 | 0.18           | -0.63 0.08    | 0.132          |                |
|        | 3 mm                | 7 (1369)              | América (ref.)          | -    |                |               | 0.094          | 31.30%         |
|        |                     |                       | Asia                    | 0.08 | 0.22           | -0.51 0.33    | 0.682          |                |
|        |                     |                       | Europa                  | 0.37 | 0.24           | -0.09 0.83    | 0.118          |                |
|        |                     |                       |                         |      |                | <b>0.037*</b> |                |                |
|        | 5mm                 | 8 (1654)              | América (ref.)          | -    |                |               | 0.389          | 40.10%         |
|        |                     |                       | Asia                    | 0.13 | 0.15           | -0.42 0.16    | 0.135          |                |
| Europa |                     |                       | 0.26                    | 0.17 | -0.08 0.59     |               |                |                |
|        |                     |                       |                         |      | 0.049*         |               |                |                |
| IL     | 1mm                 | 13 (1726)             | América (ref.)          | -    |                |               | 0.322          | 29.30%         |
|        |                     |                       | Asia                    | 0.14 | 0.14           | -0.42 0.14    | 0.336          |                |
|        |                     |                       | Europa                  | 0.16 | 0.16           | -0.16 0.47    | 0.174          |                |
|        |                     |                       | África                  | 0.24 | 0.17           | -0.59 0.11    |                |                |
|        | 3 mm                | 6 (957)               | Asia (ref.)             | -    |                |               | <0.001***      | 77.10%         |
|        |                     |                       | Europa                  | 0.58 | 0.16           | 0.27 0.89     | <0.001***      |                |
|        |                     |                       | América                 | 0.17 | 0.2            | -0.55 0.23    | 0.419          |                |
|        | 5mm                 | 7 (1336)              | Asia (ref.)             | -    |                |               | 0.004**        | 61.70%         |
|        |                     |                       | Europa                  | 0.48 | 0.16           | 0.17 0.79     | 0.002**        |                |
|        |                     |                       | América                 | 0.11 | 0.2            | -0.50 0.28    | 0.582          |                |
| C      | 1mm                 | 8 (1652)              | Asia (ref.)             | -    |                |               | <0.001***      | 87.10%         |
|        |                     |                       | Europa                  | 0.09 | 0.06           | -0.03 0.22    | 0.128          |                |
|        |                     |                       | América                 | 0.44 | 0.09           | -0.61 -0.26   | <0.001***      |                |
|        |                     |                       | África                  | 0.38 | 0.09           | -0.55 -0.2    | <0.001***      |                |
|        | 3 mm                | 6 (1006)              | Asia (ref.)             | -    |                |               | <b>0.005**</b> | 63.70%         |
|        |                     |                       | Europa                  | 0.28 | 0.17           | -0.06 0.61    | 0.105          |                |
|        |                     |                       | América                 | 0.21 | 0.21           | -0.86 -0.03   | <b>0.035*</b>  |                |
|        | 5mm                 | 6 (840)               | Asia (ref.)             | -    |                |               | <b>0.012*</b>  | 58.70%         |
|        |                     |                       | Europa                  | 0.33 | 0.16           | 0.01 0.64     | <b>0.044*</b>  |                |
|        |                     |                       | América                 | 0.28 | 0.2            | -0.68 0.11    | 0.159          |                |

N, número de estudios; IC, intervalo de confianza; I<sup>2</sup>, I-cuadrado; QH, Q de Cochran; R<sup>2</sup>, R-cuadrado  
 \*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

*2.2.4.2 Grosor de la cortical vestibular usando la línea amelocementaria (LAC) como punto de referencia*

Doce estudios (8,057 dientes) utilizaron la LAC como punto de referencia anatómico. Los lugares de medición en los que la mayoría de los artículos estuvieron de acuerdo fueron a 4 y 6 mm de la LAC y en el nivel de raíz media. Los valores medios de grosor de la cortical vestibular fueron <1 mm en todos los dientes y en todas las ubicaciones de medición (0.65-0.9); también se observaron los valores de más anchura a 6 mm de la LAC. En los premolares maxilares la anchura de la cortical vestibular fue >1 mm, con la excepción de los 1PM en mitad de la raíz (Tabla 2.5).

Tres estudios (Amid, Mirakhori, Safi, Kadkhodazadeh, M y Namdari, 2017; Cook, Timock, Crowe, Wang y Covell, 2011; Khoury, Ghosn, Mokbel y Naaman, 2016) evaluaron la influencia del biotipo gingival en la anchura de la cortical vestibular en IC, IL y C. Encontramos significativamente mayor anchura de la cortical vestibular en biotipos gingivales gruesos en todos los dientes anteriores y zonas de medición ( $p < 0.05$ ) (Tabla 2.6). La localización geográfica solo fue significativa en mitad de la raíz en los C, mostrando mayor anchura de la cortical en los estudios de África que en los de Asia ( $R^2 = 53.1\%$ ) (Tabla 2.7). No hubo suficientes datos para evaluar la variabilidad de la edad y el sexo entre estudios.

Tabla 2.5 Anchura de la cortical vestibular a los diferentes puntos apical a la LAC. Vemos que la anchura media en los dientes anteriores (IC, IL y C) fue <1 mm. En cambio en los premolares maxilares fue >1 mm excepto en mitad de la raíz del 1PM.

| Anchura de la cortical vestibular desde el LAC |                       |                      |       |                |           |                |              |                 |                                 |
|------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|-------|----------------|-----------|----------------|--------------|-----------------|---------------------------------|
| Diente                                         | N (número de dientes) | Puntos de referencia | Media | Error estándar | IC 95%    | I <sup>2</sup> | QH (p-valor) | Egger (p-valor) | Certeza de la evidencia (GRADE) |
|                                                | 7 (1618)              | 4 mm                 | 0.79  | 0.09           | 0.61-0.97 | 99.40%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕○○<br>BAJO                    |
| CI                                             | 4 (769)               | 6 mm                 | 0.9   | 0.09           | 0.71-1.09 | 99.00%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕○○<br>BAJO                    |
|                                                | 7 (1847)              | Mitad raíz           | 0.8   | 0.05           | 0.70-0.89 | 97.60%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕○○<br>BAJO                    |
| LI                                             | 7 (1606)              | 4 mm                 | 0.76  | 0.08           | 0.60-0.92 | 98.80%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕○○<br>BAJO                    |
|                                                | 3 (423)               | 6 mm                 | 0.79  | 0.07           | 0.65-0.93 | 95.80%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕○○<br>MODERADO                |
|                                                | 6 (1562)              | Mitad raíz           | 0.65  | 0.04           | 0.56-0.73 | 96.40%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕○○<br>MODERADO                |
| C                                              | 7 (1544)              | 4 mm                 | 0.7   | 0.09           | 0.53-0.87 | 98.70%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕○○<br>BAJO                    |
|                                                | 3 (368)               | 6 mm                 | 0.72  | 0.09           | 0.55-0.89 | 96.50%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕○○<br>BAJO                    |
|                                                | 6 (1555)              | Mitad raíz           | 0.65  | 0.04           | 0.58-0.73 | 92.90%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕○○<br>MODERADO                |
| 1PM                                            | 3 (744)               | 4 mm                 | 1.04  | 0.15           | 0.74-1.33 | 97.90%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕○○<br>BAJO                    |
|                                                | 2 (680)               | Mitad raíz           | 0.97  | 0.24           | 0.51-1.43 | 98.50%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕○○<br>BAJO                    |
| 2PM                                            | 2 (664)               | 4 mm                 | 1.53  | 0.18           | 1.17-1.88 | 95.00%         | <0.001***    | -               | ⊕⊕○○<br>BAJO                    |

N, número de estudios; I<sup>2</sup>, I-cuadrado; IC, intervalo de confianza; QH, Q de Cochran

\*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001

Tabla 2.6 Influencia del biotipo gingival en la anchura de la cortical vestibular en las diferentes mediciones con referencia del LAC. El biotipo gingival grueso se relacionó con una mayor anchura de la cortical vestibular en IC, IL y C en todas las zonas de medición.

| Anchura de la cortical vestibular desde el LAC |                      |                       |      |                |           |             |                |              |
|------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|------|----------------|-----------|-------------|----------------|--------------|
| Dientes                                        | Puntos de referencia | N (número de dientes) | DMP  | Error Estándar | 95% IC    | z (p-valor) | I <sup>2</sup> | QH (p-valor) |
| CI                                             | 4 mm                 | 3 (417)               | 0.35 | 0.09           | 0.17 0.54 | <0.001***   | 90.90%         | <0.001***    |
|                                                | 6 mm                 | 3 (417)               | 0.38 | 0.12           | 0.15 0.61 | 0.001**     | 95.20%         | <0.001***    |
| LI                                             | 4 mm                 | 3 (390)               | 0.5  | 0.13           | 0.24 0.77 | <0.001***   | 90.00%         | <0.001***    |
|                                                | 6 mm                 | 3 (399)               | 0.54 | 0.13           | 0.29 0.80 | <0.001***   | 89.70%         | 0.001**      |
| C                                              | 4 mm                 | 3 (335)               | 0.54 | 0.18           | 0.18 0.89 | 0.003**     | 92.10%         | <0.001***    |
|                                                | 6 mm                 | 3 (344)               | 0.56 | 0.17           | 0.23 0.90 | 0.001**     | 90.50%         | <0.001***    |

N, número de estudios; DMP, diferencia de medias ponderada; IC, intervalo de confianza; I<sup>2</sup>, I-cuadrado; QH, Q de Cochran  
 \*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001

Tabla 2.7 Metarregresión de la localización geográfica con la anchura de la cortical vestibular medida desde la LAC en IC, IL y C. El único resultado significativo fue en mitad de la raíz de los C, con una mayor anchura de los estudios africanos sobre los asiáticos.

| Diente | Punto de referencia | N (número de dientes) | Localización geográfica | Beta  | Error Estándar | 95% IC      | z (p-valor)   | R <sup>2</sup> |
|--------|---------------------|-----------------------|-------------------------|-------|----------------|-------------|---------------|----------------|
| IC     | 4 mm                | 7 (1618)              | Asia (ref.)             |       |                |             | 0.351         | 4.57%          |
|        |                     |                       | Europa                  | -0.26 | 0.21           | -0.68 0.16  | 0.222         |                |
|        |                     |                       | América                 | -0.33 | 0.27           | -0.86 0.19  | 0.216         |                |
|        |                     |                       | África                  | -0.39 | 0.27           | -0.92 0.14  | 0.145         |                |
|        | Mitad raíz          | 7 (1847)              | Asia (ref.)             |       |                |             | 0.215         | 16.80%         |
|        |                     |                       | Europa                  | -0.14 | 0.1            | -0.34 0.06  | 0.172         |                |
|        |                     |                       | África                  | -0.18 | 0.13           | -0.43 0.07  | 0.159         |                |
| IL     | 4 mm                | 7 (1606)              | Asia (ref.)             |       |                |             | 0.763         | 0.00%          |
|        |                     |                       | Europa                  | -0.02 | 0.24           | -0.49 0.44  | 0.917         |                |
|        |                     |                       | América                 | -0.22 | 0.29           | -0.79 0.36  | 0.459         |                |
|        |                     |                       | África                  | -0.26 | 0.29           | -0.84 0.32  | 0.382         |                |
|        | Mitad raíz          | 6 (1562)              | Asia (ref.)             |       |                |             | 0.78          | 0.00%          |
|        |                     |                       | Europa                  | 0.08  | 0.13           | -0.18 0.33  | 0.564         |                |
|        |                     |                       | África                  | -0.03 | 0.16           | -0.35 0.28  | 0.835         |                |
| C      | 4 mm                | 7 (1544)              | Asia (ref.)             |       |                |             | 0.625         | 0.00%          |
|        |                     |                       | Europa                  | -0.07 | 0.23           | -0.53 0.39  | 0.758         |                |
|        |                     |                       | América                 | -0.31 | 0.29           | -0.88 0.27  | 0.293         |                |
|        |                     |                       | África                  | -0.3  | 0.29           | -0.87 0.28  | 0.311         |                |
|        | Mitad raíz          | 6 (1555)              | Asia (ref.)             |       |                |             | 0.055         | 53.10%         |
|        |                     |                       | Europa                  | -0.06 | 0.07           | -0.19 0.07  | 0.371         |                |
|        |                     |                       | África                  | -0.18 | 0.07           | -0.32 -0.03 | <b>0.017*</b> |                |

N, número de estudios; IC, intervalo de confianza; I<sup>2</sup>, I-cuadrado; QH, Q de Cochran; R<sup>2</sup>, R-cuadrado

\*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001

#### *2.2.4.3 Distancia LAC-COV*

Quince estudios (12,391 dientes) evaluaron la distancia LAC-COV. Los valores medios estuvieron entre 2.02 y 2.53 mm (Tabla 2.8). Al considerar los diferentes subgrupos de edad, se observó una distancia LAC-COV significativamente mayor en pacientes >50 años referidos a IC, IL y C. Con respecto al sexo, los hombres mostraron una mayor distancia LAC-COV en los IC ( $p < 0.001$ ). En el análisis de metarregresión según el entorno geográfico del estudio (Tabla 2.9), los estudios de Asia reportaron una menor distancia LAC-COV que los de Europa ( $p = 0.003$ ) y América ( $p < 0.001$ ). La influencia del tabaco solo pudo ser evaluada en los IC, con mayor distancia LAC-COV en los fumadores pero sin diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 2.8 Valores medios de la distancia LAC-COV y la influencia del sexo y edad. La edad influyó significativamente en IC, IL y C; mientras que el sexo solo fue estadísticamente significativo en los IC.

| Distancia LAC-COV |                       |                 |       |                |            |                |              |                 |             |                                 |
|-------------------|-----------------------|-----------------|-------|----------------|------------|----------------|--------------|-----------------|-------------|---------------------------------|
| Dientes           | N (número de dientes) | Variabes        | DMP   | Error Estándar | 95% IC     | I <sup>2</sup> | QH (p-valor) | Egger (p-valor) | z (p-valor) | Certeza de la evidencia (GRADE) |
| IC                | 14 (3024)             | Distancia media | 2.24  | 0.12           | 2.00-2.48  | 98.70 %        | <0.001* **   | 0.08            | <0.001* *   | ⊕⊕⊕○ MODERADO                   |
|                   | 5 (1032)              | Sexo            | -0.32 | 0.11           | -0.53 0.12 | 66.60 %        | <0.001* **   | -               | 0.002**     | ⊕⊕⊕○ MODERADO                   |
|                   | 6 (1798)              | Edad            | 0.83  | 0.28           | 0.29 1.38  | 98.60 %        | <0.001* **   | -               | 0.003**     | ⊕⊕⊕○ MODERADO                   |
| IL                | 13 (2685)             | Distancia media | 2.35  | 0.11           | 2.13-2.57  | 98.40 %        | <0.001* **   | 0.186           | -           | ⊕⊕⊕○ MODERADO                   |
|                   | 4 (722)               | Sexo            | -0.19 | 0.14           | -0.46 0.09 | 73.10 %        | 0.011*       | -               | 0.184       | ⊕⊕○○ BAJO                       |
|                   | 6 (1690)              | Edad            | 0.82  | 0.23           | 0.37 1.27  | 97.90 %        | <0.001* **   | -               | <0.001* **  | ⊕⊕⊕○ MODERADO                   |
| C                 | 10 (2111)             | Distancia media | 2.53  | 0.15           | 2.24-2.81  | 98.60 %        | <0.001* **   | -               | -           | ⊕⊕⊕○ MODERADO                   |
|                   | 3 (545)               | Sexo            | 0.01  | 0.32           | -0.61 0.63 | 89.40 %        | <0.001* **   | -               | 0.969       | ⊕⊕○○ BAJO                       |
|                   | 5 (1513)              | Edad            | 0.75  | 0.24           | 0.27 1.23  | 96.60 %        | <0.001* **   | -               | 0.002**     | ⊕⊕⊕○ MODERADO                   |
| 1PM               | 3 (907)               | Distancia media | 2.33  | 0.08           | 2.16-2.49  | 86.70 %        | <0.001* **   | -               | -           | ⊕⊕⊕○ MODERADO                   |
| 2PM               | 3 (952)               | Distancia media | 2.02  | 0.11           | 1.81-2.22  | 93.60 %        | <0.001* **   | -               | -           | ⊕⊕⊕○ MODERADO                   |

N, número de estudios; DMP, diferencia media ponderada; IC, intervalo de confianza; I<sup>2</sup>, I-cuadrado; QH, Q de Cochran

\*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001



Tabla 2.9 Metarregresión de la localización geográfica con distancia LAC-COV en IC, IL y C. El único resultado significativo fue en los C, con menor distancia en los países asiáticos que en los europeos y americanos.

| Distancia LAC-COV |                       |             |       |                |            |             |                |
|-------------------|-----------------------|-------------|-------|----------------|------------|-------------|----------------|
| Dientes           | N (número de dientes) | Región      | Beta  | Error Estándar | 95% IC     | z (p-valor) | R <sup>2</sup> |
| IC                | 14 (3024)             | Asia (ref.) |       |                |            | 0.218       | 12.30%         |
|                   |                       | Europa      | 0.36  | 0.27           | -0.16 0.88 | 0.174       |                |
|                   |                       | América     | 0.53  | 0.3            | -0.06 1.12 | 0.08        |                |
|                   |                       | África      | -0.10 | 0.41           | -0.90 0.70 | 0.806       |                |
| IL                | 13 (2685)             | Asia (ref.) |       |                |            | 0.252       | 9.26%          |
|                   |                       | Europa      |       |                |            |             |                |
|                   |                       | América     | -0.59 | 0.36           | -1.63 0.10 | 0.103       |                |
|                   |                       | África      | -0.34 | 0.45           | -1.22 0.54 | 0.453       |                |
| C                 | 10 (2111)             | Asia (ref.) |       |                |            | <0.001***   | 73.50%         |
|                   |                       | Europa      | 0.54  | 0.18           | 0.18 0.90  | 0.003**     |                |
|                   |                       | América     | 0.95  | 0.2            | 0.56 1.34  | <0.001***   |                |

N, número de estudios; IC, intervalo de confianza; R<sup>2</sup>, R-cuadrado

\*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001

#### 2.2.4.4 Dehiscencias y fenestraciones

Siete estudios (4.295 dientes) evaluaron la presencia de dehiscencias y fenestraciones óseas (Tabla 2.10). La prevalencia de dehiscencia ósea fue 12.3% en IC, 14.3% en IL y 20.1% en C; mientras que la prevalencia de la fenestración ósea fue del 6.4% en IC, del 21.6% en IL y del 21.5% en C. Con respecto a los premolares maxilares, los datos disponibles eran demasiado limitados para evaluar estos parámetros.

Tabla 2.10 Prevalencia de dehiscencias y fenestraciones óseas en los IC, IL y C. Observamos que los caninos tienen una mayor prevalencia de dehiscencias y fenestraciones que los incisivos; el defecto menos frecuente es la fenestración en los incisivos centrales.

| Dientes | N (número de dientes) | Variables    | Media | Error Estándar | 95% IC        | I <sup>2</sup> | QH (p-valor) |
|---------|-----------------------|--------------|-------|----------------|---------------|----------------|--------------|
| IC      | 7 (1508)              | Dehiscencia  | 0.123 | 0.039          | 0.002-0.199   | 96.70 %        | <0.001***    |
|         | 7 (1508)              | Fenestración | 0.064 | 0.03           | 0.006-0.123   | -              | -            |
| IL      | 6 (1266)              | Dehiscencia  | 0.143 | 0.045          | 0.054-0.231   | 96.50 %        | <0.001***    |
|         | 6 (1266)              | Fenestración | 0.216 | 0.087          | 0.046-0.387   | 99.10 %        | <0.001***    |
| C       | 6 (1208)              | Dehiscencia  | 0.201 | 0.066          | 0.071-0.332   | 98.00 %        | <0.001***    |
|         | 6 (1208)              | Fenestración | 0.238 | 0.083          | 0.076 – 0.401 | 98.80 %        | <0.001***    |

N, número de estudios; IC, intervalo de confianza; I<sup>2</sup>, I-cuadrado; QH, Q de Cochran

\*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001

#### 2.2.4.5 Porcentaje de dientes anteriores con una cortical <1 mm y <0.5 mm

Diez estudios (5,516 dientes) evaluaron la presencia de anchura de la cortical vestibular menor a 1 y 0.5 mm. La prevalencia de una anchura de la cortical <1 mm fue de 69.9% en IC, 64.5% en IL, 55% en C y 40.4% en 1PM (tabla 2.11); mientras que la prevalencia de cortical vestibular <0.5 mm fue de 30.2% en IC y 35.4% en IL. No hubieron suficientes datos para evaluar estas prevalencias en los 2PM ni el porcentaje de cortical <0.5 mm en C y 1PM.

Tabla 2.11 Prevalencia de anchura de la cortical vestibular <1 mm en IC, IL, C y 1PM. Observamos que en los dientes más anteriores existió una mayor prevalencia de cortical vestibular <1 mm y el 30% de los incisivos mostraron una anchura <0.5 mm.

| Dientes | N<br>(número de dientes) | Anchura de la cortical vestibular | DMP   | Error estándar | 95% IC        | I <sup>2</sup> | QH (p-valor) |
|---------|--------------------------|-----------------------------------|-------|----------------|---------------|----------------|--------------|
| IC      | 8 (1675)                 | <1 mm                             | 0.699 | 0.074          | 0.556-0.843   | 98.40 %        | <0.001**     |
|         | 3 (783)                  | <0.5 mm                           | 0.302 | 0.096          | 0.114-0.490   | 96.80 %        | <0.001**     |
| IL      | 7 (1440)                 | <1 mm                             | 0.645 | 0.107          | 0.436-0.853   | -              | -            |
|         | 3 (783)                  | <0.5 mm                           | 0.354 | 0.045          | 0.266-0.441   | 80.90 %        | 0.023*       |
| C       | 5 (952)                  | <1 mm                             | 0.55  | 0.089          | 0.379 – 0.721 | 96.30 %        | <0.001**     |
| 1PM     | 3 (177)                  | <1 mm                             | 0.404 | 0.14           | 0.129 – 0.678 | 93.80 %        | <0.001**     |

N, número de estudios; DMP, diferencia de medias ponderada; IC, intervalo de confianza; I<sup>2</sup>, I-cuadrado; QH, Q de Cochran

\*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001

### 2.2.5 Sesgo de publicación

Los estudios que analizan el grosor de la cortical vestibular con COV como punto de referencia anatómico mostraron indicios de sesgo de publicación solo en IL y C en todas las mediciones de puntos de referencia, y a 3 mm de la COV en IC (p <0.05) (Tabla 2.2). Al analizar la influencia de los subgrupos de edad y sexo, solo la edad mostró indicios de sesgo de publicación en IC a 3 y 5 mm (Tabla 2.3).

Los estudios que midieron la cortical vestibular desde en LAC solo informaron sesgo de publicación en IL en las mediciones de la raíz media (p <0.05) (Tabla 2.5). Según la

distancia LAC-COV solo el análisis por género mostró indicios de sesgo de publicación en IC ( $p < 0.05$ ) (Tabla 2.8).

### **2.2.6 Certeza de la evidencia**

La certeza de la evidencia ha mostrado una calidad moderada en la mayoría de los subconjuntos de análisis. Aun así, demuestra ser de baja calidad debido al riesgo de sesgo e imprecisión en otros, como lo demuestran las tablas resumen de resultados para los objetivos primarios (Tablas 2.3 y 2.5) y secundarios (Tabla 2.8).





### **3 | JUSTIFICACION, OBJETIVOS E HIPÓTESIS**





### 3.1 Justificación

Tras la exodoncia, se producen de forma fisiológica, una serie de cambios dimensionales en la cresta alveolar que conducen a una atrofia de la cresta y un colapso de los tejidos blandos (Checchi y cols., 2011; Gholami y cols., 2012). Muchos son los factores implicados en la pérdida ósea postexodoncia; pero parece que los papeles más importantes los desempeñan la reabsorción del hueso fasciculado y la estabilización del coágulo primario (Jung y cols., 2013). La reabsorción del alveolo ocasiona un defecto óseo más pronunciado en la cortical vestibular que en el resto de las corticales, y en concreto en su aspecto coronal, siendo frecuente encontrar un defecto en forma de V invertida (Araújo y Lindhe 2005, 2009; Blanco, Mareque, Liñares y Muñoz, 2011). Se ha demostrado en humanos que estos cambios morfológicos son distintos en función del grosor de la cortical vestibular (Chen y Darby 2017). En fenotipos de cortical vestibular delgada (<1 mm) la pérdida ósea vertical tras la exodoncia es de 7.5 mm, mientras que en los fenotipos de cortical vestibular ancha (>1 mm) es de tan sólo 1.1 mm (Chappuis y cols., 2013).

Dichos cambios condicionan los tipos de tratamiento empleados para reponer los dientes perdidos, así como sus resultados. El estudio de la cortical vestibular proporciona al clínico una herramienta de pronóstico para estimar el grado de pérdida ósea futura antes de la extracción del diente (Buser y

cols., 2017). Hasta la fecha no se ha publicado ninguna revisión sistemática sobre la anatomía de la cortical vestibular; así pues, queda justificado la realización de esta tesis doctoral en la que se analiza el grosor de la cortical vestibular en una serie de estudios radiológicos mediante TCHC.

Tras la exodoncia, en un espacio interdental unitario, una de las técnicas que tiene más aval científico y clínico para reemplazar el diente perdido es mediante la colocación de implantes dentales. La cantidad y calidad de hueso son factores cruciales para el éxito a largo plazo de los tratamientos con implantes. Pero no siempre se dispone de volúmenes óseos adecuados, y pueden ser necesarias técnicas de regeneración ósea guiada u osteoplastia de hueso crestal antes de la colocación del implante (Beretta, Poli, Tansella y Maiorana, 2018).

Algunos estudios *in vitro* (Pietrokovski, Starinsky, Arensburg y Kaffe, 2007) han visto que tras la remodelación fisiológica de los maxilares, el hueso alveolar a menudo adquiere una anatomía troncocónica, siendo más estrecha en su porción coronal y ensanchándose en apical. En cuanto al grosor de hueso vestibular que se necesita alrededor de los implantes para asegurar la estabilidad en el tiempo, Spray y cols., (2010) vieron que cuando era 1.8-2 mm, la pérdida del hueso crestal disminuía significativamente. Sin embargo no hay mucha más evidencia al respecto.

La colocación por debajo de la cresta ósea de la plataforma de los implantes con su porción coronal rugosa, se ha propuesto como un método que podría reducir la pérdida ósea periimplantaria; puesto que proporciona una adecuada altura de tejido supracrestal, que en implantes debe ser 1-1.5 mm mayor que el espacio biológico en dientes (Avila-Ortiz, Gonzalez-Martin, Couso-Queiruga y Wang, 2020) y, en consecuencia, menos cambios de pérdida de hueso crestral (Al Amri y cols., 2016; Ercoli y cols., 2017; Valles y cols., 2018). Además, hipotéticamente, al colocar la plataforma del implante en una posición más apical a la cresta, debido a la anatomía con tendencia troncocónica de los maxilares, cabría esperar una mayor anchura de la cortical vestibular periimplantaria.

Dada la frecuencia de la exodoncia y la colocación de implantes y la importancia que tiene la anchura de la cortical vestibular periodontal y periimplantaria en los cambios dimensionales en la cresta tras ambos procedimientos, queda justificado la realización de este trabajo de investigación sobre la anchura de la cortical vestibular en la planificación virtual de implantes.

## 3.2 Objetivos

El propósito de la presente tesis doctoral fue evaluar de manera transversal la cortical vestibular en dientes maxilares y en la planificación virtual de implantes mediante tomografías computarizadas de haz cónico.

Los objetivos fueron:

1. Determinar el grosor de la cortical vestibular en incisivos y caninos maxilares.
2. Comparar el grosor de la cortical vestibular en el primer y segundo premolar maxilar.
3. Evaluar la influencia de la distancia línea amelocementaria-cresta ósea vestibular con la anchura de la cortical vestibular en incisivos y caninos maxilares.
4. Estudiar en planificaciones virtuales de implantes, la influencia de la posición apico-coronal del implante en el grosor de la cortical vestibular periimplantaria.

### 3.3 Hipótesis

Como hipótesis nula se planteó:

1. Los incisivos y caninos maxilares presentarán una cortical vestibular mayor a 1 mm.
2. Los primeros premolares presentarán una mayor anchura de la cortical vestibular que los segundos premolares maxilares.
3. Cuanto mayor sea la distancia línea amelocementaria-cresta ósea vestibular, la cortical vestibular será más estrecha.
4. Una posición subcrestal del implante resultará en una menor anchura de la cortical vestibular.

Se plantearon las siguientes hipótesis de trabajo:

1. Los incisivos y caninos maxilares presentarán una cortical vestibular con un grosor menor a 1 mm.
2. Los segundos premolares presentarán una mayor anchura de la cortical vestibular que los primeros premolares maxilares.
3. Cuanto mayor sea la distancia línea amelocementaria-cresta ósea vestibular, la cortical vestibular será más ancha.
4. Una posición subcrestal del implante planificada virtualmente resultará en una mayor anchura de la cortical vestibular.



## **4. | MATERIAL Y MÉTODO**





## 4.1 Diseño del estudio

Los objetivos radiológicos en dientes maxilares fueron aprobados por el Comité Ético de Investigación en Humanos de la Universitat de València con número de registro H145639215058 (Anexo I). Y el objetivo radiológico de planificación virtual de implantes por el mismo comité y universidad con número de registro H1365580155510 (Anexo II), de acuerdo con los principios de la declaración de Helsinki.

Las imágenes TCHC se obtuvieron de forma retrospectiva a partir de la base de datos de la Unidad de Cirugía Oral de la Universidad de Medicina y Odontología de Valencia. Todos los escáneres de TCHC se realizaron con fines de diagnóstico o plan de tratamiento entre mayo de 2013 y noviembre de 2018. Ninguno de los escáneres se realizó por razones puramente científicas. Los datos personales registrados de todos los pacientes se protegerán 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 aparecerá en ningún documento del estudio. Los protocolos serán archivados en una carpeta con acceso limitado por contraseña a la que sólo tendrán acceso los investigadores, en un ordenador de la Universidad. A cada paciente se le asignará un código al inicio del estudio y la correspondencia entre código y paciente se guardará en una base de datos con contraseña. La información se dará siempre

agregada y en ningún caso se revelará la identidad de los participantes en ninguna publicación o comunicaciones en congreso que puedan derivarse de los resultados del estudio. Se procurará que todas las partes implicadas guarden la más estricta confidencialidad acerca de los datos del estudio, de forma que no se violen nunca los derechos de los pacientes.

## 4.2 Población de estudio

La población de estudio para los objetivos transversales de la presente tesis doctoral, se dividió en TCHC de los dientes maxilares y TCHC en la colocación virtual de implantes:

**Tabla 4.1 Criterios inclusión y exclusión en los objetivos de TCHC en dientes maxilares**

**Criterios de inclusión**

- Pacientes mayores de edad (>18 años)**
- Pacientes sin antecedentes de tratamiento ortodóncico**
- Pacientes sin reabsorción dental marcada**
- Sin ausencias dentales en los dientes anteriores y premolares maxilares**

| <b>Criterios de exclusión</b>                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>-Pacientes menores de edad</li><li>-Fumadores de más de 20 cigarrillos por día</li><li>-Portadores de implantes dentales en el maxilar</li><li>-Pacientes con restauraciones endodónticas o protésicas que pudieran distorsionar la imagen</li></ul> |

**Tabla 4.2 Criterios inclusión y exclusión objetivos de TCHC en la colocación virtual de implantes**

| <b>Criterios de inclusión</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>-Pacientes con ausencias en sectores posteriores (premolares y molares)</li><li>-Proceso alveolar totalmente cicatrizado (tipo III o tipo IV) (Hammerle 2004)</li><li>-Corticales óseas intactas y anchura del proceso alveolar <math>\geq 6</math> mm</li><li>-Férula radiológica con la posición ideal del diente a reponer durante la TCHC</li></ul> |
| <b>Criterios de exclusión</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <ul style="list-style-type: none"><li>-Pacientes con atrofia ósea tipo IV o V (Cadwood y Howell 1988)</li><li>-Procesos alveolares que requieran regeneración ósea para la colocación del implante</li><li>-Imágenes distorsionadas por la presencia de artefactos (implantes, coronas o puentes cercanos)</li></ul>                                                                          |

### 4.3 Recolección de datos

En los objetivos transversales en dientes maxilares se recogieron las siguientes variables: sexo, edad, hábito tabáquico, propósito TCHC, distancia LAC-COV, grosor de la cortical vestibular en incisivos centrales (IC), incisivos laterales (IL), caninos (C), primeros premolares (1PM) y segundos premolares (2PM).

En el objetivo de colocación virtual de implantes se recogieron las siguientes variables: edad, sexo, zona edéntula, anchura ósea del proceso alveolar, anchura crestal de la cortical ósea, distancia desde la plataforma del implante hasta la cortical vestibular.

### 4.4 Análisis radiográfico de la imagen

Las imágenes de TCHC en los objetivos transversales de dientes maxilares se obtuvieron utilizando el Planmeca ProMax 3D (Helsinki, Finland) Software 2.3.1. R TM Planmeca Romexis. Todas las imágenes se adquirieron con la configuración de: 150 mSv, 90 kV, 10.0 mA, y un campo de visión (FOV) de 4 x 4 cm. Las exploraciones fueron uni o bilaterales según su propósito diagnóstico. Todas las imágenes se analizaron con el mismo ordenador y el mismo monitor (Eizo Nanao Flexscan con una resolución de 1280 x 1024 píxeles). Para detectar la ubicación del corte en el que realizar las mediciones procedimos de la siguiente manera: la cresta alveolar se localizó en el plano axial y se trazó

un corte buco-lingual en la mitad de la raíz. Luego, el eje longitudinal de la raíz se determinó en la porción coronal (Figura 4.1). Las mediciones desde la LAC a la COV y del grosor de la cortical vestibular se realizaron en el plano sagital (Figura 4.2).

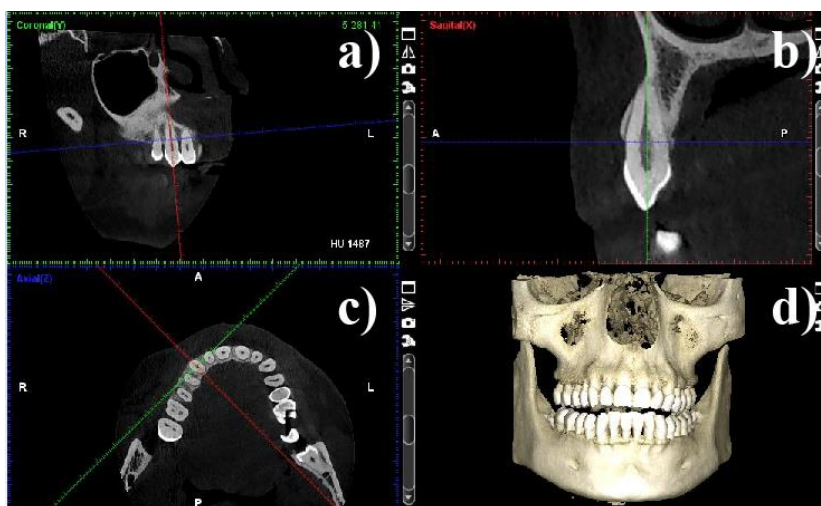


Figura 4.1 Ubicación de los cortes en el software 2.3.1. R TM Planmeca Romexis. A) Localización del corte sagital (línea roja) a lo largo del eje longitudinal del diente en el plano coronal. B) Imagen que obtenemos en el plano sagital después de localizar los cortes en los planos coronal y axial. C) Localización del corte coronal (línea verde) en la mitad de la raíz a nivel de la cresta ósea en el plano axial. D) Reconstrucción 3D para ayudarnos a localizar la COV.



Figura 4.2 Corte sagital donde se ubican las localizaciones anatómicas LAC, cortical vestibular y COV, si mide la distancia LAC-COV y se localizan las líneas de referencia para poder realizar las mediciones. A) Canino maxilar con distancia LAC-COV de 2.81 mm y líneas de referencia a 1, 2 y 3 mm apical a la COV. B) Primer premolar maxilar con distancia LAC-COV de 1.81 y líneas de referencia a 1, 2, 3 y 5 mm apical a la COV.

En los premolares maxilares las mediciones se realizaron a a 1, 2, 3 y 5 mm apical a la COV. En cambio en los dientes anteriores (IC, IL, C) estas mediciones fueron a 1, 2 y 3 mm apical a la COV. Para un análisis adicional, los dientes anteriores (IC, IL, C) se dividieron en 3 grupos de distancia LAC-cresta ósea (Grupo 1:  $\leq 3$  mm, Grupo 2:  $> 3$  y  $\leq 4.5$  mm, Grupo 3:  $> 4.5$  mm) (Figura 4.3). La relación entre la distancia LAC-COV y la anchura de la cortical se analizó en grupos de dientes y en variable continua. Todos los dientes anteriores (IC, IL, C) fueron medidos

por dos examinadores diferentes (J.R.S y R.Z.A); cada uno de ellos tomó imágenes de todas sus medidas y las discrepancias entre los primeros dos examinadores se resolvieron consultando a un tercer asesor (J.V.A).

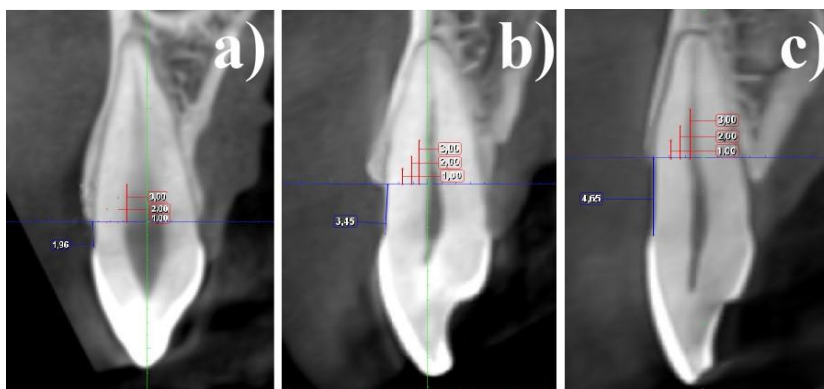


Figura 4.3 Clasificación de los dientes en función de la distancia LAC-COV. A) Grupo 1:  $\leq 3$  mm B) Grupo 2:  $> 3$  y  $\leq 4.5$  mm C) Grupo 3:  $> 4.5$  mm.

Las imágenes de TCHC en el objetivo transversal de colocación virtual de implantes se obtuvieron utilizando el sistema NewTom 3G (Verona, Italia) NNT software (versión 2.17). Todas las imágenes se obtuvieron con la misma configuración de: 150 mSv, 90 kV, 10.0 mA, y un campo de visión (FOV) de 4 x 4 cm. Las exploraciones fueron uni o bilaterales según su propósito diagnóstico. Para detectar la ubicación del corte, procedimos de la siguiente manera. El

espacio edéntulo se localizó primero en el plano axial, y luego se obtuvo una sección en el plano sagital tomando como referencia el marcador radiopaco de la férula radiológica (Figura 4.4).

La planificación del implante se realizó en una sección coronal, ubicando el implante en diferentes posiciones apico-coronales con respecto a la cresta ósea alveolar: posición crestal, 0.5 mm subcrestal, 1 mm subcrestal, 1.5 mm subcrestal y 2 mm subcrestal (Figura 4.5). En cada una de estas posiciones, se midió la distancia desde la plataforma del implante hasta la porción más externa de la cortical vestibular. El grosor del hueso cortical crestal se registró en la zona central del espacio edéntulo (Ko y cols., 2017) (Figura 4.6). Todas las planificaciones fueron realizadas por dos examinadores (J.R.S y H.P.C) y para en análisis se utilizaron los valores medios de ambos.



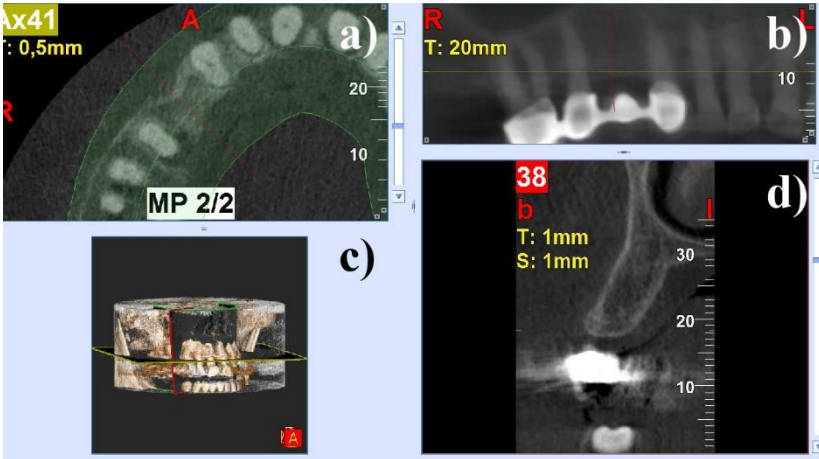


Figura 4.4 Ubicación de los cortes mediante el NNT software. A) Plano axial donde ubicamos el trazado en mitad de la cresta y el corte sagital según la férula radiológica. B) Reconstrucción de la ortopantomografía donde comprobamos la ubicación del plano sagital según la férula radiológica. C) Reconstrucción 3D donde comprobamos la correcta ubicación de los cortes previos. D) Plano sagital donde realizamos las mediciones.

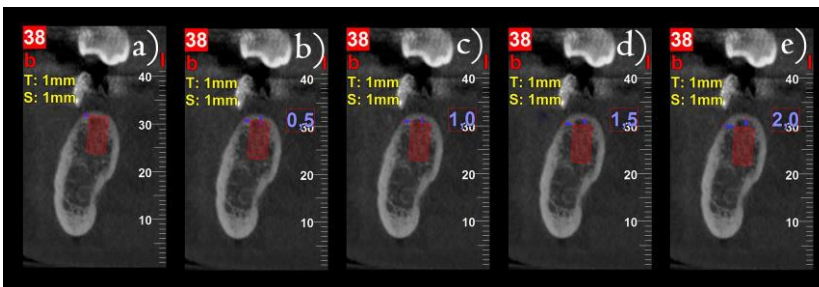


Figura 4.5 Colocación del implante con referencia de la férula radiológica a las distintas posiciones apico-coronales: a) cresta; b) 0.5 mm subcresta; c) 1 mm subcresta; d) 1.5 mm subcresta y e) 2 mm subcresta. Con la referencia de la férula radiológica podemos colocar virtualmente el implante en la posición tridimensional ideal para la rehabilitación protésica.

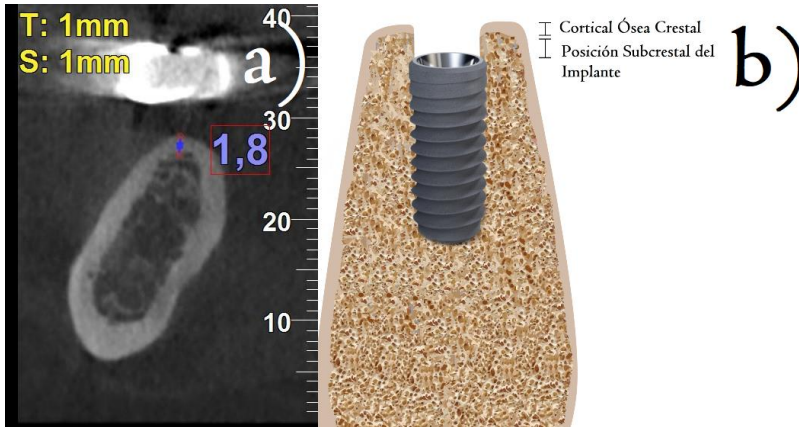


Figura 4.6 a) Localización de la cortica ósea crestal en la TCHC en el lugar ideal de colocación del implante con la referencia de la férula radiológica. b) Esquema al colocar el implante en posición subcrestal, queda rodeado de hueso medular superando la cortica ósea crestal.

## 4.5 Calibración interexaminador

En los estudios transversales de dientes se realizó una diferencia de medias entre las mediciones de ambos observadores (J.R.S y R.Z.A) (Figura 4.7) que para el conjunto de 24 dimensiones fue de  $0.016 \pm 0.045$  mm, sin apreciar un sesgo estadísticamente significativo a través de la prueba t pareada ( $p > 0.05$ ). La estadística de Dahlberg, indicativa de la variabilidad entre examinadores, tomó el valor de 0.26 mm y el coeficiente de correlación intraclase promedio fue de 0.80, por lo que se puede aceptar un alto grado de reproducibilidad entre examinadores. En el estudio transversal de cortical vestibular en planificación virtual de implantes también se hizo un índice de correlación

intraclase que fue de 0.985, una reproducibilidad muy alta entre ambos examinadores (J.R.S y H.P.C).

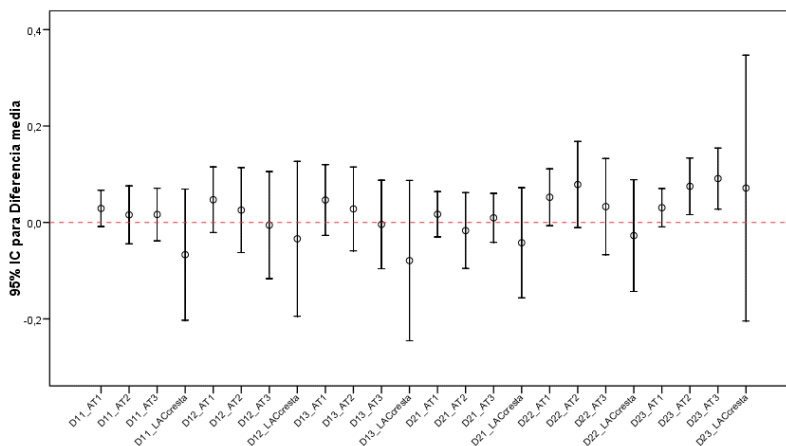


Figura 4.7 Diferencia de medias e intervalos de confianza al 95% para la diferencia de medias entre los dos examinadores.

#### 4.6 Cálculo del tamaño muestral

En los estudios transversales de dientes se realizó un estudio piloto previo para determinar el tamaño muestral. En dicho estudio se estimó la correlación entre la anchura de dientes contralaterales de un mismo paciente ( $\rho=0.5$ ) y se utilizó este dato para los cálculos (factor corrección  $D=1.5$ ). Un mínimo de 80 pacientes se necesitan para que un test F de ANOVA alcance una potencia del 90% en el objetivo de detectar como significativo un

tamaño de efecto como el observado en el piloto ( $f=0.35$ ). Se asumió una confianza del 95%.

#### 4.7 Análisis estadístico

El análisis descriptivo contiene los estadísticos más relevantes para todas las variables de análisis: media, desviación estándar, mínimo, máximo y mediana. La normalidad de las medidas se evalúa mediante test de Kolmogorov-Smirnov, obteniéndose un resultado negativo para la mayoría de las medidas ( $p<0.05$ ). Dado que la muestra es de tamaño bastante grande, los objetivos se abordan mediante un enfoque paramétrico. Se aportan intervalos de confianza al 95% para la estimación de las dimensiones medias.

El análisis inferencial consiste en la aplicación de modelos de ecuaciones de estimación generalizadas (EEG) con el objetivo de controlar la correlación intra-sujeto de las observaciones. Se utiliza regresión lineal simple para analizar la relación entre la anchura de la cortical vestibular y la distancia LAC-COV, calculando los intervalos de predicción y evaluando la bondad de ajuste a partir del coeficiente de determinación  $R^2$ . Un modelo lineal de tipo ANOVA compara los promedios de ancho en tres intervalos de distancia. Suponiendo que 1 mm como valor de corte para medir la anchura, se aplica una regresión logística para estudiar la probabilidad de que esta cantidad se exceda en función de la distancia. Se obtienen estimaciones de odds ratio para cuantificar el impacto de los cambios en la

distancia sobre esa probabilidad. Se usó un modelo lineal tipo ANOVA de medidas repetidas para determinar si el grosor medio de la capa ósea era similar a diferentes profundidades de inserción o no. Como prueba post hoc, se aplicó la corrección de Bonferroni para evitar la propagación del error tipo I. Se usó un modelo lineal general ANOVA unidireccional con factor entre sujetos para la posición, y se utilizó un ANOVA bidireccional para analizar el efecto combinado y la interacción de la posición y el arco con el grosor del hueso. Se aplicó la estimación de las curvas de supervivencia para el evento "superando el hueso cortical", con la prueba de log-rank para la comparación de acuerdo con la posición y / o el arco. Se usó un modelo de regresión de Cox para estimar la razón de riesgo (HR). El nivel de significancia usado en las pruebas fue del 5% ( $\alpha = 0.05$ ). La metodología estadística propuesta, con un nivel de confianza del 95% y considerando un tamaño de efecto a detectar  $f=0.15$  (medio-pequeño), proporcionó un poder estadístico del 87% en los efectos contrastantes entre sujetos (diferencias entre los niveles de profundidad).



## **5. | RESULTADOS**





### 5.1 Descripción de la muestra

Tras aplicar los criterios de selección en los objetivos transversales de TCHC en dientes maxilares, se incluyeron un total de 82 pacientes, fueron imágenes de 37 hombres y 45 mujeres con una edad media de 39.6 años (rango de edad 18-60 años). Las TCHC fueron realizadas por los siguientes propósitos: cirugía periapical (15), terceros molares impactados (24) o planificación de implantes (43). Se analizaron un total de 156 IC, 149 IL, 152 C, 72 1PM y 72 2PM (Tabla 5.1).

En el objetivo de colocación virtual de implantes, se incluyeron 64 pacientes, 35 mujeres y 29 varones, con una edad media de  $57.0 \pm 10.4$  años (rango de 32 a 76 años). Se analizaron un total de 20 zonas edéntulas en PM y 44 en M, 35 zonas edéntulas maxilares y 29 mandibulares (Tabla 5.2).

Tabla 5.1 Pacientes incluidos en los objetivos de TCHC en dientes maxilares.

**Pacientes incluidos en los objetivos de TCHC en dientes maxilares n=82**

| Sexo    |         | Dientes |     |     |     |     | Propósito TCHC |                    |                            |
|---------|---------|---------|-----|-----|-----|-----|----------------|--------------------|----------------------------|
| Hombres | Mujeres | IC      | IL  | C   | 1PM | 2PM | Cordales       | Cirugía periapical | Planificación de implantes |
| 37      | 45      | 156     | 149 | 152 | 72  | 72  | 24             | 15                 | 43                         |

Tabla 5.2 Pacientes incluidos en los objetivos de colocación virtual de implantes.

Pacientes incluidos en los objetivos de planificación virtual de implantes n=64

| Sexo    |         | Zona edéntula |           |          |       |
|---------|---------|---------------|-----------|----------|-------|
| Hombres | Mujeres | Maxilar       | Mandíbula | Premolar | Molar |
| 29      | 35      | 35            | 29        | 20       | 44    |

## 5.2 Grosor de la cortical vestibular en dientes anteriores

### 5.2.1 Incisivos centrales

El anexo III presenta el análisis descriptivo de la anchura de la cortical vestibular a las distintas distancias de la cresta ósea medidas en los IC, IL y C (indistintamente derechos o izquierdos). La anchura de la cortical vestibular medida a 1 mm debajo de la COV fue de  $0.72 \pm 0.32$  mm,  $0.73 \pm 0.39$  a 2 mm y  $0.69 \pm 0.6$  a 3 mm; la mitad de los dientes presentaron una anchura menor a 0.60 mm. Desde el punto de vista descriptivo la cortical vestibular de los IC fue más estrecha que la de los IL y C (Fig 5.1).

### 5.2.2 Incisivos laterales

La anchura de la cortical vestibular medida a 1 mm debajo de la COV fue de  $0.81 \pm 0.42$  mm,  $0.85 \pm 0.56$  mm a 2 mm y de  $0.79 \pm 0.61$  mm a 3 mm. La mitad de los dientes presentaron una anchura menor a 0.75 mm a 1 y 2 mm de la COV y de 0.60 mm a 3 mm de la COV.

### 5.2.3 Caninos

La anchura de la cortical vestibular medida a 1 mm de la COV fue de  $0.83 \pm 0.43$  mm, de  $0.87 \pm 0.54$  mm a 2 mm y de  $0.82 \pm 0.55$  mm a 3 mm. Igual en que los IL, la mitad de los dientes presentaron una anchura menor a 0.75 mm a 1 y 2 mm de la COV y de 0.60 mm a 3 mm de la COV.

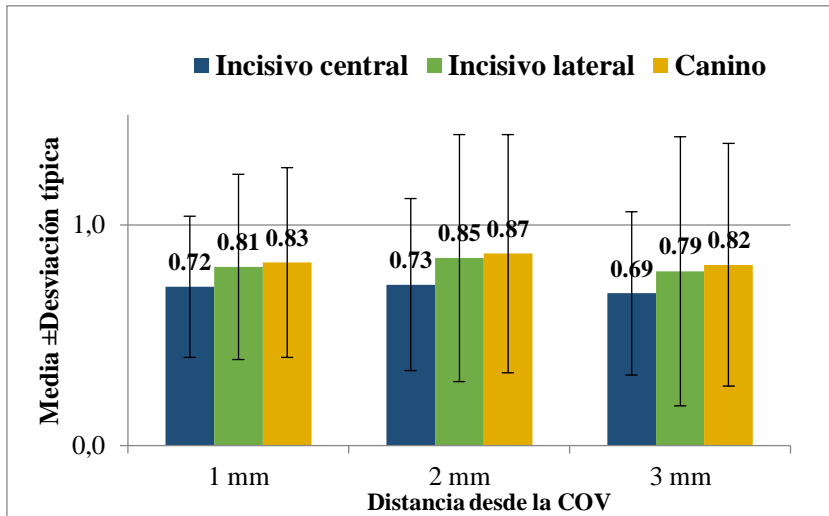


Figura 5.1. Distribución de medias y desviaciones estándar de la anchura de la cortical vestibular en IC, IL y C a 1, 2 y 3 mm de la COV. Observamos que la anchura media de los IC siempre fue menor respecto a los IL y C en los 3 puntos de medición. En cambio los IL y C presentaron valores bastante similares en anchura en todas las mediciones.

En el test F del modelo ANOVA de medidas repetidas (tabla 5.3), observamos que hubieron diferencias estadísticamente significativas a 1 y 2 mm de la COV,

encontrándose una cortical más ancha en IL que en IC ( $p=0.04$ ,  $p=0.015$ ). La cortical vestibular en los C fue más ancha que en los IC en todos los puntos de medición (1 mm  $p=0.005$ , 2 mm  $p=0.002$ , 3 mm  $p=0.004$ ). Las diferencias entre IL y C no fueron significativas en ninguna de las mediciones.

Tabla 5.3 Modelo F test de medidas repetidas del modelo ANOVA. Observamos que la anchura de la cortical vestibular fue estadísticamente más delgada en los IC que en los IL y C a 1 y 2 mm. A 3 mm de la COV solo encontramos diferencias de cortical más delgada en los IC respecto a los C. Entre IL y C no encontramos diferencias en ninguna de las mediciones.

| Distancia desde la COV | (I) Diente | (J) Diente | Diferencia entre medias (I-J) | Error típico | Significación (1) | Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia(1) |                 |
|------------------------|------------|------------|-------------------------------|--------------|-------------------|------------------------------------------------------|-----------------|
|                        |            |            |                               |              |                   | Límite superior                                      | Límite inferior |
| 1 mm                   | IC         | IL         | -.079(*)                      | .038         | .040              | -.154                                                | -.004           |
|                        |            | C          | -.091(*)                      | .032         | .005              | -.154                                                | -.028           |
|                        | IL         | IC         | .079(*)                       | .038         | .040              | .004                                                 | .154            |
|                        |            | C          | -.012                         | .043         | .778              | -.098                                                | .074            |
|                        | C          | IC         | .091(*)                       | .032         | .005              | .028                                                 | .154            |
|                        |            | IL         | .012                          | .043         | .778              | -.074                                                | .098            |
| 2 mm                   | IC         | IL         | -.109(*)                      | .043         | .015              | -.195                                                | -.022           |
|                        |            | C          | -.120(*)                      | .037         | .002              | -.195                                                | -.045           |
|                        | IL         | IC         | .109(*)                       | .043         | .015              | .022                                                 | .195            |
|                        |            | C          | -.011                         | .051         | .822              | -.112                                                | .089            |
|                        | C          | IC         | .120(*)                       | .037         | .002              | .045                                                 | .195            |
|                        |            | IL         | .011                          | .051         | .822              | -.089                                                | .112            |
| 3 mm                   | IC         | IL         | -.076                         | .050         | .130              | -.175                                                | .023            |
|                        |            | C          | -.117(*)                      | .039         | .004              | -.195                                                | -.039           |
|                        | IL         | IC         | .076                          | .050         | .130              | -.023                                                | .175            |
|                        |            | C          | -.041                         | .056         | .467              | -.151                                                | .070            |
|                        | C          | IC         | .117(*)                       | .039         | .004              | .039                                                 | .195            |
|                        |            | IL         | .041                          | .056         | .467              | -.070                                                | .151            |

Basadas en las medias marginales estimadas.

\* La diferencia de las medias es significativa al nivel .05.

1.00 Ajuste para comparaciones múltiples: Diferencia menos significativa (equivalente a la ausencia de ajuste).

#### 5.2.4 Porcentaje de dientes anteriores con una cortical $\geq 1$ mm

La Figura 5.2 describe el porcentaje de IC, IL y C con anchura igual o superior a 1 mm en las distintas zonas de medición debajo de la cresta. Observamos que en los IC disminuye la probabilidad de encontrarnos una cortical vestibular  $\geq 1$  mm respecto a los IL y C en todos los lugares de medición.

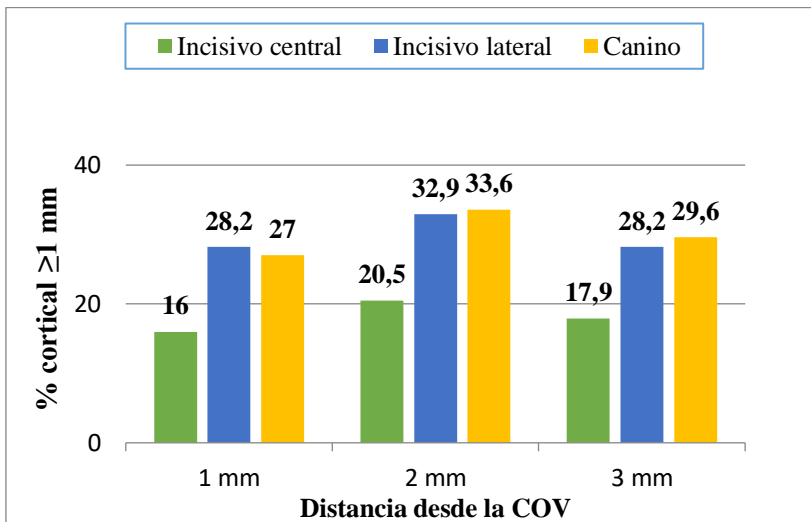


Figura 5.2. Porcentaje de IC, IL y C con una anchura de la cortical vestibular  $\geq 1$  mm en las diferentes zonas de medición. Obsérvese que la prevalencia de anchura  $> 1$  mm fue siempre menor en los IC con respecto a IL y C en todos los lugares de medición (1, 2 y 3 mm de la COV).

### 5.3 Comparativa del grosor de la cortical vestibular entre primeros y segundos premolares maxilares

El Anexo IV presenta el análisis descriptivo de la anchura de la cortical vestibular a las distintas distancias de la COV medidas en los 1PM y 2PM (indistintamente derechos o izquierdos). La anchura de la cortical vestibular medida a 1 mm debajo de la cresta en 1PM fue de  $1.41 \pm 0.50$  mm; mientras que en el 2PM fue de  $1.72 \pm 0.56$  mm. Desde el punto de vista descriptivo, la anchura de la cortical vestibular de los 1PM fue más estrecha que los 2PM en todas las dimensiones analizadas (Figura 5.3). En el análisis estadístico t test de diferencia de medias, se observó una anchura de la cortical vestibular estadísticamente ( $p < 0.001$ ) más ancha del 2PM con respecto al 1PM en todas las mediciones apicales a la COV (Tabla 5.4).

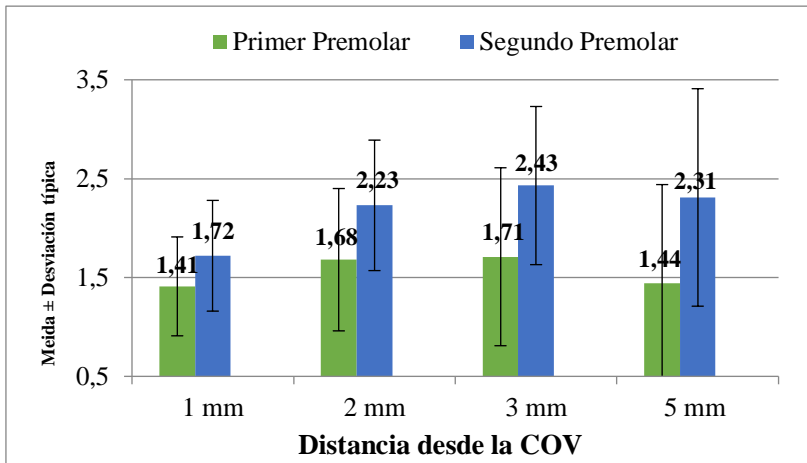


Figura 5.3. Distribución de medias y desviaciones estándar de la anchura de la cortical vestibular (eje vertical) en 1PM y 2PM a 1, 2, 3 y 5 mm de la COV (eje horizontal). La anchura media de los 1PM fue descriptivamente menor que la de los 2PM en todas las zonas de medición apical a la COV.

Tabla 5.4 T- test de diferencia de medias de la anchura de la cortical entre 1PM y 2PM. La anchura de la cortical vestibular del 1PM fue significativamente menor que la del 2PM en todas las zonas de medición apical a la COV. Observamos que la anchura media aumentó a mayor distancia apical a la COV.

| Distancia apical a la COV | N  | Media | Desviación típica | IC 95%      | Mínimo | Máximo | Mediana | p-valor   |
|---------------------------|----|-------|-------------------|-------------|--------|--------|---------|-----------|
| 1 mm                      | 72 | 0.31  | 0.57              | 0.18 – 0.45 | -1.50  | 1.79   | 0.29    | <0.001*** |
| 2 mm                      | 72 | 0.56  | 0.68              | 0.39 – 0.71 | -1.95  | 2.25   | 0.60    | <0.001*** |
| 3 mm                      | 72 | 0.72  | 0.72              | 0.55 – 0.88 | -2.10  | 2.55   | 0.75    | <0.001*** |
| 5 mm                      | 72 | 0.87  | 0.77              | 0.69 – 1.05 | -1.45  | 2.55   | 0.97    | <0.001*** |

N: número de dientes; IC: Intervalo de confianza

### 5.3.1 Porcentaje de premolares con una cortical $\geq 1$ mm y $\geq 2$ mm

La Figura 5.4 describe el porcentaje de 1PM y 2PM con anchura igual o superior a 1 mm en las distintas zonas de medición apical a la COV. Observamos que es más probable obtener una cortical ancha en el 2PM que en el 1PM, y que esta diferencia se hace más notable en mediciones más apicales a la cresta. En la Figura 5.5 se describe el porcentaje de 1PM y 2PM con una cortical  $\geq 2$  mm. En este caso vemos que las diferencias entre ambos premolares fueron notables en todos los lugares de medición.

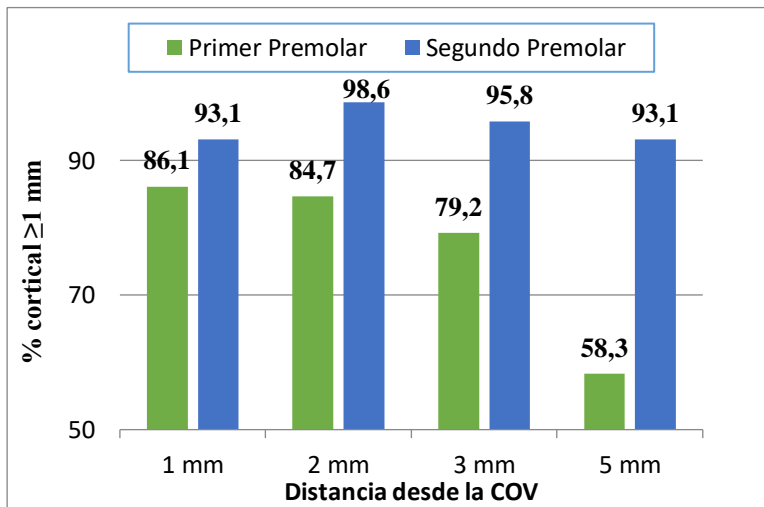


Figura 5.4 Porcentaje de 1PM y 2PM con una anchura de la cortical vestibular  $\geq 1$  mm en las diferentes zonas de medición. El 90% de los 2PM mostraron una anchura  $\geq 1$  mm en todas las zonas de medición, mientras que la prevalencia de una cortical ancha en el 1PM fue menor y disminuyó en las zonas más apicales a la COV.



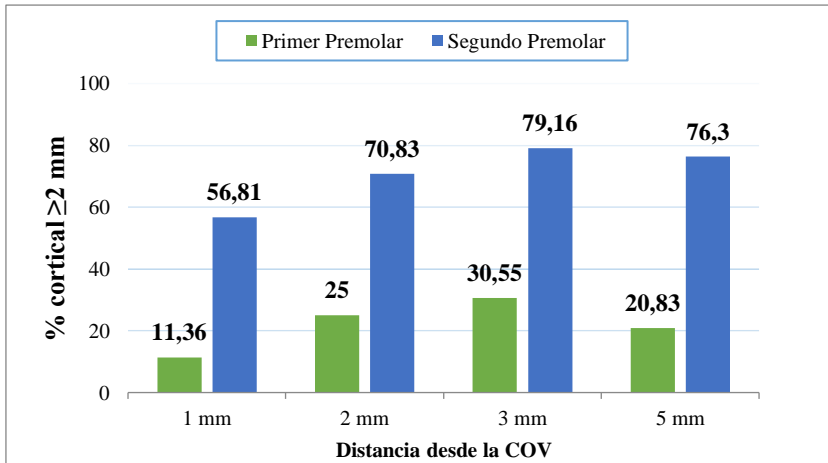


Figura 5.5 Porcentaje de 1PM y 2PM con una anchura de la cortical vestibular  $\geq 2$  mm en las diferentes zonas de medición. Los 2PM mostraron una mayor prevalencia de cortical  $\geq 2$  mm (56-79%) en todas las zonas de medición.

## 5.4 Influencia de la distancia LAC-COV en la anchura de la cortical vestibular en incisivos y caninos

### 5.4.1 Análisis por dientes

#### *Incisivos centrales*

El Anexo V presenta el análisis descriptivo de la anchura de la cortical vestibular a las distintas distancias de la cresta medidas en los IC segmentada según el grupo de distancia LAC-COV: Grupo 1 ( $\leq 3$  mm), Grupo 2 ( $> 3$  mm  $\leq 4.5$  mm) y Grupo 3 ( $> 4.5$  mm). Desde un punto de vista descriptivo, la anchura media fue mayor en los casos con menor distancia LAC-COV (G1) con respecto a los grupos con distancias intermedias (G2) y

grandes (G3) en todas las zonas de medición apical a la COV. Por lo que podemos observar una progresiva disminución de la anchura media conforme se incrementa la distancia LAC-COV. Estos mismos resultados en términos de medias y desviación estándar pueden representarse en la Figura 5.6, los grupos de menor distancia LAC-COV presentan mayor anchura de la cortical vestibular en las 3 zonas de medición.

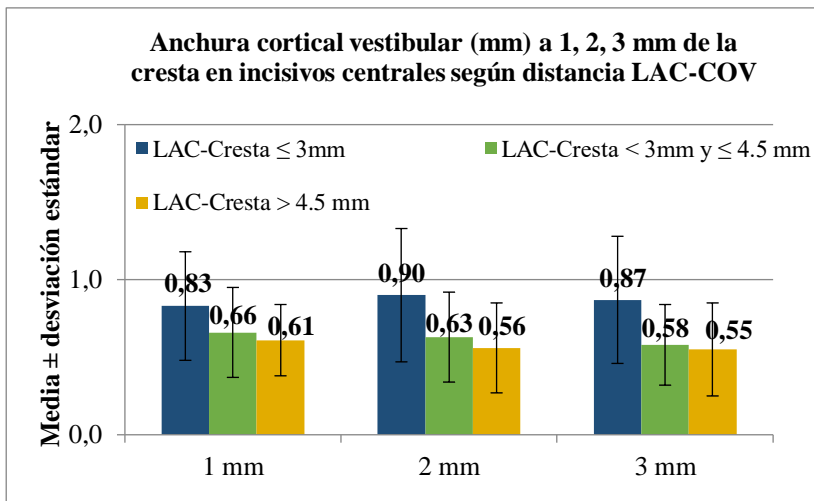


Figura 5.6 Distribución de medias y desviaciones estándar de la anchura de la cortical vestibular en IC. Observamos que la anchura media en los dos grupos de mayor distancia LAC-COV fue bastante similar entre ellos y notablemente menor respecto al grupo de pequeña distancias. En cambio el grupo de pequeña distancia LAC-COV presentó una mayor anchura en todas las zonas de medición.

Una vez realizado en análisis descriptivo, las pruebas post-hoc de Bonferroni confirmaron que la anchura de la cortical vestibular en el grupo de pequeña distancia (G1) fue significativamente superior al de distancia intermedia (G2) (p=0.018) y al de distancia grande (G3) (p=0.003). Sin embargo, no hay diferencias entre los grupos de distancia intermedia (G2) y distancia grande (G3) (p=1.000) (Tabla 5.5).

Tabla 5.5 Pruebas post-hoc de Bonferroni de la anchura de la cortical vestibular en los 3 grupos de los IC. Observamos que existió una mayor anchura de la cortical vestibular (estadísticamente significativa) del grupo de pequeña distancia LAC-COV con respecto a los dos grupos de mayor distancia. Entre los dientes del grupo de distancia grande y distancia intermedia LAC-COV no se hallaron diferencias estadísticamente significativas.

COMPARACIÓN POR PARES

| (I)GRUPO             | (J)GRUPO             | Diferencia de medias (I-J) | Error Típico | gl | Sig. de Bonferroni | Intervalo de confianza Wald para la diferencia 95% |          |
|----------------------|----------------------|----------------------------|--------------|----|--------------------|----------------------------------------------------|----------|
|                      |                      |                            |              |    |                    | Inferior                                           | Superior |
| LAC-COV >4.5 mm      | LAC-COV >3 y ≤4.5 mm | -0.050                     | 0.0622       | 1  | 1.000              | -0.172                                             | 0.072    |
|                      | LAC-COV ≤3 mm        | <b>-0.221*</b>             | 0.0672       | 1  | 0.003              | -0.353                                             | 0.089    |
| LAC-COV >3 y ≤4.5 mm | LAC-COV >4.5 mm      | 0.050                      | 0.0622       | 1  | 1.000              | -0.72                                              | 0.172    |
|                      | LAC-COV ≤3 mm        | <b>-0.171*</b>             | 0.0621       | 1  | 0.018              | -0.292                                             | -0.049   |
| LAC-COV ≤3 mm        | LAC-COV >4.5 mm      | <b>0.221*</b>              | 0.0672       | 1  | 0.003              | 0.089                                              | 0.353    |
|                      | LAC-COV >3 y ≤4.5 mm | <b>0.171*</b>              | 0.0621       | 1  | 0.18               | 0.049                                              | 0.292    |

gl: grado de libertad; Sig. de Bonferroni: significancia de Bonferroni

\*La diferencias de medias es significativas al 0.05

Si en lugar de utilizar intervalos para la distancia LAC-COV, se atiende al rango original de sus valores (escala continua), puede representarse en la Figura 5.7. Un modelo de regresión lineal simple (Tabla 5.6) demuestra que, la relación fue estadísticamente significativa ( $p < 0.001$ ), pero sólo puede considerarse de intensidad débil-moderada ( $r = -0,356$ ;  $p < 0,001$ ). Se observó una disminución de la anchura conforme esta distancia aumentó.

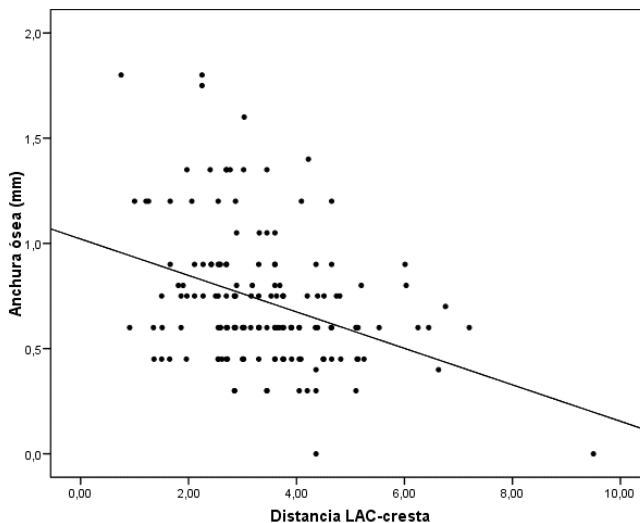


Figura 5.7 Regresión lineal entre la anchura de la cortical vestibular y la distancia LAC-Cresta de los IC. Observamos una relación inversa entre la distancia LAC-COV y la anchura de la cortical vestibular de intensidad débil-moderada ( $r^2 = 35.6\%$ ), es decir a mayor distancia LAC-COV cabe esperar una menor anchura de la cortical vestibular.

Tabla 5.6 Asociación entre anchura de la cortical vestibular y distancia LAC-COV: resultados test Chi<sup>2</sup> de Wald del modelo EEG de regresión lineal simple con variable dependiente anchura. Observamos que existió una relación inversamente significativa, a mayor distancia LAC-COV menor fue la anchura de la cortical vestibular.

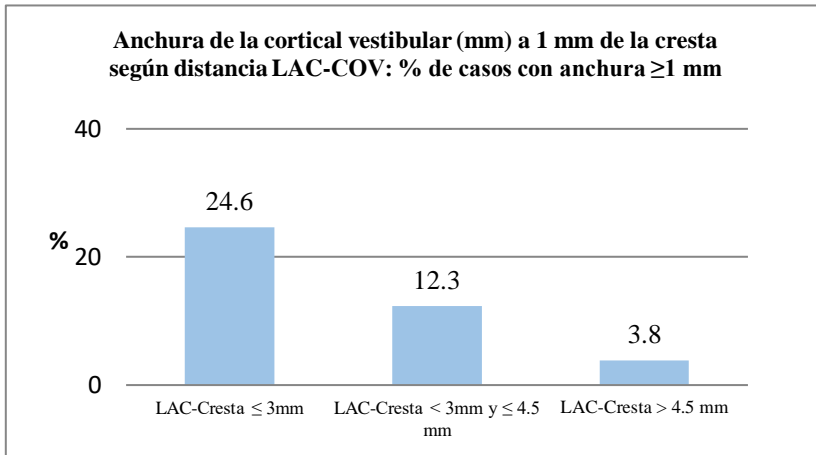
|                          | B      | E.T.  | IC 95.0% para B |          | Contraste de hipótesis |    |           |
|--------------------------|--------|-------|-----------------|----------|------------------------|----|-----------|
|                          |        |       | Inferior        | Superior | Chi <sup>2</sup> Wald  | gl | p-valor   |
| <b>Constante</b>         | 1.021  | 0.082 | 0.859           | 1.183    | 152.696                | 1  | <0.001*** |
| <b>Distancia LAC-COV</b> | -0.087 | 0.020 | -0.126          | -0.048   | 18.842                 | 1  | <0.001*** |

IC: intervalo de confianza; gl: grado de libertad

Por cada 1 mm adicional de distancia LAC-COV, la anchura de la cortical se redujo 0.087 mm en promedio. Éste fue el impacto unitario de un cambio en la variable independiente. Pero solo el 12.7% de toda la variabilidad de la anchura se explica a partir de la distancia. Por lo que aunque hay una relación lineal no nula entre los dos parámetros, es muy difícil intentar predecir la anchura de la cortical vestibular únicamente a partir de la distancia LAC-COV.

La Figura 5.8 describe el porcentaje de casos con anchura de la cortical vestibular igual o superior a 1 mm en los IC según el grupo de distancia LAC-COV. Observamos que en los grupos en los que la distancia LAC-COV fue mayor, disminuye la probabilidad de encontrarnos una cortical vestibular  $\geq 1$  mm.

Figura 5.8 Porcentaje de IC con una anchura de la cortical vestibular  $\geq 1$ mm divididos por grupos LAC-COV. Observamos que en los dientes del grupo de pequeña distancia LAC-COV (G1) existió una mayor prevalencia de anchura de la cortical vestibular  $\geq 1$  mm.



### *Incisivos laterales*

El Anexo VI presenta el análisis descriptivo de la anchura de la cortical vestibular a las distintas distancias de la cresta en los IL segmentada según el grupo de distancia LAC-COV. Desde el punto de vista descriptivo, observamos de nuevo como la anchura media de la cortical vestibular fue mayor en los casos con menor distancia LAC-COV (G1); pero sin diferencias entre distancias medias (G2) y grandes (G3). A 2 y 3 mm de la COV, desde el punto de vista descriptivo, no parece haber diferencias con las medidas a 1 mm. Respecto a la distancia LAC-COV, los resultados obtenidos fueron similares a los de a 1 mm de la COV,

una cortical vestibular más gruesa cuanto menor es la distancia LAC-COV.

Comparando con el resultado obtenido para los IC, puede observarse diferencias entre el G2 y el G3. En el caso de los incisivos centrales, se describió gran homogeneidad entre ambos segmentos. En la figura 5.9 se presentan las medias con desviaciones estándar.

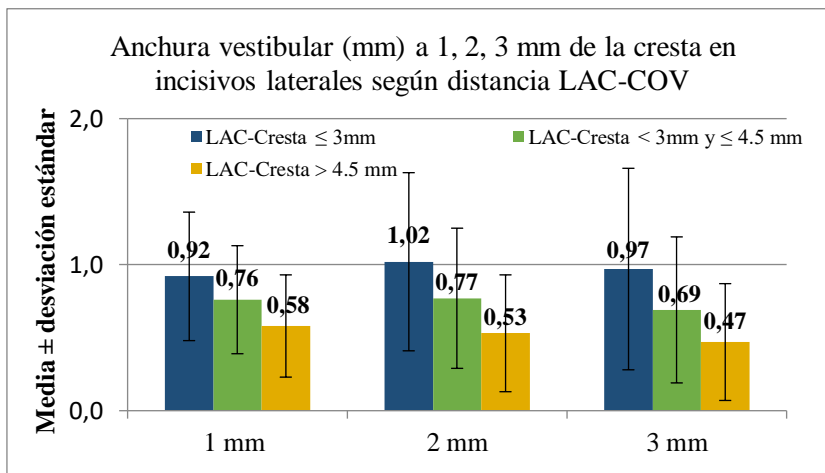


Figura 5.9 Distribución de medias y desviaciones estándar de la anchura de la cortical vestibular en IL. Observamos que la anchura media en los grupos de mayor distancia LAC-COV fue menor y similar en valores. En cambio el grupo de pequeña distancia LAC-COV presentó una mayor anchura en todas las zonas de medición.

La anchura media fue significativamente distinta entre los 3 grupos de distancia LAC-COV ( $p=0.006$ ). Las pruebas post-hoc

de Bonferroni (Tabla 5.7) puntualizan que sólo la anchura en distancias pequeñas (G1) fue significativamente superior a la de distancias grandes (G3) ( $p=0.005$ ). En los otros dos pares de comparaciones no se alcanza la significancia estadística: G1-G2 ( $p=0.164$ ) y G2-G3 ( $p=0.202$ ). Si en lugar de utilizar intervalos para la distancia LAC-COV, se atiende al rango original de sus valores (escala continua), puede representarse en la Figura 5.10.

Tabla 5.7 Pruebas post-hoc de Bonferroni de la anchura de la cortical vestibular en los 3 grupos de los IL. Observamos que solo existieron diferencias estadísticamente significativas de mayor anchura de la cortical vestibular en el grupo de pequeña distancia LAC-COV (G1) con respecto al grupo de distancias grandes (G3); existieron diferencias con respecto al grupo de distancia intermedia pero no fueron significativas. Entre los dientes del grupo G2 y G3 no se hallaron diferencias estadísticamente significativas.

COMPARACIÓN POR PARES

| (I)GRUPO                       | (J)GRUPO             | Diferencia de medias (I-J) | Error Típico | gl | Sig. De Bonferroni | Intervalo de confianza Wald para la diferencia 95% |          |
|--------------------------------|----------------------|----------------------------|--------------|----|--------------------|----------------------------------------------------|----------|
|                                |                      |                            |              |    |                    | Inferior                                           | Superior |
| <b>LAC-COV &gt;4.5 mm</b>      | LAC-COV >3 y ≤4.5 mm | -0.184                     | 0.1004       | 1  | 0.202              | -0.380                                             | 0.013    |
|                                | LAC-COV ≤3 mm        | <b>-0.342*</b>             | 0.1084       | 1  | 0.005              | -0.554                                             | -0.130   |
| <b>LAC-COV &gt;3 y ≤4.5 mm</b> | LAC-COV >4.5 mm      | 0.184                      | 0.1084       | 1  | 0.202              | -0.13                                              | 0.380    |
|                                | LAC-COV ≤3 mm        | -0.158                     | 0.0823       | 1  | 0.164              | -0.320                                             | 0.003    |
| <b>LAC-COV ≤3 mm</b>           | LAC-COV >4.5 mm      | <b>0.342*</b>              | 0.1084       | 1  | 0.005              | 0.130                                              | 0.554    |
|                                | LAC-COV >3 y ≤4.5 mm | 0.158                      | 0.0823       | 1  | 0.164              | -0.003                                             | 0.320    |

gl: grado de libertad; Sig. de Bonferroni: significancia de Bonferroni  
 \*La diferencias de medias es significativas al 0.05



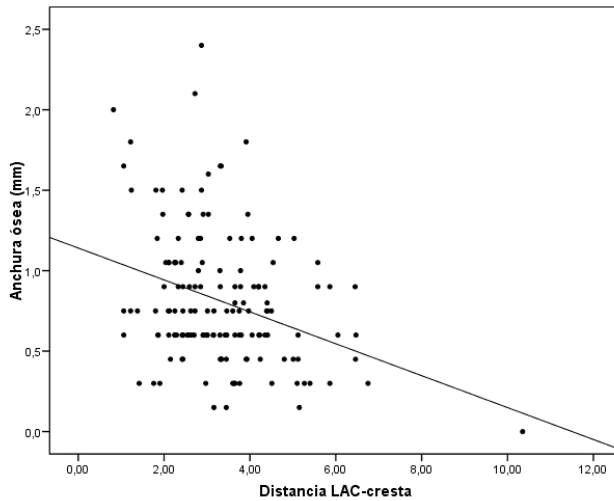


Figura 5.10 Regresión lineal entre la anchura de la cortical vestibular y la distancia LAC-COV de los IL. Observamos una relación inversa entre la distancia LAC-COV y la anchura de la cortical vestibular de intensidad débil-moderada ( $r^2=32.3\%$ ), es decir a mayor distancia LAC-COV cabe esperar una menor anchura de la cortical vestibular.

La relación entre la distancia LAC-COV y la anchura de la cortical vestibular fue significativa; pero sólo puede considerarse de intensidad débil-moderada ( $r=-0.323$ ;  $p<0.001$ ). Se observa una disminución de la anchura conforme aumenta la distancia LAC-COV. Un modelo de regresión lineal simple (Tabla 5.8) demuestra que, en efecto, la relación fue estadísticamente significativa ( $p<0.001$ ): Se lee que por cada 1 mm adicional de distancia LAC-COV, la anchura se redujo 0.099 mm en promedio.

Tabla 5.8 Asociación entre anchura de la cortical vestibular y distancia LAC-COV: resultados test Chi<sup>2</sup> de Wald del modelo EEG de regresión lineal simple con variable dependiente anchura. Observamos que existió una relación inversamente significativa, a mayor distancia LAC-COV menor fue la anchura de la cortical vestibular.

|                          | B      | ET    | IC 95 % para B |          | Contraste de hipótesis   |    |           |
|--------------------------|--------|-------|----------------|----------|--------------------------|----|-----------|
|                          |        |       | Inferior       | Superior | Chi <sup>2</sup><br>Wald | gl | p-valor   |
| <b>Constante</b>         | 1.141  | 0.109 | 0.925          | 1.356    | 107.877                  | 1  | <0.001*** |
| <b>Distancia LAC-COV</b> | -0.099 | 0.027 | -0.151         | -0.047   | 13.964                   | 1  | <0.001*** |

IC: intervalo de confianza; gl: grado de libertad

La Figura 5.11 describe el porcentaje de IL con anchura igual o superior a 1 mm según los grupos LAC-COV. Observamos que en los grupos en los que la distancia LAC-COV fue mayor, disminuyó la probabilidad de encontrarnos una cortical vestibular  $\geq 1$  mm.

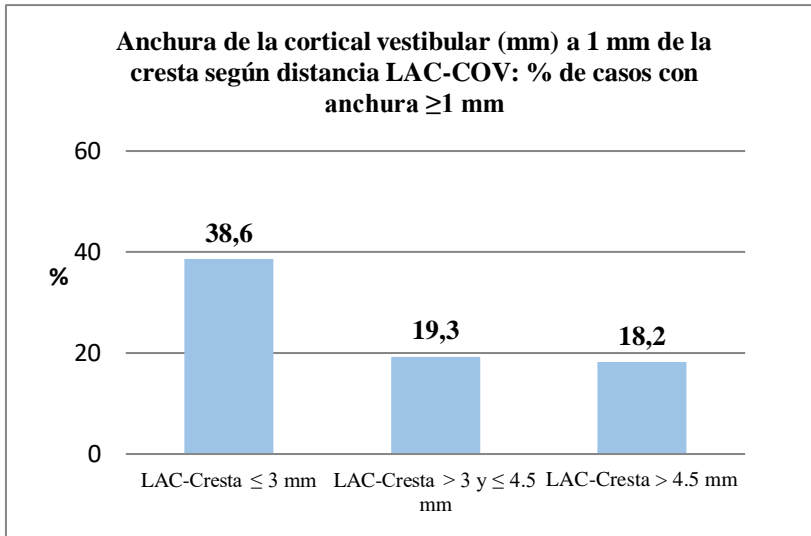


Figura 5.11 Porcentaje de IL con una anchura de la cortical vestibular  $\geq 1$ mm divididos por grupos LAC-COV. Observamos que en los dientes del grupo de pequeña distancia LAC-COV (G1) existe una mayor prevalencia de anchura de la cortical vestibular  $\geq 1$  mm.

### Caninos

El Anexo VII presenta el análisis descriptivo de la anchura de la cortical vestibular a las distintas distancias de la COV en los C segmentada según el grupo de distancia LAC-COV. Desde el punto de vista descriptivo, se observó de nuevo la progresiva disminución de la anchura media conforme se incrementó la distancia LAC-COV. A 2 y 3 mm de la COV, no parece haber diferencias con las medidas a 1 mm. Respecto a la distancia LAC-COV, los resultados obtenidos fueron similares a los IC e IL, una cortical vestibular más gruesa cuanto menor fue la distancia LAC-COV.

Comparando con los IC e IL estudiados previamente, se volvió a observar la reducción lineal de la anchura en dientes con distancias LAC-COV mayores. En términos de medias y desviación estándar, puede representarse en la Figura 5.12.

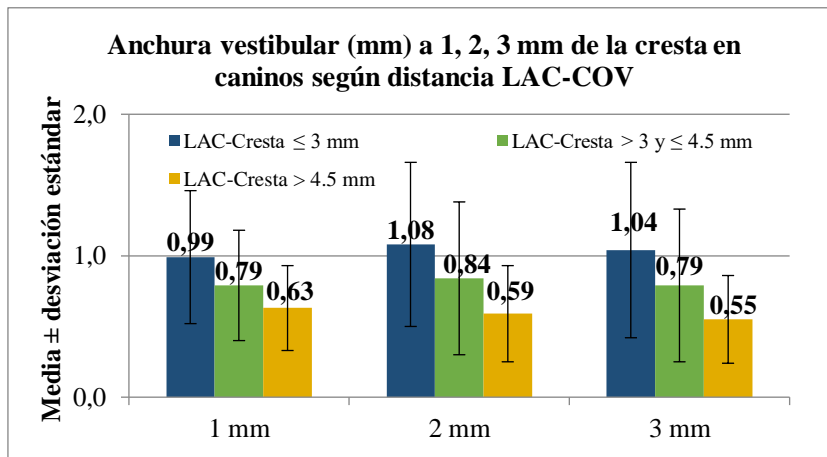


Figura 5.12 Distribución de medias y desviaciones estándar de la anchura de la cortical vestibular en IL. Observamos que la anchura media en los grupos de mayor distancia LAC-COV fue menor y similar en valores. En cambio el grupo de pequeña distancia LAC-COV presentó una mayor anchura en todas las zonas de medición.

La anchura media fue significativamente distinta entre los 3 niveles de distancia LAC-COV ( $p < 0.001$ ). Las pruebas post-hoc de Bonferroni (Tabla 5.9) puntualizan que sólo la anchura en distancias pequeñas (G1) fue significativamente superior a la de distancias grandes (G3) ( $p < 0.001$ ). En los otros dos pares de

comparaciones no se alcanzó la significancia estadística: G1-G2 ( $p=0.136$ ) e G2-G3 ( $p=0.202$ ). Si en lugar de utilizar intervalos para la distancia LAC-COV, se atiende al rango original de sus valores (escala continua), puede representarse la Figura 5.13.

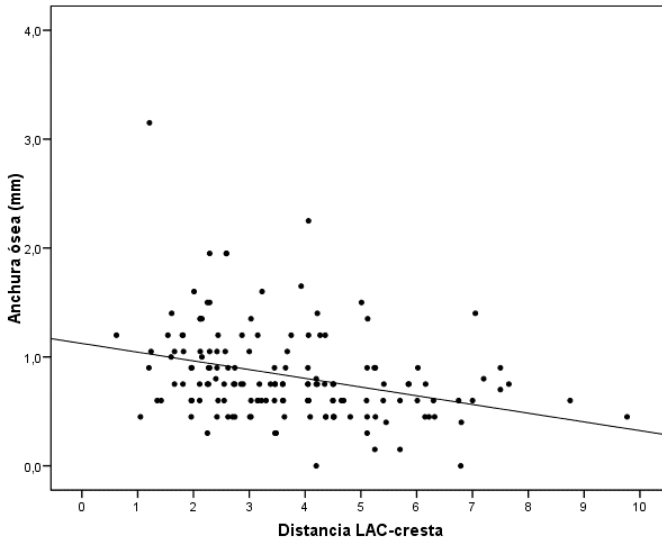


Figura 5.13 Regresión lineal entre la anchura de la cortical vestibular y la distancia LAC-COV de los caninos. Observamos una relación inversa entre la distancia LAC-COV y la anchura de la cortical vestibular de intensidad débil-moderada ( $r^2=31.9\%$ ), es decir a mayor distancia LAC-COV cabe esperar una menor anchura de la cortical vestibular.

Tabla 5.9 Pruebas post-hoc de Bonferroni de la anchura de la cortical vestibular en los 3 grupos de los C. Observamos que solo fue estadísticamente significativa más ancha la cortical vestibular del grupo de pequeña distancia LAC-COV (G1) con respecto al grupo de distancias grandes (G3); existieron diferencias con respecto al grupo de distancia intermedia pero no fueron significativas. Entre los dientes del grupo de distancia intermedia (G2) y de distancias grandes (G3) LAC-COV no se hallaron diferencias estadísticamente significativas.

| COMPARACIÓN POR PARES |                      |                            |              |    |                    |                                                    |          |
|-----------------------|----------------------|----------------------------|--------------|----|--------------------|----------------------------------------------------|----------|
| (I)GRUPO              | (J)GRUPO             | Diferencia de medias (I-J) | Error Típico | gl | Sig. De Bonferroni | Intervalo de confianza Wald para la diferencia 95% |          |
|                       |                      |                            |              |    |                    | Inferior                                           | Superior |
| LAC-COV >4.5 mm       | LAC-COV >3 y ≤4.5 mm | -0.155                     | 0.0849       | 1  | 0.202              | -0.322                                             | 0.011    |
|                       | LAC-COV ≤3 mm        | <b>-0.355*</b>             | 0.0873       | 1  | 0.000              | -0.526                                             | -0.184   |
| LAC-COV >3 y ≤4.5 mm  | LAC-COV >4.5 mm      | 0.155                      | 0.0849       | 1  | 0.202              | -0.11                                              | 0.322    |
|                       | LAC-COV ≤3 mm        | -0.199                     | 0.0994       | 1  | 0.136              | -0.394                                             | -0.004   |
| LAC-COV ≤3 mm         | LAC-COV >4.5 mm      | <b>0.355*</b>              | 0.0873       | 1  | 0.000              | 0.184                                              | 0.526    |
|                       | LAC-COV >3 y ≤4.5 mm | 0.1999                     | 0.0994       | 1  | 0.136              | 0.004                                              | 0.394    |

gl: grado de libertad; Sig. de Bonferroni: significancia de Bonferroni  
 \*La diferencias de medias es significativas al 0.05

La relación entre la distancia LAC-COV y la anchura de la cortical vestibular fue significativa; pero sólo puede considerarse de intensidad débil-moderada ( $r=-0.319$ ;  $p<0.001$ ). Se observa disminución de la anchura conforme aumenta la distancia. Un modelo de regresión lineal simple (Tabla 5.10) demuestra que, en efecto, la relación fue estadísticamente significativa ( $p<0.001$ ). Se lee que por cada 1 mm adicional de

distancia LAC-COV, la anchura se redujo 0.080 mm en promedio.

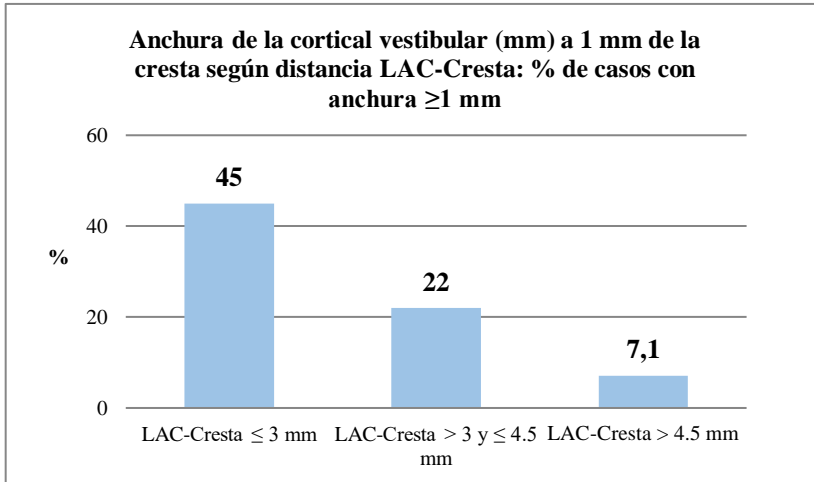
Tabla 5.10 Asociación entre anchura cortical vestibular y distancia LAC-COV: resultados test Chi<sup>2</sup> de Wald del modelo EEG de regresión lineal simple con variable dependiente anchura. Observamos que existió una relación inversamente significativa, a mayor distancia LAC-COV menor fue la anchura de la cortical vestibular.

|                          | B          | E.T.  | I.C. 95,0% para B |          | Contraste de hipótesis |    |           |
|--------------------------|------------|-------|-------------------|----------|------------------------|----|-----------|
|                          |            |       | Inferior          | Superior | Chi <sup>2</sup> Wald  | gl | p-valor   |
| Constante                | 1.124      | 0.107 | 0.914             | 1.334    | 110.091                | 1  | <0.001*** |
| Distancia LAC-C<br>resta | -<br>0.080 | 0.023 | -0.125            | -0.035   | 12.370                 | 1  | <0.001*** |

IC: intervalo de confianza; gl: grado de libertad

La Figura 5.14 describe el porcentaje de C con anchura igual o superior a 1 mm según el grupo de distancia LAC-COV. Observamos que en los grupos en los que la distancia LAC-COV fue mayor, disminuyó la probabilidad de encontrarnos una cortical vestibular  $\geq 1$  mm, igual que en los IC y los IL.

Figura 5.14 Porcentaje de C con una anchura de la cortical vestibular  $\geq 1$ mm divididos por grupos LAC-COV. Observamos que en los dientes del grupo de pequeña distancia LAC-COV (G1) existió una mayor prevalencia de anchura de la cortical vestibular  $\geq 1$  mm, casi la mitad de los casos.



En resumen, los dientes (IC, IL, C) del G1 mostraron una anchura de la cortical estadísticamente significativa más ancha que los del G3. Las diferencias entre los dientes del G1 y G2 solo fueron significativas en los IC. En todos los dientes se encontró una relación inversa entre la distancia LAC-COV y la anchura de la cortical vestibular. El porcentaje de dientes con una anchura de la cortical vestibular  $\geq 1$  mm fue del 16% en los incisivos centrales, del 28.2% en los incisivos laterales y del 27% en los caninos.



### 5.4.2 Análisis por grupos según distancia LAC-COV

Para análisis adicionales se agruparon los resultados de los todos dientes analizados previamente en 3 grupos según la distancia LAC-COV: Grupo 1 ( $\leq 3$  mm), Grupo 2 ( $>3 \leq 4.5$  mm) y Grupo 3 ( $>4.5$  mm). Los dientes incluidos están representados en la Tabla 5.11:

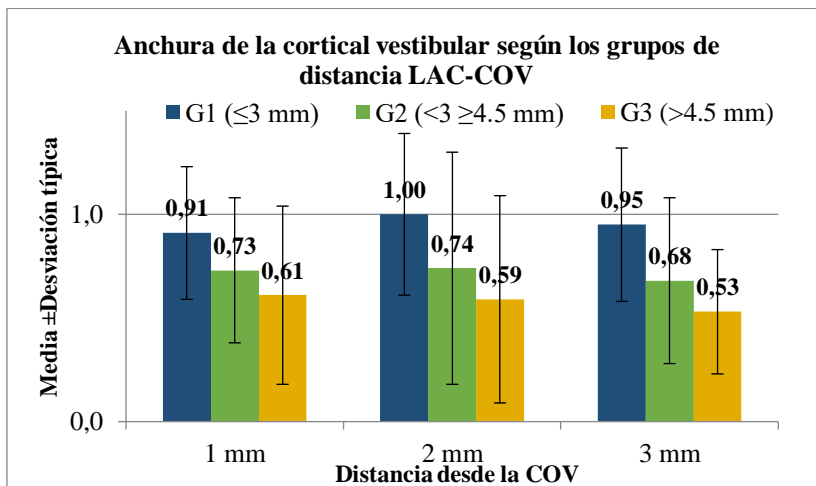
Tabla 5.11 Dientes anteriores maxilares analizados y divididos por grupos LAC-COV.

| Dientes   | Distancia LAC-COV         |                                |                             | Total |
|-----------|---------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-------|
|           | Grupo 1<br>( $\leq 3$ mm) | Grupo 2<br>( $>3 \leq 4.5$ mm) | Grupo 3<br>( $\geq 4.5$ mm) |       |
| <b>IC</b> | 65                        | 65                             | 26                          | 156   |
| <b>IL</b> | 70                        | 57                             | 22                          | 149   |
| <b>C</b>  | 60                        | 50                             | 42                          | 152   |

El Anexo VIII presenta el análisis descriptivo de la anchura del hueso vestibular de los dientes anteriores analizados (IC, IL, C) a las distintas distancias de la cresta y divididos según los grupos LAC-COV. Desde el punto de vista descriptivo, se advierte de la misma manera que pasó en el análisis por dientes, la progresiva disminución de la anchura media conforme se incrementa la distancia LAC-COV.

Se observó una mayor anchura estadísticamente significativa de la cortical vestibular en los dientes del G1 con respecto a los del G2 (1 mm  $p=0.010$ ; 2 mm  $p=0.003$ ; 3 mm  $p=0.004$ ) y G3 ( $p<0.001$ ) en todos los dientes a todas las distancias apical a la cresta medidas. Las diferencias en anchura entre los dientes del G2 y G3 solo fueron estadísticamente significativas a 2 mm debajo de la cresta ( $p=0.034$ ), con mayor anchura media en el G2. En las otras dos distancias medidas, las diferencias entre el G2 y G3 tienen una fuerte tendencia, pero no llegaron a ser significativas (1 mm  $p=0.070$ ; 3 mm  $p=0.072$ ) (Figura 5.15).

Figura 5.15 Distribución de medias y desviaciones estándar de la anchura de la cortical vestibular con diferencias estadísticamente significativas de mayor anchura del G1 con respecto a G2 y G3 en todos los dientes y distancias medidas. En los grupos de mayor distancia LAC-COV la anchura media fue inferior con respecto al grupo de pequeña distancia (G1).



Se realizó una regresión lineal simple (Figura 5.16) que mostró una relación inversamente significativa ( $p < 0.001$ ) entre la anchura de la cortical vestibular y la distancia LAC-COV. Podemos decir que cuanto mayor sea distancia LAC-COV menor anchura de la cortical vestibular en todos los dientes analizados. Sin embargo, esta relación solo puede ser considerada de intensidad débil-moderada ( $r = -0.318$ ), por lo que hay más factores que influyen en la anchura de la cortical vestibular.

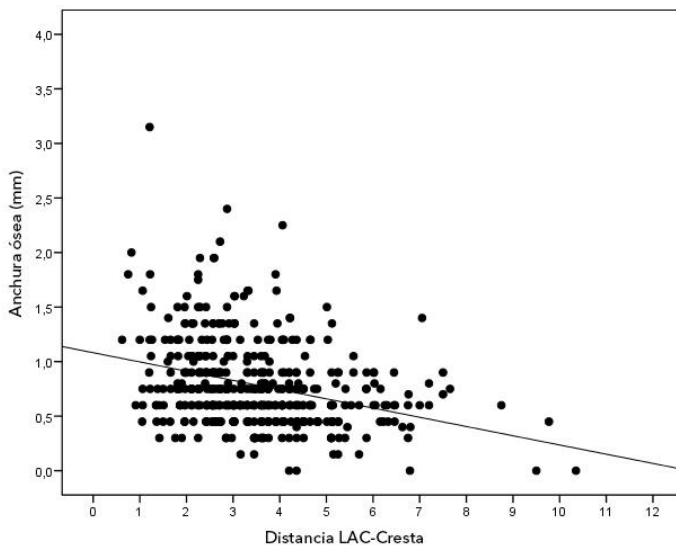


Figura 5.16 Regresión lineal entre la anchura de la cortical vestibular y la distancia LAC-COV. Observamos una relación inversa entre la distancia LAC-COV y la anchura de la cortical vestibular de intensidad débil-moderada ( $r^2 = 31.8\%$ ), es decir a mayor distancia LAC-COV cabe esperar una menor anchura de la cortical vestibular.

La cantidad de dientes que presentaron una anchura de la cortical vestibular igual o mayor a 1 mm, también varió según la distancia LAC-COV. De todos los dientes analizados se observó una anchura de la cortical  $\geq 1$  mm del 35% en el G1, del 17.4% en el G2 y del 8.9% en el G3 (Figura 5.17). Por lo tanto la prevalencia de tener una anchura de la cortical vestibular mayor a 1 mm es mayor cuanto menor sea la distancia desde la LAC hasta la COV. El porcentaje de dientes con una anchura  $\geq 1$  mm por grupos está representado en la siguiente gráfica:

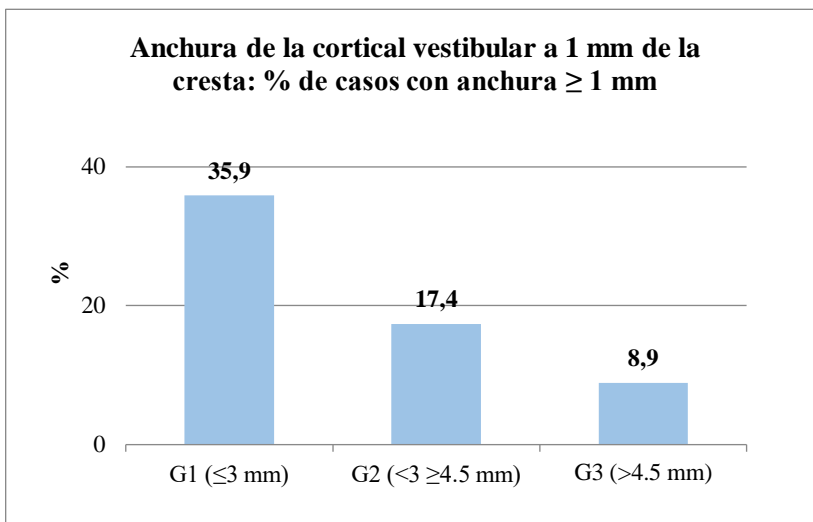


Figura 5.17 Porcentaje de dientes con una anchura de la cortical vestibular  $\geq 1$  mm divididos por grupos LAC-COV. Observamos que en los grupos de menor distancia LAC-COV (G1) existió una mayor prevalencia de anchura de la cortical vestibular  $\geq 1$  mm.

En resumen, se observó una mayor anchura de la cortical vestibular en los dientes del G1 (menor distancia LAC-COV) con respecto a los del G2 y G3 en todos los dientes y a todas las distancias medidas apical a la cresta ósea. La prevalencia de tener una anchura de la cortical vestibular  $\geq 1$  mm es mayor cuanto menor sea la distancia desde la LAC hasta la COV. Por lo tanto se rechaza la hipótesis de trabajo de que a mayor distancia LAC-COV mayor sería la anchura y se valida la hipótesis nula.

## 5.5 Cortical vestibular en planificación virtual de implantes

### **5.5.1 Anchura de la cortical vestibular del implante según la posición apico-coronal**

En la tabla Anexo IX se muestra en análisis descriptivo de la anchura de la cortical vestibular en la colocación virtual de implantes: de forma crestal, 0.5 mm, 1 mm, 1.5 mm y 2 mm subcrestales. A nivel de la cresta, la anchura media fue  $1.99 \pm 1.10$  mm y fue aumentando progresivamente hacia niveles subcrestales (Figura 5.18).

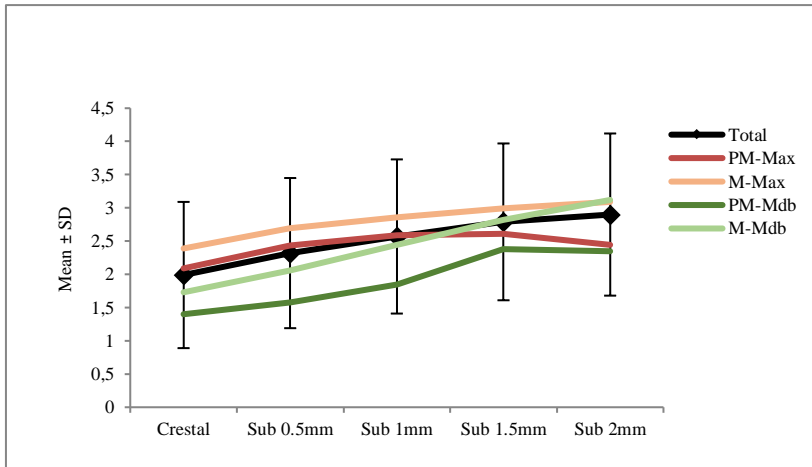


Figura 5.18 Cortical vestibular en las diferentes posiciones subcrestales del implantes y según diente y arcada. El eje vertical indica la anchura de la cortical vestibular expresada en mm, mientras que el horizontal las distintas posiciones apicocoronales del implante. Observamos que la menor anchura media tuvo lugar en los premolares mandibulares y la mayor anchura media en los molares maxilares en todas las posiciones subcrestales del implante.

Al relacionar la anchura de la cortical vestibular con el nivel de profundidad ósea a la que se colocaba el implante, se encontró una relación estadísticamente significativa ( $p < 0.001$ ) (Anexo X). Por lo tanto cuando el implante se colocaba en una posición más subcrestal, mayor fue la anchura de la cortical vestibular periimplantaria. Además las en las pruebas de comparación múltiple de Bonferroni se observaron diferencias significativas entre todas las mediciones excepto entre la anchura de la cortical a 1.5 y 2 mm subcrestal ( $p = 0.0471$ ) (Tabla 5.12).

Tabla 5.12 Anchura de la tabla según nivel de profundidad: resultados comparaciones múltiples de Bonferroni. Observamos que existieron diferencias estadísticamente significativas entre todas las posiciones subcrestales excepto entre 1.5 mm y 2 mm.

|        | 0 mm      | 0.5 mm    | 1 mm      | 1.5 mm |
|--------|-----------|-----------|-----------|--------|
| 0 mm   |           |           |           |        |
| 0.5 mm | <0.001*** |           |           |        |
| 1 mm   | <0.001*** | <0.001*** |           |        |
| 1.5 mm | <0.001*** | <0.001*** | <0.001*** |        |
| 2 mm   | <0.001*** | <0.001*** | <0.001*** | 0.471  |

\*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001

En la tabla Anexo XI se presenta el análisis descriptivo de la anchura de la cortical según el tipo de zona edéntula (PM o M) y la arcada maxilar o mandibular. En el análisis estadístico (Tabla 5.13) vemos que la diferencia de anchura depende específicamente de la profundidad a la que se colocó el implante, pero no depende ni de la posición edéntula ni de la arcada (Figura 5.19 y 5.20).

Tabla 5.13 Anchura de la cortical vestibular periimplantaria según nivel de profundidad, posición y arcada: resultados test F del modelo lineal general ANOVA de 2 vías. Observamos la influencia que tienen en la anchura los posibles factores modificantes. Observamos el único factor que tuvo influencia en la anchura de la cortical fue la profundidad subcrestal del implante. Las diferencias en anchura entre arcadas dependen específicamente de la profundidad subcrestal a la que estuvimos midiendo.

|                                 | F    | p-valor             |
|---------------------------------|------|---------------------|
| Profundidad                     | 16.2 | <b>&lt;0.001***</b> |
| Posición                        | 0.79 | 0.378               |
| Arcada                          | 1.11 | 0.296               |
| Posición x Arcada               | 0.07 | 0.791               |
| Posición x Profundidad          | 1.41 | 0.243               |
| Arcada x Profundidad            | 3.89 | <b>0.007**</b>      |
| Posición x Arcada x Profundidad | 0.53 | 0.711               |

\*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001



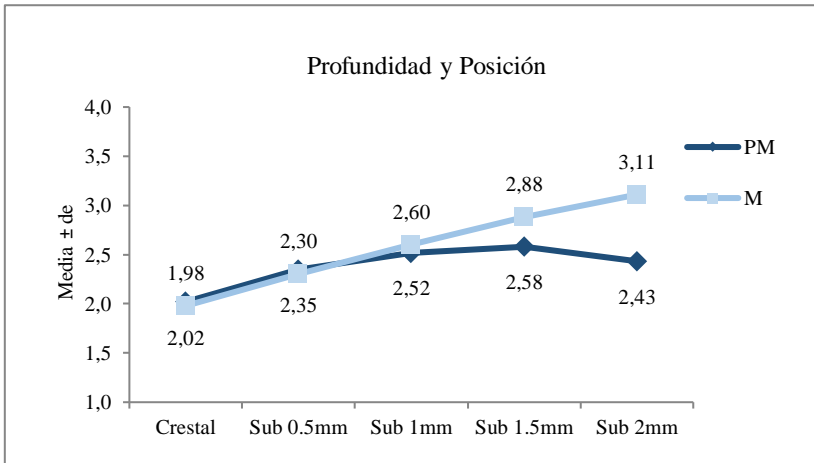


Figura 5.19 Anchura de la cortical vestibular según profundidad y posición del implante. Observamos que hasta 1 mm subcrestal la anchura fue similar en premolares y molares; pero a mayor profundidad la anchura de la cortical vestibular en molares fue mayor que la de los premolares.

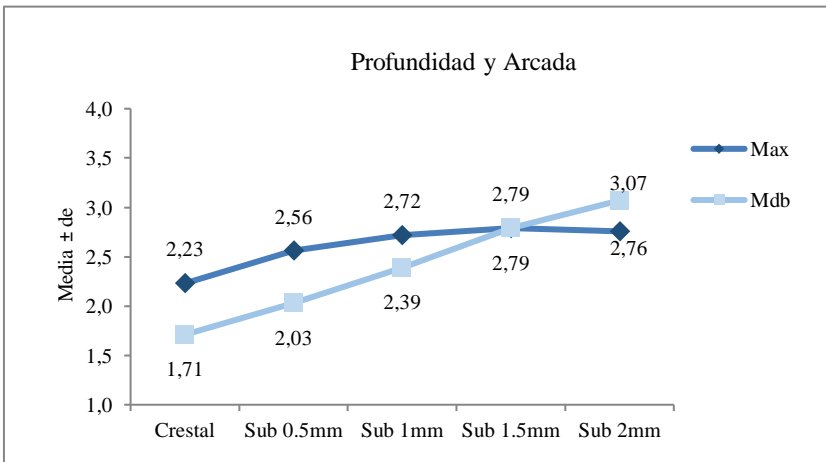


Figura 5.20 Anchura de la cortical vestibular según profundidad y arcada del implante. La anchura media de la cortical vestibular en mandíbula fue inferior a la del maxilar hasta 1.5 mm subcrestal, a partir de este punto se invierten los valores; con mayor anchura media de la mandíbula sobre el maxilar.

Lo que se observó fue que, hasta una distancia de 1mm por debajo de la cresta, la anchura de la cortical es similar en premolares y molares. Es a mayor profundidad cuando la anchura de los molares tiende a superar la de los premolares. Tan solo a 2 mm subcrestal puede hablarse de diferencia significativa según la posición dental ( $p=0.032$ ).

En cuanto a la arcada, los valores medios de anchura en el maxilar son superiores a los de la mandíbula hasta cierto nivel de profundidad; pero a partir de 1.5 mm la tendencia parece invertirse. Las únicas diferencias significativas de mayor anchura de la cortical vestibular en el maxilar que en la mandíbula se dan a nivel crestal ( $p=0.029$ ) y a 0.5mm ( $p=0.034$ ). La arcada tiene más influencia que la posición en cuanto a la anchura de la cortical vestibular.

### **5.5.2 Grosor de la cortical ósea crestal**

En la tabla Anexo XII se presenta el análisis descriptivo del espesor de cortical ósea crestal en las zonas edéntulas donde estuvo planificada la colocación de los implantes, segmentadas por arcada y posición dentaria (PM y M). Observamos que la media de espesor de todas las mediciones fue  $1.16 \pm 0.97$  mm. Entre PM y M de la misma arcada no observamos grandes diferencias, pero sí entre los dientes de diferente arcada. El espesor medio en la arcada maxilar fue de  $0.93 \pm 0.75$  mm y en

la mandibular fue de  $1.44 \pm 1.15$  mm, hubo notablemente más espesor de cortical crestral en la mandíbula que en el maxilar.

A partir de los resultados de la tabla 5.14, podemos ver que si colocamos el implante subcrestral a 0.5 mm superaremos la cortical crestral en un 4.7% de los casos, a 1 mm en el 61%, a 1.5 mm en el 78.2% y a 2 mm en el 90.7% de los casos (Figura 5.21).

Tabla 5.14 Prevalencia de anchura de cortical ósea crestral. Observamos que la más de la mitad de los casos presentaron una anchura entre 0.5-1 mm de espesor.

|                     | N  | %     |
|---------------------|----|-------|
| <b>Total</b>        | 64 | 100%  |
| <b>&lt;0.5 mm</b>   | 3  | 4.7%  |
| <b>0.5-0.99 mm</b>  | 36 | 56.3% |
| <b>1.00-1.49 mm</b> | 11 | 17.2% |
| <b>1.5-1.99 mm</b>  | 8  | 12.5% |
| <b>2.0-2.49 mm</b>  | 2  | 3.1%  |
| <b>3.0-3.49 mm</b>  | 1  | 1.6%  |
| <b>≥3.5 mm</b>      | 3  | 4.7%  |

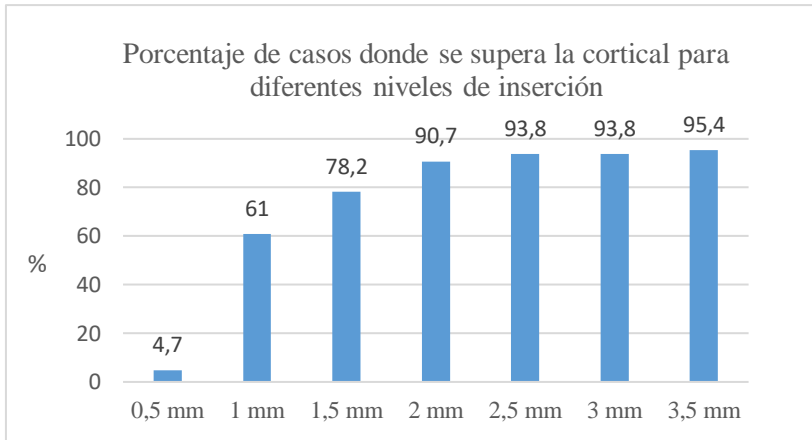


Figura 5.21 Porcentaje de casos en los que se superó la cortical crestal. Observamos que en una posición 2 mm subcrestal del implante superaríamos la cortical ósea crestal en más de un 90% de los casos.

En la figura 5.22 vemos la prevalencia de superar la cortical crestal en la arcada maxilar y en la arcada mandibular. La probabilidad de superar esta cortical en el maxilar es notablemente mayor que en la mandíbula a 0.5, 1 y 1.5 mm subcrestal. A partir de 2 mm prácticamente se superaría la cortical en todos los casos tanto del maxilar como de la mandíbula.

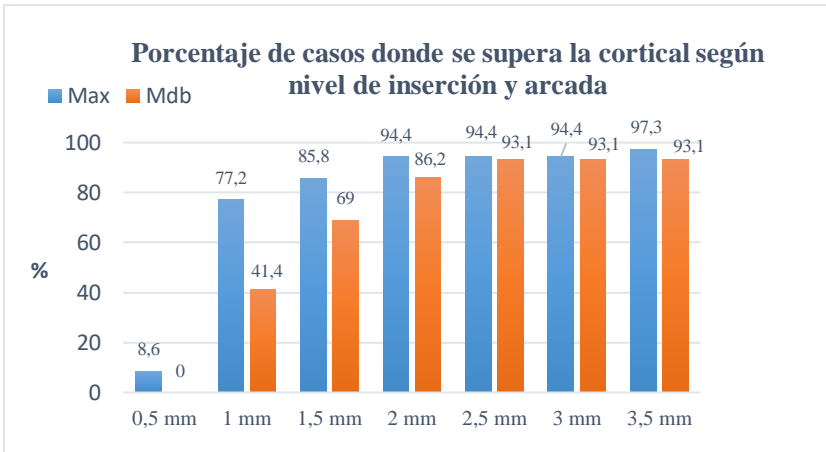


Figura 5.22 Prevalencia de superar la cortical crestal según arcada. Observamos que necesitamos colocar el implante más subcrestal en la mandíbula que en el maxilar para superar la cortical ósea crestal.

En una regresión de Cox (tabla 5.15) observamos que es igual de probable superar la cortical crestal colocando un implante en posición de premolar o molar ( $p=0.376$ ).

Tabla 5.15 Profundidad de inserción necesaria para superar cortical ósea según posición edéntula de premolar o molar: Resultados regresión de Cox y estimación del hazard ratio (HR) no fueron estadísticamente significativas. Observamos que fue igual de probable superar la cortical ósea crestal en premolares que en molares.

|                          | <b>p-valor</b> | <b>HR</b> | <b>IC 95% HR</b> |
|--------------------------|----------------|-----------|------------------|
| <b>Posición edéntula</b> | <b>0.376</b>   | 0.78      | 0.46 – 1.34      |

**HR: Hazard ratio; IC: intervalo de confianza**

\*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001

En cuanto a la influencia de la arcada, en el test de logaritmo de rango, se observan diferencias estadísticamente significativas (p=0.008). Si colocamos un implante en la mandíbula, será necesario una posición más subcrestal para colocarlo en zona de hueso esponjoso. Además será la mitad de probable de superar esta cortical en la arcada mandibular que en la maxilar (HR=0.54) (tabla 5.16).

Tabla 5.16 Profundidad de inserción necesaria para superar cortical ósea según arcada: Resultados regresión de Cox y estimación del hazard ratio (HR). A la misma profundidad en la mandíbula fue la mitad de probable de superar la cortical ósea crestal que en el maxilar.

|               | <b>p-valor</b> | <b>HR</b> | <b>IC 95% HR</b> |
|---------------|----------------|-----------|------------------|
| <b>Arcada</b> | <b>0.016*</b>  | 0.54      | 0.33 – 0.89      |

**HR: Hazard ratio; IC: intervalo de confianza**

\*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001

En resumen, colocando el implante virtualmente en una posición 1.5-2 mm subcrestal resultó en mayor anchura, estadísticamente significativa, de la cortical vestibular. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en anchura de la cortical entre premolares y molares. El hueso cortical crestal se superó en el 90.7% de los casos cuando colocamos el implante a 2 mm subcrestal, mientras que esta cortical solo se superó en el 4.7% de los casos cuando se colocó 0.5 mm subcrestal. Debido al espesor de la cortical ósea, sería necesario colocar el implante más subcrestal en mandíbula que en maxilar para superar la cortical ósea crestal.





## **6. | DISCUSIÓN**



En la literatura científica existen un gran número de publicaciones sobre la anchura de la cortical vestibular analizada con TCHC en dientes maxilares; pero hasta la fecha no hemos encontrado ninguna revisión sistemática que evalúe estos resultados y nos aporte datos metaanalíticos. Los metaanálisis se sitúan en lo más alto de la escala científica, es por ello que realizar una revisión sistemática y metaanálisis de la cortical vestibular en incisivos, caninos y premolares maxilares fue uno de los objetivos principales de la presente tesis doctoral.

La revisión sistemática se realizó siguiendo la guía PRISMA, además de ser registrada prospectivamente en la base de datos de próspero (CRD42019120631) para asegurar la transparencia en sus resultados. También hay que tener en cuenta que se analizó la calidad metodológica de los artículos incluidos mediante la herramienta I-ROBINS; además se realizó un metaanálisis de medias únicas, un análisis por subgrupos y una metarregresión de las covariables.

Tras un exhaustivo análisis de la literatura, decidimos estudiar ciertos aspectos de la cortical vestibular de interés clínico diseñando una serie de estudios transversales. Los estudios transversales nos permiten establecer prevalencias y factores de riesgo en una población en un determinado momento. Los tres objetivos secundarios de la presente tesis doctoral se plantearon en forma de tres estudios transversales de TCHC realizados en pacientes de la Unidad de Cirugía Bucal de la Universitat de

València. Los estudios radiológicos fueron prospectivamente registrados en el comité de ética de la Universitat de València (H145639215058 y H1365580155510) y se desarrollaron siguiendo la guía STROBE (STROBE, 2008) para estudios transversales.

El primer objetivo fue comparar la anchura de la cortical vestibular en los dientes anteriores maxilares (IC, IL, C). La anchura de la cortical vestibular fue de en IC  $0.72 \pm 0.32$  mm,  $0.81 \pm 0.42$  mm en IL y  $0.83 \pm 0.43$  mm en C a 1 mm de la COV, los IC fueron los dientes con la cortical vestibular más estrecha y los C más ancha en todas las mediciones. La prevalencia de una anchura ideal de la cortical vestibular de 1 mm (Chappuis y cols, 2013) para la planificación de implantes en el sector anterior maxilar, fue de 16% en los IC, 28.2% en IL y del 27% en los C.

El segundo objetivo fue comparar en detalle la cortical vestibular de los primeros y segundos premolares maxilares. La hipótesis de trabajo fue que los 1PM al tener generalmente 2 raíces y situarse en una zona más anterior del maxilar, tendrían una menor anchura de la cortical vestibular que los 2PM. El 1PM resultó tener una menor anchura estadísticamente significativa en todas las zonas de medición. En este estudio, la anchura de la cortical vestibular considerada como ideal fue de 2 mm, de acuerdo a los conceptos de anchura suficiente para que los cambios dimensionales postextacción fueran mínimos (Grunder,

Gracis y Capelli, 2005; Belser, Schmid, Higginbottom y Buser, 2004).

El tercer objetivo fue evaluar la influencia de la distancia LAC-COV en la anchura de la cortical vestibular de los dientes anteriores maxilares. Encontramos una relación inversamente significativa entre la distancia LAC-COV y la anchura de la cortical en todos los dientes, es decir a mayor distancia menor anchura de la cortical. Como aportación novedosa, no se había relacionado antes en la literatura la distancia LAC-COV con la anchura de la cortical vestibular. En crestas óseas edéntulas y como consecuencia de la atrofia se configura un proceso alveolar más estrecho en coronal y más ancho en apical, de hecho distintas técnicas de regularización ósea son utilizadas para obtener una mayor anchura de la cortical (Beretta y cols., 2018). Es por ello, que la hipótesis de nuestro trabajo fue que aquellos dientes maxilares con mayor distancia LAC-COV, habrían perdido la porción coronal estrecha de la cresta y resultaría en una mayor anchura de la cortical vestibular. Los resultados fueron totalmente opuestos, en todos los dientes anteriores (IC, IL, C), cuanto mayor fue la distancia LAC-COV menor fue la anchura de la cortical vestibular.

El último objetivo transversal planteado fue evaluar la influencia que tiene una posición subcrestal del implante en la cortical vestibular periimplantaria. Por la misma hipótesis de una mayor anchura del proceso alveolar a nivel más apical,

planteamos que al colocar virtualmente el implante más subcrestal resultaría en una mayor anchura de la cortical vestibular periimplantaria. Los resultados fueron que a partir de 1.5 mm subcrestal, la anchura de la cortical vestibular del implante era estadísticamente más ancha que al colocarlo en posiciones más superficiales. Además al colocar el implante 1.5-2 mm subcrestal, se superaba la cortical crestal en casi todos los casos.

## 6.1 Sistemas de medición del hueso alveolar

El hueso alveolar vestibular se trata de una estructura de difícil evaluación debido a su escasa anchura y que requiere de sistemas de medición extremadamente precisos y exactos. El método de análisis de la cortical vestibular con mayor número de publicaciones y aval científico es mediante TCHC (Weiss y Read-Fuller, 2019). Es por ello que fue el método elegido para analizar la cortical vestibular en nuestros objetivos.

En comparación con las radiografías tradicionales, las TCHC proporciona imágenes tridimensionales sensibles a escala de alta definición sin distorsiones o superposiciones de estructuras (Wood y cols., 2013). No es invasivo, tiene alta resolución, baja dosis de radiación y permite crear una imagen completa del hueso alveolar (Nowzari, Molayem, Chiu y Rich, 2012). Para lograr un tratamiento apropiado tras la exodoncia, un

análisis de la anchura de la cortical vestibular a través de la exploración de TCHC puede ofrecer una información valiosa sobre el volumen óseo (Sheerah, Othman, Jaafar y Alsharif, 2019). Una revisión sistemática y metaanálisis reciente (Li y cols., 2019) comparó la precisión en las mediciones en anchura y altura del hueso alveolar de las TCHC con la medición directa mediante calibradores, y no encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Los otros métodos descritos en la literatura para medir la cortical vestibular es el uso de calibradores (Ferrus y cols., 2010) y ultrasonidos (Glüer y cols., 1994).

El análisis de la anchura de la cortical vestibular con calibradores se trata de un método muy utilizado cuando tenemos que levantar un colgajo, como es el caso de los implantes inmediatos (Botticelli, Berglundh y Lindhe, 2004) y en preservación alveolar (Bassir y cols., 2018). Se trata de la técnica “patrón de oro” en la medición de la cortical vestibular, ya que es considerada por muchos autores la más precisa y exacta (Huynh-Ba y cols., 2010). Es frecuente el uso de calibradores en los estudios en cadáveres (Menezes, Janson, da Silveira Massaro, Cambiaghi y Garib, 2015; Cook, Timock, Crowe, Wang y Covell, 2015), sobre todo cuando se trata de comprobar la eficacia de otros métodos de medición (Li y cols., 2019). El principal objetivo del análisis de la anchura de la cortical vestibular es el diagnóstico y planificación previa a la cirugía, y la medición con

calibradores se trata de un método invasivo que requiere la exodoncia del diente para poder realizar las mediciones.

La utilización de ultrasonidos se trata de un método no invasivo que permite analizar tejidos blandos y duros sin radiación. En estudios in vitro ha demostrado tener la misma precisión que las TCHC y las mediciones directas con calibradores en el hueso alveolar de los dientes (Chan, Wang, Fowlkes, Giannobile y Kripfgans, 2017). En el empleo de esta técnica es importante el uso de ultrasonidos de alta frecuencia, ya que obtiene imágenes mucho más nítidas capaces de visualizar pequeños detalles que no se observan cuando se utiliza con baja frecuencia (Mahmoud, Ngan, Crout, R y Mukdadi, 2010). Incluso hay estudios (Degen y cols., 2017; Choi, Culjat, Singh y White, 2012) que encuentran mayor precisión del ultrasonidos que las TCHC al analizar la anchura de la cortical vestibular de implantes. Bohner y cols., (2019) en un estudio en cadáveres sobre 10 implantes encontró que la discrepancia media de las TCHC en las mediciones en anchura y fueron de 0.51 mm; en cambio en las mediciones con ultrasonidos de alta frecuencia las discrepancias en anchura fueron de 0.38 mm. Se trata de un método experimental que ha demostrado un gran potencial tanto en la medición de la cortical vestibular en dientes como en implantes, pero serían necesarios más estudios clínicos para avalar su utilización.



## 6.2 Parámetros radiológicos en dientes maxilares

### **6.2.1 Medición de la cortical desde la cresta ósea vestibular (COV) o desde la línea amelocementaria (LAC)**

Es difícil comparar los distintos estudios que miden la anchura de la cortical vestibular con TCHC, debido al hecho de que hay mucha heterogeneidad en la literatura en el punto de referencia y la metodología de las mediciones. Hay autores que toman como referencia anatómica la LAC (Braut, Bornstein, Belser y Buser, 2011; Gakonyo, Mohamedali y Mungure, 2018; Kheur y cols., 2015) y en cambio otros toman como referencia la COV (Januário y cols., 2011; Nowzari y cols., 2010; Ghassemian y cols., 2012).

En la revisión sistemática realizada para la presente tesis doctoral, incluimos 29 artículos que estudiaban la cortical vestibular mediante TCHC, 17 artículos tomaron como referencia la COV y 12 de ellos la LAC. Además dentro de cada grupo, encontramos una gran heterogeneidad en cuanto a las zonas de medición apical a estos puntos de referencia. Los 3 puntos de referencia que aparecieron en todos los artículos del grupo de COV fueron a 1, 3 y 5 mm; y en el grupo de LAC fueron a 4 y 6 mm apical a la referencia y en mitad de la raíz. La longitud de las raíces dentales varía notablemente entre individuos, de hecho hay varias clasificaciones con medias promedio (Nelson y Ash, 2010; Diamond, 1930), por lo que las mediciones de la cortical

vestibular en mitad de la raíz resultan un tanto imprecisas y dificulta la comparación entre dientes. Existen también otros autores (Fuentes y cols., 2010) que toman como referencia la COV y el ápice de la raíz, y establecen 5 zonas de medición equidistantes; por lo cual este método de medición también resulta complicado de reproducir y comparar con el resto de metodologías de medición ya que cada raíz tiene su longitud y no tiene porqué ser homogénea entre dientes ni entre pacientes .

En los objetivos secundarios de medición de la cortical vestibular en los dientes maxilares, tomamos como referencia la COV por encontrar un mayor número de publicaciones (Demircan y Demircan, 2015; El Nahass y Naiem, 2015; Farahamnd y cols., 2017; Ghassemian y cols., 2012; Gluckman y cols., 2018; Januário y cols., 2011; Jung, Cho y Hwang, 2017; Koç, Kavut y Uğur, 2019; López-Jarana y cols., 2018; Morad y cols., 2014; Nowzari y cols., 2010; Rojo-Sanchis, Viña-Almunia, Peñarrocha-Oltra y Peñarrocha-Diago, 2017; Seerah y cols., 2019; Temple y cols., 2016; Yuan y cols., 2019; Zekry, Wang, Chau y Lang, 2014; Zhang y cols., 2016) con dicha referencia. Un estudio reciente (Peterson y cols., 2018) que analizaba con tomografías a pacientes que necesitaban una cirugía periodontal o de implantes levantando un colgajo, determinó que las TCHC subestimaban la posición en altura de la COV y sobreestimaban la presencia de dehiscencias y

fenestraciones. Se ha de tener en cuenta que la localización la COV no se mantiene estable en todos los pacientes y a lo largo del tiempo. En pacientes de mayor edad, cabe esperar una posición más apical de esta región anatómica (Wang y cols., 2014). En el sector anterior maxilar es frecuente la presencia de dehiscencias óseas (Coşkun y Kaya, 2019) que también modificarán la posición apico-coronal de la COV. Los niveles fisiológicos de la distancia LAC-COV son de 1 a 3 mm (Chapple y cols., 2018), es por ello que la mayoría de estudios transversales que utilizan como referencia la COV excluyen a los pacientes cuya distancia LAC-COV sea  $>3$  mm.

La localización del LAC en las TCHC suele ser bastante clara, debido al notable cambio de densidad entre el esmalte y la raíz del diente. Aunque en ocasiones esta estructura anatómica puede estar ausente y no ser precisa su localización, como en presencia de lesiones cervicales no cariosas (Zucchelli y cols., 2011). Este tipo de lesiones suelen estar ocasionadas por el trauma del cepillado, ataques ácidos y fruto de parafunciones como el bruxismo (Nguyen, Ranjitkar, Kaidonis y Townsend, 2018; Grippo, Simring y Coleman, 2012). En un estudio reciente (Igarashi, Yoshida y Kanazawa, 2017) en 6541 dientes, determinaron que la frecuencia de estas lesiones no cariosas fue del 38.7% (41.6% en los dientes maxilares y del 36% en los dientes mandibulares); además los primeros premolares y caninos

fueron los dientes más afectados. Un gran número de autores (Amid y cols., 2019; Braut y cols., 2011; Cook y cols., 2011; D'Silva y cols., 2019; Gakonyo y cols., 2018; Ganji, Alswilem, Abouonq, Alruwaili y Alam, 2017; Kheur y cols., 2015; Khoury y cols., 2016; Uner, Izol y Gorus, 2019; Wang y cols., 2014; Zhang, Shi y Liu, 2015; Zhou y cols., 2014) utilizan la LAC como referencia anatómica para las mediciones de la cortical vestibular, pero hay que tener en cuenta que en prácticamente la mitad de los dientes maxilares va a estar alterada y se va a dificultar en gran medida su localización.

En nuestro primer objetivo secundario analizamos dientes anteriores que tenían una distancia LAC-COV mayor de 3 mm para evaluar cómo afectaba esta condición a la anchura de la cortical vestibular. Es por ello que en ese caso medimos a 1, 2 y 3 mm apical a la COV, ya que en algunos casos correspondía al tercio apical del diente analizado. En cambio en el segundo objetivo secundario analizamos premolares maxilares con niveles fisiológicos de LAC-COV, es por ello que medimos a 1, 2, 3 y 5 mm apical a la COV.

Debido a que el análisis de la cortical vestibular tiene como principal objetivo ayudar a predecir los cambios dimensionales tras la exodoncia, y que la LAC del diente a rehabilitar determina la correcta posición tridimensional del implante, parece más relevante la referencia de la LAC para las mediciones de la anchura de la cortical vestibular. Además

la posición de la COV puede variar debido a cambios fisiológicos o modificantes locales, en cambio la posición apico-coronal de la LAC permanece inalterada aunque no se conserve íntegramente.

### **6.2.2 Influencia distancia LAC-COV**

En la literatura no hemos encontrado ninguna investigación que estudie en profundidad la distancia LAC-Cresta, las implicaciones de esta distancia y los factores que intervienen en ella. Los niveles fisiológicos de esta distancia según la nueva clasificación de enfermedades periodontales en 2017 son de 1 a 3 mm (Chapple y cols., 2018). Los resultados de nuestro estudio concluyeron que en el sector anterior maxilar (IC, IL y C) a mayor distancia LAC-cresta menor fue la anchura de la cortical vestibular.

Existen factores locales que pueden alterar esta distancia, tales como una posición vestibularizada del diente (Bonta, Carranza, Gualtieri y Rojas, 2017), movimientos ortodóncicos fuera de los márgenes óseos (Jati, Furquim y Consolaro, 2016), una fractura vertical del diente (Walton, 2017), un periodonto reducido debido a enfermedad periodontal crónica (Chapple y cols., 2018) y la presencia anatómica de dehiscencias óseas (Urbani, Lombardo, Filippini y Nocini, 1991) entre otros. También se ha relacionado un fenotipo gingival fino (Nikiforidou y cols., 2015) y la presencia de recesiones gingivales (D'Silva y cols.,

2020) con una mayor distancia LAC-COV. Un estudio (Evangelista y cols., 2010) en 4319 dientes de cadáveres frescos mostró que el 75.65% de las corticales vestibulares mostraron algún tipo de defecto óseo y que el 51.09% de los dientes presentaron dehiscencias óseas, y por lo tanto una distancia LAC-COV aumentada. El tratamiento ortodóncico también puede influir en esta distancia. Sheng y cols., (2020) estudiaron en 21 pacientes la presencia de defectos óseos antes y después del tratamiento ortodóncico y determinaron que tras la ortodoncia disminuyó el porcentaje de fenestraciones óseas pero aumentaron estadísticamente las dehiscencias de 24.61% a 37.7% tras la ortodoncia.

Pero también existen factores sistémicos que pueden alterar la distancia LAC-COV, como es la edad, hábitos tabáquicos (Bergström, 2004), postmenopausia (Zhang y cols., 2015), depresión, diabetes, asma, hipertensión y trastornos tiroideos (Farahamnd y cols., 2017). En el metaanálisis de cortical vestibular observamos mayor distancia en pacientes fumadores, pero sin diferencias estadísticamente significativas. En cambio, otros autores (Khoury y cols., 2016; Morad y cols., 2014) han encontrado una mayor distancia LAC-COV en hombres que en mujeres. En el objetivo metaanalítico encontramos que el grupo de edad de 50 o más años mostró mayor distancia LAC-COV estadísticamente significativa en IC, IL y C, sin embargo encontramos mayor distancia LAC-COV en los hombres

estadísticamente significativa únicamente en IC. También se ha relacionado el biotipo gingival con la anatomía ósea subyacente; pacientes con biotipo gingival grueso se han relacionado con mayor anchura de la cortical vestibular (Younes y cols., 2016) y menor distancia LAC-COV que en pacientes con biotipo gingival fino (Amid y cols., 2017; Cook y cols., 2011). D' Silva y cols., (2018) compararon la distancia LAC-COV en dientes con pequeñas recesiones gingivales (1-3 mm), y determinaron que la distancia LAC-COV fue 0.68 mm en IL y C y 0.66 mm en IC menor en aquellos dientes sin recesión gingival.

### **6.2.3 Implicaciones clínicas del grosor de la cortical vestibular**

Es importante observar que las alteraciones óseas dimensionales tras la exodoncia observadas en los estudios clínicos son de 2-3.5 veces mayores que las observadas en los estudios experimentales (Araújo y Lindhe, 2005; Vignoletti, de Sanctis, Berglundh, Abrahamsson y Sanz, 2009; Chappuis y cols., 2013; Alharbi y cols., 2015; Favero y cols., 2015).

La anchura de la cortical vestibular tiene una relevancia importante en los cambios morfológicos del alveolo postextracción (Vera y cols., 2012). Los objetivos de la presente tesis doctoral son transversales y no nos permiten establecer relaciones de causalidad, pero sí características anatómicas y prevalencias de las mismas. La evaluación del

grosor de la cortical vestibular proporciona al clínico una herramienta de pronóstico para estimar el grado de pérdida ósea futura antes de la extracción del diente (Buser y cols., 2017). Este grosor es especialmente crítico en el sector anterior maxilar, donde varios autores han determinado que es inferior a 1 mm en el 90% de los casos y menos de 0.5 mm en casi el 50% de los casos (Huynh-Ba y cols., 2010; Braut y cols., 2011; Januário y cols., 2011). En nuestros resultados, obtuvimos que la anchura de la cortical fue  $\geq 1$  mm únicamente en el 16% de los IC, 28.2% IL y 27% C. Por lo tanto, corticales vestibulares tan delgadas, que consisten principalmente en hueso fasciculado, parecen ser propensas a la reabsorción tras la extracción del diente. En sectores más posteriores como son los premolares maxilares, obtuvimos que la gran mayoría de dientes tiene un fenotipo de cortical ancha, 86.1% 1PM y 93.1% 2PM.

Hay varios factores que influyen en la anchura de la cortical vestibular, en el objetivo metaanalítico observamos que las mujeres y los mayores de 50 años mostraron menor anchura de la cortical vestibular en algunas mediciones de los incisivos y caninos. Pero el factor con mayor influencia en la anchura de la cortical en todas las mediciones evaluadas fue el biotipo gingival, en biotipos clínicamente delgados cabe esperar menor anchura de la cortical vestibular. Aquellos autores (Fu y cols., 2010, Khoury y cols., 2016) que han estudiado la influencia del biotipo gingival en la anchura ósea



subyacente han encontrado una asociación positiva entre ambas variables. Younes y cols., (2016) relacionaron la anchura gingival medida objetivamente con ultrasonidos con la anchura de la cortical vestibular analizada con TCHC, y determinaron que una correlación moderadamente positiva en los dientes anteriores maxilares.

En la actualidad, la anchura de cortical mínima requerida para evitar la reabsorción postexodoncia de la cresta no está establecida (Huynh-Ba y cols., 2010). Pero hay algunos autores (Buser y cols., 2017) que deciden el tiempo desde la exodoncia hasta la colocación del implante en función de si la anchura de la cortical es mayor o menor a 1 mm. Se puede recomendar un protocolo de colocación de implantes inmediato en fenotipos gruesos de cortical vestibular ( $\geq 1$  mm) y biotipos gingivales gruesos, donde se espera que el modelado óseo post extracción sea mínimo (Morton, D., Chen, Martin, Levine y Buser, 2014). Sin embargo, si tales condiciones ideales no están presentes, se recomiendan otros protocolos colocación diferida del implante para proporcionar resultados de tratamiento estético predecibles (Vignoletti y cols., 2012). En los fenotipos de cortical vestibular delgada ( $\leq 1$  mm), se debe esperar la fase de modelado óseo post-exodoncia inicial y fisiológica, para facilitar los procedimientos de regeneración ósea. Son necesarios más estudios prospectivos que evalúen en detalle los cambios dimensionales de los fenotipos de cortical

vestibular delgada. Un estudio prospectivo reciente (Yang y cols., 2019) evaluó la influencia de la anchura de la cortical vestibular tras la exodoncia en los implantes inmediatos con provisional en dientes anteriores maxilares. Encontraron mayor reabsorción ósea y recesión de los tejidos blandos a los 6 meses y al año en los implantes colocados en corticales de 0-0.5 mm con respecto a aquellos colocados en corticales de 0.5-1 mm o  $>1$  mm, por lo que sugieren al menos un anchura de 0.5 mm para colocar implantes inmediatos con provisionalización.

A las 8 semanas de la exodoncia la actividad osteoclástica disminuye, mientras que la osteoblástica permanece alta (Schenk, Buser, Hardwick y Dahlin, 1994; Trombelli y cols., 2008), proporcionando condiciones favorables para los procedimientos regenerativos (Chen y Buser, 2009; Sanz y cols., 2012). Este protocolo ha sido adoptado para la colocación temprana de implantes, donde se usa un período de curación de 4 a 16 semanas antes de la inserción del implante (Hämmerle, Chen y Wilson, 2004), y se ha recomendado como el tratamiento de elección en sitios que muestran un patrón progresivo de resorción ósea, como fenotipos de cortical vestibular delgada en toda su extensión apico-coronal.

### 6.3 Influencia de la posición apico-coronal del implante en la anchura de la cortical vestibular periimplantaria

La pérdida ósea periimplantaria es un parámetro clave que afecta en el éxito de los implantes (Simonis, Dufour y Tenenbaum, 2010). La mayoría de consensos (Mish y cols., 2008; Karoussis, Brägger, Salvi, Bürgin y Lang, 2004; Moraschini, Poubel, Ferreira y Barboza, 2015) de criterios de éxito de los implantes dentales consideran como principal signo la estabilidad del hueso periimplantario interproximal a largo plazo. El control radiográfico del hueso vestibular en los implantes no es una práctica clínica común como el control del hueso interproximal, debido a la mayor dificultad de su evaluación.

Para la correcta posición tridimensional del implante, la colocación debe ser protésicamente guiada (Tahmaseb, Wismeijer, Coucke y Derksen, 2012) para el éxito de la terapia implantológica. La colocación de implantes en una posición subcrestal se ha sugerido como un método que puede contribuir al mantenimiento de los tejidos duros y blandos periimplantarios cuando se compara con la colocación crestal (Pellicer-Chover y cols., 2019). Incluso algunos autores (Degidi y cols., 2011; Donovan, Fetner, Koutouzis y Lundgren, 2010; Aimetti, Ferrarotti, Mariani, Ghelardoni y Romano, 2015) han descrito que la osteointegración puede

ocurrir encima de la plataforma del implante cuando se coloca a 2 mm subcrestal en implantes con cuello rugoso y cambio de plataforma. Es evidente que en los implantes en posición subcrestal, se va a producir una remodelación ósea por encima de la plataforma que puede durar incluso 1 año tras la carga protésica (Puisys y cols., 2019), que no debemos confundir con pérdida ósea periimplantaria.

Una revisión sistemática reciente (Aizcorbe-Vicente y cols., 2020) estableció que tras la colocación de implantes, ocurre siempre una reabsorción vertical y horizontal de la cortical vestibular. No se ha establecido cuál es la anchura mínima de cortical vestibular necesaria en los implantes para minimizar estos cambios, pero se ha recomendado unos 2 mm. Un estudio experimental en perros Beagle, analizó la colocación de implantes en corticales vestibular delgadas (<1.5 mm) o anchas (>1.5 mm) tras el fresado del lecho. A las 8 semanas la mayoría de implantes colocados en corticales delgadas presentaron una pérdida ósea vertical fisiológica o patológica de la cortical vestibular (Monje y cols., 2019).

En los resultados del presente estudio encontramos una relación significativa entre la profundidad de la plataforma del implante y la anchura de la cortical vestibular periimplantaria. A partir de posiciones 1.5-2 mm subcrestales hubieron diferencias estadísticas de mayor anchura de la cortical comparado con posiciones más coronales. Por lo tanto podemos decir que al colocar un implante con toda su

superficie rugosa en una posición más subcrestal, cabe esperar una mayor anchura de la cortical vestibular, lo que nos ayudará a mantener los tejidos periimplantarios a largo plazo. Esta afirmación no es aplicable a todos los macrodiseños de implantes, ya que en aquellos implantes con su porción coronal mecanizada se va producir una mayor pérdida ósea periimplantaria si se colocan en una posición subcrestal (Cesaretti y cols., 2014).

Otro aspecto que tenemos que tener en cuenta a la hora de colocar los implantes es superar en profundidad la cortical crestral, una estructura ósea prácticamente avascular que protege el tejido óseo medular subyacente (Glibert, Matthys, Maat, De Bruyn y Vervaeke 2018). El grosor de esta cortical crestral varía en el maxilar y en la mandíbula y en la zona edéntula (Testori, Weinstein, Scutellà, Wang y Zucchelli, 2018). Suele ser más ancha en la arcada mandibular  $1.07 \pm 0.47$  mm y más estrecha en la arcada maxilar  $0.75 \pm 0.35$  mm (Ko y cols., 2017). En nuestros resultados obtuvimos que colocando el implante a 2 mm subcrestal, esta cortical ósea crestral se superaba en el 90.7% de los casos, mientras que esta cortical solo se supera en el 4.7% de los casos cuando se coloca 0.5 mm subcrestal. Es posible que exista remodelación o pérdida ósea tras la colocación del implante debido a que la plataforma haya quedado en hueso cortical crestral sin alcanzar el medular, y este hueso poco vascularizado y con la

interrupción del aporte sanguíneo por parte del implante se reabsorba.

Recientemente se ha estudiado la importancia de la anchura del tejido blando supracrestal en el mantenimiento del hueso crestral de los implantes (Linkevicius, Puisys, Steigmann, Vindasiute y Linkeviciene, 2009). Tras colocar el implante, hemos de esperar una mayor remodelación ósea cuando el espesor del tejido blando supracrestal es menor de 2 mm; en cambio en presencia de tejido blando supracrestal grueso (>2 mm) encontramos estabilidad ósea periimplantaria (Puisys y Linkevicius, 2015).

#### 6.4 Límites de la tesis y futuras líneas de investigación

Es necesario mencionar que esta tesis doctoral presenta una serie de limitaciones.

La primera limitación es que se trata de objetivos transversales, por lo que únicamente podemos establecer prevalencias anatómicas de la anchura de la cortical vestibular en dientes maxilares y en la planificación virtual de implantes, debido a la naturaleza de estos estudios. Los estudios fueron realizados con TCHC de pacientes del Departamento de Cirugía Bucal de la Universitat de València, de etnia principalmente caucásica, y por los resultados obtenidos en el objetivo metaanalítico, podrían variar notablemente los resultados de nuestros estudios

transversales si hubieran tenido lugar en otra parte del mundo como el continente asiático. No se tuvo en cuenta el biotipo gingival, factor que como hemos visto en el metaanálisis puede influir en la anchura de la cortical vestibular (Amid y cols., 2017; Cook y cols., 2011; D’Silva y cols., 2020). No se evaluó clínicamente el estado periodontal de todos los pacientes, ni la presencia de recesiones gingivales lo que podría influir en una mayor pérdida de inserción. Tampoco se evaluó el grado de malposición dentaria y el eje de los dientes con respecto al hueso basal, lo que podría alterar la anchura de la cortical vestibular y la distancia LAC-COV. En la planificación virtual de implantes al no haber llevado a cabo un estudio clínico, no podemos valorar las implicaciones clínicas, biológicas y el comportamiento de los implantes a largo plazo según la posición apico-coronal que se hayan colocado.

De los resultados obtenidos en la presente tesis doctoral, podemos decir que sería interesante la realización de los siguientes estudios:

Estudiar la cortical vestibular en dientes maxilares comparando las referencias anatómicas LAC y COV para determinar cuál es la referencia anatómica más precisa y reproducible para realizar mediciones en TCHC. Debido a que existen un gran número de publicaciones desde ambas referencias anatómicas, pero no hay ningún estudio

que compare ambas para determinar cuál sería el patrón de oro en los estudios tomográficos.

Evaluar los cambios dimensionales en los tejidos duros y blandos tras la exodoncia en los dientes según el fenotipo de cortical vestibular y el biotipo gingival mediante TCHC y escaneado previo y reevaluando de nuevo a los 6 meses. Chappuis y cols., (2013) evaluaron los cambios dimensionales en los tejidos duros y blandos a las 8 semanas de la exodoncia, pero no sabemos qué sucederá al cabo de más tiempo cuando se haya neoformado hueso dentro del alveolo,

Repetir al cabo de 10 o más años la evaluación de la cortical vestibular y la distancia LAC-COV en los mismos dientes anteriores y pacientes, para evaluar la influencia del paso del tiempo en estos parámetros. Varios autores (Zhang y cols., 2016; Demircan y cols., 2015; Morad y cols., 2014) han observado que los grupos de edad mayores de 50 años tienden a mostrar una menor anchura de la cortical vestibular y una mayor distancia LAC-COV, pero no se ha llevado a cabo ningún estudio prospectivo de seguimiento para corroborar dichas prevalencias.

Evaluar la anchura mínima de la cortical vestibular tras el fresado del lecho de los implantes necesaria para la estabilidad del hueso periimplantario a largo plazo. En un estudio preclínico (Monje y cols., 2019) en perros Beagle



determinaron una anchura mínima de la cortical vestibular tras el fresado del lecho del implante de 1.5 mm para evitar la remodelación ósea periimplantaria, pero hasta la fecha no se ha llevado a cabo ningún estudio clínico al respecto.



## **7 CONCLUSIONES**



De la presente tesis se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. En el tercio coronal de los incisivos y caninos maxilares la anchura media de la cortical vestibular fue menor de un mm y más estrecha en los incisivos centrales que en los laterales y caninos. La cortical vestibular no presentó unas dimensiones uniformes apico-coronalmente, en el tercio coronal y a mitad de la raíz fue más delgada y se ensanchó entre estas dos localizaciones.
2. La anchura media de la cortical vestibular de los premolares maxilares fue entre 1-2 mm y mayor en los segundos premolares con respecto a los primeros premolares en todas las mediciones.
3. Se encontró una relación inversamente proporcional entre la distancia línea amelocementaria-cresta ósea vestibular y la anchura de la cortical vestibular. Cuanto mayor fue la distancia hasta la cresta ósea vestibular, menor fue la anchura de la cortical vestibular.
4. Una posición subcrestal de 1.5-2 mm de los implantes resultó en una mayor anchura de la cortical vestibular periimplantaria que en posiciones más crestales. En esta posición la cortical ósea crestal se superó en el 78-90% de los casos.



## **8 | BIBLIOGRAFÍA**





1. Aimetti, M., Ferrarotti, F., Mariani, G. M., Ghelardoni, C., & Romano, F. (2015). Soft tissue and crestal bone changes around implants with platform-switched abutments placed nonsubmerged at subcrestal position: a 2-year clinical and radiographic evaluation. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 30(6), 1369–1377.
2. Aizcorbe-Vicente, J., Peñarrocha-Oltra, D., Canullo, L., Soto-Peñaloza, D., & Peñarrocha-Diago, M. (2020). Influence of Facial Bone Thickness After Implant Placement into the Healed Ridges on the Remodeled Facial Bone and Considering Soft Tissue Recession: A Systematic Review. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 35(1), 107–119.
3. Al Amri, M. D., Al-Johany, S. S., Al Baker, A. M., Al Rifaiy, M. Q., Abduljabbar, T. S., & Al-Kheraif, A. A. (2017). Soft tissue changes and crestal bone loss around platform-switched implants placed at crestal and subcrestal levels: 36-month results from a prospective split-mouth clinical trial. *Clinical oral implants research*, 28(11), 1342–1347.
4. Alharbi, H. M., Babay, N., Alzoman, H., Basudan, S., Anil, S., & Jansen, J. A. (2015). Bone morphology changes around two types of bone-level implants installed in fresh extraction sockets--a histomorphometric study in Beagle dogs. *Clinical oral implants research*, 26(9), 1106–1112.
5. Alpiste-Illueca F. (2012). Morphology and dimensions of the dentogingival unit in the altered passive eruption. *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal*, 17(5), e814–e820.
6. Amid, R., Mirakhori, M., Safi, Y., Kadkhodazadeh, M., & Namdari, M. (2017). Assessment of gingival biotype and facial hard/soft tissue dimensions in the maxillary anterior teeth region using cone beam computed tomography. *Archives of oral biology*, 79, 1–6.

7. Araújo, M., Linder, E., & Lindhe, J. (2009). Effect of a xenograft on early bone formation in extraction sockets: an experimental study in dog. *Clinical oral implants research*, 20(1), 1–6.
8. Araújo, M. G., & Lindhe, J. (2005). Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *Journal of clinical periodontology*, 32(2), 212–218.
9. Araújo, M. G., Silva, C. O., Misawa, M., & Sukekava, F. (2015). Alveolar socket healing: what can we learn? *Periodontology 2000*, 68(1), 122–134.
10. Avila-Ortiz, G., Chambrone, L., & Vignoletti, F. (2019). Effect of alveolar ridge preservation interventions following tooth extraction: A systematic review and meta-analysis. *Journal of clinical periodontology*, 46 Suppl 21, 195–223.
11. Avila-Ortiz, G., Gonzalez-Martin, O., Couso-Queiruga, E., & Wang, H. L. (2020). The peri-implant phenotype. *Journal of periodontology*, 91(3), 283–288.
12. Barone, A., Toti, P., Piattelli, A., Iezzi, G., Derchi, G., & Covani, U. (2014). Extraction socket healing in humans after ridge preservation techniques: comparison between flapless and flapped procedures in a randomized clinical trial. *Journal of periodontology*, 85(1), 14–23.
13. Barros, R. R., Novaes, A. B., Jr, Muglia, V. A., Iezzi, G., & Piattelli, A. (2010). Influence of interimplant distances and placement depth on peri-implant bone remodeling of adjacent and immediately loaded Morse cone connection implants: a histomorphometric study in dogs. *Clinical oral implants research*, 21(4), 371–378.
14. Bassir, S. H., Alhareky, M., Wangsrimongkol, B., Jia, Y., & Karimbux, N. (2018). Systematic Review and Meta-Analysis of Hard Tissue Outcomes of Alveolar Ridge Preservation. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 33(5), 979–994.
15. Belser, U. C., Schmid, B., Higginbottom, F., & Buser, D. (2004). Outcome analysis of implant restorations located in the anterior

- maxilla: a review of the recent literature. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 19 Suppl, 30–42.
16. Beretta, M., Poli, P. P., Tansella, S., & Maiorana, C. (2018). Virtually guided alveolar ridge reduction combined with computer-aided implant placement for a bimaxillary implant-supported rehabilitation: A clinical report. *The Journal of prosthetic dentistry*, 120(2), 168–172.
  17. Berglundh, T., & Lindhe, J. (1996). Dimension of the periimplant mucosa. Biological width revisited. *Journal of clinical periodontology*, 23(10), 971–973.
  18. Bergström J. (2004). Influence of tobacco smoking on periodontal bone height. Long-term observations and a hypothesis. *Journal of clinical periodontology*, 31(4), 260–266.
  19. Blanco, J., Mareque, S., Liñares, A., & Muñoz, F. (2011). Vertical and horizontal ridge alterations after tooth extraction in the dog: flap vs. flapless surgery. *Clinical oral implants research*, 22(11), 1255–1258.
  20. Bohner, L., Habor, D., Gremse, F., Tortamano, P., Wolfart, S., & Marotti, J. (2019). Accuracy of High-Frequency Ultrasound Scanner in Detecting Peri-implant Bone Defects. *Ultrasound in medicine & biology*, 45(3), 650–659.
  21. Bonta, H., Carranza, N., Gualtieri, A. F., & Rojas, M. A. (2017). 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 odontologica latinoamericana*, 30(2), 49–56.
  22. Botticelli, D., Berglundh, T., & Lindhe, J. (2004). Hard-tissue alterations following immediate implant placement in extraction sites. *Journal of clinical periodontology*, 31(10), 820–828.

23. Brånemark, P. I., Adell, R., Breine, U., Hansson, B. O., Lindström, J., & Ohlsson, A. (1969). Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scandinavian journal of plastic and reconstructive surgery*, 3(2), 81–100.
24. Braut, V., Bornstein, M. M., Belser, U., & Buser, D. (2011). Thickness of the anterior maxillary facial bone wall—a retrospective radiographic study using cone beam computed tomography. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*, 31(2), 125–131.
25. Buser, D., Chappuis, V., Belser, U. C., & Chen, S. (2017). Implant placement post extraction in esthetic single tooth sites: when immediate, when early, when late? *Periodontology 2000*, 73(1), 84–102.
26. Canellas, J., Medeiros, P., Figueredo, C., Fischer, R. G., & Ritto, F. G. (2019). Which is the best choice after tooth extraction, immediate implant placement or delayed placement with alveolar ridge preservation? A systematic review and meta-analysis. *Journal of cranio-maxillo-facial surgery*, 47(11), 1793–1802.
27. Cardaropoli, G., Araújo, M., & Lindhe, J. (2003). Dynamics of bone tissue formation in tooth extraction sites. An experimental study in dogs. *Journal of clinical periodontology*, 30(9), 809–818.
28. Cesaretti, G., Lang, N. P., Salata, L. A., Schweikert, M. T., Gutierrez Hernandez, M. E., & Botticelli, D. (2015). Sub-crestal positioning of implants results in higher bony crest resorption: an experimental study in dogs. *Clinical oral implants research*, 26(12), 1355–1360.
29. Chan, H. L., Sinjab, K., Chung, M. P., Chiang, Y. C., Wang, H. L., Giannobile, W. V., & Kripfgans, O. D. (2017). Non-invasive evaluation of facial crestal bone with ultrasonography. *PloS one*, 12(2), e0171237.
30. Chan, H. L., Wang, H. L., Fowlkes, J. B., Giannobile, W. V., & Kripfgans, O. D. (2017). Non-ionizing real-time ultrasonography in

- implant and oral surgery: A feasibility study. *Clinical oral implants research*, 28(3), 341–347.
31. Chapple, I., Mealey, B. L., Van Dyke, T. E., Bartold, P. M., Dommisch, H., Eickholz, P., Geisinger, M. L., Genco, R. J., Glogauer, M., Goldstein, M., Griffin, T. J., Holmstrup, P., Johnson, G. K., Kapila, Y., Lang, N. P., Meyle, J., Murakami, S., Plemons, J., Romito, G. A., Shapira, L., ... Yoshie, H. (2018). 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. *Journal of periodontology*, 89 Suppl 1, S74–S84.
  32. Chappuis, V., Bornstein, M. M., Buser, D., & Belser, U. (2016). Influence of implant neck design on facial bone crest dimensions in the esthetic zone analyzed by cone beam CT: a comparative study with a 5-to-9-year follow-up. *Clinical oral implants research*, 27(9), 1055–1064.
  33. Chappuis, V., Engel, O., Reyes, M., Shahim, K., Nolte, L. P., & Buser, D. (2013). Ridge alterations post-extraction in the esthetic zone: a 3D analysis with CBCT. *Journal of dental research*, 92(12 Suppl), 195S–201S.
  34. Chappuis, V., Engel, O., Shahim, K., Reyes, M., Katsaros, C., & Buser, D. (2015). Soft Tissue Alterations in Esthetic Postextraction Sites: A 3-Dimensional Analysis. *Journal of dental research*, 94(9 Suppl), 187S–93S.
  35. Checchi, V., Savarino, L., Montevicchi, M., Felice, P., & Checchi, L. (2011). Clinical-radiographic and histological evaluation of two hydroxyapatites in human extraction sockets: a pilot study. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 40(5), 526–532.

36. Chen, S. T., & Buser, D. (2009). Clinical and esthetic outcomes of implants placed in postextraction sites. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 24 Suppl, 186–217.
37. Chen, S. T., & Darby, I. (2017). The relationship between facial bone wall defects and dimensional alterations of the ridge following flapless tooth extraction in the anterior maxilla. *Clinical oral implants research*, 28(8), 931–937.
38. Choi, M., Culjat, M. O., Singh, R. S., & White, S. N. (2012). Ultrasound imagery for dental implant diagnosis and treatment planning in a porcine model. *The Journal of prosthetic dentistry*, 108(6), 344–353.
39. Cook, V. C., Timock, A. M., Crowe, J. J., Wang, M., & Covell, D. A., Jr (2015). Accuracy of alveolar bone measurements from cone beam computed tomography acquired using varying settings. *Orthodontics & craniofacial research*, 18 Suppl 1, 127–136.
40. Cook, D. R., Mealey, B. L., Verrett, R. G., Mills, M. P., Noujeim, M. E., Lasho, D. J., & Cronin, R. J., Jr (2011). Relationship between clinical periodontal biotype and labial plate thickness: an in vivo study. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*, 31(4), 345–354.
41. Coşkun, İ., & Kaya, B. (2019). Appraisal of the relationship between tooth inclination, dehiscence, fenestration, and sagittal skeletal pattern with cone beam computed tomography. *The Angle orthodontist*, 89(4), 544–551.
42. D'Silva, E., Fraser, D., Wang, B., Barmak, A. B., Caton, J., & Tsigarida, A. (2020). The association between gingival recession and buccal bone at maxillary anterior teeth. *Journal of periodontology*, 91(4), 484–492.
43. Degen, K., Habor, D., Radermacher, K., Heger, S., Kern, J. S., Wolfart, S., & Marotti, J. (2017). Assessment of cortical bone

- thickness using ultrasound. *Clinical oral implants research*, 28(5), 520–528.
44. Degidi, M., Perrotti, V., Shibli, J. A., Novaes, A. B., Piattelli, A., & Iezzi, G. (2011). Equicrestal and subcrestal dental implants: a histologic and histomorphometric evaluation of nine retrieved human implants. *Journal of periodontology*, 82(5), 708–715.
45. Demircan, S., & Demircan, E. (2015). Dental Cone Beam Computed Tomography Analyses of the Anterior Maxillary Bone Thickness for Immediate Implant Placement. *Implant dentistry*, 24(6), 664–668.
46. Diamond, M. (1930). Dental anatomy: A graphic representation of crown form, with technic for their reproduction. *The Journal of the American Dental Association*, 17(3):470-85.
47. Donovan, R., Fetner, A., Koutouzis, T., & Lundgren, T. (2010). Crestal bone changes around implants with reduced abutment diameter placed non-submerged and at subcrestal positions: a 1-year radiographic evaluation. *Journal of periodontology*, 81(3), 428–434.
48. Egger, M., Davey Smith, G., Schneider, M., & Minder, C. (1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ (Clinical research ed.)*, 315(7109), 629–634.
49. El Nahass, H., & N Naiem, S. (2015). Analysis of the dimensions of the labial bone wall in the anterior maxilla: a cone-beam computed tomography study. *Clinical oral implants research*, 26(4), e57–e61.
50. Ercoli, C., Jammal, G., Buyers, M., Tsigarida, A. A., Chochlidakis, K. M., Feng, C., & Caton, J. (2017). Influence of Apico-Coronal Implant Placement on Post-Surgical Crestal Bone Loss in Humans. *Journal of periodontology*, 88(8), 762–770.
51. Evangelista, K., Vasconcelos, K., Bumann, A., Hirsch, E., Nitka, M., & Silva, M. A. (2010). Dehiscence and fenestration in patients with Class I and Class II Division 1 malocclusion assessed with cone-beam computed tomography. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics: official publication of the American*

- Association of Orthodontists, its constituent societies, and the *American Board of Orthodontics*, 138(2), 133.e1–135.
52. Farahamnd, A., Sarlati, F., Eslami, S., Ghassemlian, M., Youssefi, N., & Jafarzadeh Esfahani, B. (2017). Evaluation of Impacting Factors on Facial Bone Thickness in the Anterior Maxillary Region. *The Journal of craniofacial surgery*, 28(3), 700–705.
53. Farmer, M., & Darby, I. (2014). Ridge dimensional changes following single-tooth extraction in the aesthetic zone. *Clinical oral implants research*, 25(2), 272–277.
54. Favero, G., Lang, N. P., Romanelli, P., Pantani, F., Caneva, M., & Botticelli, D. (2015). A digital evaluation of alveolar ridge preservation at implants placed immediately into extraction sockets: an experimental study in the dog. *Clinical oral implants research*, 26(1), 102–108.
55. Ferrus, J., Cecchinato, D., Pjetursson, E. B., Lang, N. P., Sanz, M., & Lindhe, J. (2010). Factors influencing ridge alterations following immediate implant placement into extraction sockets. *Clinical oral implants research*, 21(1), 22–29.
56. Fickl, S., Schneider, D., Zuhr, O., Hinze, M., Ender, A., Jung, R. E., & Hürzeler, M. B. (2009). Dimensional changes of the ridge contour after socket preservation and buccal overbuilding: an animal study. *Journal of clinical periodontology*, 36(5), 442–448.
57. Fokas, G., Vaughn, V. M., Scarfe, W. C., & Bornstein, M. M. (2018). Accuracy of linear measurements on CBCT images related to presurgical implant treatment planning: A systematic review. *Clinical oral implants research*, 29 Suppl 16, 393–415.
58. Fu, J. H., Yeh, C. Y., Chan, H. L., Tatarakis, N., Leong, D. J., & Wang, H. L. (2010). Tissue biotype and its relation to the underlying bone morphology. *Journal of periodontology*, 81(4), 569–574.
59. Fuentes, R., Flores, T., Navarro, P., Salamanca, C., Beltrán, V., & Borie, E. (2015). Assessment of buccal bone thickness of aesthetic



- maxillary region: a cone-beam computed tomography study. *Journal of periodontal & implant science*, 45(5), 162–168.
60. Gakonyo, J., Mohamedali, A. J., & Mungure, E. K. (2018). Cone Beam Computed Tomography Assessment of the Buccal Bone Thickness in Anterior Maxillary Teeth: Relevance to Immediate Implant Placement. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 33(4), 880–887.
61. Ganji, K. K., Alswilem, R. O., Abouonq, A. O., Alruwaili, A. A., & Alam, M. K. (2019). Noninvasive evaluation of the correlation between thickness of the buccal bone and attached gingiva of maxillary premolars. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 31(3), 240–245.
62. Ghassemian, M., Nowzari, H., Lajolo, C., Verdugo, F., Pirronti, T., & D'Addona, A. (2012). The thickness of facial alveolar bone overlying healthy maxillary anterior teeth. *Journal of periodontology*, 83(2), 187–197.
63. Gholami, G. A., Najafi, B., Mashhadiabbas, F., Goetz, W., & Najafi, S. (2012). Clinical, histologic and histomorphometric evaluation of socket preservation using a synthetic nanocrystalline hydroxyapatite in comparison with a bovine xenograft: a randomized clinical trial. *Clinical oral implants research*, 23(10), 1198–1204.
64. Glibert, M., Matthys, C., Maat, R. J., De Bruyn, H., & Vervaeke, S. (2018). A randomized controlled clinical trial assessing initial crestal bone remodeling of implants with a different surface roughness. *Clinical implant dentistry and related research*, 20(5), 824–828.
65. Gluckman, H., Pontes, C. C., & Du Toit, J. (2018). Radial plane tooth position and bone wall dimensions in the anterior maxilla: A CBCT classification for immediate implant placement. *The Journal of prosthetic dentistry*, 120(1), 50–56.

66. Glüer, C. C., Wu, C. Y., Jergas, M., Goldstein, S. A., & Genant, H. K. (1994). Three quantitative ultrasound parameters reflect bone structure. *Calcified tissue international*, 55(1), 46–52.
67. Greenhalgh, T., & Peacock, R. (2005). Effectiveness and efficiency of search methods in systematic reviews of complex evidence: audit of primary sources. *BMJ (Clinical research ed.)*, 331(7524), 1064–1065.
68. Grippo, J. O., Simring, M., & Coleman, T. A. (2012). Abrfraction, abrasion, biocorrosion, and the enigma of noncarious cervical lesions: a 20-year perspective. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 24(1), 10–23.
69. Grunder, U., Gracis, S., & Capelli, M. (2005). Influence of the 3-D bone-to-implant relationship on esthetics. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*, 25(2), 113–119.
70. Hämmerle, C. H., Chen, S. T., & Wilson, T. G., Jr (2004). Consensus statements and recommended clinical procedures regarding the placement of implants in extraction sockets. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 19 Suppl, 26–28.
71. Harada, S., & Rodan, G. A. (2003). Control of osteoblast function and regulation of bone mass. *Nature*, 423(6937), 349–355.
72. Hauser, F., Gaydarov, N., Badoud, I., Vazquez, L., Bernard, J. P., & Ammann, P. (2013). Clinical and histological evaluation of postextraction platelet-rich fibrin socket filling: a prospective randomized controlled study. *Implant dentistry*, 22(3), 295–303.
73. Huynh-Ba, G., Pjetursson, B. E., Sanz, M., Cecchinato, D., Ferrus, J., Lindhe, J., & Lang, N. P. (2010). Analysis of the socket bone wall dimensions in the upper maxilla in relation to immediate implant placement. *Clinical oral implants research*, 21(1), 37–42.
74. Iasella, J. M., Greenwell, H., Miller, R. L., Hill, M., Drisko, C., Bohra, A. A., & Scheetz, J. P. (2003). Ridge preservation with freeze-dried bone allograft and a collagen membrane compared to extraction

- alone for implant site development: a clinical and histologic study in humans. *Journal of periodontology*, 74(7), 990–999.
75. Igarashi, Y., Yoshida, S., & Kanazawa, E. (2017). The prevalence and morphological types of non-carious cervical lesions (NCCL) in a contemporary sample of people. *Odontology*, 105(4), 443–452.
76. Jambhekar, S., Kernen, F., & Bidra, A. S. (2015). Clinical and histologic outcomes of socket grafting after flapless tooth extraction: a systematic review of randomized controlled clinical trials. *The Journal of prosthetic dentistry*, 113(5), 371–382.
77. Januário, A. L., Duarte, W. R., Barriviera, M., Mesti, J. C., Araújo, M. G., & Lindhe, J. (2011). Dimension of the facial bone wall in the anterior maxilla: a cone-beam computed tomography study. *Clinical oral implants research*, 22(10), 1168–1171.
78. Jati, A. S., Furquim, L. Z., & Consolaro, A. (2016). Gingival recession: its causes and types, and the importance of orthodontic treatment. *Dental press journal of orthodontics*, 21(3), 18–29.
79. Jung, R. E., Philipp, A., Annen, B. M., Signorelli, L., Thoma, D. S., Hämmerle, C. H., Attin, T., & Schmidlin, P. (2013). Radiographic evaluation of different techniques for ridge preservation after tooth extraction: a randomized controlled clinical trial. *Journal of clinical periodontology*, 40(1), 90–98.
80. Jung, Y. H., Cho, B. H., & Hwang, J. J. (2017). Analysis of the root position of the maxillary incisors in the alveolar bone using cone-beam computed tomography. *Imaging science in dentistry*, 47(3), 181–187.
81. Karoussis, I. K., Brägger, U., Salvi, G. E., Bürgin, W., & Lang, N. P. (2004). Effect of implant design on survival and success rates of titanium oral implants: a 10-year prospective cohort study of the ITI Dental Implant System. *Clinical oral implants research*, 15(1), 8–17.
82. Kheur, M. G., Kantharia, N. R., Kheur, S. M., Acharya, A., Le, B., & Sethi, T. (2015). Three-Dimensional Evaluation of Alveolar Bone

- and Soft Tissue Dimensions of Maxillary Central Incisors for Immediate Implant Placement: A Cone-Beam Computed Tomography Assisted Analysis. *Implant dentistry*, 24(4), 407–415.
83. Khoury, J., Ghosn, N., Mokbel, N., & Naaman, N. (2016). Buccal Bone Thickness Overlying Maxillary Anterior Teeth: A Clinical and Radiographic Prospective Human Study. *Implant dentistry*, 25(4), 525–531.
84. Ko, Y. C., Huang, H. L., Shen, Y. W., Cai, J. Y., Fuh, L. J., & Hsu, J. T. (2017). Variations in crestal cortical bone thickness at dental implant sites in different regions of the jawbone. *Clinical implant dentistry and related research*, 19(3), 440–446.
85. Koç, A., Kavut, İ., & Uğur, M. (2019). Assessment of buccal bone thickness in the anterior maxilla: A cone beam computed tomography study. *Cumhuriyet Dental Journal*, 22(1):102–7.
86. Leblebicioglu, B., Salas, M., Ort, Y., Johnson, A., Yildiz, V. O., Kim, D. G., Agarwal, S., & Tatakis, D. N. (2013). Determinants of alveolar ridge preservation differ by anatomic location. *Journal of clinical periodontology*, 40(4), 387–395.
87. Lee, S. L., Kim, H. J., Son, M. K., & Chung, C. H. (2010). Anthropometric analysis of maxillary anterior buccal bone of Korean adults using cone-beam CT. *The journal of advanced prosthodontics*, 2(3), 92–96.
88. Leite, F., Nascimento, G. G., Scheutz, F., & López, R. (2018). Effect of Smoking on Periodontitis: A Systematic Review and Meta-regression. *American journal of preventive medicine*, 54(6), 831–841.
89. Li, Y., Deng, S., Mei, L., Li, J., Qi, M., Su, S., Li, Y., & Zheng, W. (2019). Accuracy of alveolar bone height and thickness measurements in cone beam computed tomography: a systematic review and meta-analysis. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*, 128(6), 667–679.

90. Linkevicius, T., Puisys, A., Steigmann, M., Vindasiute, E., & Linkeviciene, L. (2015). Influence of Vertical Soft Tissue Thickness on Crestal Bone Changes Around Implants with Platform Switching: A Comparative Clinical Study. *Clinical implant dentistry and related research*, 17(6), 1228–1236.
91. López-Jarana, P., Díaz-Castro, C. M., Falcão, A., Falcão, C., Ríos-Santos, J. V., & Herrero-Climent, M. (2018). Thickness of the buccal bone wall and root angulation in the maxilla and mandible: an approach to cone beam computed tomography. *BMC oral health*, 18(1), 194.
92. Mahmoud, A. M., Ngan, P., Crout, R., & Mukdadi, O. M. (2010). High-resolution 3D ultrasound jawbone surface imaging for diagnosis of periodontal bony defects: an in vitro study. *Annals of biomedical engineering*, 38(11), 3409–3422.
93. Mandelaris, G. A., Vence, B. S., Rosenfeld, A. L., & Forbes, D. P. (2013). A classification system for crestal and radicular dentoalveolar bone phenotypes. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*, 33(3), 289–296.
94. Menezes, C. C., Janson, G., da Silveira Massaro, C., Cambiagli, L., & Garib, D. G. (2016). Precision, reproducibility, and accuracy of bone crest level measurements of CBCT cross sections using different resolutions. *The Angle orthodontist*, 86(4), 535–542.
95. Misch, C. E., Perel, M. L., Wang, H. L., Sammartino, G., Galindo-Moreno, P., Trisi, P., Steigmann, M., Rebaudi, A., Palti, A., Pikos, M. A., Schwartz-Arad, D., Choukroun, J., Gutierrez-Perez, J. L., Marenzi, G., & Valavanis, D. K. (2008). Implant success, survival, and failure: the International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference. *Implant dentistry*, 17(1), 5–15.
96. Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., Stewart, L. A., & PRISMA-P Group (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-

- analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic reviews*, 4(1), 1.
97. Monje, A., Chappuis, V., Monje, F., Muñoz, F., Wang, H. L., Urban, I. A., & Buser, D. (2019). The Critical Peri-implant Buccal Bone Wall Thickness Revisited: An Experimental Study in the Beagle Dog. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 34(6), 1328–1336.
98. Morad, G., Behnia, H., Motamedian, S. R., Shahab, S., Gholamin, P., Khosraviani, K., Nowzari, H., & Khojasteh, A. (2014). Thickness of labial alveolar bone overlying healthy maxillary and mandibular anterior teeth. *The Journal of craniofacial surgery*, 25(6), 1985–1991.
99. Moraschini, V., Poubel, L. A., Ferreira, V. F., & Barboza, E. (2015). Evaluation of survival and success rates of dental implants reported in longitudinal studies with a follow-up period of at least 10 years: a systematic review. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 44(3), 377–388.
100. Morton, D., Chen, S. T., Martin, W. C., Levine, R. A., & Buser, D. (2014). Consensus statements and recommended clinical procedures regarding optimizing esthetic outcomes in implant dentistry. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 29 Suppl, 216–220.
101. Nelson, S. J., & Ash, M. M. (2010). Wheeler anatomía, fisiología y oclusión dental 9ª Edición. Madrid, España: Elsevier.
102. Nguyen, C., Ranjitkar, S., Kaidonis, J. A., & Townsend, G. C. (2008). A qualitative assessment of non-carious cervical lesions in extracted human teeth. *Australian dental journal*, 53(1), 46–51.
103. Nikiforidou, M., Tsalikis, L., Angelopoulos, C., Menexes, G., Vouros, I., & Konstantinides, A. (2016). Classification of periodontal biotypes with the use of CBCT. A cross-sectional study. *Clinical oral investigations*, 20(8), 2061–2071.

104. Nowzari, H., Molayem, S., Chiu, C. H., & Rich, S. K. (2012). Cone beam computed tomographic measurement of maxillary central incisors to determine prevalence of facial alveolar bone width  $\geq 2$  mm. *Clinical implant dentistry and related research*, 14(4), 595–602.
105. Parashis, A. O., Kalaitzakis, C. J., Tatakis, D. N., & Tosios, K. (2014). Alveolar ridge preservation using xenogeneic collagen matrix and bone allograft. *International journal of dentistry*, 172854.
106. Pellicer-Chover, H., Díaz-Sánchez, M., Soto-Peñaloza, D., Peñarrocha-Diago, M. A., Canullo, L., & Peñarrocha-Oltra, D. (2019). Impact of crestal and subcrestal implant placement upon changes in marginal peri-implant bone level. A systematic review. *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal*, 24(5), e673–e683.
107. Pellicer-Chover, H., Peñarrocha-Diago, M., Aloy-Prosper, A., Canullo, L., Peñarrocha-Diago, M., & Peñarrocha-Oltra, D. (2019). Does Apico-Coronal Implant Position Influence Peri-Implant Marginal Bone Loss? A 36-Month Follow-Up Randomized Clinical Trial. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 77(3), 515–527.
108. Peterson, A. G., Wang, M., Gonzalez, S., Covell, D. A., Jr, Katancik, J., & Sehgal, H. S. (2018). An In Vivo and Cone Beam Computed Tomography Investigation of the Accuracy in Measuring Alveolar Bone Height and Detecting Dehiscence and Fenestration Defects. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 33(6), 1296–1304.
109. Pietrokovski, J., Starinsky, R., Arensburg, B., & Kaffe, I. (2007). Morphologic characteristics of bony edentulous jaws. *Journal of prosthodontics*, 16(2), 141–147.
110. Puisys, A., Auzbikaviciute, V., Minkauskaite, A., Simkunaite-Rizgeliene, R., Razukevicius, D., Linkevicius, R., & Linkevicius, T.

- (2019). Early crestal bone loss: Is it really loss? *Clinical case reports*, 7(10), 1913–1915.
111. Puisys, A., & Linkevicius, T. (2015). The influence of mucosal tissue thickening on crestal bone stability around bone-level implants. A prospective controlled clinical trial. *Clinical oral implants research*, 26(2), 123–129.
112. Renvert, S., & Quirynen, M. (2015). Risk indicators for peri-implantitis. A narrative review. *Clinical oral implants research*, 26 Suppl 11, 15–44.
113. Rojo-Sanchis, J., Viña-Almunia, J., Peñarrocha-Oltra, D., & Peñarrocha-Diago, M. (2017). Facial Alveolar Bone Width at the First and Second Maxillary Premolars in Healthy Patients: A Cone Beam Computed Tomography Study. *The Journal of oral implantology*, 43(4), 261–265.
114. Roush, J. K., Howard, P. E., & Wilson, J. W. (1989). Normal blood supply to the canine mandible and mandibular teeth. *American journal of veterinary research*, 50(6), 904–907.
115. Sanz, I., Garcia-Gargallo, M., Herrera, D., Martin, C., Figueró, E., & Sanz, M. (2012). Surgical protocols for early implant placement in post-extraction sockets: a systematic review. *Clinical oral implants research*, 23 Suppl 5, 67–79.
116. Schenk, R. K., Buser, D., Hardwick, W. R., & Dahlin, C. (1994). Healing pattern of bone regeneration in membrane-protected defects: a histologic study in the canine mandible. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 9(1), 13–29.
117. Schroeder, H. E. (1986). Healing and regeneration following periodontal treatment. *Deutsche zahnärztliche Zeitschrift*, 41(6), 536–538.
118. Simonis, P., Dufour, T., & Tenenbaum, H. (2010). Long-term implant survival and success: a 10-16-year follow-up of non-submerged dental implants. *Clinical oral implants research*, 21(7), 772–777.



119. Spinato, S., Galindo-Moreno, P., Zaffe, D., Bernardello, F., & Soardi, C. M. (2014). Is socket healing conditioned by buccal plate thickness? A clinical and histologic study 4 months after mineralized human bone allografting. *Clinical oral implants research*, 25(2), e120–e126.
120. Spray, J. R., Black, C. G., Morris, H. F., & Ochi, S. (2000). The influence of bone thickness on facial marginal bone response: stage 1 placement through stage 2 uncovering. *Annals of periodontology*, 5(1), 119–128.
121. Sheerah, H., Othman, B., Jaafar, A., & Alsharif, A. (2019). Alveolar bone plate measurements of maxillary anterior teeth: A retrospective Cone Beam Computed Tomography study, AlMadianh, Saudi Arabia. *The Saudi dental journal*, 31(4), 437–444.
122. Sheng, Y., Guo, H. M., Bai, Y. X., & Li, S. (2020). Dehiscence and fenestration in anterior teeth: Comparison before and after orthodontic treatment. *Journal of orofacial orthopedics*, 81(1), 1–9.
123. Sterne, J. A., Hernán, M. A., Reeves, B. C., Savović, J., Berkman, N. D., Viswanathan, M., Henry, D., Altman, D. G., Ansari, M. T., Boutron, I., Carpenter, J. R., Chan, A. W., Churchill, R., Deeks, J. J., Hróbjartsson, A., Kirkham, J., Jüni, P., Loke, Y. K., Pigott, T. D., Ramsay, C. R., ... Higgins, J. P. (2016). ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. *BMJ*, 355, i4919.
124. STROBE statement--checklist of items that should be included in reports of observational studies (STROBE initiative). (2008). *International journal of public health*, 53(1), 3–4.
125. Tahmaseb, A., Wismeijer, D., Coucke, W., & Derksen, W. (2014). Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 29 Suppl, 25–42.

126. Temple, K. E., Schoolfield, J., Noujeim, M. E., Huynh-Ba, G., Lasho, D. J., & Mealey, B. L. (2017). Thickness of the Buccal Plate in Posterior Teeth: A Prospective Cone Beam Computed Tomography Study. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*, 37(6), 801–807.
127. Testori, T., Weinstein, T., Scutellà, F., Wang, H. L., & Zucchelli, G. (2018). Implant placement in the esthetic area: criteria for positioning single and multiple implants. *Periodontology 2000*, 77(1), 176–196.
128. Tian, Y. L., Liu, F., Sun, H. J., Lv, P., Cao, Y. M., Yu, M., & Yue, Y. (2015). Alveolar bone thickness around maxillary central incisors of different inclination assessed with cone-beam computed tomography. *Korean journal of orthodontics*, 45(5), 245–252.
129. Trombelli, L., Farina, R., Marzola, A., Bozzi, L., Liljenberg, B., & Lindhe, J. (2008). Modeling and remodeling of human extraction sockets. *Journal of clinical periodontology*, 35(7), 630–639.
130. Uner, D. D., Izol, B. S., & Gorus, Z. (2019). Correlation between buccal and alveolar bone widths at the central incisors according to cone-beam-computed tomography. *Nigerian journal of clinical practice*, 22(1), 79–84.
131. Urbani, G., Lombardo, G., Filippini, P., & Nocini, F. P. (1991). Dehiscence and fenestration: study of distribution and incidence in a homogeneous population model. *Stomatologia mediterranea*, 11(2), 113–118.
132. Valles, C., Rodríguez-Ciurana, X., Nart, J., Santos, A., Galofre, M., & Tarnow, D. (2017). Influence of Implant Neck Surface and Placement Depth on Crestal Bone Changes Around Platform-Switched Implants: A Clinical and Radiographic Study in Dogs. *Journal of periodontology*, 88(11), 1200–1210.
133. Vera, C., De Kok, I. J., Reinhold, D., Limpiphipatanakorn, P., Yap, A. K., Tyndall, D., & Cooper, L. F. (2012). Evaluation of buccal alveolar bone dimension of maxillary anterior and premolar teeth: a

- cone beam computed tomography investigation. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 27(6), 1514–1519.
134. Veroniki, A. A., Jackson, D., Viechtbauer, W., Bender, R., Bowden, J., Knapp, G., Kuss, O., Higgins, J. P., Langan, D., & Salanti, G. (2016). Methods to estimate the between-study variance and its uncertainty in meta-analysis. *Research synthesis methods*, 7(1), 55–79.
135. Vignoletti, F., de Sanctis, M., Berglundh, T., Abrahamsson, I., & Sanz, M. (2009). Early healing of implants placed into fresh extraction sockets: an experimental study in the beagle dog. II: ridge alterations. *Journal of clinical periodontology*, 36(8), 688–697.
136. Vignoletti, F., Matesanz, P., Rodrigo, D., Figuero, E., Martin, C., & Sanz, M. (2012). Surgical protocols for ridge preservation after tooth extraction. A systematic review. *Clinical oral implants research*, 23 Suppl 5, 22–38.
137. Vittorini Orgeas, G., Clementini, M., De Risi, V., & de Sanctis, M. (2013). Surgical techniques for alveolar socket preservation: a systematic review. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 28(4), 1049–1061.
138. Walton R. E. (2017). Vertical root fracture: Factors related to identification. *Journal of the American Dental Association*, 148(2), 100–105.
139. Wang, H. M., Shen, J. W., Yu, M. F., Chen, X. Y., Jiang, Q. H., & He, F. M. (2014). Analysis of facial bone wall dimensions and sagittal root position in the maxillary esthetic zone: a retrospective study using cone beam computed tomography. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 29(5), 1123–1129.
140. Weiss, R., 2nd, & Read-Fuller, A. (2019). Cone Beam Computed Tomography in Oral and Maxillofacial Surgery: An Evidence-Based Review. *Dentistry journal*, 7(2), 52.

141. Weng, D., Nagata, M. J., Leite, C. M., de Melo, L. G., & Bosco, A. F. (2011). Influence of microgap location and configuration on radiographic bone loss in nonsubmerged implants: an experimental study in dogs. *The International journal of prosthodontics*, 24(5), 445–452.
142. Wood, R., Sun, Z., Chaudhry, J., Tee, B. C., Kim, D. G., Leblebicioglu, B., & England, G. (2013). Factors affecting the accuracy of buccal alveolar bone height measurements from cone-beam computed tomography images. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 143(3), 353–363.
143. Yang, X., Zhou, T., Zhou, N., & Man, Y. (2019). The thickness of labial bone affects the esthetics of immediate implant placement and provisionalization in the esthetic zone: A prospective cohort study. *Clinical implant dentistry and related research*, 21(3), 482–491.
144. Younes, F., Eghbali, A., Raes, M., De Bruyckere, T., Cosyn, J., & De Bruyn, H. (2016). Relationship between buccal bone and gingival thickness revisited using non-invasive registration methods. *Clinical oral implants research*, 27(5), 523–528.
145. Yuan, J., Wen, Y., Huang, H. Y., Xu, X., & Jiang, B. Q. (2018). Relationship among gingival thickness, underlying alveolar bone thickness, and sagittal root position in the maxillary anterior. *West China journal of stomatology*, 36(4), 389–393.
146. Zekry, A., Wang, R., Chau, A. C., & Lang, N. P. (2014). Facial alveolar bone wall width - a cone-beam computed tomography study in Asians. *Clinical oral implants research*, 25(2), 194–206.
147. Zhang, C. Y., DeBaz, C., Bhandal, G., Alli, F., Buencamino Francisco, M. C., Thacker, H. L., Palomo, J. M., & Palomo, L. (2016). Buccal Bone Thickness in the Esthetic Zone of Postmenopausal Women: A CBCT Analysis. *Implant dentistry*, 25(4), 478–484.

148. Zhang, S., Shi, X., & Liu, H. (2015). Angulations of Anterior Teeth With Reference to the Alveolar Bone Measured by CBCT in a Chinese Population. *Implant dentistry*, 24(4), 397–401.
149. Zhou, Z., Chen, W., Shen, M., Sun, C., Li, J., & Chen, N. (2014). Cone beam computed tomographic analyses of alveolar bone anatomy at the maxillary anterior region in Chinese adults. *Journal of biomedical research*, 28(6), 498–505.
150. Zucchelli, G., Gori, G., Mele, M., Stefanini, M., Mazzotti, C., Marzadori, M., Montebugnoli, L., & De Sanctis, M. (2011). Non-carious cervical lesions associated with gingival recessions: a decision-making process. *Journal of periodontology*, 82(12), 1713–1724.



## **9 | DOCUMENTOS ANEXOS**





Dña. María José Vidal García, Directora del Servicio de Prevención y Medio Ambiente, y Presidenta del Comité Ético de Investigación en Humanos de la Comisión de Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València,

CERTIFICA:

Que el Comité Ético de Investigación en Humanos, en la reunión celebrada el día 12 de abril de 2016, una vez estudiado el proyecto de investigación titulado:

*"Anchura de la cortical vestibular en los premolares maxilares – estudio retrospectivo utilizando tomografía computerizada de haz cónico", número de procedimiento H145639215058,*

cuyo responsable es D. Miguel Peñarrocha Diago, ha acordado informar favorablemente el mismo dado que se respetan los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki, en el Convenio del Consejo de Europa relativo a los derechos humanos y cumple los requisitos establecidos en la legislación española en el ámbito de la investigación biomédica, la protección de datos de carácter personal y la bioética.

Y para que conste, se firma el presente certificado en Valencia, a dieciocho de abril de dos mil dieciséis.



Anexo I. Comité Ético de Investigación en Humanos de la Universitat de València del estudio radiológico de los dientes maxilares mediante TCHC.

**D. Fernando A. Verdú Pascual**, Profesor Titular de Medicina Legal y Forense, y Secretario del Comité Ético de Investigación en Humanos de la Comisión de Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València,

CERTIFICA:

Que el Comité Ético de Investigación en Humanos, en la reunión celebrada el día 15 de abril de 2013, una vez estudiado el proyecto de investigación titulado:

*"Evaluar y comparar los resultados clínicos y radiológicos de implantes colocados a diferentes profundidades de inserción", número de procedimiento H1365580155510,*

cuyo investigador principal es D. Miguel Peñarrocha Diago, ha acordado informar favorablemente el mismo dado que se respetan los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki, en el Convenio del Consejo de Europa relativo a los derechos humanos y cumple los requisitos establecidos en la legislación española en el ámbito de la investigación biomédica, la protección de datos de carácter personal y la bioética.

Y para que conste, se firma el presente certificado en Valencia, a tres de mayo de dos mil trece.



Fernando Verdú Pascual   
Certifico la precisión e   
integridad de este   
documento   
2013.05.03 11:28:04 +02'00'

Anexo II. Comité Ético de Investigación en Humanos de la Universitat de València del estudio radiológico de planificación virtual de implantes en TCHC.

| Distancia apical a la COV | Diente | N   | Media | Desviación típica | IC 95% media | Mínimo | Máximo | Mediana |
|---------------------------|--------|-----|-------|-------------------|--------------|--------|--------|---------|
| <b>1 mm</b>               | IC     | 156 | 0.72  | 0.32              | 0.67 – 0.78  | 0.00   | 1.80   | 0.60    |
|                           | IL     | 149 | 0.81  | 0.42              | 0.74 – 0.88  | 0.00   | 2.40   | 0.75    |
|                           | C      | 152 | 0.83  | 0.43              | 0.76 – 0.89  | 0.00   | 3.15   | 0.75    |
| <b>2 mm</b>               | IC     | 156 | 0.73  | 0.39              | 0.67 – 0.79  | 0.00   | 1.95   | 0.60    |
|                           | IL     | 149 | 0.85  | 0.56              | 0.76 – 0.94  | 0.00   | 3.00   | 0.75    |
|                           | C      | 152 | 0.87  | 0.54              | 0.78 – 0.95  | 0.00   | 3.30   | 0.75    |
| <b>3 mm</b>               | IC     | 156 | 0.69  | 0.37              | 0.64 – 0.75  | 0.00   | 1.80   | 0.60    |
|                           | IL     | 149 | 0.79  | 0.61              | 0.69 – 0.89  | 0.00   | 3.15   | 0.60    |
|                           | C      | 152 | 0.82  | 0.55              | 0.73 – 0.91  | 0.00   | 3.15   | 0.60    |

Anexo III. Corresponde al apartado 5.2 (resultados). Análisis descriptivo de la anchura de la cortical vestibular en IC, IL y C. Los IC mostraron descriptivamente menor anchura con respecto a los IL y C en todas las mediciones.

| <b>Distancia apical a la cresta</b> | <b>Diente</b> | <b>N</b> | <b>Media</b> | <b>Desviación típica</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> | <b>Mediana</b> |
|-------------------------------------|---------------|----------|--------------|--------------------------|---------------|---------------|----------------|
| <b>1 mm</b>                         | 1PM           | 72       | 1.41         | 1.41                     | 0.45          | 3.30          | 1.35           |
|                                     | 2PM           | 72       | 1.72         | 0.56                     | 0.75          | 4.06          | 1.65           |
| <b>2 mm</b>                         | 1PM           | 72       | 1.68         | 0.72                     | 0.47          | 3.90          | 1.51           |
|                                     | 2PM           | 72       | 2.23         | 0.66                     | 0.75          | 4.66          | 2.10           |
| <b>3 mm</b>                         | 1PM           | 72       | 1.71         | 0.89                     | 0.45          | 4.05          | 1.50           |
|                                     | 2PM           | 72       | 2.43         | 0.82                     | 0.45          | 4.51          | 2.40           |
| <b>5 mm</b>                         | 1PM           | 72       | 1.44         | 1.00                     | 0.30          | 5.25          | 1.21           |
|                                     | 2PM           | 72       | 2.31         | 1.06                     | 0.30          | 5.85          | 2.19           |

Anexo IV. Corresponde al apartado 5.3 (resultados). Análisis descriptivo de la anchura de la cortical vestibular en 1PM y 2PM. Los 2PM mostraron descriptivamente mayor anchura de la cortical en todas las mediciones apical a la COV.

| Distancia apical a la COV | Grupos LAC-COV | N  | Media | Desviación típica | IC 95% media | Mínimo | Máximo | Mediana |
|---------------------------|----------------|----|-------|-------------------|--------------|--------|--------|---------|
| 1 mm                      | ≤ 3 mm         | 65 | 0.83  | 0.35              | 0.75 – 0.92  | 0.30   | 1,80   | 0,75    |
|                           | > 3 y ≤ 4.5 mm | 65 | 0.66  | 0.29              | 0.59 – 0.73  | 0.00   | 1,60   | 0,60    |
|                           | > 4.5 mm       | 26 | 0.61  | 0.23              | 0.52 – 0.70  | 0.00   | 1,20   | 0,60    |
| 2 mm                      | ≤ 3 mm         | 65 | 0.90  | 0.43              | 0.79 – 1.01  | 0.30   | 1,95   | 0,75    |
|                           | > 3 y ≤ 4.5 mm | 65 | 0.63  | 0.29              | 0.55 – 0.70  | 0.00   | 1,60   | 0,60    |
|                           | > 4.5 mm       | 26 | 0.56  | 0.29              | 0.44 – 0.68  | 0.00   | 1,20   | 0,60    |
| 3 mm                      | ≤ 3 mm         | 65 | 0.87  | 0.41              | 0.76 – 0.97  | 0.30   | 1,80   | 0,75    |
|                           | > 3 y ≤ 4.5 mm | 65 | 0.58  | 0.26              | 0.51 – 0.64  | 0.00   | 1,40   | 0,60    |
|                           | > 4.5 mm       | 26 | 0.55  | 0.30              | 0.43 – 0.67  | 0.00   | 1,20   | 0,60    |

Anexo V. Corresponde al apartado 5.4.1 (resultados). Análisis descriptivo de la anchura del hueso vestibular en IC segmentado por grupos LAC-COV. Observamos que en los grupos de mayor distancia LAC-COV la anchura media es descriptivamente menor en todos los lugares de medición con respecto al grupo de pequeña distancia.

| Distancia apical a la COV | Grupos LAC-COV | N  | Media | Desviación típica | IC 95% media | Mínimo | Máximo | Mediana |
|---------------------------|----------------|----|-------|-------------------|--------------|--------|--------|---------|
| 1 mm                      | ≤ 3 mm         | 70 | 0.92  | 0.44              | 0.82 – 1.03  | 0.30   | 2.40   | 0.75    |
|                           | > 3 y ≤ 4.5 mm | 57 | 0.76  | 0.37              | 0.67 – 0.86  | 0.15   | 1.80   | 0.75    |
|                           | > 4.5 mm       | 22 | 0.58  | 0.35              | 0.42 – 0.74  | 0.00   | 1.20   | 0.45    |
| 2 mm                      | ≤ 3 mm         | 65 | 1.02  | 0.61              | 0.88 – 1.17  | 0.15   | 1.95   | 0.75    |
|                           | > 3 y ≤ 4.5 mm | 65 | 0.77  | 0.48              | 0.64 – 0.90  | 0.15   | 2.25   | 0.60    |
|                           | > 4.5 mm       | 26 | 0.53  | 0.40              | 0.35 – 0.71  | 0.00   | 1.35   | 0.45    |
| 3 mm                      | ≤ 3 mm         | 70 | 0.97  | 0.69              | 0.80 – 1.13  | 0.15   | 3.15   | 0.75    |
|                           | > 3 y ≤ 4.5 mm | 57 | 0.69  | 0.50              | 0.56 – 0.83  | 0.00   | 2.55   | 0.45    |
|                           | > 4.5 mm       | 22 | 0.47  | 0.40              | 0.29 – 0.65  | 0.00   | 1.20   | 0.45    |

Anexo VI. Corresponde al apartado 5.4.1(resultados). Análisis descriptivo de la anchura de la cortical vestibular en IL segmentada por grupos LAC-COV. Observamos que en los grupos de mayor distancia LAC-COV la anchura media fue descriptivamente menor en todos los lugares de medición con respecto al grupo de pequeña distancia.

| Distancia apical a la COV | Grupos LAC-COV | N  | Media | Desviación típica | IC 95% media | Mínimo | Máximo | Mediana |
|---------------------------|----------------|----|-------|-------------------|--------------|--------|--------|---------|
| 1 mm                      | ≤ 3 mm         | 60 | 0.99  | 0.47              | 0.87 – 1.11  | 0.30   | 3.15   | 0.90    |
|                           | > 3 y ≤ 4.5 mm | 50 | 0.79  | 0.39              | 0.68 – 0.90  | 0.00   | 2.25   | 0.75    |
|                           | > 4.5 mm       | 42 | 0.63  | 0.30              | 0.54 – 0.73  | 0.00   | 1.50   | 0.60    |
| 2 mm                      | ≤ 3 mm         | 60 | 1.08  | 0.58              | 0.93 – 1.23  | 0.30   | 3.30   | 1.05    |
|                           | > 3 y ≤ 4.5 mm | 50 | 0.84  | 0.54              | 0.69 – 0.99  | 0.00   | 3.00   | 0.75    |
|                           | > 4.5 mm       | 42 | 0.59  | 0.34              | 0.49 – 0.70  | 0.00   | 1.65   | 0.53    |
| 3 mm                      | ≤ 3 mm         | 60 | 1.04  | 0.62              | 0.88 – 1.19  | 0.15   | 3.15   | 0.95    |
|                           | > 3 y ≤ 4.5 mm | 50 | 0.79  | 0.54              | 0.64 – 0.95  | 0.00   | 3.15   | 0.73    |
|                           | > 4.5 mm       | 42 | 0.55  | 0.31              | 0.46 – 0.65  | 0.00   | 1.80   | 0.53    |

Anexo VII. Corresponde al apartado 5.4.1 (resultados). Análisis descriptivo de la anchura de la cortical vestibular en C segmentada por grupos LAC-COV. Observamos que en los grupos de mayor distancia LAC-COV la anchura media es descriptivamente menor en todos los lugares de medición con respecto al grupo de pequeña distancia.

| Distancia apical a la COV | Dientes | Anchura media de la cortical vestibular en mm |                        |                     |
|---------------------------|---------|-----------------------------------------------|------------------------|---------------------|
|                           |         | Media (Desviación Estándar; Rango)            |                        |                     |
|                           |         | Grupo 1                                       | Grupo 2                | Grupo 3             |
| 1 mm                      | IC      | 0.83 (0.35; 1.8-0.3)                          | 0.66 (0.29; 1.6-0.2)   | 0.61 (0.23; 1.2-0)  |
|                           | IL      | 0.92 (0.44; 2.4-0.3)                          | 0.76 (0.37; 1.8-0.15)  | 0.58 (0.35; 1.2-0)  |
|                           | C       | 0.99 (0.47; 3.15-0.3)                         | 0.79 (0.39; 2.25-0)    | 0.63 (0.3; 1.5-0)   |
| 2 mm                      | IC      | 0.9 (0.43; 1.95-0.3)                          | 0.63 (0.29; 1.6-0)     | 0.56 (0.29; 1.2-0)  |
|                           | IL      | 1.02 (0.61; 3-0.15)                           | 0.77 (0.48; 2.25-0.15) | 0.53 (0.4; 1.35-0)  |
|                           | C       | 1.08 (0.58; 3.3-0.3)                          | 0.84 (0.54; 3-0)       | 0.59 (0.34; 1.65-0) |
| 3 mm                      | IC      | 0.87 (0.41; 1.8-0.3)                          | 0.58 (0.26; 1.4-0)     | 0.55 (0.3; 1.2-0)   |
|                           | IL      | 0.97 (0.69; 3.15-0.15)                        | 0.69 (0.5; 2.55-0)     | 0.47 (0.4; 1.2-0)   |
|                           | C       | 1.04 (0.62; 3.15-0)                           | 0.79 (0.54; 3.15-0)    | 0.55 (0.31; 1.8-0)  |

Anexo VIII. Corresponde al apartado 5.4.2 (resultados). Análisis descriptivo de la anchura de la cortical vestibular dividido por dientes anteriores y por grupos LAC-COV. Observamos que los dientes del Grupo 1 tienen una anchura media mayor que los del Grupo 2 y Grupo 3. En el grupo 1 y 2 existen diferencias en anchura media entre los distintos tipos de dientes analizados; en cambio en el grupo 3 las anchuras medias de todos los dientes son bastante similares.



|                           | N  | Media | Desviación<br>Típica | Mínimo | Máximo | Mediana |
|---------------------------|----|-------|----------------------|--------|--------|---------|
| <b>Crestal</b>            | 64 | 1.99  | 1.10                 | 1.00   | 6.85   | 1.65    |
| <b>Subcrestal<br/>0.5</b> | 64 | 2.32  | 1.13                 | 1.05   | 7.45   | 2.08    |
| <b>Subcrestal 1</b>       | 64 | 2.57  | 1.16                 | 1.20   | 8.05   | 2.25    |
| <b>Subcrestal<br/>1.5</b> | 64 | 2.79  | 1.18                 | 1.20   | 8.20   | 2.45    |
| <b>Subcrestal 2</b>       | 64 | 2.90  | 1.22                 | 1.05   | 8.35   | 2.65    |

Anexo IX. Corresponde al apartado 5.5.1 (resultados). Análisis descriptivo de la anchura de la cortical en las diferentes posiciones subcrestales del implante. Observamos que a mayor posición subcrestal del implante la anchura media de la cortical vestibular periimplantaria es mayor.

|             | F    | p-valor   |
|-------------|------|-----------|
| Profundidad | 35.5 | <0.001*** |

\*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001

Anexo X. Corresponde al apartado 5.5.1 (resultados). Anchura de la tabla ósea según nivel de profundidad: resultados test F del modelo lineal general ANOVA de medidas repetidas. Observamos que la influencia de la profundidad de la posición del implante es estadísticamente significativa en la anchura de la cortical vestibular.

| Arcada                   |          |          |       |          |          |       |           |          |       |
|--------------------------|----------|----------|-------|----------|----------|-------|-----------|----------|-------|
|                          | Total    |          |       | Maxilar  |          |       | Mandíbula |          |       |
|                          | Posición |          |       | Posición |          |       | Posición  |          |       |
|                          | Total    | Prenolar | Molar | Total    | Prenolar | Molar | Total     | Prenolar | Molar |
| <b>N</b>                 | 64       | 20       | 44    | 35       | 18       | 17    | 29        | 2        | 27    |
| <b>Media</b>             | 7.44     | 7.08     | 7.61  | 7.30     | 7.08     | 7.53  | 7.62      | 7.05     | 7.66  |
| <b>Desviación Típica</b> | 1.49     | 1.10     | 1.62  | 1.44     | 1.11     | 1.73  | 1.56      | 1.48     | 1.58  |
| <b>Mínimo</b>            | 6.00     | 6.00     | 6.00  | 6.00     | 6.00     | 6.00  | 6.00      | 6.00     | 6.00  |
| <b>Máximo</b>            | 13.20    | 10.00    | 13.20 | 13.20    | 10.00    | 13.20 | 11.00     | 8.10     | 11.00 |
| <b>Mediana</b>           | 7.05     | 6.90     | 7.15  | 7.00     | 6.90     | 7.20  | 7.10      | 7.05     | 7.10  |

Anexo XI. Corresponde al apartado 5.5.1 (resultados). Análisis descriptivo de la anchura de la cresta inicial según arcada y diente analizado. Observamos que la anchura media fue ligeramente superior en la mandíbula que en el maxilar, y en ambas arcadas la anchura fue mayor a nivel de molares que de premolares.

| Arcada                   |          |          |       |          |          |       |           |          |       |
|--------------------------|----------|----------|-------|----------|----------|-------|-----------|----------|-------|
|                          | Total    |          |       | Maxilar  |          |       | Mandíbula |          |       |
|                          | Posición |          |       | Posición |          |       | Posición  |          |       |
|                          | Total    | Premolar | Molar | Total    | Premolar | Molar | Total     | Premolar | Molar |
| <b>N</b>                 | 64       | 20       | 44    | 35       | 18       | 17    | 29        | 2        | 27    |
| <b>Media</b>             | 1.16     | 0.98     | 1.25  | 0.93     | 0.95     | 0.91  | 1.44      | 1.20     | 1.46  |
| <b>Desviación Típica</b> | 0.97     | 0.56     | 1.11  | 0.75     | 0.58     | 0.91  | 1.15      | 0.42     | 1.18  |
| <b>Mínimo</b>            | 0.4      | 0.50     | 0.40  | 0.40     | 0.50     | 0.40  | 0.50      | 0.90     | 0.50  |
| <b>Máximo</b>            | 6.30     | 3.00     | 6.30  | 4.20     | 3.00     | 4.20  | 6.30      | 1.50     | 6.30  |
| <b>Mediana</b>           | 0.90     | 0.90     | 0.90  | 0.80     | 0.85     | 0.60  | 1.10      | 1.20     | 1.10  |

Anexo XII. Corresponde al apartado 5.5.2 (resultados). Análisis descriptivo de la anchura de la cortical ósea crestral según arcada y posición edéntula. Observamos que la anchura de la cortical crestral es mayor en la mandíbula que en el maxilar, especialmente a nivel de molares.



## **10 | PRODUCCIÓN CIENTÍFICA**



1. Artículos publicados sobre el tema de la tesis doctoral

-Rojo-Sanchis, J., Viña-Almunia, J., Peñarrocha-Oltra, D., & Peñarrocha-Diago, M. (2017). Facial Alveolar Bone Width at the First and Second Maxillary Premolars in Healthy Patients: A Cone Beam Computed Tomography Study. *The Journal of oral implantology*, 43(4), 261–265. doi:10.1563/aaid-joi-D-16-00195.

-Rojo-Sanchis, J., Peñarrocha-Oltra, D., Peñarrocha-Diago, M., Zaragoza-Alonso, R., & Viña-Almunia, J. (2019). Relation between the distance from the cemento-enamel junction to the bone crest and the thickness of the facial bone in anterior maxillary teeth: A cross-sectional tomographic study. *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal*, 24(3), e409–e415. doi:10.4317/medoral.22802.

-Pellicer-Chover, H., Rojo-Sanchis, J., Peñarrocha-Diago, M., Viña-Almunia, J., Peñarrocha-Oltra, D., & Peñarrocha-Diago, M. (2020). Radiological implications of crestal and subcrestal implant placement in posterior areas. A cone-beam computed tomography study. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 12(9), e870–e876. doi:10.4317/jced.56652.

2. Artículos enviados sobre el tema de la tesis

-Rojo-Sanchis, J., Soto-Peñaloza, D., Peñarrocha-Oltra, D., Peñarrocha-Diago, M., & Viña-Almunia J. (2020). Facial Alveolar Bone Thickness and Modifying Factors of Anterior Maxillary Teeth: A Systematic Review and Meta-Analysis of Cone-Beam Computed Tomography studies. *Submitted to BMC Oral Health.*

3. Comunicaciones oral en eventos científicos sobre el tema de la tesis

-Rojo-Sanchis J, Viña-Almunia J, Aloy-Prosper A, Balaguer-Martinez JF, Peñarrocha-Diago M. Anchura de la cortical vestibular en primeros y segundos premolares maxilares: Estudio transversal mediante TCHC. XIV Congreso Nacional de la Sociedad Española de Cirugía Bucal SECIB, Málaga, 2016.

-Rojo-Sanchis J, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M, Zaragoza-Alonso R, Viña-Almunia J. Relación de la distancia entre la línea amelocementaria y la cresta con la anchura del hueso vestibular en dientes anteriores maxilares. XVI Congreso Nacional de la Sociedad Española de Cirugía Bucal SECIB, Mallorca, 2018.



#### 4. Premios otorgados

-Rojo-Sanchis, J., Peñarrocha-Oltra, D., Peñarrocha-Diago, M., Zaragoz-Alonso, R., & Viña-Almunia, J. (2019). Relation between the distance from the cementoenamel junction to the bone crest and the thickness of the facial bone in anterior maxillary teeth: A cross-sectional tomographic study. *Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal*, 24(3), e409–e415. doi:10.4317/medoral.22802.

Premio otorgado por la Sociedad Española de Cirugía Bucal (SECIB), 2019.

*Premio al mejor artículo publicado en Medicina Oral,  
Patología Oral y Cirugía Bucal 2019*



## **11 | ARTÍCULOS PUBLICADOS SOBRE EL TEMA DE LA TESIS**



1. Rojo-Sanchis, J., Viña-Almunia, J., Peñarrocha-Oltra, D., & Peñarrocha-Diago, M. (2017). Facial Alveolar Bone Width at the First and Second Maxillary Premolars in Healthy Patients: A Cone Beam Computed Tomography Study. *The Journal of oral implantology*, 43(4), 261–265. doi:10.1563/aaid-joi-D-16-00195.
2. Rojo-Sanchis, J., Peñarrocha-Oltra, D., Peñarrocha-Diago, M., Zaragozı-Alonso, R., & Viña-Almunia, J. (2019). Relation between the distance from the cemento-enamel junction to the bone crest and the thickness of the facial bone in anterior maxillary teeth: A cross-sectional tomographic study. *Medicina oral, patologia oral y cirugía bucal*, 24(3), e409–e415. doi:10.4317/medoral.22802.
3. Pellicer-Chover, H., Rojo-Sanchis, J., Peñarrocha-Diago, M., Viña-Almunia, J., Peñarrocha-Oltra, D., & Peñarrocha-Diago, M. (2020). Radiological implications of crestal and subcrestal implant placement in posterior areas. A cone-beam computed tomography study. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 12(9), e870–e876. doi:10.4317/jced.56652.



CLINICAL

# Facial Alveolar Bone Width at the First and Second Maxillary Premolars in Healthy Patients: A Cone Beam Computed Tomography Study

Julio Rojo-Sanchis, DDS  
Jose Viña-Almunia, DDS, PhD  
David Peñarrocha-Oltra, DDS, PhD  
Miguel Peñarrocha-Diago, MD, PhD\*

The purpose of this study was to analyze the thickness of the facial alveolar bone at the first and second maxillary premolars and determine the percentage of premolars that reached 2 mm in width. A retrospective study was performed, analyzing cone beam computed tomography scans from the database of the Oral Surgery Unit of the University of Valencia. Patients with periodontal disease, orthodontic treatment, absence among the first maxillary molars, premolars with endodontic treatment, or prosthetic restorations were excluded. The facial alveolar bone width was measured at 1, 2, 3, and 5 mm apical to the vestibular bone peak. A total of 44 patients were included in the study, with 72 first premolars and 72 second premolars analyzed. A descriptive analysis was performed and the normal means were assessed using the Kolmogorov-Smirnov test. The average width of the facial alveolar bone at first and second maxillary premolars was respectively:  $1.41 \pm 0.50$  and  $1.72 \pm 0.56$  at 1 mm,  $1.68 \pm 0.72$  and  $2.23 \pm 0.66$  at 2 mm,  $1.71 \pm 0.89$  and  $2.43 \pm 0.82$  at 3 mm,  $1.44 \pm 1.00$  and  $2.31 \pm 1.06$  at 5 mm from the vestibular bone peak. The facial alveolar bone width at the second maxillary premolars was greater than at the first maxillary premolars at all points measured. This information should be taken into account when planning immediate implants. Further studies are needed to analyze bone resorption at maxillary premolars to better understand facial alveolar bone width influence in implant treatment.

**Key Words:** facial bone thickness, alveolar crest, buccal bone, CBCT, premolars

## INTRODUCTION

The alveolar process is a tooth-dependent structure, and its development is strictly connected to dental eruption.<sup>1</sup> It is well known that marked volumetric alterations occur at the edentulous site following tooth extraction; not only the facial alveolar bone (FAB) is reabsorbed but, in consequence, the buccal-lingual/palatal dimension is reduced.<sup>2</sup> Such resorption is related with the width of the FAB. When FAB width is  $<1$  mm, a mean height loss of 7.5 mm has been observed after tooth extraction, while in the case of a width of  $\geq 1$  mm, the mean height loss was found to be 1.1 mm.<sup>3</sup> Thus, the thickness of the FAB in the anterior maxilla is crucial for the selection of the appropriate implant treatment approach.<sup>4</sup>

Several studies using CBCT images have analyzed FAB of dentate patients at different levels below the alveolar bony crest.<sup>5-8</sup> CBCT provides a highly accurate method to evaluate bone architecture.<sup>9</sup> Most studies focus on measurements referred to the incisors and canines, but relatively few studies<sup>10-12</sup> analyze FAB width at the first and second premolar,

which also belong to the aesthetic zone. Authors who have measured anterior and posterior areas have reported a significant decrease in thickness from premolars to anterior teeth.<sup>4,11</sup> The literature does not fully clarify the width of the FAB at the maxillary premolars. These values also vary according to the measurement method and the level below the bone crest at which measurement is carried out, but it seems that FAB at first maxillary premolars is thinner than that at second maxillary premolars.<sup>8,12</sup> To our knowledge, no studies have focused on and analyzed the FAB width in detail at the first and second maxillary premolars.

The aim of the present study was to evaluate and compare the FAB width at the first and second maxillary premolars. A further aim was to analyze the percentage of first and second premolars in which the width of this cortical bone is greater than 2 mm.

## MATERIAL AND METHODS

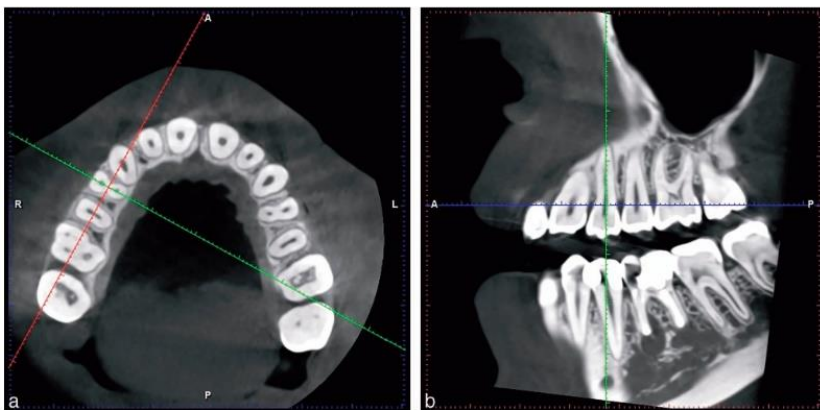
The study protocol was submitted to and approved by the Ethics Committee of the University of Valencia, Spain (procedure no. H145639215058). The CBCT images were retrospectively obtained from the database of the Unit of Oral Surgery in the University of Medicine and Odontology of Valencia. All

Department of Stomatology, Valencia University Medical and Dental School, Valencia, Spain.

\* Corresponding author, e-mail: miguel.penarrocha@uv.es

DOI: 10.1563/aaidd-joi-D-16-00195

Downloaded from <http://imj.sagepub.com/journalsPermissions.nav> at 134.124.261.205 on 20/11/14. For personal use only.



**FIGURE 1.** (a) Slice location in the axial plane was along the center of the premolar's root, at the height of the bone ridge. (b) Slice location in the sagittal plane was along the long axis of the premolar's root.

CBCT scans had been performed for diagnostic or treatment purposes between September 2014 and February 2016. None of the scans were made for purely scientific reasons.

**Inclusion criteria**

The subjects meeting the inclusion criteria were men and women between ages 18 and 60 years, with all teeth present from central incisors to first molars bilaterally, and who had no history of orthodontic treatment. In addition, the distance between cementoenamel junction (CEJ) and the vestibular bone peak at premolars was <3.5 mm.

**Exclusion criteria**

Patients with periodontal disease, orthodontic treatment, absence among the first maxillary molars, premolars with endodontic treatment, caries or prosthetic restorations were excluded.

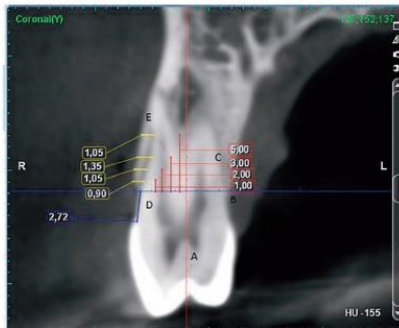
**Patient data collection**

The following variables were collected for each patient using a predetermined study protocol: sex, age, smoking habits, and the reason for having the CBCT scan performed.

**Radiographic image analysis**

The CBCT images were acquired using Planmeca ProMax 3D (Helsinki, Finland) Software 2.3.1. R TM Planmeca Romexis with a voxel size of 150 mSv, 90 kV, 10.0 mA, and a field of view (FOV) of 4 × 4 cm. The scans were uni or bilateral depending on their diagnostic purpose. All images were analyzed with the same computer and same monitor (Eizo Nanao Flexscan with a resolution of 1280 × 1024 pixels). To detect the slice location to perform the measurements, we proceeded as follows: The alveolar crest was located at the axial plane, and a buccolingual

slice was traced at the middle of the root. Then, the long axis of the root was determined at the sagittal slice (Figure 1). The measurements from the CEJ to the vestibular bone peak and of the thickness of the FAB were performed at the coronal plane. In this sense, four measurements were then made parallel to this perpendicular line 1, 2, 3, and 5 mm apical to the vestibular bone peak (Figure 2).



**FIGURE 2.** Measurements at the coronal slice. Line A: line of reference along the longitudinal axis of the premolar. Line B: line of reference perpendicular to the long axis of the premolar at the level of bone crest. Lines C: lines of reference 1, 2, 3, and 5 mm apical to the bone crest and parallel to line A. Line D: measurement from the CEJ to the vestibular bone peak. Lines E: measurements of the facial alveolar bone thickness, parallels to line B, and with reference to lines C.



TABLE 1  
Sample description according first or second premolar, type of CBCT scan and its purpose and smoking habits\*

| Patients included in the study: 44 |                  |            |           |                            |                        |                |                  |    |                            |                            |  |
|------------------------------------|------------------|------------|-----------|----------------------------|------------------------|----------------|------------------|----|----------------------------|----------------------------|--|
| First premolars                    | Second premolars | CBCT scans |           |                            |                        | CBCT purpose   |                  |    |                            | Smokers                    |  |
|                                    |                  | Unilateral | Bilateral | Palatally impacted canines | Impacted wisdom molars | Apical surgery | Implant planning | No | Light (≤10 cigarettes/day) | Heavy (>10 cigarettes/day) |  |
| 72                                 | 72               | 16         | 28        | 9                          | 16                     | 7              | 12               | 23 | 12                         | 9                          |  |

\*CBCT indicates cone beam computerized tomography.

**Statistical analysis**

A descriptive analysis was made, based on the most relevant statistics: mean, standard deviation, maximum, minimum, and median. Statistical software used was Statistical Package for the Social Sciences, SPSS 15.0 (SPSS Inc, Chicago, Ill). The normality of the measures was assessed by means of the Kolmogorov-Smirnov test, obtaining a confirmatory result for most of the measures ( $P > .05$ ).

The mean bone width and standard deviation per tooth and per patient were recorded based on 4 measurements at various depths. Measurements were compared between right maxillary first and second premolars, between left maxillary first and second premolars, and between all first and second maxillary premolars. The related measures *t* test was used for comparing means. The significance level used in the analysis was 5% ( $\alpha = .05$ ), but Bonferroni's correction was applied to control the propagation of type I error. In that case, the reference level would be 0.004 ( $=0.05/12$ , where 12 is the total number of contrasts). A *t* test had a power of 90% to detect a moderate effect ( $d = .5$ ), which is equivalent to detecting a mean difference in bone width between first and second premolars of 0.35 mm with a standard deviation of  $\pm 0.70$  mm.

**Results**

**Sample description**

The study population consisted of 44 patients, 25 men and 19 women between ages 18 and 60 years. Nine patients were heavy smokers (>10 cigarettes/day), 12 were light smokers ( $\leq 10$  cigarettes/day), and 23 were nonsmokers.

Sixteen CBCT scans were unilateral and 28 were bilateral. Thus, a total of 72 upper first premolars and 72 upper second premolars were analyzed (Table 1).

**Radiographic outcomes**

The mean distance between the CEJ and the vestibular bone peak was  $2.34 \pm 0.82$  (0.95–3.5 mm) at the first premolars and  $1.82 \pm 0.72$  (0.62–3.48 mm) at the second premolars, with a statistically significant difference ( $P < .001$ ).

The FAB width at the 4 levels below the vestibular bone crest (1, 2, 3, and 5 mm) for first and second maxillary premolars is reported in Table 2 and Figure 3. All comparisons showed statistically significant differences with higher values at the second premolar.

Moreover, most of second premolars reached 2 mm FAB

TABLE 2  
FAB of all first and second premolars at 1, 2, 3, and 5 mm apical distance from the vestibular bone peak†

| Distance from the bone peak | Premolar | Mean (SD; range)       |                        |                               | <i>t</i> test ( <i>P</i> -value)                            |
|-----------------------------|----------|------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------|
|                             |          | Left ( <i>n</i> = 35)  | Right ( <i>n</i> = 37) | Whole sample ( <i>n</i> = 72) |                                                             |
| 1 mm                        | First    | 1.39 (0.51; 0.62–3.3)  | 1.43 (0.49; 0.45–3)    | 1.41 (0.5; 0.45–3.3)          | Left: .003**<br>Right: .002**<br>Whole sample: <.001***     |
|                             | Second   | 1.68 (0.52; 0.9–3.3)   | 1.76 (0.59; 0.75–4.06) | 1.72 (0.56; 0.75–4.06)        |                                                             |
| 2 mm                        | First    | 1.68 (0.7; 0.47–3.9)   | 1.68 (0.74; 0.6–3.63)  | 1.68 (0.72; 0.47–3.9)         | Left: <.001***<br>Right: <.001***<br>Whole sample: <.001*** |
|                             | Second   | 2.22 (0.56; 1.20–4.05) | 2.25 (0.75; 0.75–4.66) | 2.23 (0.66; 0.75–4.66)        |                                                             |
| 3 mm                        | First    | 1.70 (0.85; 0.45–4.05) | 1.72 (0.93; 0.45–3.93) | 1.71 (0.89; 0.45–4.05)        | Left: <.001***<br>Right: <.001***<br>Whole sample: <.001*** |
|                             | Second   | 2.48 (0.75; 0.45–4.5)  | 2.37 (0.9; 0.6–4.51)   | 2.43 (0.82; 0.45–4.51)        |                                                             |
| 5 mm                        | First    | 1.39 (0.84; 0.3–4.05)  | 1.5 (1.13; 0.3–5.25)   | 1.44 (1.00; 0.3–5.25)         | Left: <.001***<br>Right: <.001***<br>Whole sample: <.001*** |
|                             | Second   | 2.39 (1.06; 0.3–5.85)  | 2.23 (1.06; 0.6–4.51)  | 2.31 (1.06; 0.3–5.85)         |                                                             |

\* $P < .05$ .

\*\* $P < .01$ .

\*\*\* $P < .001$ .

†FAB indicates facial alveolar bone.

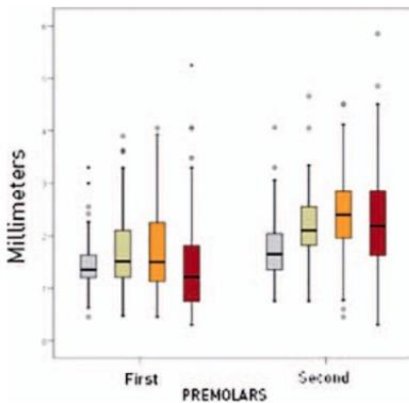


FIGURE 3. Graphic of facial alveolar bone thickness of all maxillary premolars at the different levels under the bone crest.

width, while very few of the first premolars analyzed reached it. Data are reported in Table 3.

DISCUSSION

The main purpose of this study was to analyze and compare the FAB width at different locations apical to the CEJ of the first and second maxillary premolars and to determine the percentage of cases in which the width reached 2 mm.

This study describes the mean FAB thickness observed in a sample of 44 patients with healthy dentition. The FAB width was greater at the second premolars, and a width of at least 2 mm was more frequently observed at second premolars. Another finding of the present study refers to the distance from the CEJ to the bone crest, which was significantly greater in the case of the first premolars. These results are in line with those reported in the literature. A recent study<sup>8</sup> analyzed CBCT images of 3618 teeth including incisors, canines, premolars, and first molars. The mean FAB width at anterior teeth was 0.9 mm and increased towards distal regions. Only 1.8% of anterior teeth reached 2 mm in width. The results of those studies that

have measured FAB width at the first and second maxillary premolars have reported increased thickness at the second premolar compared with the first premolar.<sup>10,12</sup> These results possibly could be explained by the fact that the first premolar usually has two roots and is located in a more anterior zone where the alveolar ridge is usually thinner, while the second premolar usually has just one root and is located in a more posterior zone where the alveolar ridge tends to widen.

In recent years, thin cortical thickness has been linked to height loss after tooth extraction in the maxillary anterior regions. Many authors agree that the FAB width should be at least 2 mm wide if the alveolar bone level on the facial aspect is to be maintained after tooth extraction.<sup>13,14</sup> Also, some studies have found a positive correlation between gingival thickness and FAB width.<sup>15-17</sup>

It is important to note that the data in our study were based on the dimensions of sockets in a "healthy" situation. The socket dimensions around diseased teeth may be very different from those reported herein.

A finite element study has assessed the impact of the implant design and dimensions and FAB width upon the peri-implant stress. The authors concluded that the most important factor was implant FAB.<sup>18</sup> The study of FAB width before extraction is a key factor to predict the bone loss and to avoid implant treatment complications.

CONCLUSION

Within the limitations of our study, the results obtained suggest that FAB width at the second maxillary premolars is greater than at the first maxillary premolars. At 2 mm below the bone crest, most of the second maxillary premolars showed a FAB width of at least 2 mm, while very few first premolars reached this value.

ABBREVIATIONS

- CBCT: cone beam computed tomography
- CEJ: cemento-enamel junction
- FAB: facial alveolar bone
- FOV: field of view

NOTE

The authors declare no conflicts of interest related to the present study.

REFERENCES

1. Barone A, Toti P, Piattelli A, Iezzi G, Derchi G, Covani U. Extraction socket healing in humans after ridge preservation techniques: comparison between flapless and flapped procedures in a randomized clinical trial. *J Periodontol.* 2014;85:14-23.
2. Ferrus J, Cecchinato D, Pjetursson EB, Lang NP, Sanz M, Lindhe J. Factors influencing ridge alterations following immediate implant placement into extraction sockets. *Clin Oral Implants Res.* 2010;21:22-29.
3. Chappuis V, Engel O, Reyes M, Shahim K, Nolte LP, Buser D. Ridge alterations post-extraction in the esthetic zone: a 3D analysis with CBCT. *J Dent Res.* 2013; 92:1955-2015.

TABLE 3  
Percentage of premolars that reached a FAB width of 2 mm\*

| Distance from the bone peak | Premolars that reached 2 mm width |            |
|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
|                             | First (%)                         | Second (%) |
| 1 mm                        | 11.36                             | 56.81      |
| 2 mm                        | 25                                | 70.83      |
| 3 mm                        | 30.55                             | 79.16      |
| 5 mm                        | 20.83                             | 76.30      |

\*FAB indicates facial alveolar bone.

4. Braut V, Bornstein MM, Belsler U, Buser D. Thickness of the anterior maxillary facial bone wall—a retrospective radiographic study using cone beam computed tomography. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2011;31:125–131.
5. Lee SL, Kim HJ, Son MK, Chung CH. Anthropometric analysis of maxillary anterior buccal bone of Korean adults using cone-beam CT. *J Adv Prosthodont.* 2010;2:92–96.
6. Tian YL, Liu F, Sun HJ, et al. Alveolar bone thickness around maxillary central incisors of different inclination assessed with cone-beam computed tomography. *Korean J Orthod.* 2015;45:245–252.
7. Huynh-Ba G, Pjetursson BE, Sanz M, Cecchinato D, Ferrus J, Lindhe J, Lang NP. Analysis of the socket bone wall dimensions in the upper maxilla in relation to immediate implant placement. *Clin Oral Implants Res.* 2010;21:37–42.
8. Zekry A, Wang R, Chau AC, Lang NP. Facial alveolar bone wall width – a cone-beam computed tomography study in Asians. *Clin Oral Implants Res.* 2014;25:194–206.
9. Wood R, Sun Z, Chaudhry J, et al. Factors affecting the accuracy of buccal alveolar bone height measurements from cone-beam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;143:353–363.
10. Jin SH, Park JB, Kim N, et al. The thickness of alveolar bone at the maxillary canine and premolar teeth in normal occlusion. *J Periodontol Implant Sci.* 2012;42:173–178.
11. Wang HM, Shen JW, Yu MF, Chen XY, Jiang QH, He FM. Analysis of facial bone wall dimensions and sagittal root position in the maxillary esthetic zone: a retrospective study using cone beam computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014;29:1123–1129.
12. Vera C, De Kok U, Reinhold D, et al. Evaluation of buccal alveolar bone dimension of maxillary anterior and premolar teeth: a cone beam computed tomography investigation. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012;27:1514–1519.
13. Nowzari H, Molayem S, Chiu CH, Rich SK. Cone beam computed tomographic measurement of maxillary central incisors to determine prevalence of facial alveolar bone width  $\geq 2$  mm. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012;14:595–602.
14. Fuentes R, Flores T, Navarro P, Salamanca C, Beltrán V, Borie E. Assessment of buccal bone thickness of aesthetic maxillary region: a cone-beam computed tomography study. *J Periodontol Implant Sci.* 2015;45:162–168.
15. Younes F, Eghbali A, Raes M, De Bruyckere T, Cosyn J, De Bruyn H. Relationship between buccal bone and gingival thickness revisited using non-invasive registration methods. *Clin Oral Implants Res.* 2016;27:523–528.
16. Khoury J, Ghosn N, Mokbel N, Naaman N. Buccal bone thickness overlying maxillary anterior teeth: a clinical and radiographic prospective human study. *Implant Dent.* 2016;25:525–531.
17. Okumura N, Stegariou R, Kitamura E, Kurokawa K, Nomura S. Influence of maxillary cortical bone thickness, implant design and implant diameter on stress around implants: a three-dimensional finite element analysis. *J Prosthodont Res.* 2010;54:133–142.

Downloaded from <http://mdim.sagepub.com/journalsPermissions.nav> at 131.128.172.95 on 23 September 2020



## Relation between the distance from the cemento-enamel junction to the bone crest and the thickness of the facial bone in anterior maxillary teeth: A cross-sectional tomographic study

Julio Rojo-Sanchis<sup>1</sup>, David Peñarrocha-Oltra<sup>2</sup>, Miguel Peñarrocha-Diago<sup>3</sup>, Regino Zaragozi-Alonso<sup>1</sup>, José Viña-Almunia<sup>4</sup>

<sup>1</sup> DDS, Master in Oral Surgery and Implant Dentistry, Oral Surgery Unit, Department of Stomatology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Spain

<sup>2</sup> PhD, DDS, Assistant Doctor Professor of Oral Surgery, Oral Surgery and Implantology Unit, Stomatology Department, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Spain

<sup>3</sup> Prof. MD, PhD, Chairman of Oral Surgery, Director of the Master's Degree in Oral Surgery and Implantology Unit, Stomatology Department, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Spain

<sup>4</sup> PhD, DDS Associated Professor of Oral Surgery, Oral Surgery and Implantology Unit, Stomatology Department, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Spain

Correspondence:  
Department of Stomatology  
Gascó Oliag 1  
46010- Valencia (Spain)  
dpenarrocha@gmail.com

Received: 02.10.2018  
Accepted: 22.04.2019

Rojo-Sanchis J, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M, Zaragozi-Alonso R, Viña-Almunia J. Relation between the distance from the cemento-enamel junction to the bone crest and the thickness of the facial bone in anterior maxillary teeth. A cross-sectional tomographic study. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2019 May; 1:24 (3):e409-15.  
<http://www.medicinaoral.com/medoralfree01/v24i3/moderab/24i3p409.pdf>

Article Number: 22802 <http://www.medicinaoral.com/>  
© Medicina Oral S. L. C.I.F. B 96689316 - p-ISSN 1698-4447 - e-ISSN 1698-6946  
eMail: [medicina@medicinaoral.com](mailto:medicina@medicinaoral.com)  
**Indexed in:**  
Science Citation Index Expanded  
Journal Citation Reports  
Index Medicus, MEDLINE, PubMed  
Scopus, Embase and Emcare  
Indice Médico Español

### Abstract

**Background:** The purpose of this cross-sectional study was to evaluate radiologically, the relation between the distance from the cemento-enamel junction (CEJ) to the facial bone crest (FBC), and the facial alveolar bone (FAB) width at maxillary anterior teeth. A further aim was to assess if the CEJ-FBC distance had an impact in the prevalence to find a FAB thickness greater than one mm.

**Study design:** CBCT images were retrospectively obtained from the database of the Oral Surgery Unit of the University of Valencia. The teeth were divided in 3 groups according to the CEJ-FBC distance: Shorter ( $\leq 3$ mm), Middle ( $>3 \leq 4.5$  mm) and Larger ( $>4.5$  mm). FAB thickness was measured by two different examiners at 1, 2 and 3 mm apical to the FBC. Normality of means were evaluated by Kolmogorov-Smirnov test and an ANOVA-type linear model was performed.

**Results:** 82 patients were included in the study, with 156 central incisors, 149 lateral incisors and 152 canines analyzed. A significant greater FAB thickness in Shorter ( $\leq 3$ mm CEJ-FBC) than Middle and Larger group was observed in all distances measured apical to the FBC. There was a significant inverse relation between the distance CEJ-FBC and FAB thickness at all distances measured. The prevalence of a FAB thickness equal or greater than one mm was 35.9% of all teeth analyzed from Shorter, 17.4% of Middle and 8.9% of Larger group at 1 mm apical to the FBC.

**Conclusions:** When the distance from the CEJ to the FBC is augmented, thinner FAB thickness has to be expected in all teeth of the anterior maxilla. The prevalence to find a FAB thicker than one mm decreases as the distance from the FBC to the CEJ increases.

**Key words:** Facial bone, alveolar bone, cone-beam computed tomography, CEJ, maxillary teeth.

### Introduction

In a very high percentage of cases, facial alveolar bone (FAB) thickness at the anterior maxillary teeth is less than one mm (1-4). At these thin phenotypes, the first buccal coronal millimeters are only composed of bundle bone, a tooth-dependent structure which will be reabsorbed following tooth extraction (5,6). In humans, it has been demonstrated that when the FAB thickness is <1 mm, a mean height loss of 7.5 mm is going to happen after tooth extraction; while in cases of  $\geq 1$  mm thickness, 1.1 mm of vertical bone loss will occur (7). So the FAB thickness has an important relevance in the morphologic changes of the postextraction alveolus (8). In fact, some authors (9) decide the time from extraction to implant placement (immediate or early) depending on FAB thickness. Until now, the minimal FAB thickness required to avoid vertical crest resorption has not been established (10).

The distance from the cemento-enamel junction (CEJ) to the facial bone crest (FBC) might be a factor to take into account. Some authors (4,11) have observed a direct relationship between this distance and the age of the patient. Other important factor is the tooth to be analyzed; Wang *et al.* (12) reported that the CEJ-FBC distance was greater at maxillary canines than at incisors. It also has been shown that this distance increases with systemic diseases and smoking habit (13).

Some studies (4,11,14,15) have found that FAB thickness at maxillary anterior teeth is thinner at apical level than at the first coronal millimeters of the FBC, but other authors (1,16) have reported opposite results, i.e. thinner FAB at the coronal crest. It is well known that periodontal disease is characterized by loss of connective tissue attachment and alveolar bone destruction that starts at coronal levels (17). To our knowledge, no studies have focused on the relation between FAB thickness and CEJ-FBC distance at maxillary anterior teeth.

The aim of the present study was to evaluate the relation between the distance from the CEJ to the FBC and the FAB thickness at maxillary anterior teeth. A further aim was to assess if the CEJ-FBC distance had an impact in the prevalence to find a FAB thickness greater than one mm. This article was written following the STROBE statement (18) for improving the quality of observational studies.

### Material and Methods

The study protocol was submitted to and approved by the Ethics Committee of the University of Valencia,

Spain (procedure no. H145639215058). The CBCT images were retrospectively obtained from the database of the Unit of Oral Surgery in the University of Medicine and Odontology of Valencia. All CBCT scans had been performed for diagnostic or treatment plan purposes between September 2013 and March 2017. Images were obtained using the same machine and general adjustment settings. All of the scans were ordered in the course of routine dental care. The following inclusion and exclusion criteria were set.

-Inclusion and exclusion criteria

CBCTs from patients that met the following inclusion criteria were included: subjects aged 18 years or older, no history of orthodontic treatment either marked tooth resorption.

Patients younger than 18 years old, smokers of more than 20 cigarettes a day, patients with dental implants, endodontic or prosthetic restorations at anterior maxillary teeth were excluded. Patients having history of trauma or receiving osseous/regeneration procedures were excluded.

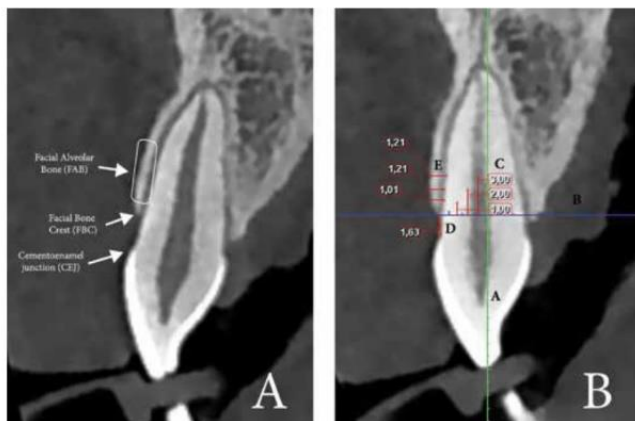
-Patient data collection

The following variables were collected for each patient using a predetermined study protocol: sex, age, smoking habit, CBCT purpose, distance CEJ-FBC, thickness of the FAB at central incisors (CI), lateral incisors (LI) and canines (C).

-Radiographic image analysis

The CBCT images were acquired using Planmeca ProMax 3D (Software 2.3.1. R TM Planmeca Romexis Helsinki, Finland) with a voxel size of 0.4 mm, 150 mSv, 90 kV, 10.0 mA, and a field of view (FOV) of 4 x 4 cm. The scans were uni or bilateral depending on their diagnostic purpose. All images were analyzed with the same computer and same monitor (Eizo Nanao Flexscan HD2442W with a resolution of 1280 x 1024 pixels).

To detect the slice location to perform the measurements, we proceeded as follows: The alveolar crest was located at the axial plane and a buccopalatal slice was traced at the middle of the root. Then, the long axis of the root was determined at the coronal slice. Anatomic locations (FAB, CEJ, FBC) taken as reference points are illustrated at Figure 1a. The measurements from the CEJ to the FBC and of the thickness of the FAB were performed at the sagittal plane (Fig. 1b) as reported by Rojo-Sanchis *et al.* (19) For additional analysis, the subjects were divided into 3 groups according to the CEJ-FBC distance (Shorter group:  $\leq 3$  mm; Middle group:  $>3$  and  $\leq 4.5$  mm; Larger group:  $> 4.5$  mm) (Table 1).



**Fig. 1.** A. Location of anatomic regions (Facial alveolar bone, Cementoenamel junction and Facial Bone Crest) identified at the sagittal slice. B. Measurements at the sagittal slice. Line A: line (green) of reference along the longitudinal axis of the teeth. Line B: line (blue) of reference perpendicular to the long axis of the teeth at the level of the FBC. Lines C: lines of reference at 1, 2 and 3 mm below the FBC and parallel to Line A. Line D: measurement from the CEJ to the FBC. Lines E: measurements of the FAB thickness, parallels to line B, with reference to lines C. This image shows that the FAB thickness at 1, 2 and 3 mm apical to the FBC measures 1.01, 1.21 and 1.21 mm respectively.

**Table 1.** Sample description divided into groups depending on the distance CEJ-FBC.

| Teeth   | Distance from the CEJ-FBC |                        |                         | Total |
|---------|---------------------------|------------------------|-------------------------|-------|
|         | Shorter ( $\leq 3$ mm)    | Middle ( $>3 <4.5$ mm) | Larger ( $\geq 4.5$ mm) |       |
| Central | 65                        | 65                     | 26                      | 156   |
| Lateral | 70                        | 57                     | 22                      | 149   |
| Canine  | 60                        | 50                     | 42                      | 152   |

Physiological bone levels range from 1 to 3 mm apical to the CEJ (20,21) (Shorter group); Middle and Larger groups correspond to teeth that had slightly or great loss of periodontal attachment. Three measurements were then made parallel to this perpendicular line 1, 2 and 3 mm apical to the FBC. The relation between the distance CEJ-FBC and the FAB thickness was analyzed in groups and in continuous variable. All teeth and images were measured by two different examiners (JR, RZ); discrepancies between the first two examiners were resolved consulting a third adviser (JV).

**-Examiner calibration**

The mean difference between the measurements of both observers was  $0.016 \pm 0.045$  mm (SE), without appreciating statistically significant bias through the paired t-test ( $p > 0.05$ ). The Dahlberg statistic, took the value

0.26 mm and the average intra-class correlation coefficient was 0.80, so a high degree of inter-examiner reproducibility can be accepted.

**-Statistical analysis**

A previous pilot study in 37 patients was carried out to determine the sample size. A minimum of 80 patients were needed for an ANOVA F test to achieve a power of 90% in order to detect as significant an effect size as observed in the pilot ( $f = 0.35$ ). The objectives were addressed through a parametric approach, 95% confidence intervals are provided for the estimation of mean dimensions (SPSS, v.24.0 for Windows, IBM, Chicago, IL).

The inter-subject correlation was controlled by inferential analysis. Simple linear regression was used to analyze the relationship between FAB thickness and

CEJ-FBC distance, calculating prediction intervals and evaluating goodness of fit from the R2 determination coefficient. An ANOVA-type linear model compares the averages of thickness at three distance intervals. Assuming one mm as cut value to size the thickness, a logistic regression is applied to study the probability that this amount will be exceeded as a function of distance. Odds ratio estimates are obtained to quantify the impact of changes in distance on that probability. The level of significance used in the tests was 5% ( $\alpha = 0.05$ ).

**Results**

**-Sample description**

A total of 82 CBCT images were used for this study, including images from 37 men and 45 women with a mean age of 39.6 years (age range 18-60 years). CBCT were performed for the following purposes: palatally impacted canines (6), impacted wisdom molars (24), apical surgery (13) or implant planning (39). Thus, a total of 156 CI, 149 LI and 152 C were analyzed (Table 1). Nineteen patients were heavy smokers (> 10 cigarettes/day), 27 were light smokers ( $\leq 10$  cigarettes/day) and 36 were nonsmokers.

**-Radiographic outcomes**

FAB thickness for different teeth and groups is presented in Table 2. Mean greater FAB thickness in Shorter ( $\leq 3$ mm CEJ-FBC) than Middle (1 mm  $p=0.01$ ; 2 mm  $p=0.003$ ; 3 mm  $p=0.004$ ) and Larger group ( $p<0.001$ ) was observed in all distances measured apical to the FBC (Fig. 2). Between Middle and Larger, only at 2 mm below

the FBC the differences were significant ( $p=0.034$ ), with mean greater FAB thickness in Middle group.

For any teeth and level of measurement from the FBC, there was a significant inverse relationship between FAB thickness and CEJ-FBC distance. A simple linear regression model shows that, this relationship is statistically significant ( $p < 0.001$ ). However, the relationship can only be considered of weak intensity ( $r=-0.318$ ;  $R^2=0.10$ ) (Fig. 3).

The amount of teeth that presented FAB thickness equal or greater than one mm, also varied according to the CEJ-FBC distance. A FAB thickness  $\geq 1$  mm was observed in 35.9% of teeth from Shorter, 17.4% of Middle and 8.9% of Larger group, from all teeth analyzed (CI, LI and C) at 1 mm apical to the FBC. The proportion of teeth that reached this FAB thickness from Shorter group were significantly greater with respect to Middle ( $p=0.009$ ) and Larger group ( $p<0.01$ ). Between Middle and Larger group differences are at the limit to be significant ( $p=0.066$ ). Thus, the prevalence to have a FAB thicker than one mm is higher when the distance from the CEJ to the FBC is smaller.

**Discussion**

The main purpose of this study was to analyze the relation between the CEJ-FBC distance and the FAB thickness at maxillary incisors and canines. A secondary aim was to assess if the CEJ-FBC distance had an impact in the prevalence to find a FAB thickness greater than one mm. An inverse relationship between the CEJ-FBC dis-

**Table 2.** FAB thickness (mm) at 1, 2 and 3 mm from the FBC divided by teeth and groups.

| Facial bone crest distance | Teeth           | Mean FAB thickness in mm (SD; range) |                        |                         |                     |
|----------------------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|
|                            |                 | Shorter ( $\leq 3$ mm)               | Middle ( $>3 <4.5$ mm) | Larger ( $\geq 4.5$ mm) | Whole sample        |
| 1 mm                       | Central Incisor | 0.83 (0.35; 0.3-1.8)                 | 0.66 (0.29; 0.2-1.6)   | 0.61 (0.23; 0-1.2)      | 0.72 (0.32; 0-1.8)  |
|                            | Lateral Incisor | 0.92 (0.44; 0.3-2.4)                 | 0.76 (0.37; 0.15-1.8)  | 0.58 (0.35; 0-1.2)      | 0.81 (0.42; 0-2.4)  |
|                            | Canine          | 0.99 (0.47; 0.3-3.15)                | 0.79 (0.39; 0-2.25)    | 0.63 (0.3; 0-1.5)       | 0.83 (0.43; 0-3.15) |
| 2 mm                       | Central Incisor | 0.9 (0.43; 0.3-1.95)                 | 0.63 (0.29; 0-1.6)     | 0.56 (0.29; 0-1.2)      | 0.73 (0.39; 0-1.95) |
|                            | Lateral Incisor | 1.02 (0.61; 0.15-3)                  | 0.77 (0.48; 0.15-2.25) | 0.53(0.4; 0-1.35)       | 0.85 (0.56; 0-3)    |
|                            | Canine          | 1.08 (0.58; 0.3-3.3)                 | 0.84 (0.54; 0-3)       | 0.59 (0.34; 0-1.65)     | 0.87 (0.54; 0-3.3)  |
| 3 mm                       | Central Incisor | 0.87 (0.41; 0.3-1.8)                 | 0.58 (0.26; 0-1.4)     | 0.55 (0.3; 0-1.2)       | 0.69 (0.37; 0-1.8)  |
|                            | Lateral Incisor | 0.97 (0.69; 0.15-3.15)               | 0.69 (0.5; 0-2.55)     | 0.47 (0.4; 0-1.2)       | 0.79 (0.61; 0-3.15) |
|                            | Canine          | 1.04 (0.62; 0.3.15)                  | 0.79 (0.54; 0-3.15)    | 0.55 (0.31; 0-1.8)      | 0.82 (0.55; 0-3.15) |



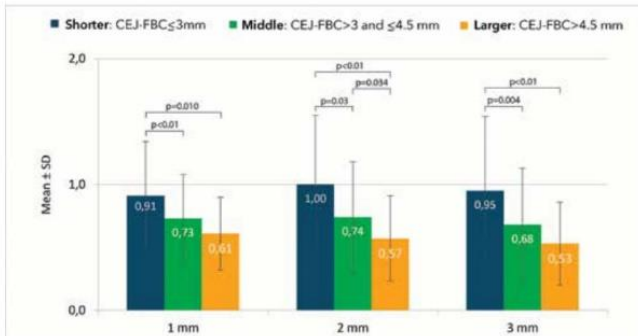


Fig. 2. FAB thickness (mm) at 1, 2, 3 mm from the FBC divided by groups according to the CEJ-FBC distance: Shorter: ≤ 3 mm, Middle: 3-4.5 mm, Larger: ≥4.5 mm. Mean greater FAB thickness in Shorter than Middle ( $p > 0.05$ ) and Larger group ( $p < 0.01$ ) was observed in all distances measured apical to the FBC. Between Middle and Larger group only at 2 mm below the FBC the differences were significant ( $p = 0.034$ ), with mean greater FAB thickness in Middle group.

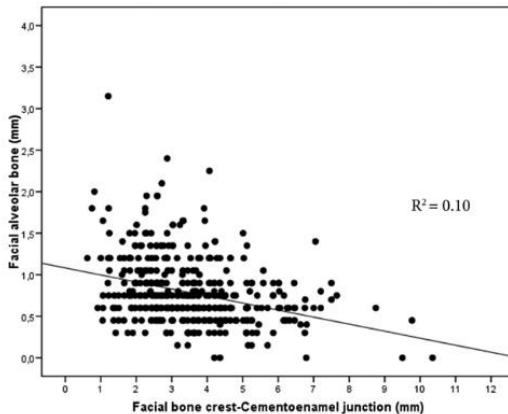


Fig. 3. Linear regression analysis. A statistically significant ( $p < 0.001$ ) inverse relationship between CEJ-FBC distance and FAB thickness of weak intensity ( $R^2 = 0.10$ ) can be observed.

tance and the FAB thickness was observed. According with the results obtained in the present study, a thinner FAB at the anterior maxillary teeth can be expected if the CEJ-FBC distance is higher; however it would be difficult to predict FAB thickness just taking into account this fact. Another finding of the present study was that the probability to find a FAB thickness equal

or greater than one mm was higher as the CEJ-FBC distance decreases. To our knowledge no other study has related these two variables.

According to the anatomy of the FAB at anterior maxillary teeth, a recent study analyzed CBCT images of 3618 teeth including incisors, canines, premolars and first molars. The mean FAB thickness at anterior teeth

was 0.9 mm and only 1.8% reached 2 mm in thickness (4). Jamario *et al.* (2) reported that maxillary incisors and canines in most locations presented  $\leq 1$  mm, and that close to 50% had a thickness  $\leq 0.5$  mm. Braut *et al.* (1) obtained a thick FAB ( $\geq 1$  mm) in approximately 10% of the teeth analyzed. The results of the present study are similar to those reported in the literature; showing a mean FAB thickness of 0.72 mm in CI, 0.81 mm in LI and 0.83 mm in C. Different teeth presented different FAB thickness. Authors (4,12) who have measured anterior and posterior areas have reported a significant increase in FAB thickness from incisors to premolars. In a previous study, we also observed that first premolars had significant greater FAB thickness than second premolars (19). Another factor to take into account when analyzing the anatomy of the alveolar process at maxillary anterior teeth, is the relation between the angulation of the root axis and the basal bone. López-Jarana *et al.* (22) reported mean values of  $11.67 \pm 6.37^\circ$  for incisors and  $16.88 \pm 7.93^\circ$  for canines, which means that anterior maxillary teeth angle in the alveolar process makes them to be in close contact with the FAB. Buccal bone resorption after tooth extraction differs among studies, individuals and sites. Factors implicated in this variation includes the presence and absence of existing infection, flap versus flapless extraction, the extent of trauma during extraction, and the thickness of the FAB prior to the extraction (10,16). In a prospective CBCT study (7), 8 weeks after tooth extraction, a mean vertical bone loss of 7.5 mm of the FAB was observed in the presence of one mm or less FAB thickness. In contrast, only a mean vertical bone loss of 1.1 mm was observed in patients with a thick wall phenotype. Ferrus *et al.* (23) performed a clinical study of post-extraction implant placement filling the gap with biomaterial. They observed smaller vertical resorption in sites with thicker FAB, however at sites with a thin FAB ( $<1$ mm), there was a substantial vertical loss (1.2-2.1mm) (23). Thus, FAB thickness plays an important role in post-extraction alveolus dimensional changes and implant treatment plan.

Research has shown that significant bone modeling activities occur during the first 2 months of postextraction healing (6). Bone modeling in single extraction sites is mainly localized to the central aspect of the FAB, whereas proximal aspects are well maintained by the periodontal ligament of the adjacent teeth. For that reason, our study was focused on this central area. The dimensional bone and soft tissue alterations following tooth extraction in the anterior maxilla have a significant impact on the esthetic outcome of implant-supported restorations (24).

Local factors such as history of periodontal disease, gingival recession (25) or non-carious cervical lesions (26) increase CEJ-FBC distance, but also systemic factors

such as age, smoking habits (27), depression, diabetes, asthma, hypertensive and thyroid disorders (13) have influence in the CEJ-FBC distance. Some studies have observed an increase of this distance at 50 years or older individuals (11,12). So there are local and systemic factors that may influence the CEJ-FBC distance, and according with the present study in anterior maxillary teeth, as this distance increase, the FAB thickness decreases.

It is important to note that the data in our study is based on CBCT scans from patients of a specific region. Socket dimension anatomy of subjects of different ethnicities may be very different from those reported herein.

The present study concludes that there is a significant inverse relationship between the distance from the FBC to the CEJ and the thickness of the FAB for different teeth in the anterior maxilla. As the FBC-CEJ distance increase, the thickness of the FAB decreases. The prevalence to find a FAB thicker than one mm decreases as the distance from the FBC to the CEJ increases.

## References

1. Braut V, Bornstein MM, Belsler U, Buser D. Thickness of the anterior maxillary facial bone wall-a retrospective radiographic study using cone beam computed tomography. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2011;31:125-131.
2. Jamario AL, Duarte WR, Barriviera M, Mesti JC, Araújo MG, Lindhe J. Dimension of the facial bone wall in the anterior maxilla: a cone-beam computed tomography study. *Clin Oral Implants Res.* 2011;22:1168-1171.
3. Nowzari H, Molyeum S, Chiu CH, Rich SK. Cone beam computed tomographic measurement of maxillary central incisors to determine prevalence of facial alveolar bone width  $\geq 2$  mm. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012;14:595-602.
4. Zekry A, Wang R, Chau AC, Lang NP. Facial alveolar bone wall width - a cone-beam computed tomography study in Asians. *Clin Oral Implants Res.* 2014;25:194-206.
5. Araújo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol.* 2005;32:212-218.
6. Chappuis V, Araújo MG, Buser D. Clinical relevance of dimensional bone and soft tissue alterations post-extraction in esthetic sites. *Periodontol 2000.* 2017;73:73-83.
7. Chappuis V, Engel O, Reyes M, Shahim K, Nolte LP, Buser D. Ridge alterations post-extraction in the esthetic zone: a 3D analysis with CBCT. *J Dent Res.* 2013;92:195S-201S.
8. Vera C, De Kok IJ, Reinhold D, Limpiphatanakorn P, Yap AK, Tyndall D, et al. Evaluation of buccal alveolar bone dimension of maxillary anterior and premolar teeth: a cone beam computed tomography investigation. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012;27:1514-9.
9. Buser D, Chappuis V, Belsler UC, Chen S. Implant placement post extraction in esthetic single tooth sites: when immediate, when early, when late? *Periodontology 2000.* 2017;73:84-102.
10. Huynh-Ba G, Pjetursson BE, Sanz M, Cecchinato D, Ferrus J, Lindhe J, et al. Analysis of the socket bone wall dimensions in the upper maxilla in relation to immediate implant placement. *Clin Oral Implants Res.* 2010;21:37-42.
11. Ghasseman M, Nowzari H, Lajolo C, Verdugo F, Pirronti T, D'Addona A. The Thickness of Facial Alveolar Bone Overlaying Healthy Maxillary Anterior Teeth. *J Periodontol.* 2012;83:187-197.
12. Wang HM, Shen JW, Yu MF, Chen XY, Jiang QH, He FM. Analysis of facial bone wall dimensions and sagittal root position in the maxillary esthetic zone: a retrospective study using cone beam computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014;29:1123-9.
13. Farahamnd A, Sarlati F, Eslami S, Ghasseman M, Youssefi N,

Jafarzadeh Esfahani B. Evaluation of Impacting Factors on Facial Bone Thickness in the Anterior Maxillary Region. *J Craniofac Surg*. 2017;28:700-705.

14. Esfahanizadeh N, Daneshparvar N, Askarpour F, Akhondi N, Panjnoush M. Correlation Between Bone and Soft Tissue Thickness in Maxillary Anterior Teeth. *J Dent (Tehran)*. 2016;13:302-308.

15. Han JY, Jung GU. Labial and lingual/palatal bone thickness of maxillary and mandibular anteriors in human cadavers in Koreans. *J Periodontal Implant Sci*. 2011;41:60-6.

16. Fuentes R, Flores T, Navarro P, Salamauca C, Beltrán V, Borie E. Assessment of buccal bone thickness of aesthetic maxillary region: a cone-beam computed tomography study. *J Periodontal Implant Sci*. 2015;45:162-8.

17. Hou Y, Wang X, Zhang CX, Wei YD, Jiang LL, Zhu XY, et al. Risk factors of periodontal disease in maintenance hemodialysis patients. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96:e7892.

18. STROBE statement--checklist of items that should be included in reports of observational studies (STROBE initiative). *Int J Public Health*. 2008;53:3-4.

19. Rojo-Sanchis J, Viña-Almunia J, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M. Facial Alveolar Bone Width at the First and Second Maxillary Premolars in Healthy Patients. A Cone Beam Computed Tomography Study. *J Oral Implantol*. 2017;43:261-265.

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

21. Chapple ILC, Mealey BL, Van Dyke TE, Bartold PM, Dommisch H, Eickholz P, et al. 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;89:S74-S84.

22. López-Jarana P, Díaz-Castro CM, Falcão A, Falcão C, Rios-Santos JV, Herrero-Climent M. Thickness of the buccal bone wall and root angulation in the maxilla and mandible: an approach to cone beam computed tomography. *BMC Oral Health*. 2018;18:194.

23. Ferrus J, Cecchinato D, Pjetursson EB, Lang NP, Sanz M, Lindhe J. Factors influencing ridge alterations following immediate implant placement into extraction sockets. *Clin Oral Implants Res*. 2010;21:22-9.

24. Groenendijk E, Staas TA, Graauwman FEJ, Bronkhorst E, Verhamme L, Maal T, et al. Immediate implant placement: the fate of the buccal crest. A cone beam computed tomography study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2017;46:1600-1606.

#### Acknowledgments

The statistical analysis of the present study was kindly possible thanks to the collaboration of Mr Juan Luis Gómez from stHalley Statistics.

#### Conflict of Interest

None of the authors have conflict of interest in the present study.

ORCID iD (Open Researcher and Contributor ID)

David Peñarrocha-Oltra <http://orcid.org/0000-0002-6670-9886>

Miguel Peñarrocha-Diago <http://orcid.org/0000-0002-8407-7982>

Jose Viña-Almunia <https://orcid.org/0000-0003-4324-4550>



## Radiological implications of crestal and subcrestal implant placement in posterior areas. A cone-beam computed tomography study

Hilario Pellicer-Chover <sup>1</sup>, Julio Rojo-Sanchis <sup>2</sup>, Miguel Peñarrocha-Diago <sup>3</sup>, José Viña-Almunia <sup>4</sup>, David Peñarrocha-Oltra <sup>5</sup>, María Peñarrocha-Diago <sup>6</sup>

<sup>1</sup> DDS, PhD. Collaborating Professor of the Master of Oral Surgery and Implant Dentistry, Oral Surgery Unit, Department of Stomatology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Spain

<sup>2</sup> DDS, Master in Oral Surgery and Implant Dentistry, Department of Stomatology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Spain

<sup>3</sup> MD, PhD. Chairman of Oral Surgery and Director of the Master of Oral Surgery and Implant Dentistry, Oral Surgery Unit, Department of Stomatology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Spain

<sup>4</sup> DDS, PhD. Associate Professor Oral Surgery, Oral Surgery Unit, Department of Stomatology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Spain

<sup>5</sup> DDS, PhD. Assistant Professor, Oral Surgery Unit, Department of Stomatology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Spain

<sup>6</sup> MD, PhD. Associate Professor Oral Surgery, Oral Surgery Unit, Department of Stomatology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Spain

Correspondence:  
Universidad de Valencia  
Clínica Odontológica  
Unidad de Cirugía Bucal  
Gascó Ollag 1, 46021  
Valencia, Spain  
[david.penarrocha@uv.es](mailto:david.penarrocha@uv.es)

Pellicer-Chover H, Rojo-Sanchis J, Peñarrocha-Diago M, Viña-Almunia J, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago MA. Radiological implications of crestal and subcrestal implant placement in posterior areas. A cone-beam computed tomography study. J Clin Exp Dent. 2020;12(9):e870-6.

Received: 10/12/2019  
Accepted: 05/01/2020

Article Number: 56652 <http://www.medicinaoral.com/odo/indice.htm>  
© Medicina Oral S. L. C.I.F. B 96689336 - eISSN: 1989-5488  
eMail: [jced@jced.es](mailto:jced@jced.es)  
Indexed in:  
Pubmed  
Pubmed Central® (PMC)  
Scopus  
DOI® System

### Abstract

**Background:** Subcrestal implant placement has been suggested as a method that could contribute to maintain the periimplant soft and hard tissues in comparison with crestal placement. The objective of this study was to investigate the relationship between implant placement at different depths in the alveolar bone and (a) the thickness of the buccal bone plate (BBP); and (b) crestal cortical bone thickness, based on the use of cone-beam computed tomography (CBCT).

**Material and Methods:** A cross-sectional study was performed, analyzing CBCT scans from the database of the Oral Surgery Unit of the University of Valencia. Individuals with single missing teeth in posterior sectors were included. Two trained dentists used a software application to plan implant placement at four different depths from the bone crest (from 0-2 mm subcrestal). The thickness of the BBP was measured at each established depth, tracing a line from the implant platform to the outermost part of the facial alveolar bone, and the ratio between the implant platform and cortical bone thickness was calculated.

**Results:** The study sample consisted of 64 patients. In the case of implants placed in a crestal position, the distance from the platform to the BBP was  $1.99 \pm 1.10$  mm. This distance increased significantly ( $p < 0.001$ ) with the planned implant placement depth, reaching an average of  $2.90 \pm 1.22$  mm when placement was 2 mm subcrestal. Subcrestal implant placement at this depth implied surpassing the cortical bone in 91% of the cases.

**Conclusions:** Radiological planning of implant placement in a subcrestal position results in a greater distance from the implant platform to the BBP. In general terms, planning implant placement at a depth of 2 mm subcrestal surpassed the cortical bone in 91% of the cases.

**Key words:** Subcrestal implant, cortical bone thickness, buccal bone plate, cone-beam computed tomography.

## Introduction

The amount and quality of bone are crucial factors for long-term success in dental implant treatments. In this regard, adequate bone volumes are not always available, and in such cases guided bone regeneration techniques or crestal bone osteoplasty may prove necessary prior to implant placement (1).

The stability of implant health over the long term is dependent upon achieving optimal three-dimensional implant positioning within the available bone dimensions, and the maintenance of adequate buccal bone over the buccal implant surface. Bone remodeling or resorption can be a physiological or pathological process occurring in response to trauma, or to physical, chemical or microbiological events in the vicinity of the implant site. Buccal bone is particularly sensitive to such bone changes (2). Alveolar buccal bone anatomy has been well studied, and in a very large percentage of cases the buccal bone layer measures less than 1 mm in thickness (3-5). In these thin bone phenotypes, the first buccal coronal millimeters are only composed of bundle bone - a tooth dependent structure that is reabsorbed following tooth extraction (6,7). However, in the case of dental implants there is no agreement as to what minimum amount of bone is needed to secure stability or regeneration. Spray *et al.* (8). Black, reported that as the bone thickness approaches 1.8 to 2 mm, crestal bone loss decreases significantly and some bone gain is seen. There is not much more evidence in support of this observation, however. Subcrestal implant placement has been proposed as a method that could reduce bone loss, since the likelihood of finding an implant in a subcrestal position in the course of follow-up is greater when the implant is placed subcrestal from the start, i.e., on the day of surgery (9-11). A number of hypotheses have been proposed to explain this. A classical hypothesis is the restoration of biological thickness (12), which in the case of a thin peri-implant mucosa would take place at the expense of bone resorption. Other possible explanations are referred to peri-implant bone volume and quality, as when the implant is placed in a crestal position, the implant platform (IP) is located entirely in cortical bone. While osseointegration may be fast in the area of bone marrow and loosely trabecular bone, the osseointegration may require longer periods of time in areas of compact bone owing to the fact that bone resorption may precede new bone formation (13). On the other hand, old bone provided mechanical stability of the implant during the first weeks of healing.

*In vitro* anatomical studies (14) have found that after physiological remodeling of the maxillae, alveolar bone often acquires a truncoconical anatomy, being narrower at its most coronal portion and gradually increasing in thickness towards the most apical part. Taking advantage of this anatomical particularity, implants placed subcrestal on the day of surgery could result in increased peri-implant bone thickness.

Ko *et al.* (15) found crestal cortical bone thickness at dental implant sites to vary in different regions of the jawbone – the mean thickness in the mandible and posterior maxilla being 1.07±0.47 mm and 0.75±0.35 mm, respectively. The placement of implants in a subcrestal position could imply surpassing the cortical bone as the insertion depth increases. Many finite element analyses (16) have found that placing an implant surrounded by trabecular bone results in better load distribution and lesser peri-implant stress. In this regard, *in vitro* studies (17-19) observed that implants placed in cortical or cancellous bone presented different healing patterns, due to differences in the density of the bone in primary contact with the implant surfaces. Cortical bone leads to a delay in bone formation, while cancellous bone can allow a rapid bone apposition thanks to the presence of medullary spaces interposed between the trabeculae.

To the best of our knowledge, no studies have explored the relationships among apico-coronal positioning of the implant, the thickness of the buccal bone plate, and crestal cortical bone thickness. The present cross-sectional study was designed to investigate the relationship between implant placement at different depths in the bone alveolar and (a) the thickness of the buccal bone plate; and (b) crestal cortical bone thickness, based on the use of cone-beam computed tomography (CBCT).

## Material and Methods

### -Study design

A cross-sectional study was carried out, analyzing CBCT scans from the database of the Oral Surgery Unit of the University of Valencia (Valencia, Spain), corresponding to patients subjected to dental implant treatment between May 2013 and November 2017. The study protocol complied with the ethical principles of the World Medical Association Declaration of Helsinki, and was approved by the local Research Ethics Committee (Ref. H1365580155510). This article was written following the STROBE statement for improving the quality of observational studies.

-Sample selection

The following inclusion criteria were established: patients with single missing teeth in posterior sectors (pre-molars and molars), with a fully healed alveolar process (20), intact cortical bone layers, and a thickness in the coronal portion of 6 mm or more for the placement of an implant measuring 4.0 mm in diameter and 10 mm in length (21). The CBCT studies were required to present radiological splints with a radiopaque marker indicating the correct position of the tooth needing rehabilitation. Patients with Cawood & Howell (22) type IV or V atrophy and who required bone augmentation procedures for implant placement were excluded, as were those cases involving poor quality CBCT images (presence of artifacts and interferences due to previous treatments in the form of adjacent implants, crowns or bridges) that would complicate data interpretation.

Radiographic analysis

The CBCT scans were obtained using the NewTom 3G system (Verona, Italy), and the images were acquired by means of NNT software (version 2.17), with a voxel size of 150 mSv, 90 kV, 10.0 mA and a field of view (FOV) of 4 x 4 cm. All the images were analyzed with the same computer and screen (Eizo Nanao Flexscan, resolution 1280 x 1024 pixels).

Two trained and calibrated investigators (J.R.S. and H.P.C.) independently conducted radiological planning and measurement of the variables. The edentulous gap was first located in the axial plane, and then a section was obtained in the sagittal plane taking as reference the radiopaque marker of the radiological splint. Planning of the implant was made in a coronal section, locating the implant in different apico-coronal positions with respect to the alveolar bone crest: crestal position, 0.5 mm subcrestal, 1 mm subcrestal, 1.5 mm subcrestal and 2 mm subcrestal. In each of these positions, measurement was made of the distance from the implant platform (IP) to the outermost portion of the buccal bone plate (BBP). The thickness of the crestal cortical bone was recorded in the central zone of the edentulous gap (15). The mean values of both examiners were used for the analysis (Fig. 1).

-Statistical analysis

The intraclass correlation coefficient (ICC) (0.985) indicated very high inter-examiner reproducibility. Normal distribution of the different study variables was checked using the Kolmogorov-Smirnov test. An analysis of variance (ANOVA) general linear model of repeated measures was used to determine whether the mean thickness of the bone layer was similar at different insertion depths or not. As post hoc test, Bonferroni correction was applied to avoid propagation of type I error. A one-way ANOVA general linear model with inter-subjects factor was used for the position, and a two-way ANOVA was used to analyze the combined effect and interaction of the position and arch with bone thickness. Estimation

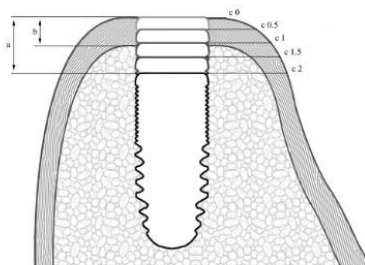


Fig. 1. Graphic representation of the study variables: a) planned implant depth, b) thickness of the crestal cortical bone, c) distance from the implant platform to the outermost part of the buccal bone plate (IP-BBP) at the different planned implant depths.

of survival curves for the event “surpassing the cortical bone” was applied, with the log-rank test for comparison according to the position and/or arch. A Cox regression model was used to estimate the hazard ratio (HR). The level of statistical significance considered was 5% ( $\alpha=0.05$ ). The proposed statistical methodology, with a level of confidence of 95% and considering an effect size to be detected  $F=0.15$  (medium-small), afforded a statistical power of 87% in contrasting intra-subject effects (differences between depth levels).

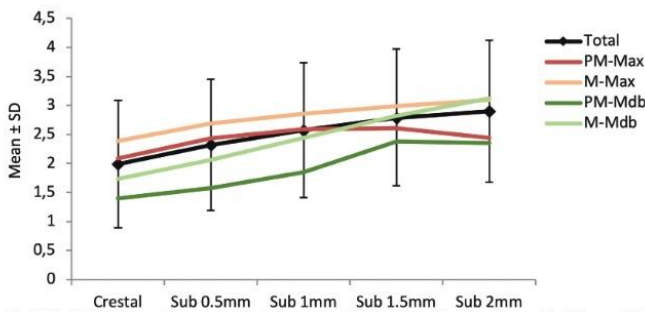
Results

The study sample consisted of 64 edentulous gaps corresponding to 18 maxillary premolars, two mandibular premolars, 17 maxillary molars and 27 mandibular molars. Dental CBCT images were collected from 64 patients (35 women and 29 men) with a mean age of  $57.0\pm 10.4$  years. The mean thickness of the alveolar process was  $7.44\pm 1.49$  mm at the most coronal portion ( $7.30\pm 1.44$  mm in maxilla and  $7.62\pm 1.56$  mm in mandible).

The implants planned in a crestal position showed a mean IP-BBP distance of  $1.99\pm 1.10$  mm, while at the maximum planned insertion depth (2 mm) the distance was  $2.90\pm 1.22$  mm. The distance increased significantly with the implant placement depth ( $p<0.001$ ), though the Bonferroni multiple comparison test showed no differences between planned depths of 1.5 to 2 mm ( $p=0.471$ ). Table 1 and figure 2 show the mean IP-BBP distances according to depth, arch (maxilla or mandible) and position (premolar or molar). In the mandible, the IP-BBP distance increased progressively with implant depth ( $p=0.001$ ). In contrast, in the maxilla we observed an attenuation of the IP-BBP distance from a depth of 1 mm. With regard to implant position, the increase in distance was more notorious in the case of the molars

**Table 1.** Implant platform-BBP distance (in mm) according to the apico-coronal position of the implant (mean ± standard deviation), arch and position.

|                 | Crestal   |           | Subcrestal |           |           |  |
|-----------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|--|
|                 | 0 mm      | 0.5 mm    | 1 mm       | 1.5 mm    | 2 mm      |  |
| <b>Total</b>    |           |           |            |           |           |  |
| Total           | 1.99±1.10 | 2.32±1.13 | 2.57±1.16  | 2.79±1.18 | 2.90±1.22 |  |
| Premolar        | 2.02±0.93 | 2.35±0.99 | 2.52±0.99  | 2.58±0.95 | 2.43±0.86 |  |
| Molar           | 1.98±1.17 | 2.30±1.20 | 2.60±1.23  | 2.88±1.27 | 3.11±1.30 |  |
| <b>Maxilla</b>  |           |           |            |           |           |  |
| Total           | 2.23±1.21 | 2.56±1.24 | 2.72±1.31  | 2.79±1.34 | 2.76±1.33 |  |
| Premolar        | 2.09±0.95 | 2.43±1.00 | 2.59±1.02  | 2.61±1.00 | 2.44±0.90 |  |
| Molar           | 2.39±1.44 | 2.69±1.47 | 2.86±1.58  | 2.99±1.64 | 3.09±1.63 |  |
| <b>Mandible</b> |           |           |            |           |           |  |
| Total           | 1.71±0.89 | 2.03±0.93 | 2.39±0.93  | 2.79±0.96 | 3.07±1.07 |  |
| Premolar        | 1.40±0.42 | 1.58±0.53 | 1.85±0.21  | 2.38±0.11 | 2.35±0.35 |  |
| Molar           | 1.73±0.91 | 2.06±0.95 | 2.44±0.96  | 2.82±0.99 | 3.12±1.08 |  |



**Fig. 2.** Mean IP-BBP distance (in mm) according to implant depth. PM: premolar, M: molar, Max: maxilla, Mdb: mandible

( $p=0.002$ ), since stability was observed in the premolars from 1 mm.

The mean thickness of the crestal cortical bone was  $1.16\pm 0.97$  mm (Table 2). Figure 3 shows the percentage of planned cases that surpassed the cortical layer according to the depth of insertion. The mean thickness was  $0.93\pm 0.75$  mm in the maxilla and  $1.44\pm 1.15$  mm in the mandible – the difference being statistically significant ( $p=0.008$ ). The mean thickness in premolars and molars was  $0.98\pm 0.56$  mm and  $1.25\pm 1.11$  mm, respectively – the difference being nonsignificant ( $p=0.376$ ).

**Discussion**

The aim of the present study was to determine how implant placement at different depths in the alveolar bone

influences a series of characteristics of peri-implant bone that could be related to the resorption pattern, namely the thickness of the buccal bone plate and crestal cortical bone thickness. A number of recent studies (9-11) have associated subcrestal positioning of dental implants to lesser periimplant marginal bone. A number of hypotheses have been proposed to explain this observation. One of the most widely accepted hypotheses is related to the thickness of the peri-implant mucosa and the restoration of biological thickness (23). Another possible explanation refers to the characteristics of peri-implant bone. In the present study, implants placed in a crestal position, the distance from the implant platform to the buccal bone plate was  $1.99\pm 1.10$  mm. This distance increased significantly with the planned implant placement depth,



Table 2: Crestal cortical bone thickness (in mm) at the dental implant sites according to the arch and position involved.

|           | Total     |           |           | Maxilla   |           |           | Mandible  |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|           | Total     | Premolar  | Molar     | Total     | Premolar  | Molar     | Total     | Premolar  | Molar     |
| N         | 64        | 20        | 44        | 35        | 18        | 17        | 29        | 2         | 27        |
| Mean ± SD | 1.16±0.97 | 0.98±0.56 | 1.25±1.11 | 0.93±0.75 | 0.95±0.58 | 0.91±0.91 | 1.44±1.15 | 1.20±0.42 | 1.46±1.18 |
| Minimum   | 0.40      | 0.50      | 0.40      | 0.40      | 0.50      | 0.40      | 0.50      | 0.90      | 0.50      |
| Maximum   | 6.30      | 3.00      | 6.30      | 4.20      | 3.00      | 4.20      | 6.30      | 1.50      | 6.30      |

SD, standard deviation

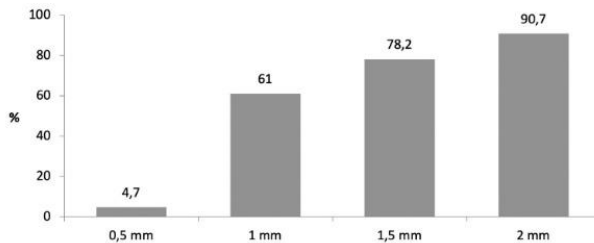


Fig. 3: Percentage of implants that surpass the cortical bone layer according to the planned insertion depth.

reaching an average of 2.90±1.22 mm when placement was 2 mm subcrestal.

Based on dental cone-beam computed tomography (CBCT) images, we selected radiological studies of patients requiring single implant placement and which presented radiological splints – thereby facilitating correct guided implant placement and resulting in high reproducibility between examiners (ICC=0.985). We selected edentulous alveolar crests with a minimum thickness of 6 mm, so that both the crestal and subcrestal implants had sufficient bone volume for placing a standard implant measuring 4 mm in diameter and 10 mm in length, without the need for bone augmentation measures (21) Radiological studies involving edentulous zones in anterior sectors were excluded. In most cases, implant placement in anterior sectors requires the use of bone augmentation techniques, and this could influence initial planning of the implant.

Petrokovski *et al.* (14) examined the bone tissue characteristics of edentulous arches and residual ridges in different regions of 123 human edentulous dry bone specimens. With the premise that the implant protocols require the cervical implant neck to be completely embedded in the bony residual crest, the results showed a high percentage of narrow alveolar processes – a fact that could compromise the success of implant treatment. Aloy-Prosper *et al.* (24) found the most frequent peri-implant defects during implant surgery to involve

dehiscence of the buccal layer – a situation requiring the use of a guided bone regeneration technique.

Morphological bone changes after tooth extraction have been well studied by Araujo & Lindhe<sup>6</sup> in Beagle dogs. The mesial, distal and lingual/palatal aspects hardly undergo remodeling, though a vertical loss of 2.2 mm has been reported at the buccal aspect (25). In most cases such remodeling confers a truncoconical shape in which the most coronal portion narrows in comparison with the most basal part. This anatomical feature results in greater thickness of the alveolar process on advancing in depth in the apical direction. In consequence, there may be a greater presence of peri-implant bone and a longer distance from the body of the implant to the external cortical layers when implantation is made below the bone crest. In our study, the implants planned in a subcrestal position presented a greater IP-BBP distance than the implants placed in a crestal position – the difference being statistically significant. The minimum BBP thickness required to avoid vertical crest resorption has not been established to date (26). A publication by a panel of experts and master clinicians in implantology showed that once the implant osteotomy was performed, an ideal BBP thickness of 2 mm proved advisable in order to secure an optimum biological and esthetic outcome (27). This fact could avoid crestal bone loss and future implant dehiscence, which are the most frequent bone defects present when peri-implantitis becomes established (28).

Another procedure that could contribute to increase the thickness of the alveolar process is crestal bone osteoplasty. Hudieb and Kasugai (21) conducted a finite element analysis examining the biomechanical effects of crestal bone osteoplasty in narrow edentulous crests before dental implant placement. Although osteoplasty of the bone crest reduced tension at the implant neck, the elimination of the cortical bone and exposure of the bone trabecular resulted in increased tension of the peri-implant bone, which in turn could contribute to bone loss.

The mean crestal cortical bone thickness values at the dental implant sites were  $0.93 \pm 0.75$  mm in maxilla and  $1.44 \pm 1.15$  mm in mandible. These results suggest the need for a greater planned implant depth in mandibular zones in order to surpass the cortical bone and reach the trabecular bone. In contrast, the differences between premolar ( $0.98 \pm 0.56$  mm) and molar positioning ( $1.25 \pm 1.11$  mm) were similar and showed no statistically significant differences. The planning of implants placed 2 mm subcrestal implied surpassing the cortical bone in 90% of the cases – the implant platform being positioned in trabecular bone. Experimental studies in animals (17,18) have reported a greater percentage bone-to-implant contact (BIC) in trabecular bone compared with cortical bone. Wang *et al.* (29) likewise in an experimental study in animals, observed a greater presence of osteoprogenitor cells in type II and III bone, resulting in faster production of new bone than in type I bone. In this respect, Sotto-Maior *et al.* (30) in a finite element analysis, recorded a decrease in compressive peri-implant tension when the implants were placed subcrestal (34.1 MPa), becoming completely surrounded by trabecular bone. In contrast, implants placed crestal showed greater peri-implant tension (199.2 MPa). Although definitive clinical evidence is lacking, peri-implant tensions of between 100-130 MPa could cause bone resorption secondary to overload (30).

The present study has limitations. A first consideration is its design, with implant placement being planned using three-dimensional planning software. This complicates extrapolation of the results to the clinical setting, and only allows us to speculate about how the implants would behave *in vivo*. Nevertheless, the design employed allowed us to establish intra-subject comparisons, since the scenarios could be planned in the same coronal section of the edentulous gap. Due to the great variability of the anatomy of the maxillae, this would have been very difficult to do between subjects. A second limitation is the difficulty of applying the methodology, since the measurements were made with 0.5-mm increments. These increments were easy to measure with the planning application, but it could prove complicated to extrapolate such small measurements in a clinical procedure. On the other hand, the sample size corresponding to implants placed in premolar gaps within the mandible

was too small to allow the firm definition of possible interactions.

Despite the limitations of the present study, the results obtained suggest that planning dental implants in a subcrestal position would result in greater peri-implant buccal bone thickness. Moreover, the planning of implant placement at 1 mm, 1.5 mm and 2 mm subcrestal was seen to surpass the cortical bone in 61%, 78% and 91% of the cases, respectively.

## References

- Beretta M, Poli PP, Tansella S, Maiorana C. Virtually guided alveolar ridge reduction combined with computer-aided implant placement for a bimaxillary implant-sustained rehabilitation: A clinical report. *J Prosthet Dent.* 2018;120:168-172.
- Buser D, Chappuis V, Belsler UC, Chen S. Implant placement post extraction in esthetic single tooth sites: when immediate, when early, when late? *Periodontol.* 2000; 2017;73:84-102.
- Januário AL, Duarte WR, Barreira M, Mesti JC, Araújo MG, Lindhe J. Dimension of the facial bone wall in the anterior maxilla: A cone-beam computed tomography study. *Clin Oral Implants Res.* 2011;22:1168-1171.
- Braut V, Bornstein MM, Belsler U, Buser D. Thickness of the anterior maxillary facial bone wall—a retrospective radiographic study using cone beam computed tomography. *Int J Periodontics Restorativ Dent.* 2011;31:125-131.
- Nowzari H, Molayem S, Chiu CHK, Rich SK. Cone beam computed tomographic measurement of maxillary central incisors to determine prevalence of facial alveolar bone width  $\geq 2$  mm. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012;14:595-602.
- Araújo MG, Lindhe J. Dimensional Ridge Alterations Following Tooth Extraction. An Experimental Study in The Dog. *J Clin Periodontol.* 2005;32:212-218.
- Chappuis V, Araújo MG, Buser D. Clinical relevance of dimensional bone and soft tissue alterations post-extraction in esthetic sites. *Periodontol.* 2000; 2017;73:73-83.
- Spray JR, Black CG, Morris HF, Ochi S. The Influence of Bone Thickness on Facial Marginal Bone Response: Stage 1 Placement Through Stage 2 Uncovering. *Ann Periodontol.* 2000;5:119-128.
- Al Amri MD, Al-Johany SS, Al Baker AM, Al Rifayy MQ, Abduljabbar TS, Al-Kheraf AA. Soft tissue changes and crestal bone loss around platform-switched implants placed at crestal and subcrestal levels: 36-month results from a prospective split-mouth clinical trial. *Clin Oral Implants Res.* 2017;28:1342-1347.
- Ercoli C, Jammal G, Buyers M, Tsigaridas AA, Chochlidakis KM, Feng C, Caton J. Influence of Apico-Coronal Implant Placement on Post-Surgical Crestal Bone Loss in Humans. *J Periodontol.* 2017;88:762-770.
- Pellicer-Chover H, Peláerocha-Diago M, Aloy-Prospier A, Canello L, Peláerocha-Diago M, Peláerocha-Oliva D. Does Apico-Coronal Implant Position Influence Peri-Implant Marginal Bone Loss? A 36-Month Follow-Up Randomized Clinical Trial. *J Oral Maxillofac Surg.* 2019;77:515-527.
- Berglundh T, Lindhe J. Dimension of the periimplant mucosa. Biological width revisited. *J Clinical Periodontol.* 1996;23:971-973.
- Abrahamsson I, Berglundh T, Lindhe E, Lang NP, Lindhe J. Early bone formation adjacent to rough and turned endosseous implant surfaces. An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res.* 2004;15:381-392.
- Pietrokovski J, Starinsky R, Arensburg B, Kaffi I. Morphologic characteristics of bony edentulous jaws. *J Prosthodont.* 2007;16:141-147.
- Ko YC, Huang HL, Shen YW, Cai JY, Fuh LJ, Hsu JT. Variations in crestal cortical bone thickness at dental implant sites in different regions of the jawbone. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2017;19:440-446.
- Macedo JP, Pereira J, Faria J, Souza JCM, Alves JL, López-López J, Henriques B. Finite element analysis of peri-implant bone volume

affected by stresses around Morse taper implants: effects of implant positioning to the bone crest. *Comput Methods Biomech Biomed Engin.* 2018;21:655-662.

17. Rossi F, Lang NP, De Santis E, Morelli F, Favero G, Botticelli D. Bone-healing pattern at the surface of titanium implants: an experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res.* 2014;25:124-131.

18. Morelli F, Lang NP, Bengazi F, Baffone D, Dadonm Vila Morales C, Botticelli D. Influence of bone marrow on osseointegration in long bones: an experimental study in sheep. *Clin Oral Implants Res.* 2015;26:300-306.

19. Botticelli D, Lang NP. Dynamics of osseointegration in various human and animal models - a comparative analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2017;28:742-748.

20. Hammerle CHF, Chen ST, Wilson TG. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding the placement of implants in extraction sockets. *Int J Oral & Maxillofac Implants.* 2004;19:26-28.

21. Hudieb M, Kasugai S. Biomechanical effect of crestal bone osteoplasty before implant placement: a three-dimensional finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2011;40:200-206.

22. Cawood JI, Howell RA. A classification of the edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1988;17:232-236.

23. Vervaeke S, Matthys C, Nassar R, Christiaens V, Cosyn J, De Bruyn H. Adapting the vertical position of implants with a conical connection in relation to soft tissue thickness prevents early implant surface exposure: A 2-year prospective intra-subject comparison. *J Clin Periodontol.* 2018;45:605-612.

24. Alayo-Prospër A, Peñarocha-Oltra D, Peñarocha-Diago M, Peñarocha-Diago M. Dental implants with versus without peri-implant bone defects treated with guided bone regeneration. *J Clin Exp Dent.* 2015;7:e361-e368.

25. Cardaropoli G, Aratújo M, Lindhe J. Dynamics of bone tissue formation in tooth extraction sites. An experimental study in dogs. *J Clin Periodontol.* 2003;30:809-818.

26. Hryn-Ba G, Pjetursson BE, Sanz M, Cecchinato D, Ferrus J, Lindhe J, Lang NP. Analysis of the socket bone wall dimensions in the upper maxilla in relation to immediate implant placement. *Clin Oral Implants Res.* 2010;21:37-42.

27. Buser U, Martin W, Jung R, Hammerle CHF, Schmid B, Morton D, Buser D. ITI Treatment Guide, Volume 1: Implant Therapy in the Esthetic Zone. Single-tooth Replacements. Quintessence Publishing Co, Ltd. Berlin 2007.

28. García-García M, Mir-Mari J, Benic GJ, Figueiredo R, Valmaseda-Castellón E. Accuracy of periapical radiography in assessing bone level in implants affected by peri-implantitis: a cross-sectional study. *J Clin Periodontol.* 2016;43:85-91.

29. Wang L, Aghvami M, Brunski J, Helms J. Biophysical regulation of osteotomy healing: An animal study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2017;19:590-599.

30. Sotto-Maior BS, Lima Cde A, Senna PM, Camargos, Gde V., & Del Bel Cury A. A. Biomechanical evaluation of subcrestal dental implants with different bone anchorages. *Braz Oral Res.* 2014;28:1-7.

#### Acknowledgements

The authors are indebted to Mr. Juan Luis Gómez-Martínez for the statistical study.

#### ORCID ID (Open Researcher and Contributor ID)

Hilario Pellicer-Chover <https://orcid.org/0000-0001-8419-7645>

Julio Rojo-Sánchez <https://orcid.org/0000-0001-5631-5368>

Miguel Peñarocha-Diago <http://orcid.org/0000-0002-8407-7982>

José Viña-Almuna <https://orcid.org/0000-0003-4324-4550>

David Peñarocha-Oltra <http://orcid.org/0000-0002-6670-9886>

María Peñarocha-Diago <https://orcid.org/0000-0001-6657-6959>

#### Conflicts of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest. No source of funding was either required in this study.