

**RESPUESTA DEL HUESO CRESTAL
ALREDEDOR DE IMPLANTES INMEDIATOS DE
PLATAFORMA EXPANDIDA COLOCADOS A
DIFERENTES NIVELES CON RESPECTO A LA
CRESTA ALVEOLAR. ESTUDIO EXPERIMENTAL
EN PERROS AMERICAN FOXHOUND**

Programa de Doctorado en Medicina y Salud Pública

UNIVERSIDAD DE GRANADA



Facultad de Odontología

Departamento de Estomatología

Ana Boquete Castro

2013

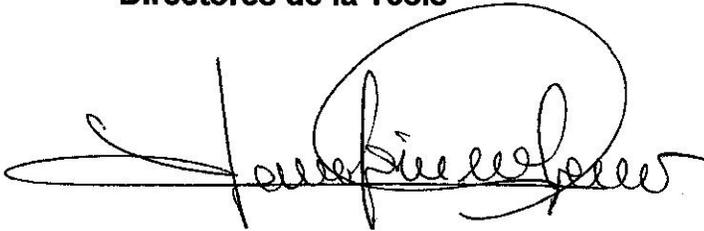
Editor: Editorial de la Universidad de Granada
Autor: Ana Boquete Castro
D.L.: GR 209-2014
ISBN: 978-84-9028-728-6

COMPROMISO DE RESPETO DE LOS DERECHOS DE AUTOR

La doctoranda ANA BOQUETE CASTRO y los directores de la Tesis GERARDO GÓMEZ MORENO Y JOSÉ LUIS CALVO GUIRADO, garantizamos al firmar este Tesis Doctoral, que el trabajo ha sido realizado por la doctoranda bajo la dirección de los directores de la Tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo se han respetado los derechos de otros autores a ser citados cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

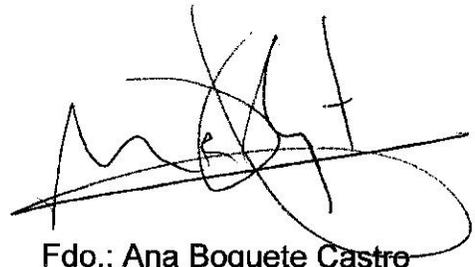
En Granada a 6 de Mayo de 2013

Directores de la Tesis



Fdo.: Gerardo Gómez Moreno

Doctoranda



Fdo.: Ana Boquete Castro



Fdo.: José Luis Calvo Guirado

RESUMEN

Introducción: la estabilidad ósea alrededor del cuello del implante dental es clave para el éxito del tratamiento. La literatura sugiere múltiples factores etiológicos de la reabsorción ósea periimplantaria, entre los que destaca la posición del gap implante-pilar. No obstante, aún se desconoce hasta qué punto la reabsorción crestal es dependiente de la posición de dicha interfase.

Objetivos: evaluar histomorfométricamente los cambios producidos en el hueso crestal alrededor de implantes inmediatos postexodoncia, no sumergidos y sin carga protésica, colocados en diferentes niveles en sentido vertical con respecto al hueso crestal.

Material y métodos: se realizaron exodoncias de segundos, terceros y cuartos premolares mandibulares a seis perros American Foxhound machos adultos. En la misma fase quirúrgica se colocaron 6 implantes a cada perro. Posteriormente, se atornillaron pilares de cicatrización y se suturó. Tras 8 y 12 semanas de cicatrización se procedió a la obtención de las muestras.

Resultados: todos los implantes integraron clínica e histológicamente. La superficie de contacto hueso-implante (BIC) total fue mayor en el grupo subcrestal con respecto a los implantes colocados crestalmente tanto a las 8 como a las 12 semanas. Los valores para la distancia del hombro del implante al primer contacto hueso-implante en bucal (A-Bc) fueron y en lingual (A-Lc) fueron menores para el grupo subcrestal.

Conclusiones: con la colocación de implantes 2 mm por debajo de la cresta alveolar se obtuvo mayor BIC y menor reabsorción ósea, especialmente en la cortical lingual.

*Si quieres llegar rápido, ve solo;
Si quieres llegar lejos, ve acompañado.*

(Proverbio chino)

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

Quiero dejar constancia de mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que de alguna manera han contribuido a que la realización de este trabajo de investigación sea una realidad:

A mis directores: al Profesor Gerardo Gómez Moreno, por todas las horas que me ha dedicado, por estar siempre ahí, por confiar en mí desde el primer momento, por ayudarme a avanzar en mi carrera académica. Al Profesor José Luis Calvo Guirado, por enseñarme lo que es la investigación, por contagiarme sus ganas de mejorar y crecer profesionalmente, por elogiar siempre mi trabajo. A los dos, gracias de corazón por sus constantes ánimos, por transmitirme sus conocimientos y tener siempre una palabra agradable, por las horas de trabajo compartidas, por ser amigos antes que “jefes” y por su infinita paciencia.

A la compañía de implantes Sweden & Martina por cedernos todo el material quirúrgico necesario para llevar a cabo este proyecto.

A los doctores Bruno Negri, Piedad Ramírez Fernández, Rafael Delgado Ruiz, José Maté Sánchez del Val, Ricardo García Caldera y María Ramos Oltra, por su ayuda durante la fase quirúrgica. A los doctores Antonio Aguilar-Salvatierra y Javier Guardia por su ayuda desinteresada y por estar siempre dispuestos a resolver dudas; a Nuria y a Octavio, por su colaboración en la realización del trabajo experimental en el Animalario de la Universidad de Murcia.

A mi hermana Silvia y a Javi, por estar siempre a mi lado y apoyarme incondicionalmente.

Especialmente a mi madre y a Ramón, por aguantar cada día mis cambios de humor, mi desorden de horarios y mi cansancio.

MIL GRACIAS A TODOS

ÍNDICE

ÍNDICE

1. <u>Introducción:</u>	1
1.1. Antecedentes y justificación.	2
1.2. Reabsorción ósea periimplantaria:	3
1.2.1. Establecimiento de la anchura biológica.	4
1.2.2. Factores implicados en la reabsorción ósea periimplantaria:	5
1.2.2.1. Presencia y localización del gap.	5
1.2.2.2. Platform switching.	11
1.2.2.3. Implantes inmediatos.	14
1.2.2.4. Posicionamiento de los implantes en sentido vertical.	15
2. <u>Objetivos.</u>	21
2.1. Objetivo general.	22
2.2. Objetivos específicos.	22
3. <u>Material y métodos:</u> 23	
3.1. Animales de experimentación.	24

3.2.	Diseño del estudio.	25
3.3.	Procedimiento quirúrgico.	28
3.4.	Fase postoperatoria.	43
3.5.	Sacrificio.	43
3.6.	Preparación histológica y obtención de las muestras.	44
3.7.	Análisis histomorfométrico.	46
3.8.	Análisis estadístico.	47
4.	<u>Resultados.</u>	53
5.	<u>Discusión.</u>	63
6.	<u>Conclusiones.</u>	73
7.	<u>Bibliografía.</u>	75
8.	<u>Anexos.</u>	88
8.1.	<u>Comité de ética.</u>	89
8.2.	<u>Publicación científica.</u>	90

ABREVIATURAS

Listado de abreviaturas

- **A-B**: distancia desde el hombro del implante a la cresta ósea bucal.
- **A-Bc**: distancia desde el hombro del implante al primer contacto hueso-implante (*f*BIC) en bucal.
- **A-L**: distancia desde el hombro del implante a la cresta ósea lingual.
- **A-Lc**: distancia desde el hombro del implante al primer contacto hueso-implante (*f*BIC) en lingual.
- **BIC**: superficie de contacto directo hueso-implante.
- **BIC Bucal**: superficie de contacto directo hueso-implante en bucal.
- **BIC Lingual**: superficie de contacto directo hueso-implante en lingual.
- **BIC Total**: superficie de contactodirecto -hueso-implante total.
- **B-L**: diferencia entre la cresta ósea bucal y la cresta ósea lingual.
- ***f*BIC**: primer punto de contacto directo hueso-implante.
- **IAJ**: implant-abutment junction (gap).
- **P₂**: segundo premolar mandibular.
- **P₃**: tercer premolar mandibular.
- **P₄**: cuarto premolar mandibular.

**CRONOGRAMA
DEL
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

El presente proyecto de investigación se ha realizado a lo largo de un período algo superior a dos años, resumiéndose las fases del mismo como sigue:

Marzo de 2011

- Intervención de 6 perros American Foxhound para realización de exodoncias de premolares mandibulares e inserción inmediata de implantes.

Mayo 2011

- Sacrificio (1ª fase): 3 de los perros intervenidos se sacrifican tras 8 semanas.

Junio 2011:

- Sacrificio (2ª fase) a las 12 semanas.
- Obtención y procesado de muestras (1ª fase).

Julio 2011

- Obtención y procesado de muestras (2ª fase).

Agosto-Diciembre 2011

- Análisis histológico de los especímenes de muestra por parte de Doña Giovana Iezzi (Universidad de Chieti).

Enero 2012-Junio 2012

- Análisis de resultados.
- Junio 2012: presentación de resultados preliminares de la investigación como Proyecto Fin de Máster (Máster Oficial en Investigación Odontológica, Universidad de Granada).

Julio 2012- Noviembre 2012

- Redacción de tesis doctoral conforme a los resultados obtenidos.

Diciembre 2012

- Artículo aceptado para su publicación en *Clinical Oral Implants Research*.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes y justificación.

En los primeros años de desarrollo de la implantología, la mayor parte de las investigaciones se centraban en la integración de los mismos en el tejido óseo. Una vez que se observaron resultados exitosos y predecibles a largo plazo en lo que a osteointegración se refiere, las investigaciones pasaron a centrarse en el mantenimiento del hueso crestral periimplantario así como las respuestas de los tejidos blandos (1-3).

Actualmente, el objetivo fundamental del tratamiento implantológico es garantizar la función y los resultados estéticos a largo plazo. En este sentido, la presencia de hueso estable alrededor del cuello del implante es un requisito fundamental para obtener soporte, y por tanto, un contorno gingival óptimo y estable en el tiempo (4,5). Así, el objetivo del tratamiento con implantes dentales será minimizar la pérdida ósea a fin de preservar la estabilidad de los tejidos duros y blandos periimplantarios (5).

Se ha observado que, generalmente, la decadencia de la interfase implante-tejidos periimplantarios se inicia en la región crestral. Por este motivo, la capacidad de predecir la cantidad de reabsorción crestral que va a producirse tras la colocación de un implante es fundamental para conseguir un resultado adecuado de la restauración a largo plazo (6,7).

1.2 Reabsorción ósea periimplantaria.

La pérdida ósea alrededor de los implantes se conoce como saucerización y sigue un patrón más vertical que horizontal (6). Como norma general, se aprecia una reabsorción crestal de hueso más marcada durante la cicatrización y el primer año de función, independientemente del tipo de implante colocado, de si el implante se coloca de manera inmediata o convencional, de si se realiza en una o dos fases quirúrgicas y de si la carga es inmediata, temprana o diferida (6,8,9). Se han propuesto múltiples posibles etiologías de la pérdida de hueso alrededor de los implantes; de este modo, el calor generado durante el fresado, la elevación de colgajos de espesor completo, la presión excesiva en la región crestal durante la colocación del implante, la presencia y localización del microgap, el establecimiento de la anchura biológica, la sobrecarga, el diseño del implante, etc. podrían contribuir a la pérdida de hueso periimplantario (6,8,10-18).

Estudios clásicos de la literatura establecen como criterio de éxito de la osteointegración que la pérdida ósea el primer año después de la colocación del implante no exceda los 2 mm (19). Sin embargo, una reabsorción de 2 mm va a resultar crítica en sectores estéticos, y en implantes cortos podría incluso comprometer la osteointegración de los mismos, motivo por el cual las investigaciones actuales se centran cada vez más en el mantenimiento del hueso que rodea al implante.

El nivel de hueso periimplantario es un criterio fundamental de éxito en los implantes dentales, tanto desde un punto de vista estético como funcional. Sin

embargo, y a pesar de la extensa bibliografía existente, más ensayos clínicos controlados y aleatorizados son necesarios para determinar los verdaderos mecanismos implicados en la reabsorción ósea periimplantaria (3,6,14).

1.2.1 Establecimiento de la anchura biológica.

La estética de los tejidos blandos alrededor de los dientes se basa en la existencia de la anchura biológica, la cual consiste en 1 mm de tejido conectivo, 1 mm de epitelio y 1 mm de surco (20). Las relaciones y dimensiones de la unión implanto-gingival son similares a las de los tejidos dento-gingivales. La anchura biológica está presente alrededor de los implantes al igual que alrededor de los dientes naturales, y es una estructura estable que constituye un sellado natural y actúa como barrera protectora frente a las agresiones del medio oral (3,8). El establecimiento de la anchura biológica se inicia inmediatamente después de la 2ª fase quirúrgica en implantes sumergidos, y en el momento de la colocación del implante y su correspondiente pilar de cicatrización en el caso de los no sumergidos (2). La dimensión y posición de la anchura biológica se relaciona con la cantidad de reabsorción ósea durante la fase de cicatrización y viene determinada, entre otros factores, por la localización del microgap (si existe) y por el diseño del módulo de la cresta (3).

Diversos autores determinan que el establecimiento de la anchura biológica en los implantes es un fenómeno no relacionado con la carga protésica, esto es, que se producirá estén o no cargado los implantes (3)

La pérdida ósea temprana alrededor de los implantes se debe, en parte, al proceso de establecimiento de la anchura biológica, si bien, y conforme a los datos publicados en la literatura, el establecimiento de la anchura biológica no es el único factor causante de pérdida temprana de hueso crestal (6)

1.2.2 Factores implicados en la reabsorción ósea periimplantaria.

La literatura sugiere múltiples causas para la reabsorción ósea alrededor de los implantes dentales.

De todos los factores que pueden influir en el mantenimiento o reabsorción de hueso periimplantario vamos a profundizar en aquellos que han tenido mayor repercusión en la realización de nuestro estudio:

- Presencia del microgap.
- Platform switching.
- Implantes inmediatos.
- Profundidad del implante.

1.2.2.1 Presencia y localización del microgap

Hablamos del gap como el espacio que queda entre el implante y el aditamento protésico. Se conoce también como IAJ, siglas correspondientes al término inglés implant-abutment junction (**Fig. 1**). El diseño de la unión implante-pilar va

a resultar crítico en la determinación de la reabsorción ósea periimplantaria; de este modo, diferentes diseños del gap pueden repercutir de distinta manera en el proceso de reabsorción ósea, incluso antes de la carga protésica (6,17).

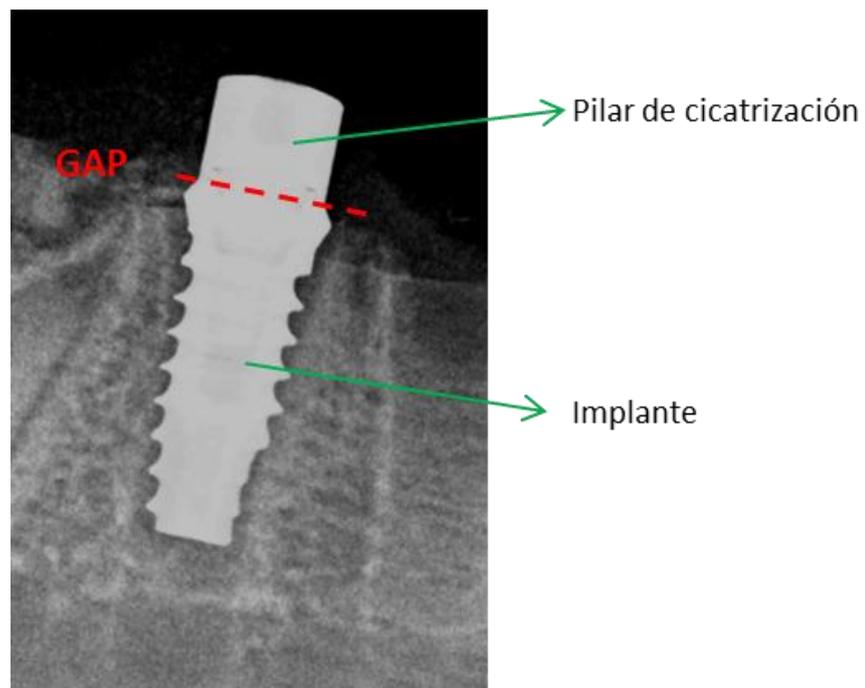


Figura 1. Imagen representativa del gap entre implante y aditamento protésico.

Clásicamente se acepta que la reabsorción ósea es una respuesta fisiológica del hueso al exponerse los implantes a la cavidad oral, momento en el cual aparece el gap en implantes de dos piezas (1,5,8,14).

Este microgap ha sido ampliamente descrito en la literatura y se asocia a colonización bacteriana, la cual va a generar un infiltrado inflamatorio crónico, con la consiguiente reabsorción ósea vertical (6,21-26).

Diversos estudios muestran que la colonización bacteriana del IAJ juega un papel adverso en la estabilidad de los tejidos periimplantarios, sugiriéndose que la presencia de microbiota periimplantaria influye en la reabsorción de hueso crestral al mantener el infiltrado inflamatorio a nivel del IAJ **(Fig.2)** (5,14,25).

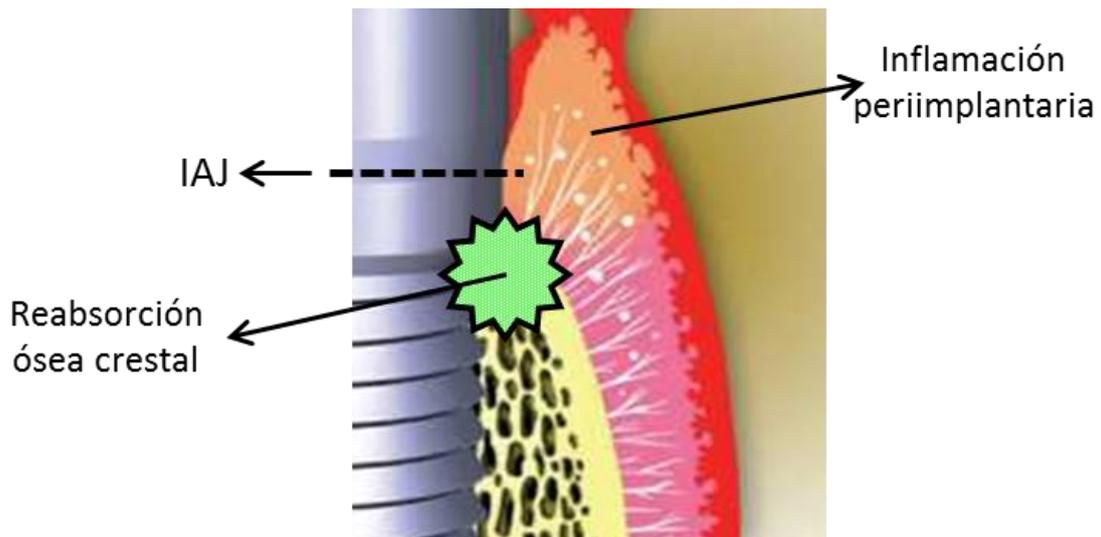


Figura 2. Imagen representativa del infiltrado inflamatorio y su efecto de reabsorción sobre el hueso crestral.

Puesto que el IAJ siempre está rodeado por un infiltrado inflamatorio, parecería lógico y beneficioso alejar ese inevitable microgap del hueso (1,27). Brogini y cols. (26) establecieron que la cantidad de reabsorción ósea está asociada con la localización del gap con respecto a la cresta alveolar, lo que coincide con resultados de otros autores (2,8).

De igual manera, Hermann y cols. concluyeron en diferentes estudios que la localización del microgap con respecto a la cresta alveolar tiene un papel muy

importante en lo que a pérdida de hueso periimplantario se refiere (2,28). Según estos autores, a medida que el gap se sitúa más cerca del hueso circundante mayor es el remodelado óseo crestal.

El estudio de Weng y cols. sugirió que las diferencias en la localización del gap repercuten en la cantidad de reabsorción ósea, incluso antes de llevar a cabo la carga protésica del implante. Su estudio concluyó que la situación más profunda de dicho gap va a dar lugar a una pérdida ósea radiográfica más pronunciada. Además, el daño repetido sobre la unión mucosa-implante, como consecuencia de la conexión y desconexión de pilares de cicatrización y aditamentos protésicos podría afectar al mantenimiento de hueso marginal (29).

Por otro lado, según diferentes autores, la colocación del IAJ por encima de la cresta va a dar lugar a una menor pérdida de hueso en comparación con su colocación a nivel subcrestal, es decir, que la pérdida ósea podría limitarse si el hombro del implante se sitúa por encima de la cresta alveolar (1,2,14,24). Así, Piattelli y cols. encontraron diferencias significativas en lo que se refiere a remodelación ósea alrededor de implantes colocados en monos en distintos niveles en sentido vertical y concluyeron que la pérdida de hueso podría verse disminuida si el microgap se situaba por encima de la cresta alveolar (27).

Por el contrario, otros estudios determinan que el posicionamiento de la unión implante-pilar en una localización más apical contribuye al restablecimiento de la arquitectura gingival marginal (1,13). Todescan y cols. colocaron implantes de dos piezas a diferentes profundidades en mandíbulas caninas y valoraron su

efecto sobre los tejidos periimplantarios. Los autores concluyeron que cuanto más profundos estaban colocados los implantes, los valores medios de pérdida ósea vertical obtenidos eran menores (30).

Está ampliamente documentado que la localización del microgap con respecto a la cresta genera reabsorción ósea periimplantaria (2,7,8). Muchos investigadores apuntan a la colonización bacteriana como principal factor crónico irritante. Esa irritación va a causar migración apical de la anchura biológica a expensas de la reabsorción de hueso crestal (8,31). Más aún, la aplicación de fuerzas axiales excesivas sobre el implante generará una mayor entrada de bacterias en el gap, dando lugar a la producción de tejido inflamatorio en la región del cuello del implante (5).

La presencia y localización del gap con respecto a la cresta ósea va a jugar un papel importante en lo que a las dimensiones de los tejidos periimplantarios se refiere. En este sentido, el estudio en animales de experimentación de Hermann y cols. estableció que el primer punto de contacto hueso-implante (fBIC) en un implante de dos piezas depende de la localización del microgap entre el implante y el aditamento protésico. El hecho de colocar el implante sumergido o no sumergido no repercute en la magnitud de los cambios óseos, sólo afecta al momento en que éstos se producen (24). La reabsorción crestal no se evidencia mientras el implante está sumergido, sino que aparece una vez que el implante es expuesto al medio oral (1,11).

La influencia del microgap en la formación de tejidos periimplantarios durante la cicatrización fue estudiada por Hermann y cols. radiográficamente en perros.

Sus resultados indicaron que en los implantes en una sola fase, los niveles de hueso crestal permanecían en todo momento sobre la superficie del implante, sin embargo, en el caso de los implantes en dos fases quirúrgicas los niveles de hueso crestal dependían de la localización del microgap. Este estudio demostró que la presencia del gap tiene un efecto directo en la pérdida de hueso crestal, independientemente del abordaje quirúrgico (6). La técnica quirúrgica, es decir, el hecho de colocar los implantes sumergidos o no, no tiene influencia ninguna en la pérdida ósea que se produce. Sin embargo, la presencia, y más aún, la posición del microgap va a influenciar la pérdida de hueso crestal (24). Así, diversos estudios radiográficos en implantes no sumergidos de dos piezas revelan que la pérdida de hueso crestal es similar a la que se produce con el procedimiento habitual sumergido, sólo que estos cambios se observan de manera más temprana, puesto que los aditamentos son colocados en la misma fase de colocación de los implantes, quedando el gap establecido desde ese momento (6,18,32,33).

La revisión de Oh y cols. concluyó que aunque el microgap no debe considerarse como la única causa de pérdida temprana de hueso, sí que podría causar reabsorción ósea crestal durante la fase de cicatrización según quede colocado el implante crestal o subcrestalmente (6).

En relación a la presencia y localización del gap, se consideran necesarios más estudios clínicos que permitan determinar la opción más óptima para preservar el máximo hueso crestal periimplantario.

1.2.2.2 Platform Switching.

El concepto de platform switching fue introducido por Lazzara y Porter (11) y se refiere al uso de aditamentos protésicos de menor diámetro que el cuello del implante (**Fig. 3**).

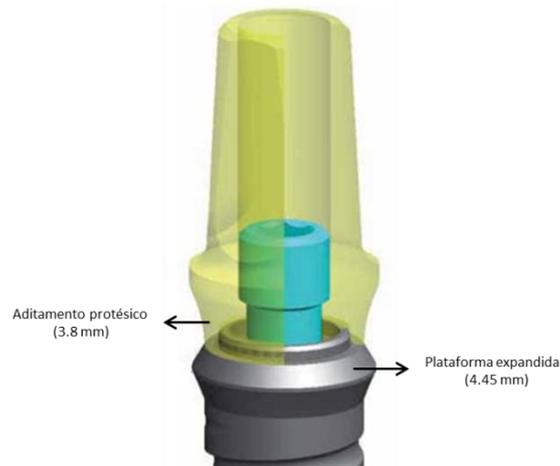


Figura 3. Implante rehabilitado con pilar protésico de diámetro reducido.

La utilización de aditamentos protésicos de menor diámetro que el cuello del implante va a permitir que la interfase implante-pilar (IAJ) se desplace hacia el eje central del implante (**Fig. 4**), de manera que el infiltrado inflamatorio se aleje del hueso crestal (1,11,23,34).

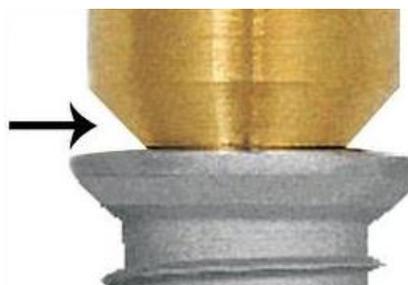


Figura 4. IAJ desplazado hacia el eje central del implante.

En un principio, se colocaban implantes de paredes paralelas con aditamentos protésicos de menor diámetro; posteriormente, la técnica evolucionó y pasaron a elaborarse implantes con una plataforma expandida a nivel del cuello (**Fig. 5**), lo que permite obtener mayor anclaje a nivel crestal en el momento de la inserción del implante así como la colocación de pilares protésicos de igual diámetro que el cuerpo del implante, favoreciéndose la distribución de cargas y reduciéndose el riesgo de fractura y/o aflojamiento de los pilares (35).



Figura 5. A: Implante de paredes paralelas rehabilitado con pilar de menor diámetro. B: Implante con plataforma expandida que permite realizar protocolo de platform switching empleando un aditamento de mayor diámetro.

Está ampliamente demostrado que el protocolo de platform switching ayuda a preservar el hueso crestal y proporciona resultados más predecibles a largo plazo en cuanto a mantenimiento de los tejidos periimplantarios (8,23).

Hürzeler y cols. demostraron que los implantes con protocolo de platform switching muestran una reabsorción ósea menor con diferencias estadísticamente significativas al compararse con los implantes rehabilitados de modo convencional (36). Por su parte, Fickl y cols. concluyeron que los implantes con platform switching generaban una disminución del remodelado óseo alrededor de los implantes (1). De igual manera, Cappiello y cols. concluyeron que la pérdida de hueso alrededor de implantes con protocolo de platform switching es significativamente menor que en implantes rehabilitados con protocolo convencional (23).

Más aún, estudios histomorfométricos en perros han demostrado que no hay diferencias significativas en los niveles de hueso crestal alrededor de implantes de paredes paralelas e implantes con plataforma expandida durante el período de cicatrización. Sin embargo, tras un período de carga de 2-6 meses se ha observado menor pérdida de hueso en implantes rehabilitados con protocolo de platform switching (14,37,38).

El protocolo de platform switching ha sido ampliamente estudiado y evidenciado en la literatura y parece limitar el remodelado óseo crestal. Esto va a ser especialmente beneficioso en zonas donde la estética es una demanda y se precisa un buen soporte de tejidos blandos (1).

1.2.2.3 Implantes inmediatos postexodoncia.

La pérdida dental supone una involución progresiva del hueso alveolar, tanto en sentido apico-coronal (vertical) como en sentido vestíbulo-lingual (horizontal) (11,13,39-42). Además, se ha demostrado que, tras la pérdida de un diente, la mayor reabsorción ósea se produce durante los primeros meses posteriores a la exodoncia (13,23,39,41,43-45). Schropp y cols. (43) en un estudio clínico prospectivo, obtuvieron una reabsorción cercana al 50% de la anchura del reborde en sectores posteriores tras un período de cicatrización de 12 meses. Se observó que dos tercios de ésta pérdida ocurrieron en los primeros tres meses. Los cambios dimensionales tras la exodoncia son consecuencia del proceso de remodelado óseo. El estudio de Araújo y Lindhe estableció que en las primeras ocho semanas tras la exodoncia es cuando se produce la reabsorción del "bundle bone". El bundle bone es el término histológico empleado para describir la porción de hueso del proceso alveolar que rodea al diente y en el cual están inmersas las fibras colágenas del ligamento periodontal (39).

De acuerdo con esto, la colocación de implantes inmediatos podría entenderse y verse justificada por el hecho de preservar las dimensiones de la cresta ósea alveolar, además de reducir el tiempo entre la exodoncia y la rehabilitación protésica final, aumentando el confort del paciente. De acuerdo con esto, Paolantonio y cols. sugirieron que la colocación inmediata de un implante en un alveolo postexodoncia podría preservar las dimensiones del reborde alveolar (46). Sin embargo, múltiples investigaciones han descartado esta hipótesis, al concluir que en implantes colocados de forma inmediata se producía

importante remodelado óseo y marcada reabsorción de las corticales vestibular y lingual (42,47,48). En este sentido, diferentes estudios (39,-42,44) han demostrado que tras la exodoncia siempre va a producirse una marcada reabsorción ósea, especialmente en la cortical vestibular, por lo que la inserción de implantes inmediatos postexodoncia no interrumpe el proceso de reabsorción ósea tras la exodoncia.

El estudio de Araújo y cols. (42) demostró que la colocación de un implante inmediato en el alveolo postexodoncia fracasa en el intento de prevenir la remodelación de las paredes óseas. Más aún, tras 3 meses de cicatrización la altura de las corticales vestibular y lingual fue similar en las zonas donde se insertó un implante inmediato y en las zonas donde dejaron el tramo edéntulo.

Desde un punto de vista funcional, la reabsorción de hueso marginal crestal alrededor del implante no va a comprometer la osteointegración. Sin embargo, desde un punto de vista estético, la cantidad de reabsorción ósea periimplantaria va a repercutir de manera crucial sobre el resultado final de la restauración, motivo por el cual, abundantes investigaciones se centran en minimizar dicha reabsorción mediante la inserción de implantes inmediatos postexodoncia.

1.2.2.4 Posicionamiento de los implantes en sentido vertical.

De acuerdo con la literatura, la cantidad de remodelado óseo parece estar directamente relacionada con la posición del implante en sentido apico-coronal (7,38,51). Más aún, en implantes de dos piezas, la localización del microgap

parece determinar la cantidad de reabsorción ósea crestal (24). Sin embargo, existen resultados contradictorios acerca de si es preferible colocar los implantes en posición más superficial o más profunda para mantener el hueso periimplantario.

Implantes en posición crestal

Diversos estudios advierten de la implicación de la posición del hombro del implante en la reabsorción de hueso crestal (10,26). En la literatura existen diversos estudios que establecen que se producen importantes pérdidas óseas alrededor de implantes colocados subcrestales, en comparación con implantes colocados crestales o incluso supracrestales (4,30,52).

Se ha descrito que el IAJ va a generar la presencia de un infiltrado inflamatorio causante de reabsorción ósea a nivel crestal. De acuerdo con esto, cuanto más profunda se sitúe esta interfase, mayor será la inflamación alrededor del IAJ (8,31). El estudio de Hermann y cols. concluyó que la colocación subcrestal de implantes no sumergidos generaba una mayor reabsorción ósea. Este hallazgo era de esperar para los autores, basándose en la premisa de que, si la pérdida de hueso se asocia con la presencia y localización del microgap, el hecho de colocar ese gap en una posición más apical a la cresta generaría una mayor pérdida de hueso (24).

Algunos autores apuestan por la colocación de implantes unos 2 ó 3 mm por debajo de la cresta alveolar en sectores anteriores, donde la repercusión estética es fundamental (8). El estudio de Hermann y cols. demostró que puede

producirse importante pérdida de hueso alrededor de implantes colocados de esa manera. Para los autores, los implantes a colocar deberían ser de una sola pieza y colocados a nivel crestal a fin de minimizar la reabsorción ósea crestal periimplantaria (52).

Diferentes estudios de Weng y cols. concluyeron que la colocación más profunda del gap generaba una pérdida ósea más pronunciada (29,53). Por su parte, Hämmerle y cols. obtuvieron una pérdida ósea vertical media de 2.26 mm durante el primer año en implantes colocados subcrestales, mientras que los colocados equicrestales muestran una reabsorción media de 1.02 mm; por lo que estos autores desaconsejan la colocación de implantes subcrestales (54). De acuerdo con diferentes estudios, en zonas no estéticas, el IAJ debería situarse a nivel yuxtacrestal o incluso supracrestal (55).

Implantes subcrestales

Diversos estudios han evaluado los cambios clínicos y radiográficos producidos alrededor de implantes colocados a diferentes niveles con respecto a la cresta alveolar (13,48,59-61). Así, la colocación subcrestal de los implantes dentales se ha propuesto como solución posible para reducir el riesgo de exposición del aditamento o de la parte superior metálica del implante. Además, el hecho de tener suficiente espacio en sentido vertical es considerado adecuado para obtener un perfil de emergencia óptimo (56,57). El estudio de Palacci y cols. (61) preconizaba la inserción de implantes a nivel subcrestal, especialmente en zonas con compromiso estético, para obtener un óptimo perfil de emergencia y

evitar exposición del metal. Se ha sugerido además, que la colocación subcrestal de los implantes tendría cierto efecto positivo en el mantenimiento y formación de picos de hueso crestal en las regiones interimplantarias (12,58). Todescan y cols. concluyeron que, en los casos en que el microgap quedaba en una posición más profunda, no se aprecia pérdida adicional de hueso (30).

Por otro lado, Novaes y cols. (62) realizaron un estudio en perros en el que colocaron implantes con plataforma expandida a nivel crestal y 1.5 mm por debajo de la cresta. Encontraron que los implantes colocados más profundos mostraban mejores resultados; el hecho de colocar los implantes en posición subcrestal daba lugar a la aposición de hueso sobre el hombro del implante.

Barros y cols. (63) también en un estudio en perros, encontraron que la reabsorción ósea crestal era significativamente menor en implantes subcrestales de plataforma expandida comparados con los implantes colocados crestalmente. Sin embargo, concluyeron que, probablemente, la colocación subcrestal de los implantes no era el único factor que influyó en la obtención de sus resultados.

Welander y cols. demostraron que la colocación subcrestal supone un mayor remodelado del hueso crestal durante la cicatrización alrededor del implante, generando incluso crecimiento óseo incluso por encima del IAJ. Sin embargo, para los autores, este resultado podría estar condicionado por las características de superficie del implante (64). Weng y cols. colocaron implantes a diferentes alturas con respecto a la cresta alveolar. Encontraron

pérdida de hueso periimplantario en ambos grupos de implantes, aunque señalan una menor reabsorción en el grupo subcrestal (53). Otro estudio similar encuentra incluso crecimiento óseo sobre el hombro de los implantes colocados en posición subcrestal (15).

Pontes y cols. en un estudio en perros Beagle, concluyeron que la pérdida vertical de hueso en implantes colocados crestalmente y subcrestalmente, tendía a disminuir a medida que los implantes se colocaban en posiciones más profundas, aunque no existieron diferencias significativas entre ambos grupos (55).

Negri y cols. obtuvieron menor pérdida de hueso en implantes subcrestales. Este estudio establece que se produce mayor reabsorción crestal lingual cuando los implantes se colocan crestalmente. Cuando los implantes eran colocados a nivel subcrestal, la cresta lingual mostraba menor reabsorción (13). Esto corrobora los resultados de otros estudios anteriores (53,55). En este estudio, la reabsorción de la cortical vestibular era más pronunciada que la lingual pero los valores de reabsorción ósea que disminuían al colocar los implantes en posiciones más profundas (13). Esto coincide con los resultados de Barros y cols. (63).

Todescan y cols. (30) realizaron un estudio en el cual colocaron implantes de dos piezas a diferentes niveles con respecto a la cresta alveolar y observaron que se producía menor pérdida ósea vertical en aquellos implantes colocados subcrestalmente.

Diferentes estudios de Caneva y cols. (48,59) observaron importante remodelación y marcada reabsorción de la cresta alveolar al colocar implantes inmediatos postexodoncia. Más aún, los autores concluyeron que la colocación de implantes inmediatos 1 mm subcrestales y ligeramente lingualizados va a reducir el riesgo de exposición de la porción rugosa del implante. Por su parte, el estudio de Degidi y cols. (34) no observó reabsorción ósea alrededor de los implantes colocados subcrestalmente. Incluso, los autores llegaron a encontrar neoformación ósea sobre el hombro de algunos de los implantes colocados 3 mm por debajo de la cresta alveolar.

El posicionamiento subcrestal de los implantes con mínima pérdida de hueso supondría el mantenimiento de niveles estables de mucosa periimplantaria. Esto tendría un efecto positivo en los resultados estéticos a largo plazo. Más aún, los implantes colocados subcrestalmente mejorarían el perfil de emergencia de la restauración final, con el consiguiente beneficio estético.

Controversia de resultados

Existen en la literatura numerosos artículos que valoran la colocación de implantes a nivel crestal y subcrestal y su repercusión sobre la reabsorción ósea periimplantaria. Sin embargo, la controversia de resultados es amplia, encontrándose artículos defensores y detractores de ambas situaciones.

Esto nos hace ver la necesidad de más estudios clínicos que determinen qué posición del implante en sentido apico-coronal presenta mayores ventajas y mejores resultados en el mantenimiento del hueso crestal periimplantario.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar los cambios producidos en el hueso crestral alrededor de implantes con plataforma expandida, no sumergidos y fuera de carga protésica, colocados en diferentes niveles en sentido vertical con respecto a la cresta alveolar.

2.2. Objetivos específicos

1. Evaluar el proceso de modelado y remodelado óseo periimplantario en implantes roscados de diseño cónico con plataforma expandida colocados de manera crestral y subcrestral en los alveolos postexodoncia de segundo, tercer y cuarto premolares (${}_2P_2$, ${}_3P_3$, ${}_4P_4$) mandibulares, tras 8 y 12 semanas de cicatrización.
2. Evaluar el contacto directo hueso-implante (BIC) en implantes roscados de diseño cónico con plataforma expandida colocados de manera crestral y subcrestral en los alveolos postexodoncia de segundo, tercer y cuarto premolares (${}_2P_2$, ${}_3P_3$, ${}_4P_4$) mandibulares, tras 8 y 12 semanas de cicatrización.
3. Establecer cuál es la posición más idónea en sentido apico-coronal para colocar los implantes inmediatos postexodoncia en lo que se refiere a minimizar la pérdida de hueso periimplantaria.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Animales de experimentación

Se emplearon seis perros American Foxhound adultos, machos, de entre 14.5 kg y 18 kg y para la realización de nuestro estudio. Cada perro fue identificado con un número correspondiente a las cuatro últimas cifras de su chip de identificación. Igualmente, y para mayor comodidad, se numeraron los perros del 1 al 6 de acuerdo con el orden en que fueron intervenidos (**Tabla 1**). Los datos de identificación de cada animal así como cada uno de los pasos del procedimiento quirúrgico se anotaron individualmente en una cartilla (**Fig. 6**).

El examen clínico preoperatorio determinó que todos los animales estaban en buen estado general de salud, sin afectaciones sistémicas. Se realizó una exploración intraoral previa para comprobar que ninguno de los animales presentaba trauma oclusal alguno, infección ni otras patologías bucodentales.

	CHIP	SEXO	PESO
PERRO Nº 1	7089	Macho	14.5kg
PERRO Nº 2	2718	Macho	15kg
PERRO Nº 3	2509	Macho	14.5kg
PERRO Nº 4	5220	Macho	14.5kg
PERRO Nº 5	2756	Macho	18kg
PERRO Nº 6	5734	Macho	18kg

Tabla 1. Identificación de los animales de estudio.

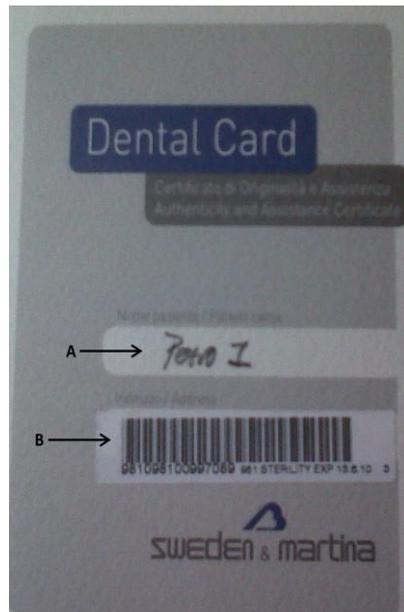


Figura 6. Cartilla identificativa (A: orden en que fue intervenido el animal. B: número del chip de identificación).

3.2. Diseño del estudio

El estudio fue diseñado para evaluar la remodelación ósea temprana y el contacto-hueso-implante (BIC) en implantes colocados de manera crestal y 2 mm subcrestal mediante análisis histomorfométrico. El estudio se diseñó por el Grupo CTS-654 de la Universidad de Granada en colaboración con el Grupo MBIRG de la Universidad de Murcia, que dispone de la infraestructura. El diseño del estudio experimental, el protocolo quirúrgico, la selección, el mantenimiento y posterior sacrificio de los animales fueron aprobados por el Comité de Ética de la Universidad de Murcia, (España) siguiendo las directrices establecidas por el Consejo de la Unión Europea del 24 de Noviembre, 1986 (86/609/ECC) (Ver **Anexos**).

Este estudio fue diseñado en una sola fase quirúrgica en la cual se realizaron las exodoncias y la inserción inmediata de los implantes en cada uno de los alveolos así como la conexión de los pilares de cicatrización. Posteriormente, se realizó el sacrificio de los animales, a las 8 y 12 semanas de la intervención **(Fig. 7)**.

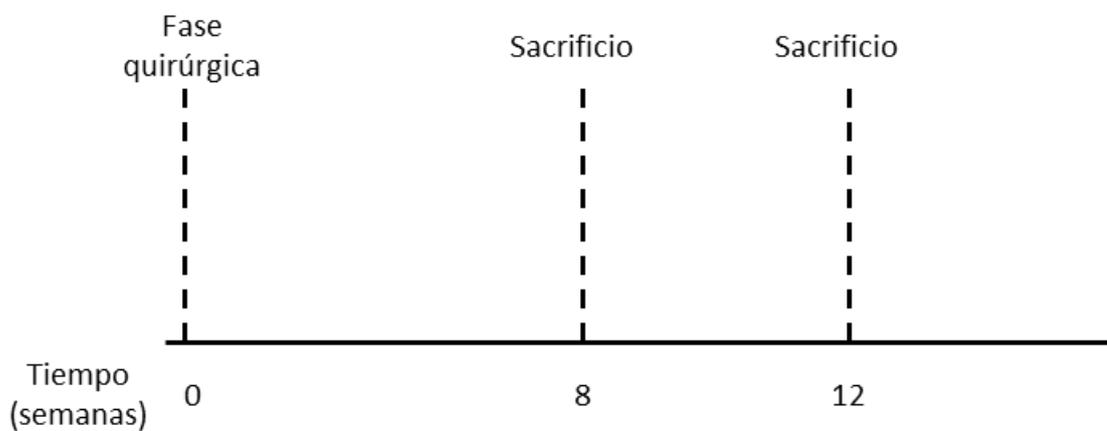


Figura 7. Diseño longitudinal del estudio.

Se colocaron un total de 36 implantes (Premium SP, Sweden & Martina, Due Carrare, Padova, Italia). En cada perro se insertaron seis implantes, tres por cada hemiarcada inferior. El alveolo de la raíz distal de cada premolar se utilizó como sitio experimental y albergó un implante inmediato postexodoncia. Todos los implantes utilizados tenían las mismas dimensiones y características: 3.8mm de diámetro con plataforma expandida de 4.45mm y longitud de 10mm.

Los grupos experimentales se diseñaron conforme a la distancia entre el extremo superior del implante y la cresta alveolar (**Fig. 8**):

- **Grupo control** (implantes en posición crestal).
- **Grupo experimental** (implantes 2 mm por debajo de la cresta alveolar).

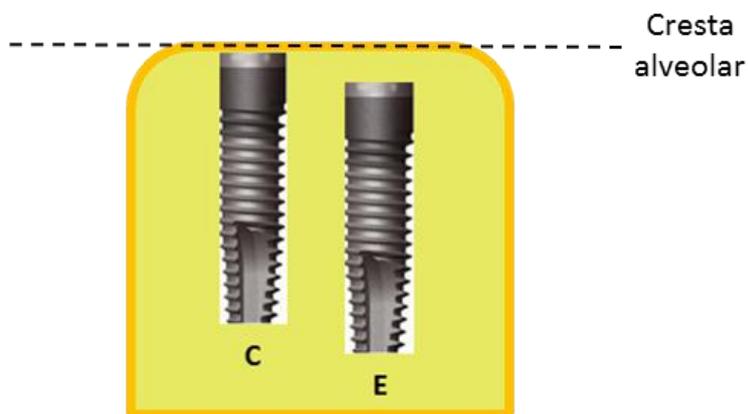


Figura 8. Esquema de la profundidad a la que se colocaron los implantes. C (grupo control): implante en posición crestal; E (grupo experimental): implante subcrestal.

Los implantes fueron colocados de manera aleatoria en posición crestal (n=18) y subcrestal (n=18) a través de la planificación obtenida por el programa online randomization.com. Los implantes subcrestales presentaban su cuello aproximadamente 2 mm por debajo de la cresta alveolar. La localización del hombro de los implantes se verificó tanto clínica como radiográficamente.

3.3. Procedimiento quirúrgico

Todas las intervenciones se realizaron bajo la supervisión del Veterinario del Servicio de Experimentación Animal de la Universidad de Murcia. Para poder llevar a cabo la intervención fue necesaria anestesia general y local de cada uno de los animales.

Anestesia general:

- *Inducción:* dosis intramusculares de:

- Acepromacina (Calmoneosan®, Pfizer, Madrid, España) 0,12-0,25 mg/kg.
- Medetomidina (Medetor®, Virbac, Esplugues de Llobregat, España) 35 µgr/kg.
- Buprenorfina (Buprecare®, Divasa-Farmavic, Gurb, Barcelona, España) 0,01 mg/kg.

- *Mantenimiento:* dosis intravenosas de:

- Propofol (Propofol 1%®, Laboratorios B. Braun Vetcare S.A., Rubí, Barcelona, España) 0,4 mg/kg/min.

Posteriormente, los animales eran trasladados a quirófano, donde se monitorizaban mediante electrocardiograma la frecuencia cardíaca, la saturación de oxígeno en sangre y la temperatura corporal durante toda la intervención (**Fig. 9 y 10**).



Figura 9. Imagen de la monitorización intraoperatoria.



Figura 10. Perfusión constante de propofol en solución salina de sodio.

Anestesia local:

En cada una de las zonas de la cavidad oral a intervenir se aplicó anestesia local de manera convencional (**Fig. 11**):

- Articaina 40mg con 10 mg (1%) de epinefrina (Ultracain®, Laboratorios Normon, Madrid, España).
- Se inyectaron un total de 6 carpules de anestesia a cada perro, 3 por cada hemiarcada, repartidos 2 en vestibular y uno en lingual.

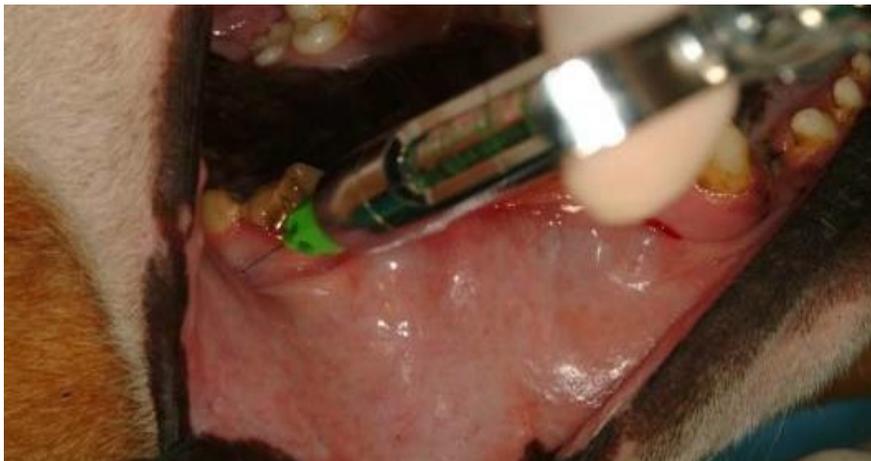


Figura 11. Anestesia infiltrativa.

A continuación, se procedió a la realización de las exodoncias. A cada animal se le exodonciaron los segundos, terceros y cuartos premolares mandibulares (2P2, 3P3, 4P4). Todos los dientes fueron exodonciados previa odontosección

de los mismos en sentido vestibulo-lingual con fresa de carburo de tungsteno HM33L (Meisinger, Menfer Co, Shanghai, Hong Kong) a alta velocidad y con abundante irrigación para separar la raíz mesial de la distal y evitar complicaciones de la exodoncia que pudieran alterar el reborde alveolar remanente. **(Fig. 12-15)**



Figura 12. Imagen clínica preoperatoria.



Figura 13. Imagen de las piezas tras realizar la odontosección.



Figura 14. Premolares tras la odontosección.

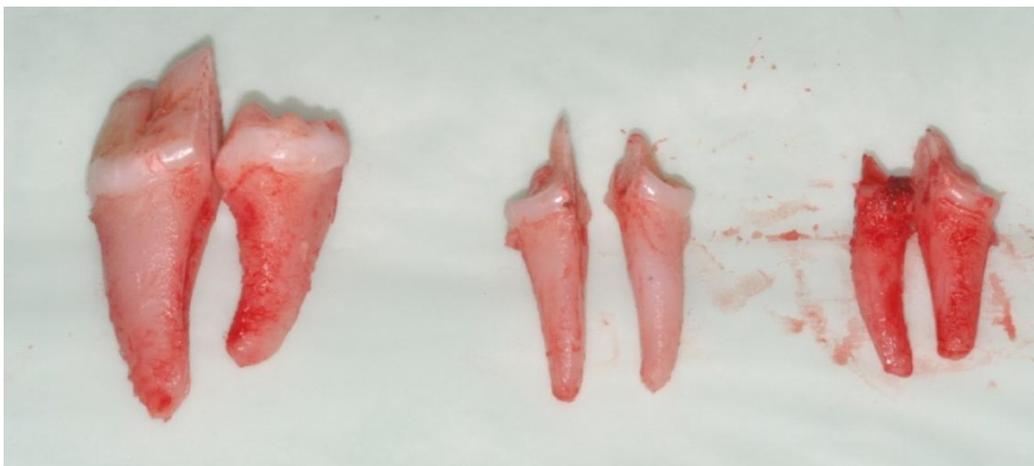


Figura 15. Imagen de las raíces exodonciadas individualmente.

Se conservó el sector antero-inferior (de canino a canino) y los molares mandibulares para que los perros pudieran mantener una mínima función masticatoria y permitir su adecuada alimentación.

Tras la realización de las exodoncias y la verificación de ausencia total de restos radiculares en los alveolos que iban a ser receptores de los implantes, se llevaron a cabo incisiones intrasurculares desde mesial del primer premolar inferior (1P1) hasta distal del primer molar inferior (1M1). Posteriormente, se procedió al levantamiento del colgajo mediante despegamiento del mismo a espesor total (**Fig. 16**).

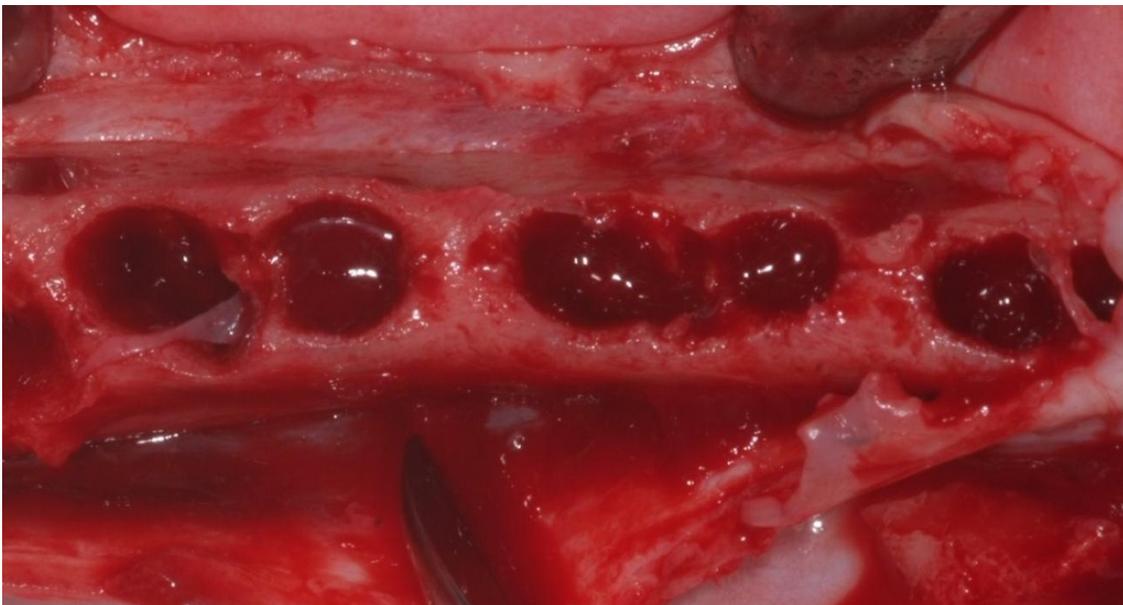


Figura 16. Despegamiento de colgajo de espesor total desde mesial del primer premolar hasta distal del primer molar mandibular.

En este momento, se llevó a cabo la medición con un calibre milimetrado de las dimensiones vestíbulo-linguales de cada uno de los alveolos postexodoncia, tal y como se recoge en la **Tabla 3**.

	CUADRANTE 3	CUADRANTE 4
PERRO Nº 1	P2: 5.5mm	P2: 5mm
	P3: 7mm	P3: 6mm
	P4: 7.5mm	P4: 7mm
PERRO Nº 2	P2: 5mm	P2: 5.5mm
	P3: 6.5mm	P3: 6mm
	P4: 7.5mm	P4: 7.5mm
PERRO Nº 3	P2: 6mm	P2: 6mm
	P3: 7mm	P3: 7mm
	P4: 7.5mm	P4: 8mm
PERRO Nº 4	P2: 5mm	P2: 5mm
	P3: 6mm	P3: 6mm
	P4: 7mm	P4: 6.5mm
PERRO Nº 5	P2: 5.5mm	P2: 6mm
	P3: 6.5mm	P3: 6.5mm
	P4: 8mm	P4: 8mm
PERRO Nº 6	P2: 5mm	P2: 5mm
	P3: 6mm	P3: 5mm
	P4: 6mm	P4: 6.5mm

Tabla 3. Anchura V-L de la cresta alveolar tras las exodoncias.

Cada alveolo de la raíz distal de los premolares exodonciados se empleó como sitio experimental. Se insertó un implante inmediato postexodoncia (Premium SP, Sweden & Martina, Roma, Italia) (**Fig. 17**) en cada alveolo de las raíces distales de los premolares. Los implantes empleados en nuestro estudio presentaron una superficie DES, caracterizada por presentar diferentes grados de rugosidad a lo largo del cuerpo del implante: i) la parte superior del cuello es pulida, para evitar el acúmulo de placa; ii) la parte intermedia con una rugosidad intermedia y iii) la parte más apical con el mayor grado de rugosidad a fin de garantizar la estabilidad primaria y proporcionar una mayor superficie de contacto hueso-implante.



Figura 17. Implante Premium SP. C: diámetro del cuerpo. P: diámetro de la plataforma. L: longitud.

Para ello, la porción más apical de los alveolos fue preparada mediante el protocolo estándar de fresado, acompañado de irrigación salina, de acuerdo con las normas de la casa comercial. Los implantes se colocaron en posición crestal (18 implantes) o subcrestal (18 implantes) de manera aleatoria determinada por el programa online www.randomization.com. (Tabla 2; Figura 18-21).

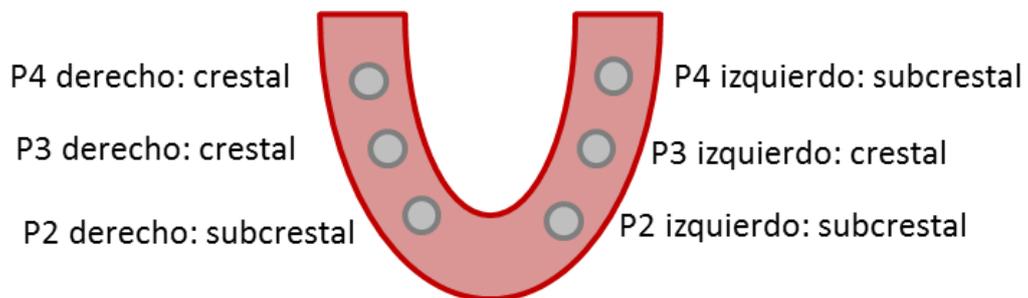


Figura 18. Imagen representativa de la distribución aleatoria de los implantes.

Perro número 1.

	CUADRANTE 3	CUADRANTE 4
PERRO N° 1	P2: subcrestal	P2: subcrestal
	P3: crestal	P3: crestal
	P4: subcrestal	P4: crestal
PERRO N° 2	P2: crestal	P2: subcrestal
	P3: crestal	P3: crestal
	P4: subcrestal	P4: subcrestal
PERRO N° 3	P2: crestal	P2: subcrestal
	P3: crestal	P3: subcrestal
	P4: subcrestal	P4: crestal
PERRO N° 4	P2: subcrestal	P2: crestal
	P3: crestal	P3: crestal
	P4: subcrestal	P4: subcrestal
PERRO N° 5	P2: crestal	P2: crestal
	P3: subcrestal	P3: subcrestal
	P4: crestal	P4: subcrestal
PERRO N° 6	P2: crestal	P2: subcrestal
	P3: crestal	P3: subcrestal
	P4: crestal	P4: subcrestal

Tabla 2. Distribución randomizada de los implantes en cuanto a su posición vertical con respecto a la cresta alveolar.

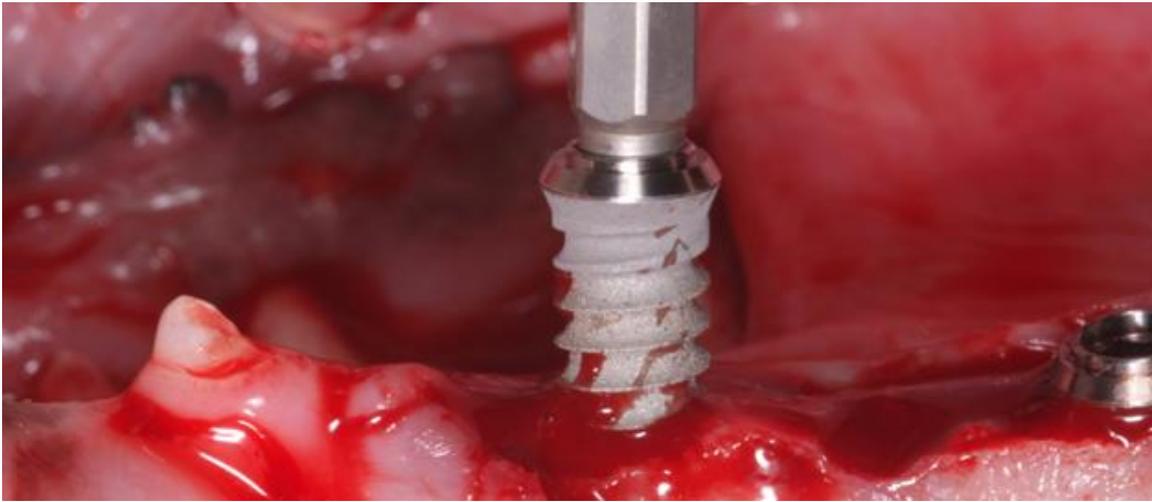


Figura 19. Imagen de inserción del implante.

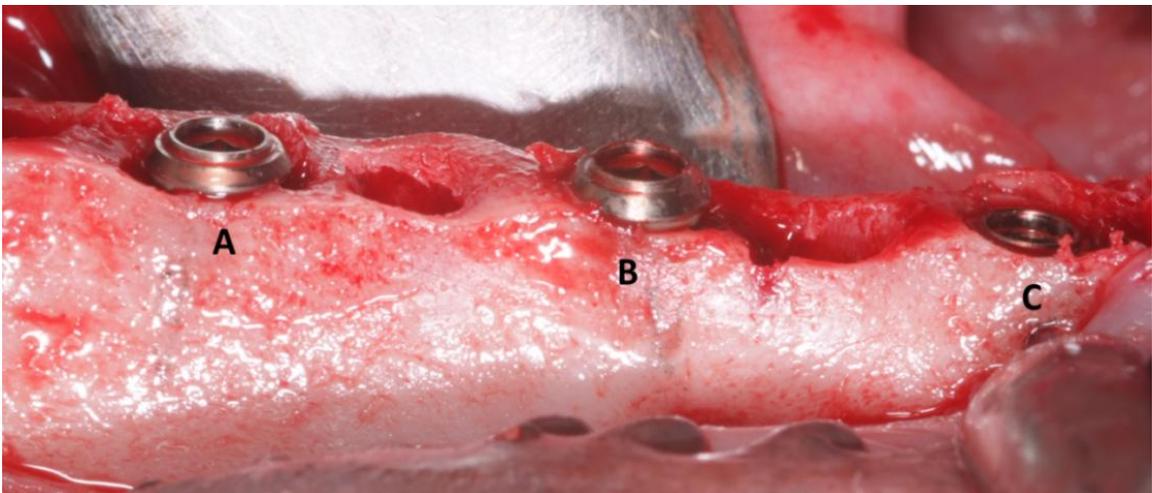


Figura 20. Implantes inmediatos insertados en posición crestal (A y B) y subcrestal (C).

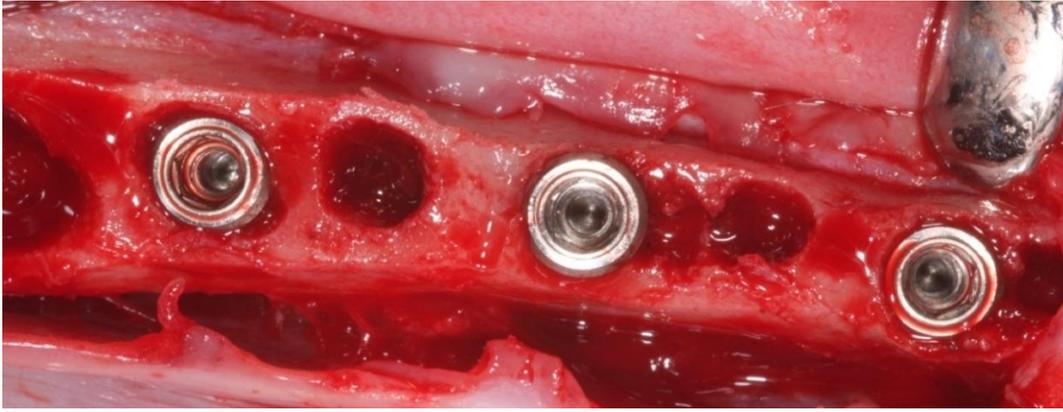


Figura 21. Implantes insertados en alveolos postexodoncia.

Todos los implantes quedaron anclados con correcta estabilidad primaria (30-40 Nw). Sobre cada uno de los implantes se colocó un pilar de cicatrización (**Fig. 22**) de 3 mm de altura y perfil recto (Sweden & Martina, Roma, Italia) para obtener osteointegración de los mismos mediante un proceso no sumergido (una sola fase quirúrgica).



Figura 22. Pilares de cicatrización colocados sobre los implantes inmediatos insertados.

Los gaps entre los implantes y las corticales vestibular y lingual no se rellenaron con ningún biomaterial (**Fig. 23**). Se reposicionaron los colgajos y se adaptaron alrededor de los pilares de cicatrización. En los casos que se consideró necesario se realizó liberación del periostio para poder llevar a cabo un correcto posicionamiento de los colgajos y sutura de los mismos sin tensión. Seguidamente, se realizó sutura con puntos simples no reabsorbibles (Silk[®] 4-0, Sweden & Martina, Due Carrare, Padova, Italia) (**Fig. 24**) que se retiraron tras 14 días de la intervención.

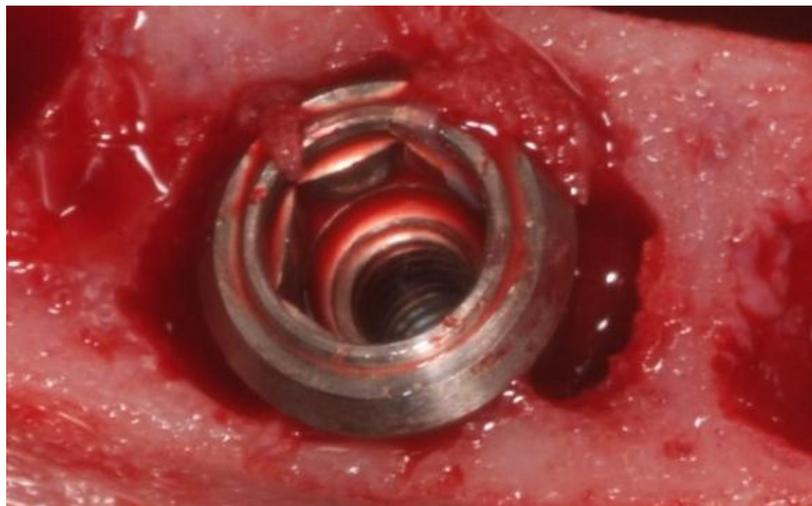


Figura 23. Detalle del gap entre el implante inmediato y las paredes del alveolo postexodoncia.



Figura 24. Aspecto clínico tras la sutura simple.

Incidencias durante la fase quirúrgica

- Perro nº 1: ninguna.
- Perro nº 2: ninguna.
- Perro nº 3: ninguna.
- Perro nº 4: el implante en posición P3 derecho requirió uso de llave de carraca para alcanzar la posición óptima.
- Perro nº 5: ninguna.
- Perro nº 6: ninguna.

Las etiquetas identificativas de los implantes insertados así como de los pilares de cicatrización colocados fueron guardadas junto a la cartilla de identificación de cada animal (**Fig. 25**).



Figura 25. Etiquetas identificativas de los implantes y los pilares de cicatrización (perro nº 1, cuadrante 4).

En el momento inmediatamente posterior a la intervención se llevaron a cabo radiografías periapicales de control de todos los implantes colocados (RVG Windows Trophy 5.0, Trophy Radiologie, Croissy- Beaubourg, Francia) (**Fig. 27**).



Figura 26. Radiografía periapical de control postoperatorio.

3.4 Fase postoperatoria

En los siete días posteriores a la intervención, se llevaron a cabo las siguientes medidas de control básicas:

- Tratamiento antibiótico:

- Amoxicilina 500mg, 2 veces al día (Alsir®, Laboratorios Esteve, Barcelona, España).

- Tratamiento analgésico:

- Ibuprofeno 600 mg, 3 veces al día (Metacam® 5mg/ml, Boehringer Ingelheim, Terrassa, España).

- Control de higiene oral:

- Cepillado dental 1 vez al día.

- Spray de clorhexidina 0,12 % (Perio Aid Spray, Dentaïd, Barcelona, España) 1 vez al día.

- Dieta blanda: para minimizar las cargas, los animales estuvieron controlados para recibir dieta blanda.

3.5 Sacrificio

Se sacrificaron tres animales por cada período de tiempo (8 y 12 semanas).

Tras 8 semanas se procedió al sacrificio correspondiente a los números 1 (chip

7089), 3 (chip 2509) y 4 (chip 5220). A las 12 semanas se realizó el sacrificio de los otros tres animales: 2 (chip 2718), 5 (chip 2756) y 6 (chip 5734).

Para la eutanasia se siguió la siguiente pauta farmacológica:

- CalmoNeosan® (maleato de acepromazina): 2,5-3 cc. vía i.m.+Imalgene 1000® (ketamina + clorbutol): 2 cc. vía i.m., como premedicación sedante.
- Pentobarbital sódico (Dolethal®, Vétoquinol, Buckingham, UK): 3 cc. vía i.v.

3.6 Preparación histológica y obtención de muestras

Para la obtención de los especímenes de muestra se diseccionaron los tejidos orales adheridos al cuerpo mandibular empleando bisturí con hoja desechable del número 15C (Carl Martin, GmbH, Solingen, Germany). En primer lugar se diseccionaron mucosa y musculatura de la cara vestibular; a continuación, se procedió a diseccionar la mucosa lingual y músculos del suelo de la boca. Acto seguido, se empleó un micromotor (Microprocesor Vmax Volvere NE 120®, Nakanish, Japan) con una fresa de osteotomía y abundante irrigación con suero salino, para realizar un corte transversal a cada lado del cuerpo mandibular, con un margen de aproximadamente 15 mm con respecto a los implantes colocados. Se procedió entonces a la extracción cuidadosa de la mandíbula.

Con la utilización de una sierra oscilante (Stryker Co., Kalamazoo, MI, USA). Se dividió cada mandíbula en dos, obteniéndose así las hemiarquadas inferiores

(Fig. 27). Las hemiarcadas diseccionadas fueron fijadas en formalina a 10% con pH 7 durante 10 días.

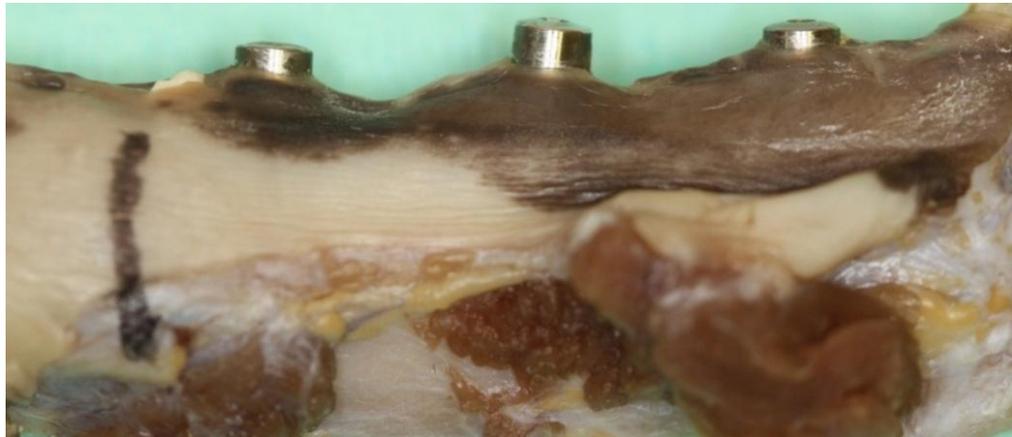


Figura 27. Hemimandíbula seccionada.

Las hemimandíbulas en formaldehído se enviaron al Departamento de Ciencias Clínicas Veterinarias de la Universidad de Chieti (Italia) para realizar el análisis histomorfométrico.

Posteriormente se sumergieron en solución de etanol al 70% y se fueron deshidratando progresivamente en concentraciones crecientes de alcohol hasta llegar al 100%. Acto seguido, fueron sumergidas en metacrilato (Technovit 7200 VLC; Kulzer, Wehrheim, Alemania) y polimerizadas. Tras su polimerización, los especímenes se procesaron para obtener finas secciones con el sistema Precise 1 Automated (Assing, Roma, Italia). Los especímenes se seccionaron a lo largo de su eje longitudinal mayor con un disco de diamante de alta precisión, desde 150 μm hasta 30 μm . Para cada implante se

realizaron dos cortes: un corte inicial centrado en sentido mesio- distal con una sierra diamantada y un segundo corte en un extremo del implante, cercano al hueso circundante. De este modo, se obtuvieron dos láminas de cada implante. Cada una de esas láminas fue teñida con fucsina y azul de toluidina. Las láminas fueron analizadas en un microscopio con transmisión normal de luz (Leitz Laborlux; Leite, Wetzlar, Alemania) y en un microscopio de luz polarizada (Leitz).

Para facilitar la diferenciación entre hueso nativo y hueso neoformado, la tinción fue mejorada con un procesamiento digital de la imagen.

3.7. Análisis histomorfométrico

El análisis histomorfométrico se llevó a cabo para evaluar el remodelado óseo periimplantario y el contacto directo hueso-implante tanto en el lado bucal como en el lado lingual.

El análisis histomorfométrico fue llevado a cabo utilizando imágenes calibradas digitalmente con aumento de 10X (Leica microscope Q500Mc, Leica DFC320, 3088X2550 pixeles, Leica Microsystems, Wetzlar, Alemania). El análisis de las muestras se realizó utilizando MIP 4.5 software (Microms Image Processing Software, CID, Consult image Digital, Barcelona, España) conectado a una cámara de vídeo de alta resolución (3CCD, JVC, KY-F55B, JVC®; JVC; Yokohama, Japón) y unida a su vez un monitor y un ordenador de mesa (Intel Pentium III 1200 MMX, Intel®; Intel, Santa Clara, California, Estados Unidos). Este sistema óptico se asoció con un sistema de digitalización (Matrix

Vision GMBH, Oppenweiler, Alemania) y un software de histomorfometría con capacidad de capturar imágenes (Image-Pro Plus 4.5; Media Cybernetics Inc., Immagini & Computer Snc, Milán, Italia).

La reabsorción de la pared vestibular en relación a la pared lingual se expresó como una medida lineal (medida relativa). Además, las corticales vestibular y lingual se midieron desde el hombro del implante (parte más coronal del cuello pulido) hasta el primer punto de contacto hueso-implante (\bar{f} BIC) y hasta la parte más superior de la cresta alveolar (medidas absolutas). En el caso del grupo test (implantes subcrestales) se restaron 2 mm a estas mediciones.

El porcentaje de BIC en el hueso nativo así como en el hueso neoformado se midió en todo el perímetro de cada uno de los implantes. La porción más apical de los implantes fue excluida (aproximadamente 2 mm) debido a la presencia de tejido no óseo, procedente del nervio mandibular, en algunas muestras.

Se realizó una evaluación semicuantitativa de la superficie de contacto hueso-implante. Para esta evaluación, el porcentaje de contacto directo entre el hueso mineralizado y la superficie de cada implante se determinó mediante el recuento de la intersección en la zona de las espiras. Los porcentajes de contacto hueso-implante (BIC) fueron calculados alrededor de todo el perímetro del implante, desde el primer contacto hueso-implante, es decir, la parte más coronal, evaluando el hueso mineralizado en contacto directo con la superficie del implante de manera lineal. De esta manera se calcularon los porcentajes de BIC lingual, BIC bucal y BIC total. La cantidad total de hueso en contacto

directo con la superficie del implante se calculó como la suma de hueso nativo más nuevo hueso formado (%BIC).

Para cada una de las muestras obtenidas se identificaron los siguientes puntos

(Fig. 28):

- Hombro del implante (IS).
- Punto crestal más coronal (A).
- Punto más alto de la mucosa periimplantaria (PM).

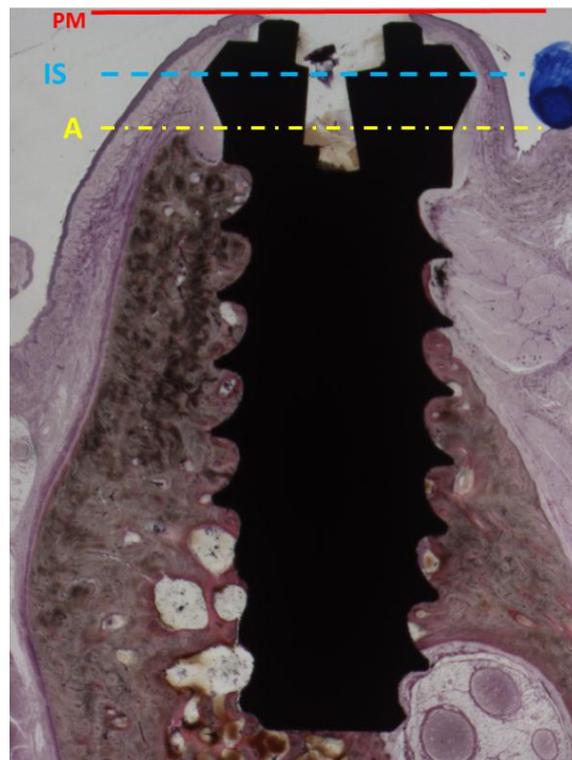


Figura 28. Geometría de implante con un cuello pulido de 1.5 mm.

Las medidas lineales realizadas para cada una de las secciones fueron: **(Fig. 29)**

- Distancia vertical a lo largo del eje longitudinal del implante entre IS y el punto más alto de la cresta en vestibular (IS-BC).
- Distancia vertical a lo largo del eje longitudinal del implante entre IS y el punto más coronal de la cresta en lingual (IS-LC).
- Distancia vertical entre PM y el punto más coronal de la cresta en bucal (PM-BC) y en lingual (PM-LC).
- Distancia vertical entre la mucosa periimplantaria y el hombro del implante (PM-IS).

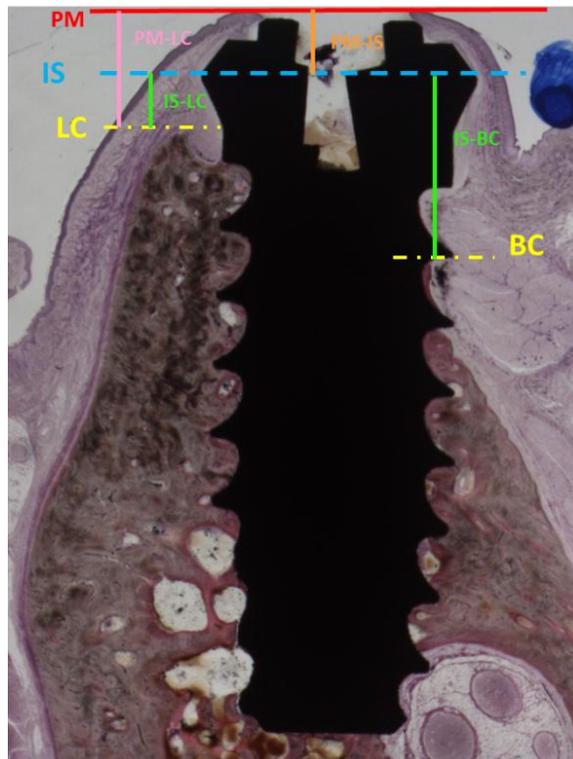


Figura 29. Medidas lineales realizadas para valorar la remodelación ósea periimplantaria.

Se determinó la longitud de contacto de la interfase hueso-implante (BIC). Se diferenciaron dos tipos de hueso en contacto directo con la superficie de titanio del implante: hueso de nueva formación y hueso nativo antiguo. La cantidad total de hueso en contacto con el implante fue calculada como la suma del hueso de nueva formación y el hueso nativo antiguo. Posteriormente, los porcentajes de contacto hueso-implante se calcularon alrededor de todo el perímetro del implante, excluyendo los 2 mm más apicales.

Una vez realizada la adquisición de las imágenes de las muestras se calcularon las siguientes variables:

- BIC (Superficie de contacto directo hueso-implante) total.
- BIC vestibular.
- BIC lingual.
- B-L: diferencia entre la cortical vestibular y la cortical lingual.
- A-B: distancia desde el punto más coronal del cuello del implante a la cresta vestibular.
- A-L: distancia desde el punto más coronal del cullo implantario a la cresta lingual.
- Distancia del hombro del implante al primer contacto hueso-implante en el lado bucal (A-Bc).
- Distancia del hombro del implante al primer contacto hueso-implante en el lado lingual (A-Lc).

La reabsorción de la tabla ósea bucal en relación a la tabla ósea lingual se expresó como una medida lineal (medida relativa; B-L). Las tablas óseas bucal y lingual fueron también medidas desde el hombro del implante (parte más superior de la superficie pulida) hasta el primer contacto hueso-implante (f BIC), para calcular las variables A-Bc y A-Lc; y hasta la parte más superior de la cresta ósea (medidas absolutas) para obtener los valores de las variables A-B Y A-L.

3.8 Análisis estadístico

Todos los implantes resultaron válidos para la recolección de datos. El análisis estadístico se realizó en el Servicio de Estadística de la Universidad de Murcia, realizándose una estadística descriptiva básica con el establecimiento en cada variable de las medias y las desviaciones estándar entre los diferentes cortes de cada muestra.

Se consideró suficiente un tamaño de muestra de 36 implantes para determinar diferencias estadísticamente significativas.

Los valores medios y las desviaciones estándar se calcularon empleando un test descriptivo para los parámetros de BIC y reabsorción ósea. El test de Bruner y Langer (análisis de varianza no paramétrico) se aplicó para obtener los valores medios (mm \pm desviación estándar). Los datos obtenidos del tratamiento de las imágenes fueron recogidos en una hoja de cálculo (Excel, Microsoft, Redmond, Washington, USA) y posteriormente se exportaron al

programa de análisis estadístico SPSS190.0 (SPSS, Chicago, Illinois, EEUU), con el cual se analizaron todos los parámetros histomorfométricos mediante métodos descriptivos.

Para todos los valores analizados el nivel de significación estadística establecido fue el 5% ($p < 0.05$).

4. RESULTADOS

El proceso de cicatrización fue normal en todos los animales. Todos los implantes presentaron epitelio de unión y epitelio oral queratinizado sobre su superficie y la del pilar de cicatrización. Igualmente se observó tejido conectivo subyacente con una trama densa de fibras colágenas, con presencia de algunas estructuras vasculares y células inflamatorias dispersas, sobretodo cercanas a la zona de unión implante-pilar. Todos los implantes osteointegraron clínica y radiológicamente y no existieron complicaciones durante la cicatrización ni el período de seguimiento del estudio.

En ambos grupos (crestal y subcrestal) el gap entre implante y las paredes del alveolo postexodoncia había desaparecido como consecuencia de la reabsorción crestal y del relleno con nuevo hueso. El remodelado de la región marginal se vió acompañado de una marcada reducción de las dimensiones de la fina cortical vestibular así como de la cortical lingual. El análisis histológico permitió observar el contacto directo entre el hueso existente y todos los implantes, sin interposición de tejidos blandos (**Fig. 30**).

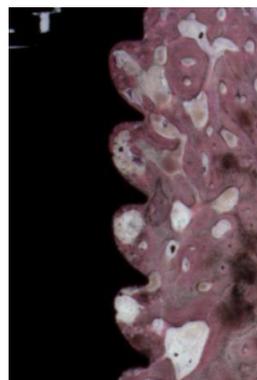


Figura 30. Contacto directo hueso-implante como consecuencia de la neoformación ósea.

Los valores medios y desviaciones estándar fueron calculados en los diferentes animales para cada parámetro y tiempo de estudio.

Resultados a las 8 semanas

Transcurridas ocho semanas de cicatrización una cantidad importante de implante estaba en contacto directo con el hueso, tanto en vestibular como en lingual en ambos grupos. El grupo control (crestal) mostró evidencia de presencia de hueso medular (woven) continuándose con el hueso nativo en las zonas coronal y lateral del defecto.

El grupo subcrestal mostró mayor cantidad de nuevo hueso formado junto al hueso nativo en la zona del defecto, y más aún sobre la superficie del implante al compararlo con los implantes colocados crestalmente. Los defectos postexodoncia aún podían distinguirse en los cortes histológicos. Se apreciaba mayor hueso nuevo formado en la zona de los defectos en los implantes colocados 2 mm subcrestalmente.

El margen la mucosa periimplantaria se situó ligeramente coronal al hombro del implante. El tejido conectivo lateral y apical a la barrera epitelial estaba libre de células inflamatorias. El hueso crestal mostró signos de neoformación ósea, y se mantuvo bajo el cuello pulido en vestibular y bajo el cuello de titanio en lingual (**Fig. 31**).

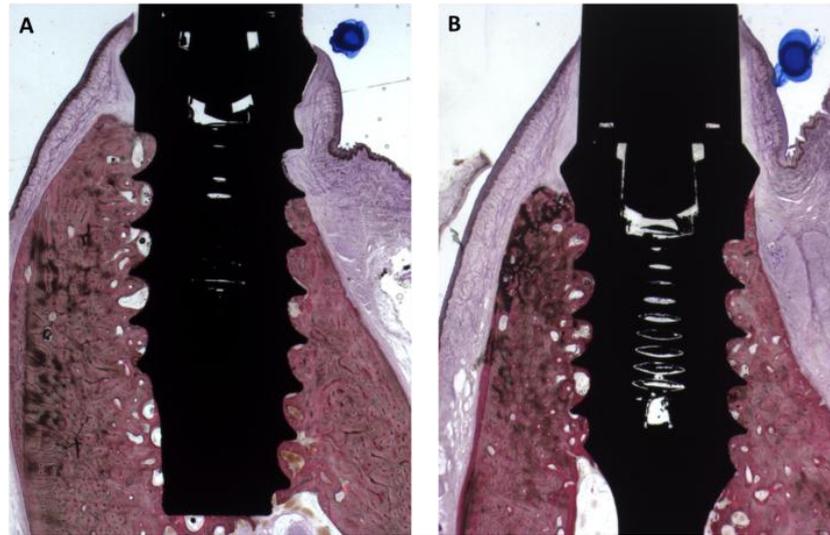


Figura 31. A: implante crestal tras 8 semanas de cicatrización. B: implante subcrestal tras 8 semanas de cicatrización.

Resultados a las 12 semanas

Pasadas doce semanas de cicatrización una gran cantidad de la superficie del implante se encontraba en contacto directo con el hueso, tanto en vestibular como en lingual, en ambos grupos (control y test). Los defectos postexodoncia eran aún distinguibles en los cortes histológicos. Se apreciaba mayor cantidad de hueso neoformado en la zona del defecto en los implantes del grupo test, colocados 2 mm subcrestales. El margen de la mucosa periimplantaria se encontraba ligeramente apical con respecto al hombro del implante. La superficie del hueso crestal mostró signos de remodelado óseo continuo. En la cara lingual del implante se apreciaba nuevo hueso formado. El primer BIC en lingual se situó cerca del borde marginal de la superficie rugosa. La sección buco-lingual a las 12 semanas de cicatrización en el grupo crestal mostró el

margen de la mucosa periimplantaria localizado debajo de la primera rosca del implante. La cresta alveolar presentaba signos de reabsorción en vestibular y la cresta en lingual se mantenía bajo el cuello pulido.

Las paredes vestibulares eran más finas que las linguales. El nuevo hueso formado se situaba en el margen periimplantario así como en los espacios interrosca. El bundle bone estaba presente únicamente en la porción más marginal de las paredes bucal y lingual (**Fig. 32**).



Figura 32. A: implante crestal a las 12 semanas de cicatrización. B: implante subcrestal a las 12 semanas de cicatrización.

Análisis histológico.

El análisis de resultados se realizó comparando los resultados obtenidos en implantes crestales (control) y subcrestales (experimental). La variable B-L mostró resultados similares a las 8 y 12 semanas tanto en el grupo control como en el grupo test.

La distancia entre el extremo más superior del implante y el primer BIC (*f* BIC) en bucal (A-Bc) y lingual (A-Lc) fue representativa del tamaño del defecto óseo en sentido vertical. Los valores de A-Bc fueron menores para el grupo subcrestal a las 12 semanas encontrándose diferencias estadísticamente significativas con respecto a los demás grupos ($p < 0.05$) (**Tabla 3**).

De igual manera, la variable A-Lc mostró resultados menores para el grupo subcrestal a las 12 semanas, existiendo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) con respecto a los demás grupos. En el grupo crestal (control), el nivel más coronal del primer contacto hueso implante (*f* BIC) se encontró más alejado del hombro del implante en comparación al grupo subcrestal (experimental) (**Tabla 3**).

Colocación del implante	B-L (mm) + SD	A-B (mm) + SD	A-L (mm) + SD	A-Bc (mm) + SD	A-Lc (mm) + SD
Crestal 8 s	0.75 ± 0.2	1.24 ± 0.2	0.36 ± 0.2 *	1.61 ± 0.3	1.31 ± 0.2
Crestal 12 s	0.76 ± 0.5	1.33 ± 0.4	0.69 ± 0.3	1.68 ± 0.1	1.67 ± 0.2
Subcrestal 8 s	0.81 ± 0.6	1.65 ± 0.3	0.81 ± 0.4	1.73 ± 0.2	1.76 ± 0.3
Subcrestal 12 s	0.86 ± 0.6	0.71 ± 0.1	0.71 ± 0.2	0.87 ± 0.5 *	0.79 ± 0.1 *

Tabla 3. Valores de las variables B-L, A-B, AL, A-Bc y A-Lc; media en mm ± SD (desviación estándar). *: Resultado con significación estadística ($p < 0.05$).

En relación a los valores de BIC total, los resultados fueron mayores para los implantes colocados de manera subcrestal en comparación con aquellos colocados crestalmente. La superficie de contacto directo entre el nuevo hueso formado y los implantes fue mayor para los implantes colocados subcrestalmente a las 8 semanas, y presentó valores aún mayores a las 12 semanas, en comparación con los implantes del grupo control, aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (**Tabla 4**) (**Figura 33**).

	GRUPO CRESTAL (control)		GRUPO SUBCRESTAL (test)	
	% ± SD	Valor de p	% ± SD	Valor de p
8 semanas	44.52 ± 8.67	0.0732	47.33 ± 5.23	0.0863
12 semanas	39.50 ± 9.25	0.0863	53.85 ± 4.21	0.3421

Tabla 4. Valores medios de BIC total a las 8 y 12 semanas (SD: desviación estándar).

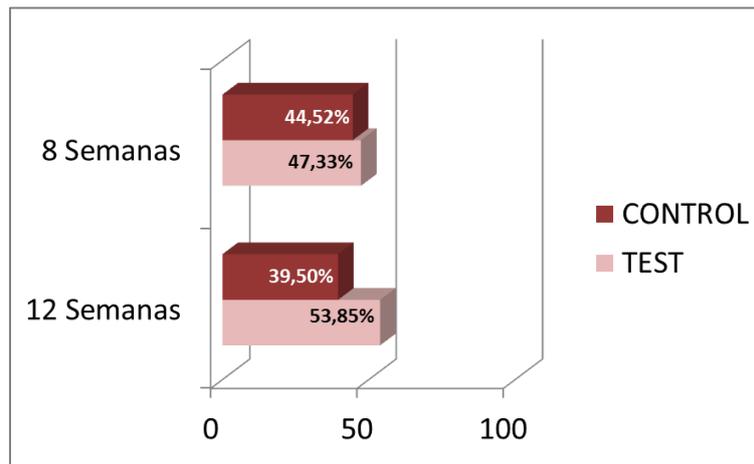


Figura 33. Gráfica representativa de los valores medios de BIC total a las 8 y 12 semanas.

Para la variable BIC bucal los valores en el grupo subcrestal fueron mayores, y se apreció una reducción de los mismos de las 8 a las 12 semanas de cicatrización. **(Tabla 5) (Figura 34).**

	GRUPO CRESTAL (control)		GRUPO SUBCRESTAL (test)	
	% ± SD	Valor de <i>p</i>	% ± SD	Valor de <i>p</i>
8 semanas	31.19 ± 18.12	0.0789	46.38 ± 11.63	0.0765
12 semanas	35.21 ± 12.18	0.0421	38.65 ± 10.87	0.4432

Tabla 5. Valores medios de BIC bucal a las 8 y 12 semanas. (SD: desviación estándar).

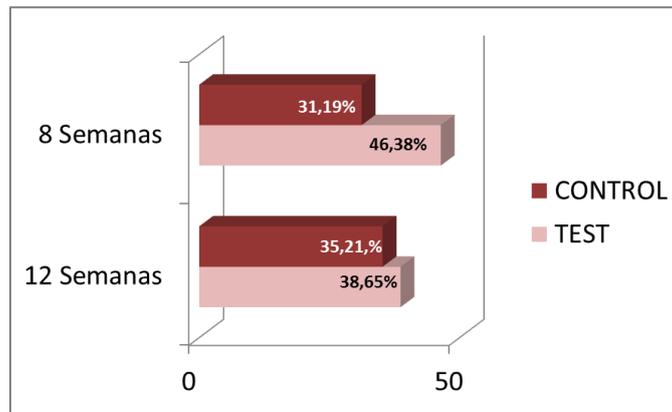


Figura 34. Gráfica representativa de los valores medios de BIC bucal a las 8 y 12 semanas.

Los valores de BIC lingual fueron mayores en ambos grupos (control y test) en comparación con los valores de BIC vestibular (**Tabla 6**) (**Figura 35**). La variable BIC lingual aumentó su valor de las 8 a las 12 semanas en ambos grupos. La superficie de contacto directo hueso-implante en lingual fue mayor para los implantes del grupo test, sin encontrarse diferencias estadísticamente significativas.

	GRUPO CRESTAL (control)		GRUPO SUBCRESTAL (test)	
	% ± SD	Valor de <i>p</i>	% ± SD	Valor de <i>p</i>
8 semanas	42.46 ± 11.50	0.0721	51.88 ± 11.73	0.0863
12 semanas	46.47 ± 17.32	0.0863	52.25 ± 16.87	0.5321

Tabla 6. Valores medios de BIC lingual a las 8 y 12 semanas (SD: desviación estándar).

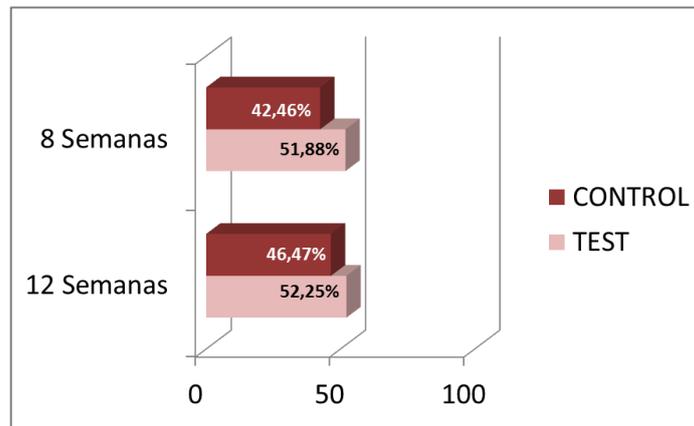


Figura 35. Gráfica representativa de los valores medios de BIC lingual a las 8 y 12 semanas.

5. DISCUSIÓN.

La exodoncia y colocación inmediata de un implante supone marcadas alteraciones en las dimensiones óseas, tanto en sentido vertical como horizontal (65,66). La fase temprana de integración de los tejidos en alveolos donde se ha insertado un implante inmediato postexodoncia ha sido bien descrita en la literatura (67,68). La formación ósea se inicia de manera conjunta a una marcada reabsorción, y las dimensiones del alveolo parecen influenciar el proceso de cicatrización ósea.

Un estudio de Nemcowsky y cols. (49) determinó cómo la reducción de la cresta alveolar que se produce tras la exodoncia y colocación inmediata de un implante se ve influenciada por el tamaño de las paredes alveolares. Este estudio concluyó que el gap entre el implante y las corticales bucal y lingual desaparece como consecuencia del rellenado por nuevo hueso y la reabsorción de la cresta, sin necesidad de llevar a cabo técnicas de regeneración, lo que coincide con los resultados de otras investigaciones (39,41,42,45,69-71). Las observaciones histológicas de nuestro estudio tras 8 y 12 semanas de la intervención confirman estos resultados, ya que se observó resolución del defecto sin utilización de biomateriales. El rellenado del defecto se produjo a expensas de neoformación ósea en el interior del mismo y reabsorción del exterior del reborde; esto sucedió tanto en el grupo crestal como en el subcrestal.

Berglundh y cols. (67) realizaron un estudio con 20 perros labradores a los cuales exodonciaron los premolares mandibulares de manera bilateral. Insertaron un total de 160 implantes inmediatos postexodoncia, y colocaron

pilares de cicatrización para llevar a cabo un proceso no sumergido. Los autores observaron cómo el gap inicial entre el implante y las paredes del alveolo era ocupado por un coágulo y, en pocos días, éste se veía reemplazado por una matriz fibrosa de tejido conectivo y células mesenquimales. Según los autores, el proceso de neoformación ósea se inicia de manera muy temprana (apenas una semana) tras la exodoncia e inserción del implante inmediato. Además, concluyen que la osteointegración es un proceso dinámico, con una fase inicial de establecimiento y una posterior fase de mantenimiento que incluye un continuo remodelado óseo responsable del mantenimiento de la estabilidad implantaria.

Por su parte, Botticelli y cols. (40) concluyeron que el gap que queda entre el implante insertado de manera inmediata tras la exodoncia y las paredes del alveolo va a desaparecer como consecuencia de una combinación de dos sucesos: i) la formación de nuevo hueso en el interior del defecto y ii) la reabsorción desde el exterior de la cresta.

Más aún, en nuestra investigación se produjo una marcada alteración ósea durante la cicatrización tras la exodoncia e inserción inmediata de los implantes, que afectó a las corticales bucal y lingual, independientemente de la posición del hombro del implante. La inserción inmediata de implantes postexodoncia no pudo evitar la reabsorción ósea, lo que coincide con resultados publicados por otros autores (48).

En un estudio de Araújo y cols. (45) se insertaron implantes inmediatos en los alveolos de las raíces distales de terceros y cuartos premolares mandibulares

de 7 perros Beagle. Los autores observaron marcada reabsorción ósea a las 4 y 12 semanas de la inserción de implantes inmediatos, siendo la pérdida ósea mayor en la cortical vestibular. Estos resultados coinciden con los publicados por otros autores (17,39,51) así como con los resultados obtenidos en el presente estudio.

Weng y cols. (15,29,53) valoraron en diversas investigaciones la importancia de la presencia, localización y configuración del IAJ en la reabsorción ósea periimplantaria. Sus estudios concluyeron que la aparición y características de este espacio resultan fundamentales en cuanto al tamaño y forma del defecto óseo alrededor de los implantes dentales, tanto si estos se colocan en sentido crestal como subcrestal. Un estudio de los autores (53) realizó exodoncias bilaterales de premolares P1 a P4 y primer molar (M1) en mandíbulas de seis perros. Insertaron implantes inmediatos de manera equicrestal o 1.5 mm subcrestal. Tras tres meses de la cirugía procedieron al sacrificio y obtención de muestras. Sus resultados en relación al mantenimiento de hueso periimplantario en sentido vertical eran similares en el grupo crestal y en el subcrestal, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas.

En los últimos años múltiples estudios han investigado la reabsorción de hueso crestal en implantes colocados subcrestalmente. Según el estudio de Degidi y cols. (34) los implantes colocados a niveles más profundos (1,5-3 mm subcrestales) permiten obtener mejores resultados estéticos en lo que se refiere al perfil de emergencia. Más aún, los autores encontraron neoformación ósea sobre el hombro de los implantes colocados subcrestalmente, coincidiendo con los resultados reportados por otros autores (58).

Un estudio similar de Barros y cols. (63) comparó la reabsorción ósea crestal obtenida en 48 implantes inmediatos colocados de manera equicrestal y subcrestal. Sus resultados concluyeron la existencia de una menor reabsorción ósea en sentido vertical en aquellos implantes colocados a mayor profundidad con respecto a la cresta alveolar, aunque no existieron diferencias estadísticamente significativas. Los autores llegaron incluso a encontrar implantes sin reabsorción vertical, coincidiendo el $\bar{f}BIC$ con el hombro del implante. Esto corrobora los resultados de nuestro estudio, en el que obtuvimos valores de reabsorción ósea numéricamente menores en el grupo subcrestal a partir del cálculo de las variables A-B (distancia desde el hombro del implante a la cresta ósea en el lado bucal) y A-L (distancia desde el hombro del implante a la cresta ósea en lingual. Más aún, el estudio de Barros y cols. (63) concluyó que no sólo la colocación subcrestal de los implantes repercute en la reabsorción ósea vertical; para los autores se trata de la suma de diferentes factores, entre los que se encuentran: platform switching, presencia y localización del gap, características de superficie del implante, etc.

En nuestra investigación se valoraron los cambios producidos alrededor de implantes inmediatos postexodoncia con plataforma expandida colocados en diferentes posiciones en sentido apico-coronal con respecto a la cresta alveolar. El gap existente entre el implante y las paredes del alveolo se rellenó a las 4 semanas con un entramado óseo (woven bone) que quedó en contacto directo con la superficie del implante. Durante este tiempo, las paredes vestibular y lingual sufrieron una marcada reabsorción y la altura de la fina cortical vestibular se vió reducida. El proceso de cicatrización continuó y la

cresta vestibular se desplazó más rápido en sentido apical. Esto coincide con los resultados de Botticelli y cols. (40) cuyo estudio concluyó que el gap entre las paredes del alveolo y el implante inmediato cicatrizará predeciblemente con la formación de nuevo hueso, resolviéndose el defecto óseo.

La distancia entre el extremo más superior del implante y el primer BIC (f BIC) en bucal (A-Bc) y lingual (A-Lc) fue representativa del tamaño del defecto óseo en sentido vertical. El presente estudio mostró importante alteración de los tejidos duros durante el período de cicatrización a las 8 de la fase quirúrgica, que afectó a las corticales vestibular y lingual. Los valores A-Bc y A-Lc fueron menores para el grupo subcrestal aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Los valores de A-Bc fueron menores para el grupo subcrestal a las 12 semanas encontrándose diferencias estadísticamente significativas con respecto a los demás grupos ($p < 0.05$) (**Tabla 3**). De igual manera, la variable A-Lc mostró resultados menores para el grupo subcrestal a las 12 semanas, existiendo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) con respecto a los demás grupos. De este resultado se puede deducir que existe una relación directa entre la posición del primer contacto hueso implante y la posición del hombro en relación a la cresta ósea. En este sentido, el estudio de Hermann y cols. (24) estableció que en implantes de dos piezas la localización del f BIC va a depender de la localización del IAJ, mientras que en implantes de una sola pieza el f BIC viene determinado por el límite entre superficie lisa y rugosa. Estudios previos han determinado que, en implantes de dos piezas, el f BIC se sitúa más apical a medida que el implante se inserta más subcrestalmente (4,15).

Además, nuestro trabajo obtuvo una mayor reabsorción de la cresta vestibular que de la lingual tras la inserción inmediata de implantes en alveolos postexodoncia, lo que corrobora los resultados de otras investigaciones realizadas previamente en perros (17,39,40,42,69-71).

El estudio de Negri y cols. (13) consistente en un estudio piloto sobre seis perros Beagle en el que se colocaron de forma aleatorizada, implantes inmediatos postexodoncia en posición crestal o subcrestal, evaluó la variable A-Bc (distancia entre el extremo más superior del implante y el primer BIC en vestibular) para medir el tamaño del defecto óseo vertical en el lado bucal. Sus resultados fueron menores en el grupo subcrestal, existiendo diferencias estadísticamente significativas con respecto al grupo crestal, lo que coincide con los resultados de nuestra investigación.

Un estudio de Araújo y cols. (42) realizó exodoncias de la raíz distal del tercer y cuarto premolar mandibulares en 5 perros beagle. Los alveolos postexodoncia del lado derecho albergaron implantes inmediatos postexodoncia, mientras que los alveolos postexodoncia izquierdos quedaron edéntulos. Los autores obtuvieron una marcada reducción de altura en las paredes tanto en el grupo edéntulo como en el grupo que recibió implantes inmediatos. De este modo, la conclusión más importante de este estudio fue que la inserción de implantes inmediatos no previene el remodelado óseo de las paredes alveolares tras la exodoncia. Más aún, en sentido vertical se produjo un mayor remodelado de la cortical vestibular que de la lingual. Para los autores esto podría deberse a la existencia de una mayor cantidad de "bundle bone" en la pared vestibular que en la lingual, por lo que al realizarse la exodoncia y desaparecer el diente, esto

generaría una más pronunciada reabsorción en el lado bucal. El estudio de Caneva y cols. (59) coincide con estos autores y corrobora la conclusión de que la inserción de implantes inmediatos postexodoncia no previene la reabsorción ósea.

Los valores de BIC total fueron mayores a las 8 y 12 semanas de cicatrización para el grupo de implantes colocados subcrestalmente. Esto sugiere que la regeneración ósea es más favorable cuando la superficie del implante se encuentra contenida en el defecto periimplantario, y no cuando está expuesta a nivel óseo. Los valores de BIC vestibular descendieron en el grupo subcrestal de las 8 a las 12 semanas. Esto confirma los resultados de estudios previos, en los que el BIC que se establecía durante la fase temprana de cicatrización del alveolo se perdía parcialmente cuando se producía la reabsorción de la pared vestibular (45). En relación al BIC lingual los valores fueron mayores para el grupo subcrestal en ambos períodos de cicatrización.

Los mayores valores de BIC para el grupo subcrestal sugieren que la remodelación ósea es más favorable cuando la superficie del implante se encuentra contenida dentro del defecto periimplantario (implantes subcrestales) en lugar de ligeramente expuesta (implantes colocados crestalmente).

Estos resultados coinciden con los de Negri y cols. (13). Este estudio de los autores obtuvo mayores valores de BIC para el grupo subcrestal en todos los períodos de tiempo, aunque no existieron diferencias estadísticamente significativas.

El proceso de remodelado generó que tras 12 semanas de cicatrización las corticales bucal y lingual se desplazaran apicalmente como consecuencia del remodelado, por lo que hubo una reducción marcada del porcentaje de superficie de contacto directo hueso-implante (BIC) y, por consiguiente, una disminución de la osteointegración. Esto corrobora los resultados reportados previamente por otros autores (41,45). En este sentido, Araújo y cols. (41) observaron un desplazamiento apical de la pared bucal y el nivel de BIC tanto en premolares como en molares, habiendo desaparecido el gap entre los implantes y la cortical vestibular. Más aún, se produjo una marcada reducción de anchura de las paredes especialmente en vestibular.

De estos resultados se infiere que para las variables BIC total, BIC bucal y BIC lingual se obtendrán resultados más favorables con un implante insertado en posición subcrestal. Esto confirma los resultados de estudios previos realizados en animales por otros autores, en los que se observan mayores valores de BIC en implantes colocados subcrestalmente (59,72).

Caneva y cols. (59) colocaron implantes inmediatos postexodoncia en las mandíbulas de seis perros y concluyeron que los implantes deberían colocarse aproximadamente 1mm por debajo de la cresta alveolar y ligeramente lingualizados para reducir o eliminar la exposición de la porción rugosa del implante al medio oral.

En la práctica clínica, los implantes suelen colocarse crestalmente, ya se trate de un proceso sumergido o no sumergido. La colocación subcrestal de los implantes suele realizarse en localizaciones donde la estética es fundamental,

ya que se ha sugerido que en estas zonas, la colocación más profunda de los implantes permite minimizar el riesgo de exposición del metal y genera una suficiente altura para crear un adecuado perfil de emergencia.

Los resultados de nuestra investigación permiten sugerir la colocación subcrestal de los implantes, pues va a generar una gran ventaja al favorecer un BIC más temprano a nivel del cuello del implante. En este sentido, Tomasi y cols. (73) analizan un total de 92 pacientes adultos a los cuales se ha insertado un implante inmediato postexodoncia en posiciones comprendidas entre las piezas 15 a 25. Los autores observaron que la posición del implante influía sobre la cresta vestibular y que su colocación en sentido vestibulo-lingual repercutía sobre la cantidad de hueso reabsorbido en vestibular; concluyeron que los implantes inmediatos colocados hacia lingual van a permitir un correcto rellenado óseo del gap entre el implante y la cortical vestibular, mientras que si el implante inmediato se coloca con el hombro hacia el lado bucal se ha de esperar reabsorción de esta cortical, con la consiguiente recesión tisular y exposición del implante. En este sentido, diferentes estudios han demostrado que el grosor de la pared vestibular del alveolo postexodoncia y la colocación tridimensional del implante en el alveolo deben ser considerados, ya que estos factores influyen de manera importante en los cambios de los tejidos duros y blandos durante la cicatrización (65,73).

6. CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente estudio fueron:

1. Existió menor reabsorción de las tablas óseas bucal y lingual cuando los implantes se colocaron de manera 2 mm subcrestal.
2. Se obtuvieron mayores valores de BIC en el grupo de implantes colocados subcrestalmente (grupo test) tanto a las 8 como a las 12 semanas de cicatrización.
3. La inserción de implantes subcrestales es la posición apico-coronal más idónea para limitar el remodelado óseo periimplantario y preservar las dimensiones de la cresta alveolar.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Fickl S, Zuhr O, Stein JM, Hürzeler MB. Peri-implant bone level around implants with platform-switched abutments. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2010;25:577-581.
2. Hermann JS, Buser D, Schenk RK, Schoolfield JD, Cochran DL. Biologic width around titanium implants. A histometric evaluation of unloaded nonsubmerged and submerged implants in the canine mandible. *Clin Oral Impl Res* 2001;12:559-571.
3. Cochran DL, Hermann JS, Schenk RK, Higginbottom FL, Buser D. Biologic width around titanium implants. A histometric analysis of the implanto-gingival junction around unloaded and loaded nonsubmerged implants in the canine mandible. *J Periodontol* 1997;68:186-198.
4. Pontes AEF, Ribeiro FS, da Silva VC, Margonar R, Piattelli A, Cirelli JA, Marcantonio Jr E. Clinical and radiographic changes around dental implants inserted in different levels in relation to crestal bone, under different restoration protocols, in the dog model. *J Periodontol* 2008;79:486-494.
5. Hermann F, Lerner H, Palti A. Factors influencing the preservation of the periimplant marginal bone. *Implant Dent* 2007;16:165-175.
6. Oh TJ, Yoon J, Misch CE, Wang HL. The causes of early implant bone loss: Myth or science? *J Periodontol* 2002;73:322-333.
7. Hartman GA, Cochran DL. Initial implant position determines the magnitude of crestal bone remodeling. *J Periodontol* 2004;75:572-575.

8. Vela-Nebot X, Rodríguez-Ciurana X, Rodado-Alonso C, Segalà-Torres M. Benefits of an implant platform modification technique to reduce crestal bone resorption. *Implant Dent* 2006;15:313-20.

9. Abrahamsson I, Berglundh, T. Tissue reactions to abutment shift: an experimental study in dogs. *Clin Impl Dent Relat Res* 2003;5:82-88.

10. Hermann JS, Schoolfield JD, Schenk RK, Buser D, Cochran DL. Influence of the size of the microgap on crestal bone changes around titanium implants. A histometric evaluation of unloaded non- submerged implants in the canine mandible. *J Periodontol* 2001;72:1372-1383.

11. Lazzara RJ, Porter SS. Platform switching: A new concept in implant dentistry for controlling postrestorative crestal bone levels. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:9-17.

12. Degidi, M, Perrotti V, Shibli JA, Novaes AB, Piattelli A, Iezzi G. Equicrestal and subcrestal dental implants: a histologic and histomorphometric evaluation of nine retrieved human implants. *J Periodontol* 2011;82:708-715.

13. Negri B, Calvo-Guirado JL, Pardo-Zamora G, Ramírez-Fernández MP, Delgado-Ruiz RA, Muóz-Guzón F. Peri-implant bone reactions to immediate implants placed at different levels in relation to crestal bone. Part I: a pilot study in dogs. *Clin Oral Impl Res* 2012;23:228-235.

14. Atieh MA, Ibrahim HM, Atieh AH Platform switching for marginal bone preservation around dental implants: a systematic review and meta-analysis. *J Periodontol* 2010; 81:1350-1366.
15. Weng, D, Nagata MJ, Bell M, Bosco AF, de Melo LG, Richter EJ. Influence of microgap location and configuration on the periimplant bone morphology in submerged implants. An experimental study in dogs. *Clin Oral Impl Res* 2008;19:1141-1147.
16. Bratu EA, Tandlich M and Saphira L. A rough surface neck with microthreads reduces the amount of marginal bone loss: a prospective clinical study. *Clin Oral Impl Res* 2009;20:827-832.
17. Calvo-Guirado JL, Ortiz-Ruiz AJ, Negri B, López-Marí L, Rodríguez-Barba C, Schlottig F. A histomorphometric evaluation of immediate implant placement on a dog model with a new implant surface treatment. *Clin Oral Impl Res* 2010;21:308-315.
18. Degidi M, Nardi D, Piattelli A. One abutment at one time: non-removal of an immediate abutment and its effect on bone healing around subcrestal tapered implants *Clin Oral Impl Res* 2011;22:1303-1307.
19. Albrektsson, T, Zarb G, Wirthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed success criteria. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1986;1:11-25.
20. Gargiulo AW, Wentz FM, Orban, B. Dimensions and relations of the dentogingival junction in humans. *J Periodontol* 1961;32:261-267.

21. Quirynen M, Bollen CM, Eyssen H, van Steenberghe D. Microbial penetration along the implant components of the Branemark system: an in vitro study. *Clin Oral Impl Res* 1994;5:239-244.
22. King, GN, Hermann JS, Schoolfield JD, Buser D, Cochran DL. Influence of the size of the microgap on crestal bone levels in non-submerged dental implants:a radiographic study in the canine mandible. *J Periodontol* 2002;73:1111-1117.
23. Cappiello M, Luongo R, Di Iorio D, Bugea C, Cocchetto R, Celletti R. Evaluation of peri-implant bone loss around platform-switched implants. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28:347-355.
24. Hermann JS, Buser D, Schenk RK, Cochran DL. Crestal bone changes around titanium implants. A histometric evaluation of unloaded non- submerged and submerged implants in the canine mandible. *J Periodontol* 2000;71:1412-1424.
25. Quirynen, M and van Steenberghe, D. Bacterial colonization of the internal part of two-stage implants. An in vivo study. *Clinical Oral Implants Research* 1993;4:158-161.
26. Broggini, N, McManus LM, Hermann JS, Medina R, Schenk RK, Buser D, Cochran DL. Peri-implant inflammation defined by the implant-abutment interface. *J Dent Res* 2006;85:473-478.

27. Piattelli A, Vrespa G, Petrone G, Iezzi G, Annibaldi S, Scarano A. Role of the micro-gap between implant and abutment: A retrospective histologic evaluation in monkeys. *J Periodontol* 2003;74:346-352.
28. Hermann JS, Buser D, Schenk RK, Higginbottom FL, Cochran DL. Biologic width around titanium implants. A physiologically formed and stable dimension over time. *Clin Oral Impl Res* 2000;11:1-11.
29. Weng D, Hitomi-Nagata MJ, Bosco AF, Nascimento de Melo LG. Influence of microgap location and configuration on radiographic bone loss around submerged implants: an experimental study in dogs. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2011;26:941-946.
30. Todescan FF, Pustiglioni FE, Imbronito AV, Albrektsson T, Gioso M. Influence of the microgap in the peri-implant hard and soft tissues: a histomorphometric study in dogs. *Int J Oral Maxillofac Impl* 2002;17:467-473.
31. Callan DP, Cobb CM, Williams KB. DNA probe identification of bacteria colonizing internal surfaces of the implant-abutment interface: a preliminary study. *J Periodontol* 2005;76:115-120.
32. Ericsson I, Randow K, Glantz PO, Lindhe J, Nilner K. Clinical and radiographical features of submerged and nonsubmerged titanium implants. *Clin Oral Impl Res* 1994;5:185-189.
33. Ericsson I, Randow K, Nilner K, Petersson A. Some clinical and radiographical features of submerged and nonsubmerged titanium implants. A 5-year follow-up study. *Clin Oral Impl Res* 1997;8:422-426.

34. Baumgarten H, Coccheto R, Testori T, Meltzer A, Porter S. A new implant design for crestal bone preservation: Initial observations and case report. *Pract Proced Aesthet Dent* 2005;17:735-740.
35. Maeda Y, Miura J, Taki I, Sogo M. Biomechanical analysis on platform switching: is there any biomechanical rationale? *Clin Oral Impl Res* 2007;18:581-584.
36. Hürzeler MB, Fickl S, Zuh O, Wachtel H. Peri-implant bone level around implants with platform- switched abutments: Preliminary data from a prospective study. *J Oral Maxillofac Surg* 2007;65:33-39.
37. Jung RE, Jones AA, Higginbottom FL, Wilson TG, Schoolfield J, Buser D, Hämmerle CHF, Cochran DL. The influence of non-matching implant and abutment diameters on radiographic crestal bone levels in dogs. *J Periodontol* 2008;79:260-270.
38. Cochran DL, Bosshardt DD, Grize L, Higginbottom FL, Jones AA, Jung RE, Wieland M, Dard M. Bone response to loaded implants with non-matching implant-abutment diameters in the canine mandible. *J Periodontol* 2009;80:609-617.
39. Araújo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;32:212-218.

40. Botticelli D, Berglundh T, Lindhe J. Hard-tissue alterations following immediate implant placement in extraction sites. *J Clin Periodontol* 2004;31:820-828.
41. Araújo MG, Wennström JL, Lindhe J. Modeling of the buccal and lingual bone walls of fresh extraction sites following implant installation. *Clin Oral Impl Res* 2006;17:606-614.
42. Araújo MG, Sukekava F, Wennström JL, Lindhe J. Ridge alterations following implant placement in fresh extraction sockets. *J Clin Periodontol* 2005;32:645-652.
43. Schropp, L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2009;23:313-323.
44. Botticelli D, Persson LG, Lindhe J, Berglundh T. Bone tissue formation adjacent to implants placed in fresh extraction sockets: an experimental study in dogs. *Clin Oral Impl Res* 2006;17:351-358.
45. Araújo MG, Sukekava F, Wennström JL, Lindhe J. Tissue modeling following implant placement in fresh extraction sockets. *Clin Oral Impl Res* 2006;17:615-624.
46. Paolantonio M, Dolci M, Scarano A, d'Archivio D, di Placido G, Tumini V, Piattelli A. Immediate implantation in fresh extraction sockets. A controlled clinical and histological study in man. *J Periodontol* 2001;72:1560-1571.

47. Botticelli, D, Berglundh T, Persson LG, Lindhe J. Bone regeneration at implants with turned or rough surfaces in self-contained defects. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2006;32:448-455.
48. Caneva M, Salata LA, de Souza SS, Baffone G, Lang NP, Botticelli D. Influence of implant positioning in extraction sockets on osseointegration: histomorphometric analyses in dogs. *Clin Oral Impl Res* 2010; 21:43-49.
49. Nemcovsky CE, Artzi Z, Moses O, Gelernter I. Healing of marginal defects at implants placed in fresh extraction sockets or after 4-6 weeks of healing. A comparative study. *Clin Oral Impl Res* 2002;13:410-419.
50. Grunder U, Polizzi G, Goené R, Hatano N, Henry P, Jackson WJ, Kawamura K, Köhler S, Renouard F, Rosenberg R, Triplett G, Werbitt M, Lithner B. A 3-year prospective multicenter follow-up report on the immediate and delayed-immediate placement of implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14: 210-216.
51. Cardaropoli G, Lekholm U, Wensström J. Tissue alterations at implant-supported single-tooth replacements: a 1-year prospective clinical study. *Clin Oral Impl Res* 2006;17:165-171.
52. . Hermann JS, Buser D, Schenk RK, Cochran DL. Crestal bone changes around titanium implants. A histometric evaluation of unloaded non-submerged and submerged implants in the canine mandible. *Journal of Periodontology* 2000;71:1412-1424.

53. Weng D, Hitomi-Nagata MJ, Bell M, Nascimento de Melo LG, Bosco AF. Influence of microgap location and configuration on peri-implant bone morphology in nonsubmerged implants: an experimental study in dogs. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2010;25:540-547.
54. Hämmerle CH, Brägger U, Bürgin W, Lang NP. The effect of subcrestal placement of the polished surface of ITI implants on marginal soft and hard tissues. *Clin Oral Impl Res* 1996;7:111-119.
55. Pontes AEF, Ribeiro FS, Iezzi G, Piattelli A, Cirelli JA, Marcantonio Jr E. Biologic width changes around loaded implants inserted in different levels in relation to crestal bone: histometric evaluation in canine mandible. *Clin Oral Impl Res* 2008;19: 483-490.
56. Becker, W and Goldstein, M. Immediate implant placement: treatment planning and surgical steps for successful outcome. *Periodontol* 2000;47:79-89.
57. Buser D, Chen ST, Weber HP, Belser UC. Early implant placement following single-tooth extraction in the esthetic zone: biologic rationale and surgical procedures. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28:441-451.
58. Novaes Jr AB, Barros RRM, Muglia VA, Borges GJ. Influence of interimplant distances and placement depth on papilla formation and crestal resorption: a clinical and radiographic study in dogs. *J Oral Implantol* 2009;35:18-27.
59. Caneva M, Salata LA, de Souza SS, Bressan E, Botticelli D, Lang NP. Hard tissue formation adjacent to implants of various size and configuration

immediately placed into extraction sockets: an experimental study in dogs. Clin Oral Impl Res 2010;21:885-890.

60. Negri B, Calvo-Guirado JL, Ramírez-Fernández MP, Maté Sánchez-de Val J, Guardia J, Muñoz-Guzón F. Peri-implant bone reactions to immediate implants placed at different levels in relation to crestal bone. Part II: a pilot study in dogs. Clin Oral Impl Res 2012;23:236-244.

61. Palacci P. Optimal implant positioning. In: Palacci, P. ed. Esthetic Implant Dentistry. Soft and hard tissue management, 101-137. Berlin: 2001 Quintessence Publishing Company Inc.

62. Novaes Jr, AB, de Oliveria RR, Muglia VA, Papalexiou V, Taba M. The effects of interimplant distances on papilla formation and crestal resorption in implants with a Morse cone connection and a platform switch: a histomorphometric study in dogs. J Periodontol 2006;77:1839-1949.

63. Barros RRM, Novaes Jr AB, Muglia VA, Iezzi G, Piattelli A . 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. Clin Oral Impl Res 2010;21: 371-378.

64. Welander, M, Abrahamsson, I, Berglundh, T. Subcrestal placement of two-part implants. Clin Oral Impl Res 2009;20:226-231.

65. 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 Impl Res 2010;21:22-29.

66. Sanz M, Cecchinato D, Ferrus J, Pjetursson EB, Lang NP, Lindhe J. A prospective, randomized-controlled clinical trial to evaluate bone preservation using implants with different geometry placed into extraction sockets in the maxilla. *Clin Oral Impl Res* 2010;21:13-21.
67. Berglundh T, Abrahamsson I, Lang NP, Lindhe J. De novo alveolar bone formation adjacent to endosseous implants. *Clin Oral Impl Res* 2003;14:251-262.
68. Orsini E, Salgarello S, Bubalo M, Lazic Z, Trire A, Martini D, Franchi M, Ruggeri A. Histomorphometric evaluation of implants design as a key factor in peri-implant bone response: a preliminary study in a dog model. *Minerva Stomatol* 2009;58:263-275.
69. Araújo, MG, Linder E, Lindhe, J. Bio-Oss collagen in the buccal gap at immediate implants: a 6-month study in the dog. *Clin Oral Impl Res* 2011;22:1-8.
70. Botticelli D, Berglundh T, Lindhe, J. The influence of a biomaterial on the closure of a marginal hard tissue defect adjacent to implants. An experimental study in the dog. *Clin Oral Impl Res* 2004;15:285-292.
71. Botticelli D, Berglundh T, Lindhe J. Resolution of bone defects of varying dimension and configuration in the marginal portion of the periimplant bone. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2004;31:309-317.

72. Tran BH, Chen ST, Caiafa A, Davies HMS, Darby IB. Transmucosal healing around peri-implant defects: crestal and subcrestal implant placement in dogs. Clin Oral Impl Res 2010;21:794-803.

73. Tomasi C, Sanz M, Cecchinato D, Pjetursson B, Ferrus J, Lang NP, Lindhe J. Bone dimensional variations at implants placed in fresh extraction sockets:a multilevel multivariate analysis. Clin Oral Impl Res 2010;21:30-36.

74. Davarpanah M, Martinez H, Tecucianu JF. Apical-coronal implant position: recent surgical proposals. Technical note. Int J Oral Maxillofac Implants 2000;15:865-872.

8. ANEXOS

8.1. Comité de ética.

INFORME DE LA COMISIÓN DE BIOÉTICA DE LA UNIVERSIDAD DE MURCIA

Jaime Peris Riera, Catedrático de Universidad y Secretario de la Comisión de Bioética de la Universidad de Murcia

CERTIFICA:

Que D. José Luis Calvo Guirado ha presentado el proyecto titulado "*Histomorphometric and histologic evaluation of crestal bone resorption levels, between traditional platform and switching platform implants. Experimental study in dogs*" a la Comisión de Bioética de la Universidad de Murcia.

Que dicha Comisión analizó toda la documentación presentada, y de conformidad con lo acordado el día 25 de marzo de 2011¹, acuerda por unanimidad emitir informe favorable, desde el punto de vista bioético, **CONDICIONADO** a que en el Proyecto se incluya la referencia específica y se tenga en cuenta el contenido (no sólo de número de animales, sino de otros extremos como forma de sacrificio... etc.) de lo dispuesto en la legislación española, en concreto el RD 1201/2005, de 10 de octubre, sobre protección de animales utilizados para experimentación y otros fines científicos, y la Ley 32/2007 de 7 de noviembre para el cuidado de los animales en su explotación, transporte, experimentación y sacrificio.

Y para que conste y tenga los efectos que correspondan, firmo esta certificación, con el visto bueno del Presidente de la Comisión, en Murcia 25 de marzo 2011.

Vº Bº
EL PRESIDENTE DE LA COMISIÓN
DE BIOÉTICA DE LA UNIVERSIDAD DE
MURCIA

Fdo.: Gaspar Ros Berruezo



¹ A los efectos de lo establecido en el art. 27.5 de la Ley 30/1992 de 26 de noviembre de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del P.A.C. (B.O.E. 27-11), se advierte que el acta de la sesión citada está pendiente de aprobación

8.2. Publicación científica.

CLINICAL ORAL IMPLANTS RESEARCH

José L. Calvo-Guirado
Ana Boquete-Castro
Bruno Negri
Rafael Delgado Ruiz
Gerardo Gómez-Moreno
Giovanna Iezzi

Crestal bone reactions to immediate implants placed at different levels in relation to crestal bone. A pilot study in Foxhound dogs

Authors' affiliations:

José L. Calvo-Guirado, Bruno Negri, Rafael Delgado Ruiz, Gerardo Gómez-Moreno, Department of General and Implant Dentistry, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Murcia, Murcia, Spain
Ana Boquete-Castro, Department of Pharmacological Interactions in Dentistry, Dental School, University of Granada, Granada, Spain
Giovanna Iezzi, Department of Oral Medicine, University of Chieti, Chieti, Italy

Corresponding author:

Professor Dr José Luis Calvo Guirado, DDS, PhD, MS
Faculty of Medicine and Dentistry
University of Murcia
2^o Planta Clínica Odontológica
Calle Marques de los Vélez S/n.
Hospital Morales Meseguer
30007 Murcia
España
Tel.: 34 968268353
Fax: 34-968268353
e-mail: jose Luis.calvo@um.es

Key words: bone – to – implant contact, crestal, immediate implant, subcrestal

Abstract

Objectives: The aim of the present study was to evaluate bone-to-implant contact (BIC) and bone remodeling dynamics after immediate implant placement at different levels in relation to the crestal bone.

Materials and methods: The mandibular second, third, and fourth premolars of six Foxhound dogs were extracted bilaterally. Randomly, three implants were immediately placed in the hemi-arches of each dog, crestally or 2 mm subcrestally. Three dogs were allowed an 8-week submerged healing period, and the other three at 12-week submerged healing period. The animals were sacrificed at 12 weeks and samples were obtained. Biopsies were processed for ground sectioning. Histomorphometric analysis was carried out to compare BIC, bone neoformation, and bone remodeling.

Results: All implants osseointegrated clinically and histologically. Healing patterns examined microscopically at eight and twelve weeks for both groups (crestal and subcrestal) yielded similar qualitative bone findings. The Total BIC mean value for the crestal group 44.52% at 8 weeks and 39.50% at 12 weeks, and for the subcrestal group was 47.33% at 8 weeks and 53.85% at 12 weeks. There was less bone resorption in the subcrestal group (test) than in crestal group (control).

Conclusions: Within the limitations of this study, our findings suggest that apical positioning of the top of the implant does not jeopardize bone crest and peri-implant tissue remodeling. However, less resorption of the lingual crest may be expected when implants are placed 2 mm subcrestally. Moreover, higher BIC values were found in implants placed subcrestally.

There is a consensus that tooth loss implies a progressive involution of the alveolar bone in the apico-coronal as well as in the bucco-lingual direction (Schropp et al. 2003; Botticelli et al. 2004c; Araújo & Lindhe 2005; Araújo et al. 2005). It has been proved that after dental extraction, the most rapid reduction of the alveolar bone occurs during the first months (Schropp et al. 2003; Araújo & Lindhe 2005; Araújo et al. 2006a,b). Paolantonio et al. (2001) suggested that immediate implant placement in a fresh extraction socket may preserve dimensions of the alveolar ridge. However, different experiments in dogs have failed to support this hypothesis (e.g. Araújo et al. 2005; Botticelli et al. 2006).

Some animal studies have found a pronounced resorption of the buccal, and to some extent, lingual bone plates after implant placement in fresh extraction

sockets resulting in a marked reduction to the height of the thin buccal hard tissue (Araújo et al. 2006a,b). Moreover, the delicate marginal portion of the buccal bone wall frequently contains proportionally larger amounts of bundle bone than the lingual wall (Araújo et al. 2005). Bundle bone is a "tooth-related" tissue (Schroeder 1986) that, following tooth loss, will model and eventually disappear (Araújo & Lindhe 2005). This in turn may lead to a substantial reduction in buccal socket wall height.

An experimental animal study evaluated clinical and radiographic changes around dental implants inserted in different levels in relation to crestal bone under different restoration protocols (Barros et al. 2009a,b; Caneva et al. 2010a,b; Negri et al. 2012a,b). As long as the implants were inserted in more apical positions, the first bone-to-implant contact (BIC) was positioned more apically (Trisi et

Date:
Accepted 10 December 2012

To cite this article:

Calvo-Guirado JL, Boquete-Castro A, Negri B, Delgado Ruiz R, Gómez-Moreno G, Iezzi G. Crestal bone reactions to immediate implants placed at different levels in relation to crestal bone. A pilot study in Foxhound dogs. *Clin. Oral Impl. Res.* 00, 2013, 1–8
doi: 10.1111/cdr.12110

© 2013 John Wiley & Sons A/S. Published by Blackwell Publishing Ltd

I

al. 2002, 2003). However, the apical positioning of the implants did not influence the ridge loss or the position of the peri-implant soft tissue margin [Pontes et al. 2008].

Clinically, implants are often placed subcrestally in esthetic areas, in cases where primary stability of the implant cannot be attained at bone level or in cases where there is limited interocclusal height for the restoration and emergence profile [Hämmerle et al. 1996; Buser et al. 2007]. There may also be a benefit in placing the implants subcrestally to compensate crestal bone remodeling and to improve the BIC at the neck region of the implant [Hämmerle et al. 1996; Welander et al. 2009].

Most research in the field of implantology is concerned with crestal bone resorption, as this is one of the main factors affecting implant stability. Numerous authors have numbered factors influencing peri-implant bone resorption: surgical trauma, establishment of biologic width, presence and localization of microgap, implant design and implant position between other factors [Adell et al. 1981; Vela-Nebot et al. 2006; Calvo-Guirado et al. 2010; Fickl et al. 2010; Degidi et al. 2011; Degidi et al. 2012]. The biologic seal around oral implants consists of two principal layers: the epithelial attachment and the underlying connective tissue adhesion. According to Abrahamsson et al. 1996, any violation of the biologic width around implants [disconnection and reconnection abutments, misfit abutments or peri-implant disease] may affect the marginal peri-implant bone and the apical migration of the epithelium. It has been demonstrated that the implant-abutment design is critical for determining the amount of bone loss that will occur at crestal bone level [Rodríguez-Ciurana et al. 2009; Calvo-Guirado et al. 2010]. The influence of different microgap configurations can cause different amount of bone loss, even before prosthetic loading. Subcrestal placement of a butt-joint microgap design may lead to more pronounced bone loss [Weng et al. 2010, 2011a,b].

Therefore, the objective of this experimental study is to compare bone response around implants placed crestally and subcrestally in a single surgical phase in a dog model.

Materials and methods

Six American Foxhound dogs of approximately 1 year of age, each weighing approximately 14–15 kg, were used in the experiment. The Ethics Committee for Animal Research at the

University of Murcia, Spain, approved the study protocol that followed guidelines established by the European Union Council Directive of November 24th, 1986 [86/609/EEC]. Animals were quarantined for application of anti-rabies vaccine and vitamins. Pre- and postoperatively, the animals were kept in kennel cages, received appropriate veterinary care with free access to water and standard laboratory nutritional support throughout the trial period. All animals presented intact maxillas, without any general occlusal trauma or oral viral or fungal lesions. Clinical examination determined that the dogs were in good general health.

Surgical procedure

The animals were pre-anaesthetized with acepromazine 0.12% 0.25 mg/kg, buprenorphine [0.01 mg/kg] and medetomidine [35 µg/kg]. The mixture was injected intramuscularly in the femoral quadriceps. Animals were then taken to the operating theater where, at the earliest opportunity, an intravenous catheter was inserted [diameter 22 or 20 G] into the cephalic vein and propofol was infused at the rate of 0.4 mg/kg/min as a slow constant rate infusion. Conventional dental infiltration anesthesia [Articaine 40 mg, 1% epinephrine] was administered at the surgical sites. These procedures were carried out under the supervision of a veterinary surgeon.

Mandibular premolar extractions [2P, 3P, 4P] were extracted bilaterally. The teeth were

sectioned in a buccolingual direction at the bifurcation using a tungsten-carbide bur so that the roots could be individually extracted, without damaging the remaining bony walls. After that, full-thickness mucoperiosteal flaps were elevated, and the socket of each distal root was prepared to insert immediate implants.

The bucco-lingual [3.9 ± 0.37] and mesio-distal [4.3 ± 0.45] dimensions of the entrance to the fresh extraction sockets were measured using sliding calipers, and mean alveolar ridge measurements were determined. The extraction sockets' mean alveolar ridge measurements were, 3.8 ± 0.21 [P2], 4.0 ± 0.5 mm [P3], and 4.1 ± 1 mm [P4].

Tapered Premium SP implants [Sweden & Martina, Due Carrare, Padova, Italy] 10 mm long and 3.8 mm in diameter in the coronal aspect were subsequently installed [Fig. 1].

Randomly with select the P2, P3, and P4 sites to become crestal and subcrestal position for all implants. Three tapered implants were placed margin of the rough surface flush to the buccal bony crest [control group] or 2 mm subcrestally [test group], in the center of the distal extraction socket of the mandibular premolars, both sides of the mandible. Subsequently, healing screws were adjusted to allow a non-submerged healing protocol. No grafting materials were used in the remaining gaps between bony plates and implants. The flaps were closed to allow non-submerged

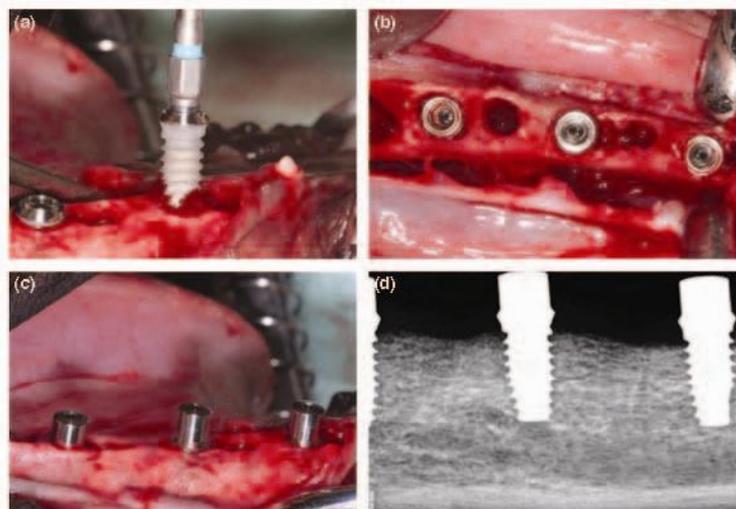


Fig. 1. [a] Alveolar ridge post-extraction sockets with expanded platform implants, [b] crestal and subcrestal implants immediately placed, [c] 3 mm healing abutments placed on immediate implants, [d] digital radiographs of crestal and subcrestal placement after implant insertion.

healing using single nonresorbable sutures (Silk® 4-0; Sweden & Martina).

After the surgical procedures, the animals received antibiotics (Amoxicillin 500 mg, twice daily) and analgesics (Ibuprofen 600 mg, three times a day) via the systemic route. The sutures were removed after 7 days after the surgical procedure. Healing was evaluated weekly and plaque control was maintained by the application of chlorhexidine spray. The animals were kept in kennels and on concrete runs at the university's field laboratory with free access to water and feed with moistened balanced dogs' chow. Postoperatively, the wounds were inspected daily for clinical signs of complications, and the healing screws were cleaned. The animals were euthanized at 12 weeks after the surgery by applying an overdose of Pentothal Natrium (Abbot Laboratories, Madrid, Spain) and subsequently perfused with a fixative (formaldehyde) through the carotid arteries.

Histological preparation

The specimens were washed in saline solution and immediately fixed in 10% buffered formalin and be processed for histology. The specimens were processed to obtain thin ground sections with the Precise 1 Automated System (Assing, Rome, Italy). The specimens were dehydrated in an ascending series of alcohol rinses and embedded in a glycol methacrylate resin (Technovit 7200 VLC, Kulzer, Wehrheim, Germany). After polymerization, the specimens were sectioned, along its longitudinal axis, with a high-precision diamond disk at about 150 µm and ground down to about 30 µm with a specially designed grinding machine. A total of two slides were obtained. The slides were stained with acid fuchsine and toluidine blue. The slides were observed in normal transmitted light under a Leitz Laborlux microscope (Leitz, Wetzlar, Germany) and polarized light microscopy (Leitz).

Histomorphometric evaluation

Buccal bone wall resorption in relation to the lingual bone wall was expressed as a linear measurement (relative measurement). The buccal and lingual bone plates were also measured from the implant shoulder (top of the smooth collar) to the first BIC and to the top of the bone crest (absolute measurements). 2 mm were subtracted from the measurements at the subcrestal group.

The BIC percentage of native as well as of newly formed bone was also measured throughout the implant perimeter, between

the coronal end of osseointegration at the buccal and lingual aspects. The apical portion of the implant was excluded from the measurement. The total amount of bone in contact with the implant was calculated as the sum of native bone and newly formed bone (BIC%). Histomorphometry of the percentages of bone-implant contact percentages was carried out using a light microscope (Laborlux S, Leitz) connected to a high-resolution video camera (3CCD, JVC KY-F55B, JVC®, JVC, Yokohama, Japan), and interfaced to a monitor and PC (Intel Pentium III 1200 MMX, Intel®, Intel, Santa Clara, CA, USA). This optical system was associated with a digitizing pad (Matrix Vision GmbH, Oppenweiler, Germany) and a histometry software package with image-capturing capabilities (Image-Pro Plus 4.5; Media Cybernetics Inc., Imaginix & Computer Snc Milano, Italy).

The following landmarks were identified from the sections, linear measurements ($\times 10$ magnification) were made between the following points: the implant shoulder (IS), the most coronal bone crest (A), the top of the peri-implant mucosa (PM), and the apical portion of the barrier (junctional) epithelium (a)E). The following measurements were performed in micrometers and rounded to 0.01 mm: the vertical distance along the long axis of the implant between IS and buccal crest (IS-BC), and IS and lingual crest (IS-LC); the vertical distance between PM and C (PM-C). Calculations based on the measurements were performed for the distances PM-B, IS-BC, IS-LC, and PM-IS (Fig. 2).

A final analysis was performed by batch processing the prepared images. Two types of bone in direct contact with the implant surface were differentiated: newly formed bone and native bone. The total amount of bone in contact with the implant was calculated as the sum of native bone and newly formed bone.

Statistical analysis

Mean values and standard deviations were calculated using a descriptive test for BIC and bone resorption (depth) measurements. Bruner and Langer test (nonparametric repeated measures analysis of variance) was applied to mean values (mm \pm standard deviation). All histomorphometric parameters were analyzed using descriptive methods (SPSS 19.0, SPSS, Chicago, IL, USA for Windows). For all the tests performed, the significance level chosen was 5%.

Results

The dimensions of the alveolar extraction sockets are reported in Table 1. The bucco-lingual dimensions were 4.3 ± 0.4 and 4.9 ± 0.6 mm at the crestal and subcrestal groups, respectively. The difference did not reach statistical significance. Small horizontal gaps (GAP clinical) occurred at the crestal sites between the implant surface and the inner contour of the alveolar bony crest (Table 1). At the crestal site, the horizontal GAP was minimal (0.1 mm). The difference to the control sites did not reach statistical significance.

The surgical sites healed uneventfully. All implants were available for histological analysis.

In both groups disappeared with the migration of connective tissue as a result of bone fill and resorption of the bone crest.

Modeling in the marginal defect region was accompanied by marked decreases in the dimensions of both, the delicate buccal and the more substantial lingual bone walls. Direct contact was observed between living bone and all implants. The BIC established during the early phase of socket healing following implant placement was partly lost as the buccal bone wall underwent ongoing resorption.

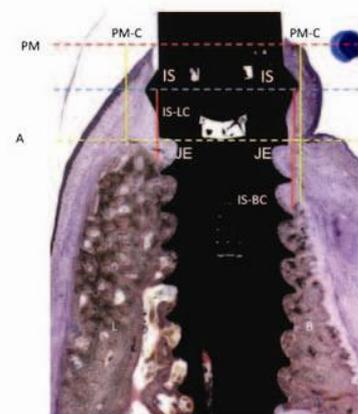


Fig. 2. Geometry of the implant with a polished collar of 1.5 mm in height. The following measurements were performed in micrometers and rounded to 0.01 mm: the vertical distance along the long axis of the implant between IS and buccal crest (IS-BC), and IS and lingual crest (IS-LC); the vertical distance between peri-implant mucosa (PM) and C (PM-C). Calculations based on the measurements were performed for the distances PM-B, IS-BC, IS-LC, and PM-IS ($\times 10$ magnification).

Table 1. Bruner Langer (nonparametric method for dependent or longitudinal data) (mean in mm \pm standard deviation [SD])

Placement position	B-L mean (mm) \pm SD	A-B mean (mm) \pm SD	A-Bc mean (mm) \pm SD	A-L mean (mm) \pm SD	A-Lc mean (mm) \pm SD
Crestal (8 weeks)	0.75 \pm 0.2	1.24 \pm 0.2	1.61 \pm 0.3	0.36 \pm 0.2*	1.31 \pm 0.2
Subcrestal (8 weeks)	0.76 \pm 0.5	1.33 \pm 0.4	1.68 \pm 0.1	0.69 \pm 0.3	1.67 \pm 0.2
Crestal (12 weeks)	0.81 \pm 0.6	1.65 \pm 0.3	1.73 \pm 0.2	0.81 \pm 0.4	1.76 \pm 0.3
Subcrestal (12 weeks)	0.85 \pm 0.6	0.71 \pm 0.1	0.87 \pm 0.5*	0.71 \pm 0.2	0.79 \pm 0.1*

The level of significance was set at $P < 0.05$.

B-L, difference between buccal bone crest and lingual bone crest; A-B, distance from the top of the implant collar to the buccal bone crest; A-Bc, distance from the top of the implant collar to the first bone-to-implant contact in the buccal aspect; A-L, distance from the top of the implant collar to the lingual bone crest; A-Lc, distance from the top of the implant collar to the first bone-to-implant contact in the lingual aspect; SD, Standard deviation.

*Differences between values achieving statistical significance.

For all implants, keratinized oral epithelium was continuous with junctional epithelium (JE) facing the implants and healing screws surfaces. Subjacent connective tissue with a dense network of collagen fibers was observed, with few vascular structures and scattered inflammatory cells, mainly adjacent to the implant-to-cover screw junction.

After evaluating all the measurements, the distance from the top of the implant collar to the first BIC in the buccal aspect (A-Bc) was statistically significant at 12 weeks in subcrestal group [$0.89 \pm 0.5^*$] compared with all groups at different time periods. The A-L measurement distance from the top of the implant collar to the lingual bone crest was significant at 8 weeks in crestal group compared with all groups. The A-Lc measurement was statistically significant at 12 weeks in subcrestal group [$0.81 \pm 0.3^*$] compared with all groups at different time periods.

Healing after 8 weeks

A comparatively larger portion of the implant surface was in direct contact with bone, both in the buccal and in the lingual aspect, after 8 weeks of healing in both groups. The control group (crestal) showed evidence of woven bone continuous with the native bone in the coronal and lateral aspects of the defect area (Fig. 3a). Buccal lingual section after 8 weeks of healing in crestal group. The thin barrier epithelium is in the apical direction continuous with a connective tissue scattered inflammatory cells. The newly formed bone in the crest region is close to the smooth surface at the buccal crest reaching the second thread and the first thread at the lingual crest. In contrast, the healing response around the test group (subcrestal) showed larger amounts of newly formed bone that was continuous with the native bone within the defect area, and more bone on the implant

surface comparing with the implants placed at the crestal level (control). The postextraction defects were still distinguishable in histological sections. However, there appeared to be more new bone in the area of the defect. This is clearly evident in the test implant sections placed 2 mm subcrestally as presented in Fig. 3b. Moreover, there was direct contact between bone and implant without an intervening layer of connective tissue in the control group. Buccal lingual section after 8 weeks of healing in subcrestal group. The margin of the PM is located slightly coronal of the implant shoulder. The connective tissue lateral to as well as apical to the barrier epithelium is free of infiltrates

of inflammatory cells. The bone crest exhibits signs of new bone formation as well and maintained in the buccal crest down polish collar and in the polish titanium collar at the lingual crest. Red arrows, shows the barrier (junctional) epithelium, yellow arrows, first BIC. Acid fuchsin and toluidine blue stained. [$\times 10$ magnification].

Healing after 12 weeks

A comparatively larger portion of the implant surface was in direct contact with bone, both in the buccal and in the lingual aspect, after 12 weeks of healing in the control and the test implants. The postextraction defects were still distinguishable in histological sections. However, there appeared to be more new bone in the area of the defect. This is clearly evident in the test implant sections placed 2 mm subcrestally as presented in Fig. 4a. Buccal lingual section after 12 weeks of healing in subcrestal group. The margin of the PM is located slightly apical of the implant shoulder. The surface of the bone crest exhibits signs of ongoing remodeling. At the lingual aspect of the implant, signs of the newly formed bone can be observed. The first BIC at the lingual aspect is located close to the marginal level of the rough surface. Buccal lingual section after 12 weeks of healing in crestal group showed that the margin

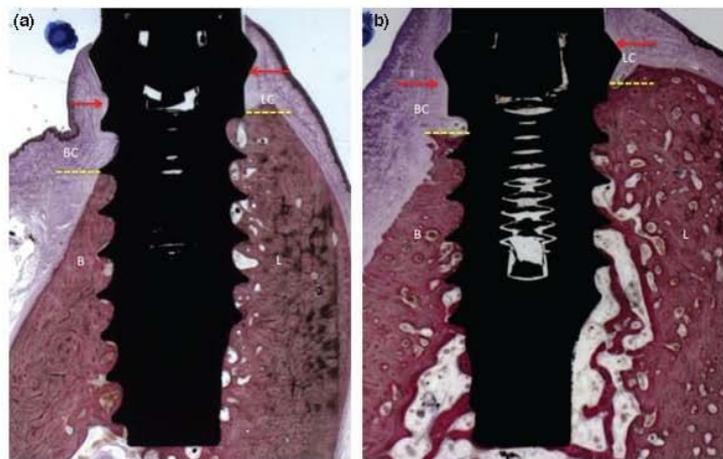


Fig. 9. [a] Buccal-lingual section after 8 weeks of healing in crestal group. The thin barrier epithelium is in the apical direction continuous with a connective tissue scattered inflammatory cells. The newly formed bone in the crest region is close to the smooth surface at the buccal crest reaching the second thread and the first thread at the lingual crest. [b]. Buccal-lingual section after 8 weeks of healing in subcrestal group. The margin of the peri-implant mucosa is located slightly coronal of the implant shoulder. The connective tissue lateral to as well as apical to the barrier epithelium is free of infiltrates of inflammatory cells. The bone crest exhibits signs of new bone formation as well and maintained in the buccal crest down polish collar and in the polish titanium collar at the lingual crest. Red arrows, shows the barrier (junctional) epithelium, yellow arrows, first bone-to-implant contact. Acid fuchsin and toluidine blue stained. [$\times 10$ magnification].

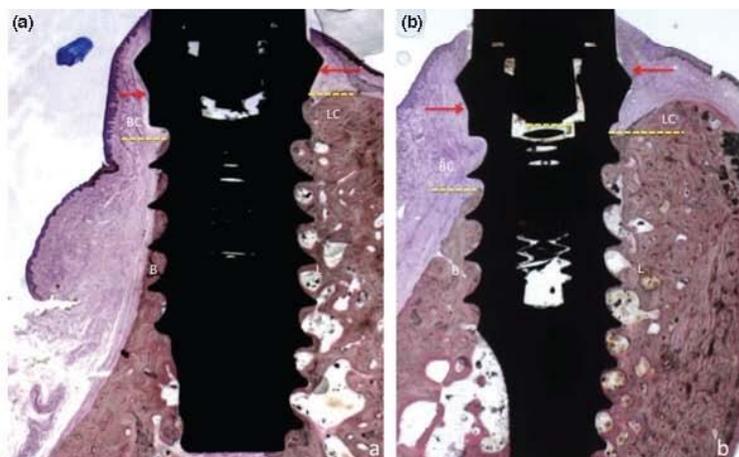


Fig. 4. [a] Buccal-lingual section after 12 weeks of healing in subcrestal group. The margin of the peri-implant mucosa is located slightly apical of the implant shoulder. The surface of the bone crest exhibits signs of ongoing remodeling. At the lingual aspect of the implant, signs of the newly formed bone can be observed. The first bone-to-implant contact (BIC) at the lingual aspect is located close to the marginal level of the rough surface. [b] Buccal-lingual section after 12 weeks of healing in crestal group. The margin of the peri-implant mucosa is located down first implant thread. The bone crest exhibits signs of resorption in the buccal area and bone lingual crest maintenance down polish collar. Red arrows, shows the barrier [junctional] epithelium, yellow arrows, first BIC. Acid fuchsin and toluidine blue stained. [$\times 10$ magnification].

of the PM is located down first implant thread. The bone crest exhibits signs of resorption in the buccal area and bone lingual crest maintenance down polish collar. Red arrows, shows the barrier [junctional] epithelium, yellow arrows, first BIC. Acid fuchsin and toluidine blue stained. [$\times 10$ magnification]. (Fig. 4b).

Histological analysis

Buccal bone walls were thinner than the lingual walls. Bundle bone was present only in the marginal portion of the buccal and lingual walls. Newly formed bone was situated in the peri-implant marginal area and between the implant threads.

The distance from the top of the implant collar to the first BIC (A-Bc and A-Lc) was representative of the vertical size of the bone defect.

The distance from the base of the implant collar to the first BIC in the buccal aspect (A-Bc) as well as in the lingual aspect (A-Lc) showed higher values in the crestal group when comparing with the subcrestal group (Table 1). Regarding implant placement position (crestal or subcrestal), BIC values were higher for subcrestal group (Tables 2-4).

With regard to B-L, A-B, no statistical differences were found; results were similar for both groups at the different time periods.

The total lingual BIC in both groups (crestal and subcrestal) was numerically higher when compared with the total buccal BIC results. The percentages of BIC of the newly formed bone in the coronal defect region was higher for implants placed 2 mm subcrestally (test) after 8 weeks, and it was much greater after 12 weeks of healing compared with crestal placement (control).

For control implants (crestal), the most coronal level of BIC (first BIC) was further away from the implant margin compared with the test implants (subcrestal).

Discussion

The removal of single teeth followed by immediate placement of an implant results in marked alterations to buccal ridge dimensions as well as the horizontal and the vertical gap between implant and bone walls (Sanz et al. 2010; Ferrus et al. 2010). The present study

showed marked hard tissue alterations during the 8-week healing period following tooth extraction and immediate implant placement, which affected both buccal and lingual bone plates. A-Bc and A-Lc values were lower for subcrestal group. Moreover, the resorption of the buccal plate was more pronounced, what agrees with results reported by Calvo-Guirado et al. 2010.

The present investigation revealed greater depth of crestal bone resorption at the buccal crest than at the lingual; this bone dehiscence following implant placement corroborates findings reported in previous dog experiments (Spray et al. 2000; Araújo & Lindhe 2005; Araújo et al. 2005; Cardaropoli et al. 2006; Calvo-Guirado et al. 2010).

Evidence for healing of peri-implant defects around submerged rough-surface implants placed immediately after tooth extraction without guided regenerative techniques is in agreement with previous animal studies (Botticelli et al. 2004a, b, c; Araújo & Lindhe 2005; Araújo et al. 2005, 2011).

The early phases of tissue integration in implants placed into fresh extraction sockets have been well described (Berglund et al. 2003; Borsntein et al. 2008; Orsini et al. 2009). Bone formation starts concomitant to a marked bone resorption, and the socket dimension appeared to influence the process of bone healing. (Vignoletti et al. 2009a,b). Moreover, an experimental study that determined whether the reduction of the alveolar ridge that occurs following tooth extraction and implant placement is influenced by the size of the hard tissue walls of the socket, found that the marginal gap that was present between the implant and the walls of the socket at implantation disappeared as a result of bone fill and resorption of the bone crest (Necowsky et al. 2002). The modeling in the marginal defect region was accompanied by marked attenuation of the dimensions of both the delicate buccal and the wider lingual bone wall. At the buccal aspect, this resulted in some marginal loss of osseointegration (Araújo et al. 2006a).

In the present study, no differences were found between the three different periods of sacrifice (8 and 12 weeks). However, the

Table 2. Total bone-to-implant contact (total BIC) values (% \pm standard deviation [SD]) at different time periods

	Crestal group			Subcrestal group		
	Mean values (%) \pm SD	P value	Significance	Mean values (%) \pm SD	P value	Significance
8 weeks	44.52 \pm 8.67	0.0732	$P > 0.05$	47.33 \pm 5.23	0.0863	$P > 0.05$
12 weeks	39.50 \pm 9.25	0.0863	$P > 0.05$	53.85 \pm 4.21	0.3421	$P > 0.05$

Table 3. Buccal bone-to-implant contact (Buccal BIC) values (% ± standard deviation [SD]) at different time periods

	Crestal group			Subcrestal group		
	Mean values (%) + SD	P value	Significance	Mean values (%) + SD	P value	Significance
8 weeks	31.19 ± 18.12	0.0789	P > 0.05	46.38 ± 11.63	0.0765	P > 0.05
12 weeks	35.21 ± 12.18	0.0421	P > 0.05	38.65 ± 10.87	0.4432	P > 0.05

Table 4. Lingual bone-to-implant contact (Lingual BIC) values (% ± standard deviation [SD]) at different time periods

	Crestal group			Subcrestal group		
	Mean values (%) + SD	P value	Significance	Mean values (%) + SD	P value	Significance
8 weeks	42.46 ± 11.50	0.0721	P > 0.05	51.88 ± 11.73	0.0863	P > 0.05
12 weeks	46.47 ± 17.32	0.0863	P > 0.05	52.25 ± 16.87	0.5321	P > 0.05

buccal BIC values decreased in the subcrestal group from the 8-week period to the twelve-week period. This is in agreement with a previous study, where the BIC that was established during the early phase of socket healing following implant installation was in part lost when the buccal bone wall underwent continued resorption. The void that existed between the implant and the socket walls at surgery was filled at 8 weeks with woven bone that made contact with the DES (Double Engineered Surface) surface. In this interval, the buccal and lingual bone walls underwent marked surface resorption and the height of the thin buccal hard tissue wall was reduced. The process of healing continued, and the buccal bone crest shifted further in the apical direction (Araújo et al. 2006b).

In the present study, a more coronal BIC (f BIC) was achieved at the subcrestal group. In relation to the data, the total BIC revealed greater BIC values in the subcrestal group. Thus, the total BIC for the crestal group (control) was 44.52 ± 8.67% at 8 weeks and 39.50 ± 9.25 at 12 weeks; for the subcrestal group (test), total BIC values were 47.33 ± 5.23% at 8 weeks and 53.85 ± 4.21% at 12 weeks. It was also observed that a comparatively larger portion of the implant surface was in direct contact with bone within the defect area after a 12-week healing period in control and test implants compared with specimens after a 8-week

healing period. This was in agreement with a previous experiment (Tran et al. 2010).

The greater BIC values after a healing period of 8–12 weeks for implants placed subcrestally suggest that bone regeneration may be more favorable when the implant surface is contained within the peri-implant defect rather than exposed at the bone level. These results confirm the findings of the animal study performed by Tran et al. (2010).

The experiment of Caneva et al. (2010a) installed immediate implants into extraction sockets in the mandibles of six dogs and concluded that implants should be positioned approximately 1 mm below the alveolar crest and in a lingual position in relation to the center of the alveolus to reduce or eliminate the exposure above the alveolar crest of the endosseous rough portion of the implant.

Clinically, implants are normally placed at the crestal bone level in either a submerged or a non-submerged approach (Bornstein et al. 2003, 2005). Subcrestal placement of implants may be utilized in esthetic areas. In the esthetic zone, it has been suggested that implants should be placed subcrestally to minimize the risk of metal exposure and to allow for enough space in the vertical dimension to develop an adequate emergence profile Buser et al. 2007; Caneva et al. 2010b; Negri et al 2012a, b). Thus, subcrestal placement of an implant, may also provide an advantage by facilitating earlier BIC at

the neck of the implant. Tomasi et al. (2010), in a clinical trial using a multilevel, multivariate models to analyze factors that may affect bone alterations during healing after immediate implant placement, observed that the position of the implant opposite the alveolar crest of the buccal ridge and its bucco-lingual implant position influenced the amount of buccal crest resorption. Furthermore, the thickness of the buccal bony wall in the extraction site and the vertical as well as the horizontal positioning of the implant in the socket must be considered because these factors will influence hard tissue changes during healing.

Conclusions

Within the limits of this animal experiment, there are reasons to suggest that either crestal bone loss or its preservation may be partly due to the crestal or subcrestal implant position. The results of the present experimental study suggest that the apical positioning of the top of the implant do not jeopardize remodeling of the bone crest and peri-implant tissues in the surgical phase and the microgap and biologic width may have an important role into the prosthetic phase. However, less resorption of the lingual crest can be expected when the implants are placed 2 mm subcrestally in relation to the lingual aspect.

Acknowledgements: The authors declare that they have no conflict of interests. The study was initiated and self-funded by the Department of General Dentistry (C.O.I.A) and Master of Implant Dentistry, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Murcia, Spain. The study materials were kindly provided by Sweden and Martina. The authors gratefully acknowledge the assistance of Stefania Lepore (University of Chieti, Italy) in the statistical analysis, the CTS-654 group "Pharmacological research in dentistry" (Junta de Andalucía, Spain) and Nuria García Carrillo (Veterinary of the University of Murcia).

References

- Abrahamsson, I., Berghlund, T., Wennstrom, J. & Lindhe, J. (1996) The peri-implant hard and soft tissues at different implant systems. A comparative study in the dog. *Clinical Oral Implants Research* **17**: 212–219.
- Adell, R., Lekholm, U., Rockler, B. & Brånemark, P.I. (1981) A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *International Journal of Oral Surgery* **10**: 387–416.
- Araujo, M.G., Linder, E. & Lindhe, J. (2011) Bio-Oss collagen in the buccal gap at immediate implants: a 6-month study in the dog. *Clinical Oral Implants Research* **22**: 1–8.

- Araújo, M.G. & Lindhe, J. (2005) Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *Journal of Clinical Periodontology* 32: 212–218.
- Araújo, M.G., Sukekava, F., Wennstrom, J.L. & Lindhe, J. (2005) Ridge alterations following implant placement in fresh extraction sockets: an experimental study in the dog. *Journal of Clinical Periodontology* 32: 645–652.
- Araújo, M.G., Sukekava, F., Wennstrom, J.L. & Lindhe, J. (2006b) Tissue modeling following implant placement in fresh extraction sockets. *Clinical Oral Implants Research* 17: 615–624.
- Araújo, M.G., Wennstrom, J.L. & Lindhe, J. (2006a) Modeling of the buccal and lingual bone walls of fresh extraction sites following implant installation. *Clinical Oral Implants Research* 17: 606–614.
- Barros, R.R.M., Novaes, A.B., Jr, Muglia, V.A., Iezzi, G. & Piattelli, A. (2009a) 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: 371–378.
- Barros, R.R.M., Novaes, A.B., Jr & Papapeliou, V. (2009b) Buccal bone remodeling after immediate implantation with a flap or flapless approach. A pilot study in dogs. *Titanium* 1: 45–51.
- Berglundh, T., Abrahamsson, I., Lang, N.P. & Lindhe, J. (2003) De novo alveolar bone formation adjacent to endosseous implants. *Clinical Oral Implants Research* 14: 251–262.
- Bornstein, M.M., Lussi, A., Schmid, B., Buser, U.C. & Buser, D. (2003) Early loading of nonsubmerged titanium implants with a sandblasted and acid-etched (SLA) surface: 3-year results of a prospective study in partially edentulous patients. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 18: 659–666.
- Bornstein, M.M., Schmid, B., Buser, U.C., Lussi, A. & Buser, D. (2005) Early loading of nonsubmerged titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface. 5-year results of a prospective study in partially edentulous patients. *Clinical Oral Implants Research* 16: 631–638.
- Bornstein, M.M., Valderrama, P., Jones, A.A., Wilson, T.G., Seibl, R. & Cochran, D.L. (2008) Bone apposition around two different sandblasted and acid-etched titanium implant surfaces: a histomorphometric study in canine mandibles. *Clinical Oral Implants Research* 19: 233–241.
- Botticelli, D., Berglundh, T. & Lindhe, J. (2004a) The influence of a biomaterial on the closure of a marginal hard tissue defect adjacent to implants. An experimental study in the dog. *Clinical Oral Implants Research* 15: 285–292.
- Botticelli, D., Berglundh, T. & Lindhe, J. (2004b) Resolution of bone defects of varying dimension and configuration in the marginal portion of the peri-implant bone. An experimental study in the dog. *Journal of Clinical Periodontology* 31: 309–317.
- Botticelli, D., Berglundh, T. & Lindhe, J. (2004c) Hard-tissue alterations following immediate implant placement in extraction sites. *Journal of Clinical Periodontology* 31: 820–828.
- Botticelli, D., Berglundh, T., Persson, L.G. & Lindhe, J. (2005) Bone regeneration at implants with turned or rough surfaces in self-contained defects. An experimental study in the dog. *Journal of Clinical Periodontology* 32: 448–455.
- Botticelli, D., Persson, L.G., Lindhe, J. & Berglundh, T. (2006) Bone tissue formation adjacent to implants placed in fresh extraction sockets: an experimental study in dogs. *Clinical Oral Implants Research* 17: 351–358.
- Buser, D., Martin, W.C. & Belser, U.C. (2007) Surgical considerations for single tooth replacements in the esthetic zone: standard procedures in sites without bone deficiencies. In: Belser, U.C., Martin, W., Jung, R., Hammele, C.H., Schmid, B., Morton, D. & Buser, D., eds. *ITI Treatment Guide. Implant Placement in the Esthetic Zone. Single Tooth Replacements*, Vol. 1, 26–37. Berlin: Quintessence Publishing Company Ltd.
- Calvo-Guirado, J.L., Ortiz-Ruiz, A.J., Negri, B., López-Marí, L., Rodríguez-Barba, C. & Schlottig, F. (2010) Histological and histomorphometric evaluation of immediate implant placement on a dog model with a new implant surface treatment. *Clinical Oral Implants Research* 21: 308–315.
- Caneva, M., Salata, L.A., de Souza, S.S., Baffone, G., Lang, N.P. & Botticelli, D. (2010a) Influence of implant positioning in extraction sockets on osseointegration: histomorphometric analyses in dogs. *Clinical Oral Implants Research* 21: 43–49.
- Caneva, M., Salata, L.A., de Souza, S.S., Bressan, E., Botticelli, D. & Lang, N.P. (2010b) Hard tissue formation adjacent to implants of various size and configuration immediately placed into extraction sockets: an experimental study in dogs. *Clinical Oral Implants Research* 21: 885–890.
- Cardaropoli, G., Lekholm, U. & Wennström, J.L. (2006) Tissue alterations at implant-supported single-tooth replacements: a 1-year prospective clinical study. *Clinical Oral Implants Research* 17: 165–171.
- Degidi, M., Artese, L., Piattelli, A., Scarano, A., Shibli, J.A., Piccirilli, M., Perrotti, V. & Iezzi, G. (2012) Histological and immunohistochemical evaluation of the peri-implant soft tissues around machined and acid-etched titanium healing abutments: a prospective randomised study. *Clinical Oral Investigations* 16: 857–866.
- Degidi, M., Nardi, D. & Piattelli, A. (2011) One abutment at one time: non-removal of an immediate abutment and its effect on bone healing around subcrestal tapered implants. *Clinical Oral Implants Research* 22: 1303–1307.
- Ferus, 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: 22–29.
- Fickl, S., Zuh, O., Stein, J.M. & Hürzeler, M.B. (2010) Peri-implant bone level around implants with platform-switched abutments. *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 25: 577–581.
- Hämmele, C.H., Brägger, U., Bürgin, W. & Lang, N.P. (1996) The effect of subcrestal placement of the polished surface of ITI implants on marginal soft and hard tissues. *Clinical Oral Implants Research* 7: 111–119.
- Negri, B., Calvo-Guirado, J.L., Pardo-Zamora, G., Ramírez-Fernández, M.P., Delgado-Ruiz, R. & Muñoz-Guzón, F. (2012a) Peri-implant bone reactions to immediate implants placed at different levels in relation to crestal bone. Part I: a pilot study in dogs. *Clinical Oral Implants Research* 23: 228–235.
- Negri, B., Calvo-Guirado, J.L., Ramírez-Fernández, M.P., Maté Sánchez-de Val, J., Guardia, J. & Muñoz-Guzón, F. (2012b) Peri-implant bone reactions to immediate implants placed at different levels in relation to crestal bone. Part II: a pilot study in dogs. *Clinical Oral Implants Research* 23: 236–244.
- Nemcovsky, C.E., Artzi, Z., Moses, O. & Gelemter, I. (2002) Healing of marginal defects at implants placed in fresh extraction sockets or after 4–6 weeks of healing. A comparative study. *Clinical Oral Implants Research* 13: 410–419.
- Orsini, E., Salgarello, S., Bupalò, M., Lazić, Z., Trice, A., Martini, D., Franchi, M. & Ruggeri, A. (2009) Histomorphometric evaluation of implant design as a key factor in peri-implant bone response: a preliminary study in a dog model. *Mínerva Stomatologica* 58: 263–275.
- Paolantonio, M., Dolci, M., Scarano, A., d'Archivio, D., di Placido, G. & Tumini, V. (2001) Immediate implantation in fresh extraction sockets. A controlled clinical and histological study in man. *Journal of Periodontology* 72: 1560–1571.
- Pontes, A.E.F., Ribeiro, F.S., Iezzi, G., Piattelli, A., Cirelli, J.A. & Marcantonio, E., Jr. (2008) Biologic width changes around loaded implants inserted in different levels in relation to crestal bone: histometric evaluation in canine mandible. *Clinical Oral Implants Research* 19: 483–490.
- Rodríguez-Ciurana, X., Vela-Nebot, X., Segala-Torres, M., Calvo-Guirado, J.L., Cambra, J., Mendez-Blanco, V. & Tarnow, D.P. (2009) The effect of interimplant distance on the height of the interimplant bone crest when using platform-switched implants. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* 29: 141–151.
- Sanz, M., Cecchinato, D., Ferrus, J., Pjetursson, E.B., Lang, N.P. & Lindhe, J. (2010) A prospective, randomized-controlled clinical trial to evaluate bone preservation using implants with different geometry placed into extraction sockets in the maxilla. *Clinical Oral Implants Research* 21: 13–21.
- Schroeder, A. (1986) Dental implantation. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 19: 1427–1430.
- Schropp, L., Wenzel, A., Kostopoulos, L. & Karring, T. (2003) Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* 23: 313–323.
- 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: 119–128.
- Tomasi, C., Sanz, M., Cecchinato, D., Pjetursson, E.B., Ferrus, J., Lang, N.P. & Lindhe, J. (2010) Bone dimensional variations at implants placed in fresh extraction sockets: a multilevel multivariate analysis. *Clinical Oral Implants Research* 21: 30–36.
- Tran, B.L.T., Chen, S.T., Caiata, A., Davies, H.M.S. & Darby, I.B. (2010) Transmucosal healing around peri-implant defects: crestal and subcrestal

- implant placement in dogs. *Clinical Oral Implants Research* 21: 794–803.
- Trisi, P., Lazzara, R., Rao, W. & Rebaudi, A. (2002) Bone-to-implant contact and bone quality: evaluation of expected and actual bone contact on machined and osseotite implant surfaces. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* 22: 534–545.
- Trisi, P., Lazzara, R., Rebaudi, A., Rao, W., Testori, T. & Porter, S.S. (2003) Bone-implant contact on machined and dual acid-etched surfaces after 2 months of healing in the human maxilla. *Journal of Periodontology* 74: 945–956.
- Vela-Nebot, X., Rodríguez-Ciurana, X., Rodado-Alonso, C. & Segalà-Torres, M. (2006) Benefits of an implant platform modification technique to reduce crestal bone resorption. *Implant Dentistry* 15: 313–320.
- Vignoletti, F., de Sanctis, M., Berglundh, T., Abrahamsson, I. & Sanz, M. (2009b) Early healing of implants placed into fresh extraction sockets: an experimental study in the beagle dog. II: ridge alterations. *Journal of Clinical Periodontology* 36: 688–697.
- Vignoletti, F., Johansson, C., Albrektsson, T., De Sanctis, M., San Roman, F. & Sanz, M. (2009a) Early healing of implants placed into fresh extraction sockets: an experimental study in the beagle dog. De novo bone formation. *Journal of Clinical Periodontology* 36: 265–277.
- Welander, M., Abrahamsson, I. & Berglundh, T. (2009) Placement of two-part implants in sites with different buccal and lingual bone heights. *Journal of Periodontology* 80: 324–329.
- Weng, D., Nagata, M.J., Bell, M., de Melo, L.G. & Bosco, A.F. (2010) Influence of microgap location and configuration on peri-implant bone morphology in nonsubmerged implants: an experimental study in dogs. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 25: 540–547.
- Weng, D., Nagata, M.J., Bosco, A.F. & de Melo, L.G. (2011a) Influence of microgap location and configuration on radiographic bone loss around submerged implants: an experimental study in dogs. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 26: 941–946.
- Weng, D., Nagata, M.J., Leite, C.M., de Melo, L.G. & Bosco, A.F. (2011b) Influence of microgap location and configuration on radiographic bone loss in nonsubmerged implants: an experimental study in dogs. *International Journal of Prosthodontics* 24: 445–452.