



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

La pérdida marginal ósea en implantes de conexión externa versus conexión interna e implantes crestales y subcrestales

Natalia Palacios Garzón

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tdx.cat) i a través del Dipòsit Digital de la UB (diposit.ub.edu) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX ni al Dipòsit Digital de la UB. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX o al Dipòsit Digital de la UB (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tdx.cat) y a través del Repositorio Digital de la UB (diposit.ub.edu) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR o al Repositorio Digital de la UB. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR o al Repositorio Digital de la UB (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tdx.cat) service and by the UB Digital Repository (diposit.ub.edu) has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized nor its spreading and availability from a site foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository is not authorized (framing). Those rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

UNIVERSIDAD DE BARCELONA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN ODONTOESTOMATOLOGÍA



**LA PÉRDIDA MARGINAL ÓSEA EN IMPLANTES DE CONEXIÓN
EXTERNA VERSUS CONEXIÓN INTERNA E IMPLANTES
CRESTALES Y SUBCRESTALES**

TESIS DOCTORAL PRESENTADA POR

Natalia Palacios Garzón

Bajo la dirección de los doctores:

José López López y Enric Jané Salas

Barcelona, 2019

***“El secreto de la
felicidad no es hacer siempre
lo que se quiere sino querer
siempre lo que se hace”***

León Tolstói

AGRADECIMIENTOS

Al profesor *Dr. José López López* por los años dedicados a la dirección de esta tesis. Por su calidad humana y su profesionalidad que hacen que sea un ejemplo de motivación a la investigación. Gracias por exigirme y a la vez darme tanto. Sin su ayuda no habría sido posible.

Al profesor *Dr. Enric Jané Salas*, por confiar en mi trabajo y por su apoyo y predisposición como director de esta tesis.

A los alumnos y profesores del máster de Medicina, Cirugía e Implantología Oral de la Universidad de Barcelona por su colaboración clínica en esta tesis.

Al Hospital Odontológico de la Universidad de Barcelona por permitirnos realizar este estudio.

Al personal del hospital que de una manera u otra colaboraron con la realización de este trabajo; entre ellos a *Consol Beata* y *Gemma Cuadrado* por su gran ayuda con la gestión del material.

A mi amiga, la *Dra. Elisabeth Mauri Obradors* por darme siempre buenos consejos y palabras de aliento.

A la casa de implantes ETK® por su valiosa aportación, gracias por colaborar desinteresadamente en la donación de los implantes necesarios para este estudio. A *Rubén Rodríguez* y *Xavier Casas* por su predisposición y asesoramiento constante.

A la casa Klockner por aportar a la investigación con la cesión del instrumento Pengui®.

A mi esposo, a quien le dedico este trabajo, gracias por compartir el esfuerzo que este suponía conmigo. Gracias por ser la persona que más cree en mí y por causar ese efecto que hace que hasta yo me lo crea.

Muy especialmente a mi madre, una mujer positiva y luchadora, a la cual admiro y agradezco el habernos inculcado la importancia del estudio.

A mi padre, por animarme a seguir adelante y no rendirme.

A mi hermano por su apoyo incondicional, su ayuda y por estar ahí siempre.

A mi hija Alba, a quien le quiero transmitir que todo lo más imposible con trabajo se consigue y que no importa tanto el talento, sino la dedicación y la perseverancia.

A mi familia, mis amigos, compañeros de trabajo y todas las personas que me han acompañado estos años y que de alguna u otra manera me han aportado en la realización de esta tesis.

ÍNDICE

RESUMEN	7
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1 Antecedentes y estado actual de la implantología	15
1.2 Morfología de los implantes	15
1.3 Materiales empleados en los implantes	17
1.4 Superficies de implantes	19
1.4.1 Métodos químicos	20
1.4.2 Métodos físicos	22
1.5 Tipos de conexión	24
1.6 Concepto de Cambio de Plataforma	26
1.7 Importancia de la preservación de hueso crestal	28
1.8 Factores causantes de la pérdida de hueso en los implantes	28
1.9 Pérdida de hueso alrededor de implantes de conexión externa versus interna; conexión cónica	29
1.10 Pérdida de hueso en implantes crestales vs subcrestales	36
1.11 Importancia del tejido blando alrededor de implantes	46
1.11.1 Ancho biológico	46
1.11.2 Formación del tejido periimplantario	46
1.12 Análisis de Frecuencia de Resonancia (AFR) en implantes	48
2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	53
2.1 Hipótesis	55
2.2 Objetivos	55
2.2.1 Objetivos Principales:	55
2.2.2 Objetivos Secundarios:	55
3. MATERIAL Y MÉTODO	57
3.1 Estudio clínico	59
3.2 Población del estudio	59
3.3 Criterios de inclusión	60
3.4 Criterios de exclusión	60
3.5 Variables analizadas	61
3.5.1 Variables prequirúrgicas	61
3.5.2 Variables Intraquirúrgicas	62
3.6 Diseño del estudio y aleatorización	62
3.7 Cronograma y detalles de las intervenciones	64
3.7.1 Intervención quirúrgica	64
3.7.2 Control postoperatorio y visitas de seguimiento	75

3.8 Evaluación de resultados	82
3.9 Estudio ciego	83
3.10 Métodos estadísticos.....	84
3.10.1 Cálculo del tamaño de la muestra	84
3.11 Diagrama de flujo	85
4. RESULTADOS.....	87
4.1 Posiciones de los implantes	89
4.2 Análisis descriptivo	90
4.2.1 Análisis descriptivo de datos generales de los pacientes	90
4.2.2 Análisis descriptivo de datos generales de los implantes.....	91
4.2.3 Éxito y supervivencia de los implantes	91
4.2.4 Análisis de Frecuencia de Resonancia (AFR).....	92
4.2.5 Análisis descriptivo de la pérdida de hueso en implantes de conexión interna y externa	93
4.2.6 Análisis descriptivo de la pérdida de hueso en implantes crestales y subcrestales	96
4.3 Análisis bivariado	101
4.3.1 Conexión Interna vs Conexión Externa.....	101
4.3.2 Colocación Crestal vs Subcrestal.....	104
4.4 Análisis multivariado de datos generales	107
5. DISCUSIÓN	111
5.1 El efecto de la conexión en la pérdida de hueso alrededor de implantes	113
5.2 El ancho biológico como factor influyente en la pérdida de hueso...116	
5.3 La pérdida de hueso en implantes crestales y subcrestales.....117	
5.4 Relación de la pérdida de hueso y el Análisis de Frecuencia de Resonancia (AFR).....	119
5.5 Éxito y supervivencia de los implantes	120
5.6 El tabaco en relación con la pérdida de hueso.....	120
5.7 Pérdida de hueso en relación con la localización del implante: Maxilar o mandíbula.....	121
5.8 Asociación de la pérdida de hueso en implantes contiguos a zonas edéntulas	122
6. CONCLUSIONES	125
7. BIBLIOGRAFÍA.....	129
8. ANEXOS	143
8.1 Anexo 1: Hoja de aceptación por parte del comité de ética CEIC ...	145
8.2 Anexo 2: Hoja de información del estudio para los participantes ..	147
8.3 Anexo 3: Consentimiento informado.....	149

8.4 Anexo 4: Historia clínica	151
8.5 Anexo 5: Estudio registrado en Clinical Trials.....	162
8.6 Anexo 6: Estudio publicado	163
8.7 Anexo 7: Estudio publicado	173

RESUMEN

Introducción

Cuando se coloca un implante, se asume que habrá una pérdida de hueso en la zona más coronal alrededor de este.

La colocación del implante respecto al nivel de hueso ya sea crestal o subcrestal y el tipo de conexión elegida, ya sea conexión externa o interna, se han relacionado como algunos de los factores causantes de la pérdida de hueso alrededor de implantes. La preservación del hueso periimplante, es fundamental porque influye sobre la forma y el contorno de los tejidos blandos suprayacentes, que son importantes para el resultado estético del tratamiento y para el éxito de los mismos.

El objetivo principal de esta tesis fue evaluar la pérdida de hueso marginal tanto en implantes de conexión externa e interna, como en implantes colocados a nivel crestal y subcrestal. Se ha sugerido que en la conexión externa y en la colocación subcrestal de los implantes existe mayor pérdida de hueso marginal, sin embargo, la literatura no es clara al respecto. Por este motivo se realizaron dos revisiones sistemáticas para responder a las siguientes preguntas: “En pacientes tratados con implantes dentales, ¿hay diferencia entre la conexión externa e interna en términos de pérdida ósea marginal alrededor de las conexiones? y ¿hay diferencias entre la colocación subcrestal y crestal en términos de pérdida ósea marginal?”

En la primera revisión se analizaron las conexiones. Se incluyeron 10 artículos que incluían 1.523 pacientes con 3.965 implantes. Seis de los estudios mostraron que la conexión interna presentaba significativamente menor pérdida de hueso en comparación con la conexión externa. Cuatro de los artículos restantes, no encontraron diferencias significativas entre las dos conexiones. De acuerdo con esta revisión y considerando las limitaciones debidas a los grados de heterogeneidad entre los estudios incluidos, ambas conexiones presentaron altas tasas de supervivencia. Así todo y que la conexión interna es la que parece gozar de mayor reconocimiento en la actualidad; los estudios incluidos en esta revisión, caracterizados por un gran número de muestra y largos periodos de seguimiento demostraron que la conexión externa era una conexión fiable, avalada por estudios de longevidad.

Respecto a la segunda revisión y metaanálisis, en la que se analizó la colocación a nivel crestal o subcrestal de los implantes, se consideraron 16 artículos, 10 (62,5%) no obtuvieron diferencias significativas entre los implantes colocados a nivel crestal o subcrestal en términos de pérdida ósea, de los 6 artículos restantes, 3 (37,5%) encontraron una mayor pérdida ósea en los implantes subcrestales, mientras que los otros 3 (37,5%) artículos, encontraron lo contrario, más pérdida ósea en los implantes colocados a nivel de la cresta. Así pues, se llegó a la conclusión de que tanto en la colocación crestal como subcrestal de los implantes, se obtuvieron resultados clínicos apropiados, sin embargo, la colocación subcrestal hace que sea menos probable que el implante quede expuesto en un futuro, evitando de esta manera el riesgo de padecer patologías periimplantarias.

Teniendo en cuenta la falta de evidencia científica en ambos aspectos y con la intención de poder aportar claridad a la hora de elegir la conexión del implante y su posicionamiento vertical respecto al hueso, planteamos la realización de un ensayo clínico aleatorio, con el objetivo de determinar si la pérdida de hueso difería significativamente entre las dos conexiones y las posiciones verticales del implante.

Material y Método

Los pacientes fueron reclutados del Máster de Medicina Cirugía e Implantología Oral. *Facultat de Medicina i Ciències de la Salut (Odontologia)*. Y fueron atendidos en el *Hospital Odontològic Universitat de Barcelona (HOUB)*.

Se realizó un ensayo clínico aleatorizado, con un tamaño muestral de 93 implantes (31 de conexión externa y 62 de conexión interna: 33 con diseño para colocación infracrestal y 29 crestal) colocados en 27 pacientes. Todos los implantes fueron puestos bajo el mismo protocolo quirúrgico. Se realizaron controles radiológicos el día de la colocación de implantes, al mes y durante la realización de las coronas, también se tuvo en cuenta el Análisis de Frecuencia de Resonancia (AFR) el día de la colocación del implante, cuando se colocó el pilar de cicatrización y durante la realización de la prótesis.

Resultados

Los resultados del análisis estadístico mostraron que la conexión externa presentó una pérdida de hueso significativamente mayor que la conexión interna. Esta pérdida de hueso mostró una tendencia a ser más elevada en la conexión externa desde la fase inicial de seguimiento (T0), al mes de la colocación del implante (T1): (C. E=0.18 mm y C. I= 0.17 mm). Comparando la segunda (T1) y tercera medición (T2): (C. E= 0.39 mm y C. I= 0.19 mm), se obtuvo una diferencia altamente significativa ($p=0.00$) donde se observó que la conexión interna pierde promediamente menos hueso. Finalmente, considerando la pérdida desde el momento de la colocación del implante (T0) hasta la tercera y última medición (T2), obtuvimos que la conexión interna pierde significativamente menos hueso comparado con la conexión externa ($p=0.01$) (C. E= 0.57 mm y C. I= 0.36 mm). Respecto a la posición vertical de los implantes, no hubo diferencias significativas respecto a la pérdida de hueso en implantes colocados a nivel crestal o subcrestal en ninguna de las fases de seguimiento. Considerando la pérdida desde el momento de la colocación del implante (T0) hasta la tercera y última medición (T2), obtuvimos que existe una pérdida similar entre las dos posiciones (S=0.359 mm y C=0. 367mm).

No hubo abandonos y la tasa de éxito de los implantes fue de un 97,8%.

El Análisis de Frecuencia de Resonancia (AFR), se realizó el día de la colocación del implante, cuando se colocó el pilar de cicatrización y durante la rehabilitación protésica. El promedio de las mediciones fue de 70.69, 73,91 y 75.32 respectivamente. La primera medición, hace referencia a la estabilidad primaria obtenida del acto quirúrgico, y las siguientes mediciones, a la estabilidad secundaria obtenida tras el proceso de oseointegración.

Discusión

En cuanto a la pérdida de hueso entre conexiones, los estudios clínicos más actuales realizados sobre el tema en cuestión, incluido este que presentamos, donde la conexión externa pierde mayor cantidad de hueso en comparación con la conexión interna, cuentan con pocos años de seguimiento. Hacen falta estudios clínicos aleatorizados de mayor longevidad para demostrar si esta pérdida de hueso que es más acentuada durante el primer año en la conexión externa tiende con los años a estabilizarse y equipararse a la conexión interna.

No se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre los implantes colocados a nivel crestal o subcrestal. Estos resultados son similares a los resultados obtenidos en nuestra revisión sistemática, donde 5 estudios incluidos en el metaanálisis con una muestra homogénea, mostraron que en ambos casos se produce una pérdida de hueso, y la diferencia tampoco fue estadísticamente significativa.

En ninguno de los pacientes de este estudio la reabsorción ósea mostró resultados clínicos inapropiados. Sin embargo, si tenemos en cuenta que cada vez que colocamos un implante esperamos una pérdida de hueso que pueda causar la exposición del mismo, problemas estéticos y el riesgo de padecer patologías perimplantarias, parece lógico pensar que un posicionamiento del implante más profundo con respecto a la cresta ósea puede ser favorable para que esta situación no ocurra. Para garantizar estos resultados, se debe continuar con el seguimiento radiológico y clínico de los pacientes de este estudio.

Pudo observarse que los valores obtenidos de AFR de los implantes, fueron altos en los tres tiempos de medición y una tendencia al aumento del promedio de las mediciones a medida que avanzaba el periodo de la oseointegración. Hubo dos fracasos de implantes, que se detectaron el día de la colocación del pilar de cicatrización, ambos tuvieron un AFR favorable el día de la implantación. Se considera que los valores detectados de la estabilidad primaria no determinaron información relevante respecto a la supervivencia. Por el contrario, los valores detectados durante la colocación del pilar de cicatrización sí podrían darnos información predecible del pronóstico de los implantes. No hubo diferencias estadísticamente significativas respecto a la pérdida de hueso y el AFR.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes y estado actual de la implantología

La implantología es una de las ramas odontológicas que más crecimiento ha tenido desde que al final de los años sesenta, el doctor Branemark, profesor de anatomía en la Universidad de Gotemburgo (Suecia), introdujera el concepto de oseointegración (Branemark, 1969). La utilización de implantes, para sustituir dientes ausentes y reemplazar su función se ha convertido en un tratamiento habitual y bien aceptado por los pacientes que cada vez exigen tratamientos que ofrezcan más confort (Astrand, Ahlqvist, Gunne & Nilson, 2008). Además han demostrado tener una alta tasa de éxito y esta se ha incrementado de un 93.5% al 97.1% a los cinco años de seguimiento, en las últimas décadas (Pjetursson, Brägger, Lang, & Zwahlen, 2007).

La investigación en el área de la implantología ha evolucionado mucho, para que la colocación de un implante se considere un éxito, debe cumplir ciertos criterios en términos fisiológicos, funcionales y estéticos (Esposito, Hirsch, Lekholm, & Thomsen, 1998). Actualmente los científicos centran sus investigaciones en mejorar los aspectos físicos y químicos de los implantes. Respecto a mejorar los aspectos físicos se centran en mejorar el macrodiseño, los diferentes grados de rugosidad, la conexión más efectiva entre implante-pilar y la colocación del implante más favorable en relación con el hueso crestal. Respecto a los aspectos químicos; centran su evolución en crear nuevas nanosuperficies a las que después de aplicar técnicas clásicas de sustracción, se les agregan sustancias para simular componentes orgánicos e inorgánicos de los huesos, con el fin de acelerar la interacción con el implante y reducir el tiempo de cicatrización para obtener una estabilidad secundaria (Guéhenec, Soueidan, Layrolle, & Amouriq, 2007).

1.2 Morfología de los implantes

Los implantes son estructuras que sirven para sustituir dientes ausentes y reemplazar su función.

Podemos encontrar gran variedad de implantes, sin embargo, todos estos se ven limitados por su dimensión, tanto en diámetro como en longitud, según el compromiso anatómico de los pacientes. Por lo general los implantes tienen una

geometría cilíndrica roscada. Podemos diferenciar tres zonas funcionales de los implantes: Zona coronal, cuerpo y zona apical (Sahiwal Woody, Benson, & Guillen, 2002) (Fig. 1.1).

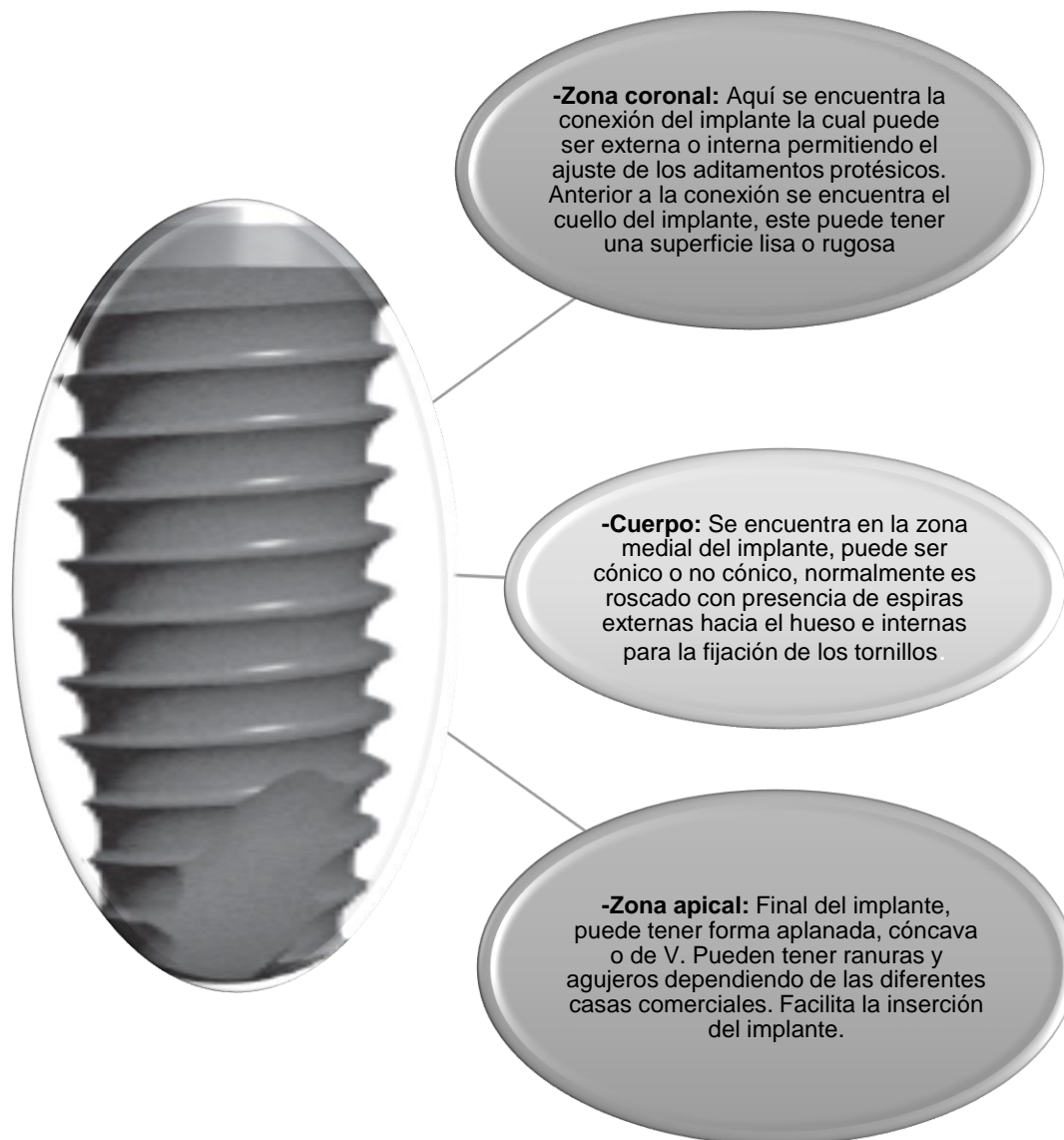


Figura 1.1: Morfología de los implantes. Fuente: imagen basada en implantes Microdent System®, S.L. Barcelona (España).

1.3 Materiales empleados en los implantes

Actualmente, el titanio comercial puro es el metal preferente para la fabricación de implantes dentales. Está compuesto por un mínimo de 99,2% de titanio y elementos como oxígeno, hierro, nitrógeno y carbono.

Este material es considerado el metal con mayor biocompatibilidad debido a sus propiedades fisicoquímicas entre las que destacan: su bajo nivel de conductividad electrónica, bajo módulo de elasticidad, bajo peso específico, bajo magnetismo, alta resistencia a la corrosión, baja tendencia a la formación de iones en ambiente acuoso y que presentan estados termodinámicos estables a valores de pH fisiológicos (Elias, Lima, Valiev, & Meyers, 2008).

Podemos clasificar los tipos de titanio en biomedicina en 5 grados. Estos incrementan su elasticidad y resistencia mecánica a medida que aumenta el grado al que pertenecen:

- De 1 a 4 grados: Dependerán de la pureza del titanio comercial. La variación de las propiedades mecánicas dependerá del contenido de oxígeno, que, a mayor cantidad, hará que la dureza y la resistencia a la tracción aumente y la ductilidad disminuya.
- Grado 5: Es una aleación de titanio con un 6% de aluminio y un 4% de vanadio (Ti-6Al-4V), que se fabrica con la intención de mejorar las propiedades mecánicas. Entre sus propiedades podemos encontrar: mayor resistencia, tenacidad y respuesta favorable a altas temperaturas.

A continuación, en la tabla 1.1, se describen las principales características de los grados del Titanio (Tabla 1.1).

Propiedades del Titanio	Ti grado1	Ti grado 2	Ti grado 3	Ti grado 4	Ti-6-Al-4V (grado 5)
Resistencia a la tracción (MPa)	240	340	450	550	930
Resistencia Máxima (MPa)	170	280	380	480	830
Características	Mayor pureza, menor resistencia mecánica.	Comparable con el acero inoxidable austenítico. Contenido de Fe 0.3% Es el titanio comercialmente más abundante	Contiene un 0.3% de Fe. Es el menos común de los 4 grados	Contiene un máximo de 0.5% de Fe y es el que tiene mayor resistencia de los 4 grados de Ti comercial puro	Es una aleación de titanio muy resistente. Utilizada ampliamente en ortopedia e implantes

MPa: Megapascal

Tabla 1.1: Propiedades del Titanio (Elias et al., 2008).

Otro de los materiales existentes para la fabricación de implantes endoóseos es el óxido de zirconio. Gracias a su alta resistencia a la rotura, su baja afinidad a la colonización bacteriana y sus características estéticas favorables, se ha convertido en un buen material en casos de alergia al titanio, y en implantes anteriores, donde el titanio por su color oscuro puede transparentarse a través de los tejidos blandos (Schliephake, Hefti, Schlotting, Gédet & Staedt, 2010). En 2018 se publicó un metaanálisis, donde se incluyeron 18 artículos publicados entre el 2004 y el 2017 que analizaban la supervivencia y la pérdida de hueso alrededor de implantes de zirconio. Encontraron que la tasa de supervivencia después de 2 años de seguimiento era de un 97.2% y el promedio de pérdida de hueso era de 0.7 mm al año (Roehling, Schelegel, Woelfler & Gahlert, 2018). Respecto a la supervivencia, una revisión sistemática publicada en año 2016, también encontró una tasa similar; 92% al cabo de un año de función. Estos resultados, son equivalentes en comparación con los datos publicados para implantes de titanio (Hashim, Cionca, Courvoisier & Mombelli, 2016).

Ambas revisiones, llegan a la conclusión de que, si bien los implantes de zirconio han demostrado a lo largo de los años, ser una alternativa válida, hace falta más

investigación para conocer si son fiables en las mismas situaciones que los implantes de titanio y confirmar si los resultados a largo plazo siguen siendo prometedores.

1.4 Superficies de implantes

Existen diferentes tipos de superficies debido a que actualmente los implantes son tratados con distintos procedimientos para obtener una superficie rugosa y así aumentar el área de superficie de contacto entre el hueso y el implante (Elias et al., 2008). El hecho de modificar las superficies de los implantes, se hace con el objetivo de mejorar la resistencia al desgaste, disminuir la corrosión y eliminar los contaminantes de las superficies. En la actualidad la investigación se ha centrado en que las superficies puedan incidir en la actividad celular, haciendo aumentar la osteogénesis periimplante, promoviendo la osteointegración y la curación del hueso de manera más rápida. Cuando aumentamos la rugosidad también mejoramos la unión de las células a la superficie, mejorando la interacción biomecánica del implante con el hueso (Pachauri, Bathala, & Sangur, 2014). Aunque las nuevas tendencias se basan en la modificación de las superficies, se debe tener en cuenta que estudios in vivo e in vitro, han demostrado que la adhesión bacteriana y la formación de *biofilms*, es significativamente más alta en las superficies rugosas en comparación con las superficies lisas o mecanizadas (Slutzkey, Moses, Tal, Meirowitz & Matalon, 2017). Los investigadores, tienen presente estos fundamentos, ya que, si bien las superficies rugosas han demostrado resultados favorables para acelerar la osteointegración, también pueden facilitar el crecimiento bacteriano, sobre todo en casos donde los implantes queden expuestos a la superficie.

Existen diferentes tipos de técnicas para modificar las superficies. Podemos clasificarlas en métodos químicos y físicos:

1.4.1 Métodos químicos

Son los métodos más comúnmente utilizados para modificar la superficie de los implantes a escala nanométrica. Existen diferentes técnicas, algunas de las más empleadas son:

i) Oxidación anódica o anodización: mediante este proceso se transforman superficies de titanio lisas, en estructuras nano tubulares, consiguiendo una modificación de la microestructura y la cristalinidad de la capa de óxido de titanio (Lavenus, Rozé, Hoornaert, Louarn & Layrolle, 2012). Este proceso es complejo y depende de varios parámetros, tales como la densidad de corriente, la concentración de ácidos y la temperatura del electrolito. El objetivo de la anodización es aumentar la capa de óxido a más de 1.000nm (Guéhenec et al., 2007).

ii) Tratamiento con ácido: Mejora la textura superficial produciendo una superficie microporosa y homogénea. Los ácidos comúnmente utilizados son ácido fluorhídrico, ácido clorhídrico, ácido nítrico, ácido sulfúrico y soluciones fluoradas. El método consiste en la inmersión de los implantes durante varios minutos en el ácido a altas temperaturas (Fig. 1.2).

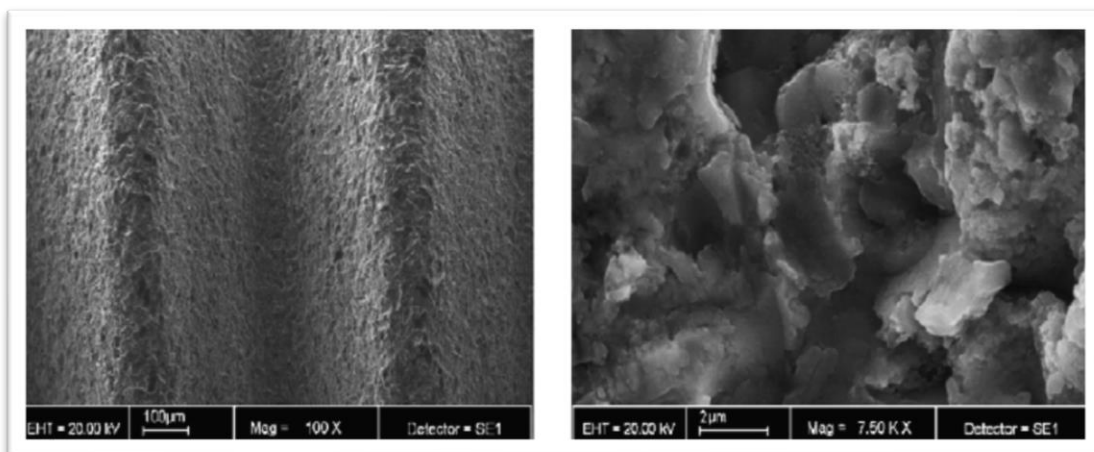


Figura 1.2: Micrográficas de superficies en solución fluorada (100µm y 2µm).
Fuente: (Guéhenec et al., 2007)

iii) Combinación de anodización y grabado químico: Se combinan estos dos métodos para crear materiales con propiedades biológicas mejoradas.

iv) Tratamiento con peróxido de hidrógeno: Este método conduce a la oxidación y disolución de la superficie del implante. El tiempo de tratamiento determina el espesor de la capa de óxido de titanio.

v) Tratamiento alcalino: En el tratamiento alcalino el implante se sumerge en sodio o hidróxido de potasio seguido de un tratamiento térmico y un lavado en agua destilada. Este método da como resultado el crecimiento de una nanoestructura de sodio bioactivo sobre la superficie.

vi) Tratamiento sol-gel: Es un proceso de revestimiento que mejora superficies de implantes depositando recubrimientos de CaP, TiO₂-CaP y TiO₂. El grado de adhesión de los revestimientos de sol-gel sobre el sustrato o superficie del implante dependen de factores tales como la rugosidad de la superficie, el pretratamiento químico y temperatura de sinterización (Fig. 1.3).

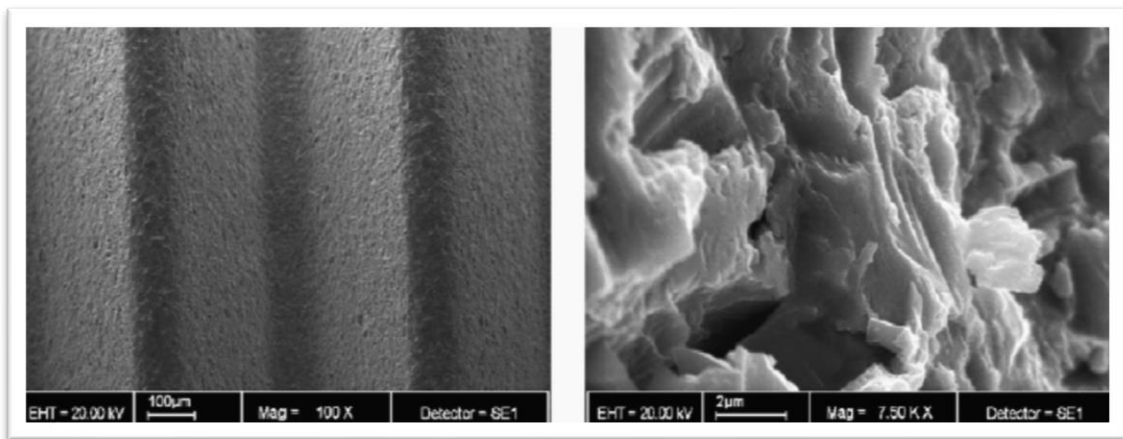


Figura 1.3: Micrografías de superficie de TiO (100 μ m y 2 μ m). Fuente: (Guéhenec et al., 2007)

vii) Deposición de vapor químico: Este proceso se lleva a cabo mediante una reacción química entre la superficie del implante y los productos químicos

presentes en fase gas, que hacen que se produzca la deposición de un compuesto no volátil sobre el implante (Pachauri et., 2014).

1.4.2 Métodos físicos

Existen diversos métodos físicos para modificar las superficies. Los más frecuentes son:

i) La pulverización de plasma de titanio (PPT): Consiste en la proyección de partículas de hidruro de titanio con ayuda de un arco de plasma de un gas noble a alta temperatura, de modo que el metal precursor se descompone en el chorro y es lanzado contra la superficie del implante, quedando soldado a esta (Guéhenec et al., 2007). Este proceso es ampliamente utilizado para recubrimientos de fosfato de calcio sobre las superficies de implantes ya que con esta técnica se logra un mayor contacto hueso-implante que el que se obtiene con el titanio sin recubrir (Habibovic et al., 2005). Con esta esta técnica se han relacionado fracasos clínicos por desprendimiento del recubrimiento (Guéhenec et al., 2007) (Fig. 1.4 y 1.5).

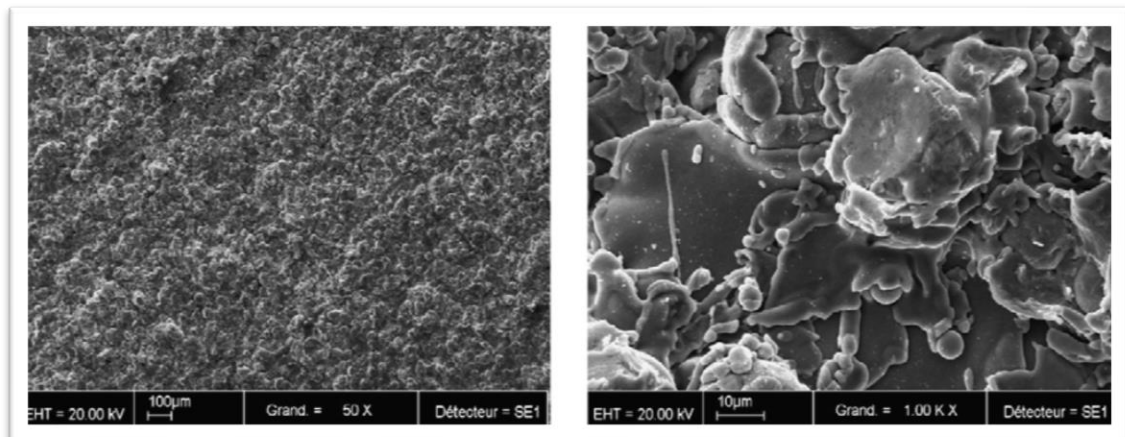


Figura 1.4: Micrográficas de superficies de pulverización de plasma de titanio (PPT) (100µm y 10µm). Fuente: (Guéhenec et al., 2007)

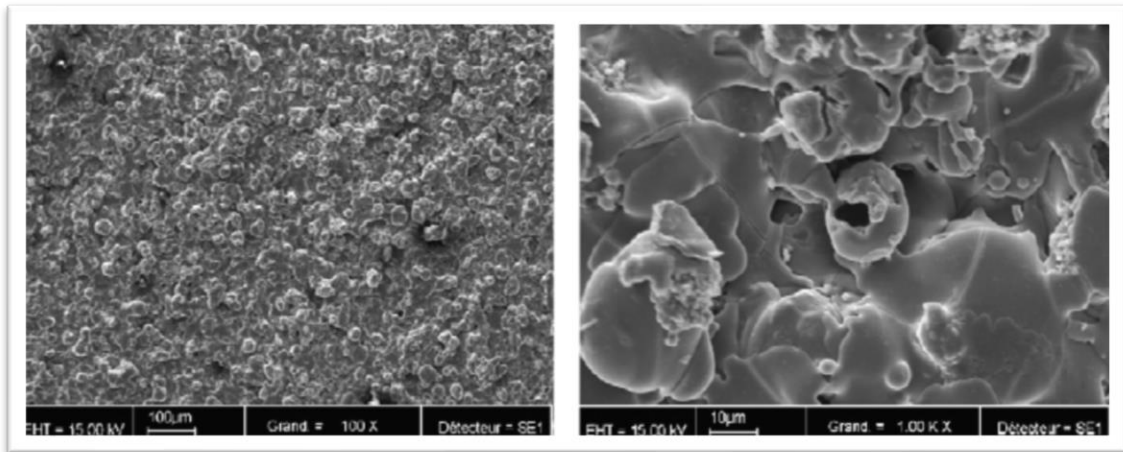


Figura 1.5: Micrográficas de superficie de pulverización de plasma de hidroxiapatita (HA) (100µm y 2µm). Fuente: (Guéhenec et al., 2007).

ii) Proyección de partículas cerámicas: Con esta técnica se proyectan partículas a través de una boquilla a alta velocidad con la ayuda de aire comprimido. Se pueden conseguir diferentes grados de rugosidad en la superficie del implante dependiendo del tamaño del polvo cerámico. El material proyectado debe ser biocompatible ya que algunas de estas partículas pueden quedar adheridas incluso después de que los implantes hayan sido sometidos a un proceso de limpieza con ultrasonidos, ácidos y esterilización. Los tipos de partículas utilizadas pueden ser: El óxido de titanio, alúmina y el fosfato cálcico ya sea en forma de hidroxiapatita o fosfatos tricálcicos; puesto que son materiales biocompatibles, osteoinductores que aumentan la rugosidad del titanio y pueden ser reabsorbidos por el organismo.

iii) Tecnología láser: En esta tecnología se utiliza un dispositivo micromecanizado para producir una estructura tridimensional a escala micrométrica y nanométrica. Esta técnica permite que la energía pueda concentrarse en un solo lugar por la generación de pulsos cortos de longitud de onda única (Pachauri et al., 2014).

iv) Tratamiento de titanio con luz ultravioleta UV: Este método de modificación de superficies, se basa en la capacidad osteoinductiva y la eliminación de hidrocarburos contaminantes de la superficie del titanio, consiguiendo una fotofuncionalización, que favorece la unión al hueso (Aita et al., 2009).

1.5 Tipos de conexión

Existen diversos sistemas para conectar el implante a la prótesis. Si describimos brevemente los tipos de conexiones de los implantes podemos establecer dos grandes grupos; la conexión externa y la conexión interna. El implante de conexión externa, diseñado por Branemark y Zarb en 1985, consta de un hexágono en superficie, encima de la plataforma del implante (Fig. 1.6). Fue desarrollado para facilitar la inserción de componentes tales como pilares y cofias de impresión, proporcionando la capacidad de anti-rotación de los elementos (Branemark et al., 1985). La debilidad de este sistema se atribuye a la limitada altura del hexágono que hace que bajo una carga oclusal elevada se produzca un micromovimiento del pilar, pudiendo ocasionar aflojamiento del tornillo y en limitados casos la fractura de estos. Garcis et al, (2012), describe en su estudio, que las fuerzas laterales en el hexágono son transmitidas a la plataforma del implante y al tornillo de retención haciendo que el tornillo pueda aflojarse o fracturarse en las primeras roscas a nivel del cuello del implante (Garcis et al., 2012).

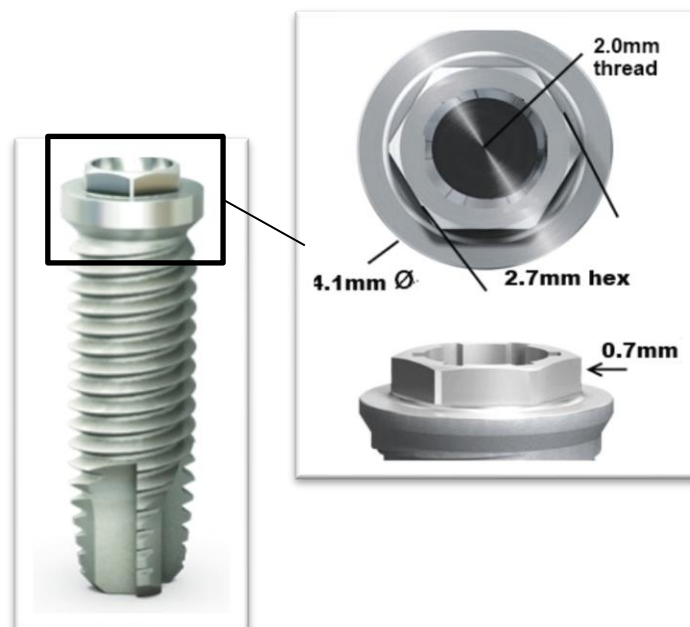


Figura 1.6: Ilustración de un implante de hexágono externo. Fuente: Implante Branemark System Series MKIII Ti Unite. Nobel Biocare®. Zurich-Suiza.

En la conexión interna, como su nombre lo indica, la conexión está contenida en el interior del implante. Dentro de la conexión interna encontramos la conexión cónica (unión cono-morse o pseudo cono-morse), esta conexión consta de una geometría de cono invertido interno que induce a un mecanismo de autobloqueo por apretamiento entre implante y el pilar (Fig. 1.7). Este tipo de ajuste utilizado en aplicaciones industriales fue creado por Stephen A. Morse en 1964 y hace referencia al acoplamiento en el que dos elementos desarrollan una acción que resulta en un área de contacto íntimo por fricción. La conicidad del cono Morse puede darse en porcentajes o en grados, siendo los porcentajes de 4 a 7% los más habituales. Este diseño también se caracteriza por un vástago largo, que suele tener una relación de longitud y diámetro de 5:1. En los implantes, la cavidad interna del implante con un diseño cónico tiene el propósito de aumentar la fricción en la articulación del pilar del implante, generando un bloqueo cónico, lo que da como resultado una estabilidad mecánica similar a la de los implantes de una pieza, que se asemeja a una "soldadura en frío (Perriard et al., 2002). En la implantología, esta conexión fue introducida por la casa ITI (Institute: Straumann AG, Waldenburg, Basel, Switzerland) y ha ganado seguidores a lo largo de los años por su estabilidad mecánica y bajo porcentaje de aflojamiento de tornillos (Sutter F, 1993). El ángulo de convergencia del cono del implante ITI, es de 16° y tiene una altura de 2.3 mm con un diámetro de 2.25 mm, por lo tanto no es un verdadero cono Morse, sino un mecanismo de incrustación biconal cuya efectividad se incrementa por la precarga que se produce cuando se aprieta el cono del pilar contra el cono del implante (Perriard et al., 2002). Se ha demostrado que en las conexiones cónicas internas, el estrés se transmite a la zona más apical y como resultado, se reduce la fatiga en el hueso crestal, en comparación con las conexiones externas (Macedo et al., 2016; Maeda, Saton & Sogo, 2006). Sin embargo, estudios recientes han señalado que, en esta conexión, las fuerzas de compresión axiales, pueden aumentar el desplazamiento axial del pilar. Así pues, las complicaciones como fracturas, pueden ocurrir en la porción coronal si son sometidas a una carga oclusal elevada (Dailey, Jordan, Blind & Tavernier, 2009; Kim et al., 2011).

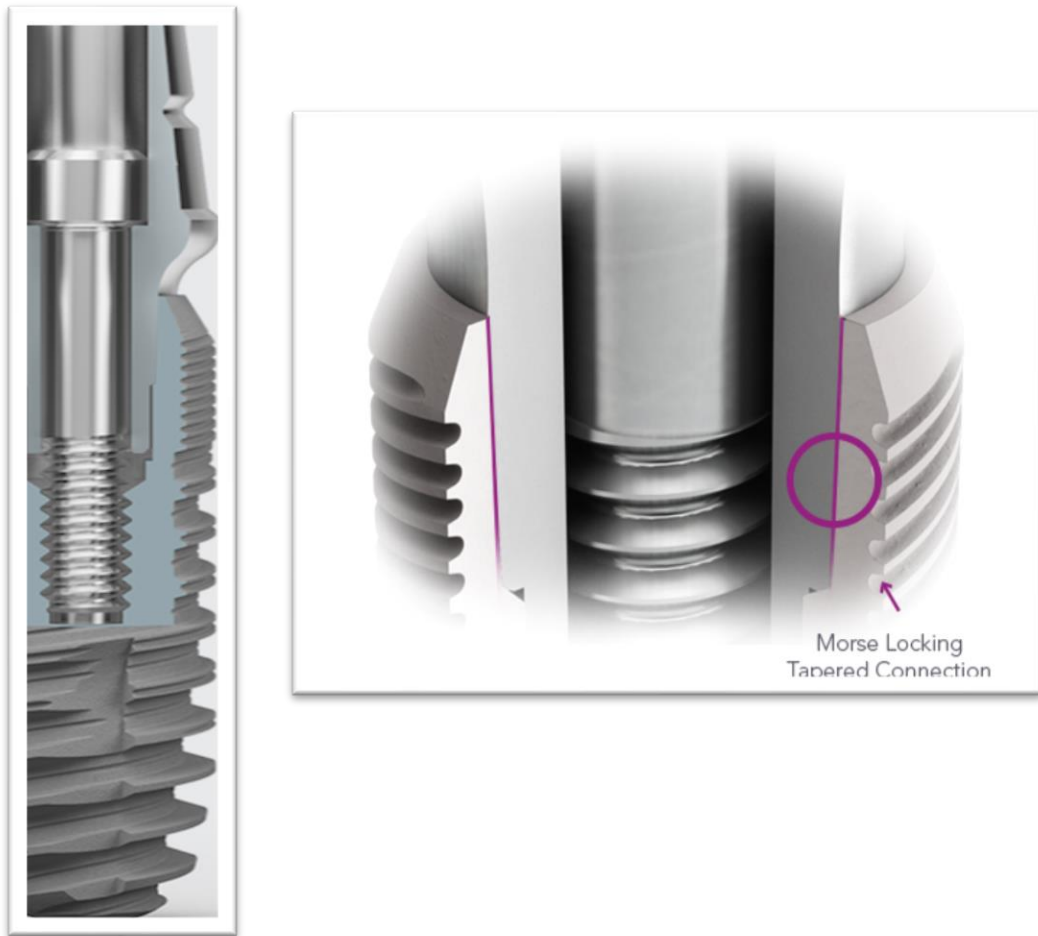


Figura 1.7: Ilustración de la conexión Cono Morse. Fuente: C-Tech Implants®. Bolonia-Italia.

1.6 Concepto de Cambio de Plataforma

Cuando se utiliza el cambio de plataforma, la unión implante-pilar se desplaza hacia el centro del implante, con el objetivo de separar la filtración bacteriana del hueso crestal (Lazzara & Porter, 2006). Se dice que este tipo de diseño, gracias al estrechamiento de las uniones, puede ayudar a minimizar la invasión del ancho biológico (Canullo, Fedele, Iannello, & Jepsen, 2010), preservando el tejido blando y permitiendo lograr mejores resultados estéticos (Degidi et al., 2011).

En la Figura 1.8, se puede observar radiografías donde se aprecia el cambio de plataforma en las distintas fases desde la colocación del implante hasta la rehabilitación protésica.

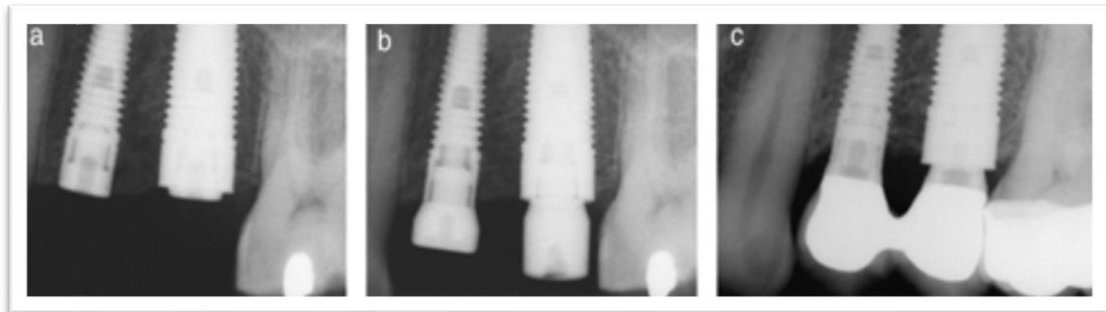


Figura 1.8: Radiografías: a la derecha implantes con cambio de plataforma, a la izquierda sin cambio de plataforma. **a:** implantes con tapón de cierre. **b:** implantes con pilar de cicatrización. **c:** implantes con coronas. Fuente: (Canullo et al., 2010).

Otros diseños de implante, como los que llevan incorporada una superficie mecanizada en el cuello, que debe situarse transmucosa o los implantes de una pieza o *monoblock*, también están diseñados con el objetivo de alejar del hueso el *gap* entre implante y pilar. En este tipo de implantes, se evitaría la pérdida marginal de hueso que pudiera ocasionar el infiltrado inflamatorio, que se forma entre la unión implante-pilar cuando se utiliza un sistema de implante de dos piezas (Canullo et al., 2017).

Por otro lado, varios autores con estudios clínicos aleatorizados (ECA), abogan por que se utilice un cambio de plataforma en los implantes, basado en la reducción de la pérdida ósea observada como resultado de su uso (Canullo et al., 2010; Guerra et al., 2014; Veis et al., 2010) Sin embargo, otros estudios también ECA no encontraron diferencias significativas en la pérdida ósea como resultado del cambio de plataforma (Enkling et al., 2011; Meloni et al., 2014). Según estos autores, cuyos estudios presentan una alta calidad metodológica, se necesita más investigación con tiempos de seguimiento más largos para

determinar si el procedimiento de cambio de plataforma es más efectivo en términos de reducción de la pérdida ósea.

1.7 Importancia de la preservación de hueso crestal

El hecho de que las nuevas investigaciones intenten descubrir qué aspectos pueden ayudar a mejorar la preservación del hueso periimplantario crestal, es debido a que es un factor importante para el éxito del tratamiento. El tipo de hueso alrededor de los implantes condiciona la estabilidad de los tejidos blandos, que a su vez es un factor clave para la estética y la supervivencia de estos a largo plazo (Donovan, Fetner, Koutouzis, & Lundgren, 2010; Mangano et al., 2012).

1.8 Factores causantes de la pérdida de hueso en los implantes

A pesar del esfuerzo en la investigación, hoy por hoy, cuando se coloca un implante, se estima que habrá una pérdida de hueso a su alrededor que no podemos predecir. En 1986 Albrektsson et al, publicó un artículo, que sigue siendo considerado por muchos autores. En él definió que una pérdida de hueso de menos de 1,5 mm durante el primer año después de colocar el implante y de menos de 0,2 mm anualmente en los años siguientes, puede ser considerada satisfactoria (Albrektsson, Zarb, Worthington, & Eriksson, 1986).

Esta pérdida de hueso continúa ocurriendo considerando los nuevos diseños de implantes que intentan detenerla.

A lo largo de los años, han sido estudiados varios factores como causantes de esta pérdida de hueso. Entre ellos encontramos, el tipo de conexión y la ubicación del implante respecto al hueso, como dos factores a los que multitud de artículos atribuyen su causa (Degidi et al., 2011; Kim et al., 2011; Veis et al., 2010). Otras causas pueden ser: las dimensiones inadecuadas de los implantes (Cha, Kim, Jeon, & Lee, 2013), la inexactitud del ajuste, falta de pasividad o defectos de fabricación (Karl, Winter, Taylor & Heckmann, 2004), la filtración bacteriana (Goiato, Pellizzer, da Silva, Bonatto, & Dos Santos, 2015), la instauración de un ancho biológico (Callan, Cobb, & Williams, 2005; Capelli et

al., 2013), los microespacios entre implante-pilar (Broggini et al., 2006), la sobrecarga oclusal (Quirynen, Naert, & Steenberghe, 1992; Isidor F, 2006; Streckbein et al., 2012) y el trauma quirúrgico provocado durante la colocación del implante (Enkling et al., 2011; Lin, Shen, Huang, Hsu, & Fuh, 2013).

1.9 Pérdida de hueso alrededor de implantes de conexión externa versus interna; conexión cónica

Una vez que se ha logrado la oseointegración, la estabilidad del sistema de conexión del implante es la responsable del éxito de la rehabilitación protésica y de la fijeza mecánica del conjunto implante-pilar (Almeida et al., 2013; Bordin et al., 2015). Si el éxito de los implantes depende entre otros, de factores biomecánicos, estos podrían estar directamente relacionados con el tipo de conexión elegida.

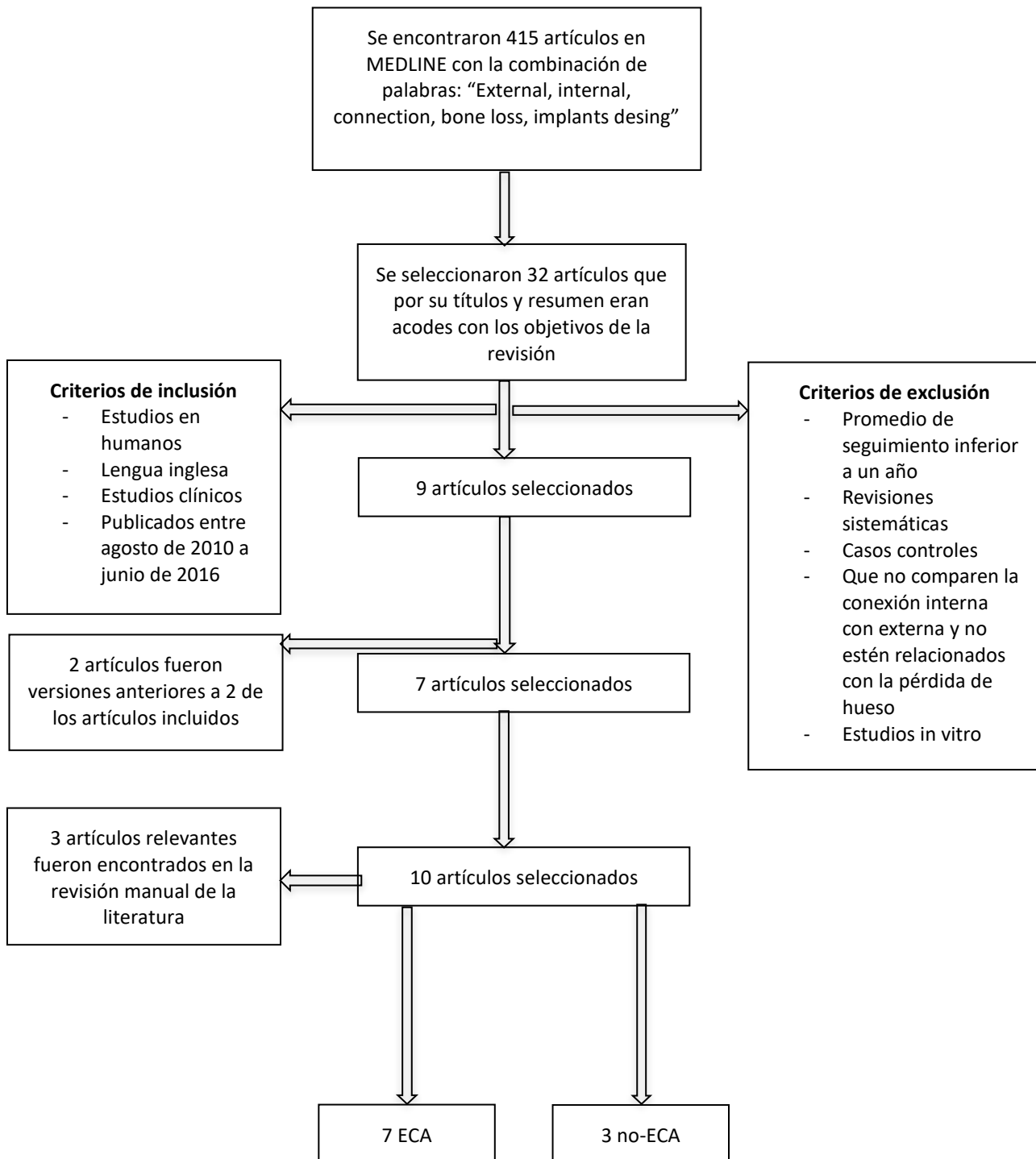
En nuestro grupo, llevamos a cabo una revisión sistemática previa a la realización del estudio con pacientes, con el fin de revisar si existe una mayor pérdida de hueso marginal alrededor de implantes con conexión externa frente a los de conexión interna (Palacios-Garzón et al., 2018).

Para la realización de la revisión, se creó un protocolo detallado de elaboración, de acuerdo con las recomendaciones de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses) (Urrútia & Bonfill 2010). Esta revisión se centró en responder a la pregunta PICO (The population, Intervention, Control, and Outcome) (Miller & Forrest, 2001). En pacientes tratados con implantes dentales: ¿Existen diferencias entre conexión externa e interna en términos de pérdida de hueso marginal alrededor de estos? Se realizó una búsqueda en MEDLINE_Pubmed de artículos publicados en inglés de 2010 a 2016, actualizada hasta junio 2016. Se llevó a cabo un procedimiento paralelo de selección de todos los títulos y resúmenes recuperados en la búsqueda, para su posible inclusión en la revisión. Los artículos incluidos debían ser estudios clínicos recientes, realizados en humanos, que compararan la conexión externa y la conexión interna teniendo en cuenta la pérdida de hueso marginal con un seguimiento de los pacientes de al menos un año. Todos los ensayos clínicos

incluidos fueron evaluados mediante la escala de calidad metodológica Jadad (Jadad et al., 1996). Este método de valoración consta de 0 a 5 puntos; siendo 4-5 los artículos que presentan una alta calidad, 3 calidad media y 0-2 calidad baja.

De todos los artículos seleccionados, se extrajeron y analizaron los siguientes datos: el número de implantes colocados, el número de pacientes y su media de edad, los tipos de conexión analizada (hexágono externo, hexágono interno, conexión cónica, octágono interno, octágono externo), el diámetro y longitud de los implantes insertados, momento de colocación de los implantes (post extracción o en tejidos cicatrizados), el tipo de prótesis realizada, el tiempo de seguimiento, la pérdida de hueso marginal y la supervivencia de los implantes.

En la búsqueda inicial, se encontraron 415 artículos: 196 con las palabras clave “dental implants connections”, 74 artículos con “internal external connections implants”, 135 artículos con “implants different desing, bone lost” y por último 10 con “Internal external connections implants AND studies in humans”. De esta búsqueda se seleccionaron 32 artículos que por sus títulos y resúmenes eran los acordes al objeto de esta revisión. Una vez analizado el texto completo, siguiendo los criterios de inclusión y exclusión se seleccionaron un total de 10 artículos que cumplían todos los requisitos y fueron incluidos en esta revisión (Fig. 1.9).



ECA: Estudio Clínico Aleatorio no-ECA: Estudio clínico no aleatorio

Figura 1.9: Diagrama de flujo (Palacios-Garzón et al., 2018).

De los 10 estudios con un total de 1.523 pacientes y 3.965 implantes (2.079 implantes de conexión externa y 1.886 implantes de conexión interna). 7 eran ECAs (estudios clínicos aleatorizados), los cuales obtuvieron una puntuación de entre 4-5 en la escala Jadad, considerados por tanto de alta calidad (Esposito et al., 2015; Galindo-Moreno et al., 2015; Jacobs et al., 2010; Peñarrocha-Diago et al., 2013; Pessoa et al., 2017; Pozzi, Tallarico & Moy 2014; Ravald, Dahlgren, Teiwik, & Gröndahl, 2013) y 3 eran no-ECAs (estudios clínicos no aleatorizados) con una puntuación Jadad 3, considerados de buena calidad (Chae et al., 2015; Koo et al., 2012; Lin, Shen, Huang, Hsu & Fuh, 2013).

En 6 de los estudios con un número total de 3.193 implantes (1.718 con conexión externa y 1.475 con conexión interna); se encontró menor pérdida de hueso en conexión interna. De estos artículos, 4 eran ECA con un total de 502 implantes (Galindo-Moreno et al., 2015; Peñarrocha-Diago et al., 2013; Pessoa et al., 2017; Pozzi et al., 2014) y 2 eran no-ECA con un total de 2.691 implantes (Chae et al., 2015; Koo et al., 2012). Los 4 artículos restantes con un total de 772 implantes (361 con conexión externa y 411 con conexión interna) no se encontró diferencias significativas entre las dos conexiones; de estos, 3 eran ECA con un total de 669 implantes (Esposito et al., 2015; Jacobs et al., 2010; Ravald et al., 2013) y 1 era no-ECA con un total de 103 implantes (Lin et al., 2013). Las principales características de los estudios incluidos se describen en la tabla 1.2.

De los 7 estudios ECAs, 3 artículos con un total de 669 implantes, no encontraron diferencias significativas entre las conexiones; el tiempo de seguimiento fue de 5,12-15 y 16 años y el número de pacientes analizados fue de 120, 46 y 18 respectivamente. De los otros 4 ECAs, con un total de 502 implantes encontraron que la pérdida de hueso era mayor en conexión externa; los tiempos de seguimiento fueron de 3,1,1.5 y 1 año. El número de pacientes fue de 34 y 15, 104 y 12 respectivamente.

La conexión interna mostró en un gran número de implantes, menos pérdida de hueso que la conexión externa. Sin embargo, si tenemos en cuenta los estudios con más años de seguimiento, mejor calidad metodológica y mayor tamaño de la muestra; la conexión externa no mostró diferencias significativas en

comparación a la conexión interna, lo que indica que la literatura publicada no es suficientemente clara para afirmar que una conexión es mejor que la otra.

De acuerdo con esta revisión sistemática y considerando las limitaciones debidas a los grados de heterogeneidad entre los estudios incluidos, se llegó a la conclusión de que ambas conexiones presentan altas tasas de supervivencia. Para evaluar si la pérdida de hueso difiere significativamente entre las dos conexiones, se necesitan más estudios clínicos homogéneos que comparen las conexiones, donde las características de los implantes sean iguales entre ellos. Los estudios incluidos en esta revisión, caracterizados por un gran número de muestra y largos periodos de seguimiento han demostrado que la conexión externa es una conexión fiable, avalada por estudios de longevidad.

Autor	Diseño del estudio	N. de pacientes	Media edad pacientes	N. de implantes y tipo de conexión	Diámetro y longitud	Tiempo previo a la colocación de implantes	Tiempo en colocar la prótesis y tipo de prótesis	Pérdida de hueso	Seguimiento (años)	Escala Jaded	Supervivencia	Resultados
Pozzi et al. 2014	ECA	34: 19M 15H	52,20	88: HE:44 CC + cambio plataforma:44	Ø:3.9-4.1 10-13mm	6 meses post extracción	Carga diferida Prótesis cementada	Vertical: HE: 1.25±0.47 CC:0.67±0.39 mm Horizontal: HE:0.60±0.2 0mm CC:0.20±0.21 mm	3	5	100%	La PMH fue estadísticamente significativa con mejores resultados para CC.(P:0.000) Diferencia de 0.58 ± 0.10 mm para la PMH vertical, y 0.4 ± 0.05 mm para la PMH horizontal
Lin et al. 2013	R	63 28M 35H	47	103: HE:33 OI:33 CC:37	Ø:4-5 10-12mm	Tejidos cicatrizados	Carga diferida Coronas cementadas	HE:0.32±19mm OI:0.38±22mm CC: 0.32±14mm	1	3	NR	La PMH no mostró diferencias estadísticamente significativas (P>0.05) entre las conexiones
Chae SW et al. 2015	R	1074 484M 590H	53.1	2651 HE:1484 CC:1167	NR	Tejidos cicatrizados	NR Coronas individuales, puentes, arcos completos (cementadas o atornilladas) Híbridas, SD	HE: 2.5% CC: 2.1%	CC y HE 3.4 años (rango 0.1- 6.2) y 3.1 y años (rango 0.1-6.0 años) respectiva- mente	3	96.1% No hubo diferencias significa- tivas HE: 97.1% CC: 94.9%	El HE mostró mayor PMH y ser más vulnerable a las complicaciones biológicas. CC es más vulnerable a complicaciones mecánicas
Galindo et al. 2015	ECA	101 52M 49H	54.43	246 HE:90 CC:156	Ø4 10-13mm	Tejidos cicatrizados	Carga diferida Coronas individuales y prótesis fija	HE:0.714mm año CC:0.516mm año	1.5	4	NR	La PMH fue mayor en HE
Koo et al. 2012	R	40 25M 15H	54.3	40 OI:20 OE:20	Ø4.3 8.5-10mm	NR	Carga diferida Coronas individuales	OE:0.29±0.35 mm OI: -0.07±0.21 mm	1	3	NR	La PMH fue mayor (P<0.05) en OE comparado con IO

Peñarocha et al. 2013	ECA	15 11M 4H	56.9	120 HE:47% cuello con superficie maquinada CC y HI:53% Superficie tratada	Ø3.75- 4.25 10-13mm	Tejidos cicatrizados	Carga diferida prótesis fija (6-8 implantes) Sobredenta- duras sobre (2-4 implantes)	HE:0.38±0.51m m CI:0.12±0.17mm	1	5	98.6%	PMH fue superior en HE vs. CI (P<0.05) después de 6 y 12 meses
Ravald et al. 2013	ECA	46 27M 19H	74.4	371 HE:187 CC:184	Ø3.5-4 9-19mm	Tejidos cicatrizados	Carga diferida Prótesis fijas	HE: 0.4mm CC: 0.7mm	12-15	4	HE:94.7% CC:95.5%	No se encontraron diferencias significativas entre los dos sistemas de conexión después de 12-15 años de función
Esposito et al. 2015	ECA	120 73M 47H	HE: 50.4±13. 8 (25- 74) CC: 54±13.4 (20-79)	203 HE:96 CC:107	Ø3.3-4- 4.5-5.5 7-13mm	Tejidos cicatrizados y post extracción	Carga inmediata y diferida. Coronas y prótesis parciales fijas (cementadas o atornilladas), SD	HE: 1.13mm CC: 1.21mm	5	5	NR	No encontraron diferencias significativas entre los dos grupos
Pessoa et al. 2017	ECA	12 9M 3H	63.1	48 HE:24 CC:24	Ø3.8 13mm	Tejidos cicatrizados	Carga de la prótesis 48h después SD	HE:1.17 ±0.44mm CC: 0.17±0.54mm	1	4	100%	CC mostró menos pérdida de hueso periimplantar
Jacobs et al. 2010	ECA	18 12M 6H	59,7 H 50,6 M	95 HE:45 CC:50	Ø3.75-4 8-19mm	Tejidos cicatrizados	Carga diferida Coronas atornilladas	HE: 0.31 mm (rango -0.98 a 2.31; DE 0.69) CC: 0,02 mm (rango -1,15 a 1,51; DE 0,45)	16	4	HE: 97.7% CC:100%	PMH no fue significativa entre las dos conexiones

ECA: Estudio Clínico Aleatorizado; *R*: Retrospectivo; *M*: Mujer; *H*: Hombre; *CI*: Conexión Interna; *HE*: Hexágono externo; *HI*: Hexágono interno; *OE*: Octógono externo; *OI*: Octógono interno; *CC*: Conexión cónica; *PMH*: Pérdida marginal de hueso; *SD*: Sobredentadura; *DE*: Desviación estándar; *NR*: No reportado

Tabla 1.2: Características de los estudios incluidos (Palacios-Garzón et al., 2018)

1.10 Pérdida de hueso en implantes crestales vs subcrestales

Varios autores describen que la posición en la que se coloca el implante con respecto al hueso crestral, es un factor fundamental para preservar o perder hueso en el futuro (de Siqueira et al., 2017; Novaes, Barros, Muglia, & Borges, 2009; Todescan, Pustiglioni, Imbronito, Albrektsson, & Gioso, 2002; Wennerberg, Sennerby, Kultje, & Lekholm, 2003). En cuanto a este tema, existe controversia, diversos autores recomiendan la colocación del implante debajo de la cresta ósea (colocación subcrestal), ya que esta posición contribuiría al mantenimiento de la mucosa para obtener un perfil de emergencia ideal en áreas estéticas (de Siqueira et al., 2017; Novaes et al., 2009; Pontes et al., 2008), evitaría que la superficie del implante quede expuesta y, a su vez, reduciría la probabilidad de padecer mucositis o periimplantitis si esto ocurre (Wennerberg et al., 2003). Además, varios estudios en animales han demostrado que la colocación de implantes subcrestales no aumenta la pérdida ósea (Pontes et al., 2008; Todescan et al., 2002).

Otros autores, por otro lado, señalan un aumento en la pérdida ósea cuando el implante se coloca subcrestal (Pellicer-Chover et al., 2016). Esto puede atribuirse a la colonización bacteriana de la unión implante-pilar, donde se produce un infiltrado inflamatorio, que junto con una baja concentración de oxígeno, es un ecosistema ideal para las bacterias anaeróbicas (Broggini et al., 2003; do Nascimento, Miani, Pedrazzi, Muller, & de Albuquerque, 2012; Hermann, Buser, Schenk, & Cochran, 2000; Piattelli et al., 2003). También se podría especular que la colocación más profunda de implantes estaría relacionada con una embolia e inflamación de los tejidos blandos (de Siqueira et al., 2017).

Para analizar la literatura en cuanto al tema en cuestión, se realizó una revisión sistemática y metaanálisis con el objetivo de evaluar la influencia de los implantes de colocación crestral o subcrestal respecto a la pérdida de hueso (Palacios-Garzón, Velasco-Ortega & López-López, 2019).

Se incluyeron estudios clínicos en humanos, que compararan la pérdida ósea en implantes colocados con diferentes posiciones verticales, a nivel crestral y nivel subcrestal. La búsqueda se realizó en MEDLINE_Pubmed, Google Scholar, además de una búsqueda manual en revistas del área. Cada estudio se evaluó

aplicando la escala de Jadad (Jadad et al., 1996) y se realizó un meticuloso análisis de los datos para poder compararlos. Se incluyeron 16 estudios (Al Amri, Al-Johany, et al., 2017; Al Amri, Alfadda, et al., 2017; de Siqueira et al., 2017; Degidi et al., 2011; Ercoli et al., 2017; Fickl, Zuhr, Stein, & Hürzeler, 2010; Kim, Lim, Lee, & Jeong, 2017; Koh et al., 2011; Koutouzis, Neiva, Nair, Nonhoff, & Lundgren, 2016; Kütan, Bolukbasi, Yildirim-Ondur, & Ozdemir, 2015; Nagarajan, Murthy, Livingstone, Surendra, & Jayaraman, 2015; Palaska, Tsaousoglou, Vouros, Konstantinidis, & Menexes, 2016; Pellicer-Chover et al., 2016; Romanos, Aydin, Gaertner, & Nentwig, 2015; Veis et al., 2010; Vervaeke et al., 2018). Nueve fueron ensayos clínicos aleatorizados (ECA) y los otros 7 fueron ensayos no aleatorios (no-ECA). En el análisis cuantitativo se incluyeron 5 estudios que, por sus características, fueron comparables (Fig. 1.10).

En total se evaluaron 1.346 implantes, de los cuales 1.093 se incluyeron en esta revisión y los 253 restantes se excluyeron porque fueron colocados en posición supracrestal. De los 1.093 implantes incluidos, 604 implantes se colocaron subcrestal, y 489 se colocaron a nivel crestal. 14 artículos informaron la edad media de los participantes, que varió de 23 a 82 años. El número de pacientes varió entre 9 y 85. De 16 artículos, 10 (62.5%) no obtuvieron diferencias significativas entre los implantes colocados crestales o subcrestales en términos de pérdida ósea, de los 6 artículos restantes (37.5%): 3 encontraron una mayor pérdida ósea en los implantes colocados subcrestal, mientras que los otros 3 artículos restantes encontraron lo contrario, más pérdida ósea en los implantes colocados a nivel crestal. Los implantes subcrestales se instalaron en un rango de profundidad entre -0.5 mm y -3.4 mm apical a la cresta alveolar y los implantes crestales se colocaron dentro de 0.0 mm y una altura máxima 0.75 mm por encima del nivel del hueso crestal.

La tasa de supervivencia fue alta, con una tasa media de supervivencia global del 99,4%, que representa a 629 implantes. 4 estudios no lo informaron, representando 464 implantes.

En los estudios ECAs, el seguimiento de la colocación del implante varió de 3 a 36 meses. En los estudios no-ECAs, el tiempo de observación varió de 1 a 155.35 meses. Respecto a los 6 estudios que encontraron diferencias, los 3 estudios, donde la pérdida ósea fue significativamente mayor en el caso de los implantes subcrestales (Kim et al., 2017; Kütan et al., 2015; Pellicer-Chover et al., 2016), estos implantes se colocaron en dos etapas, con un seguimiento de entre 24 y 36 meses. Los otros tres artículos, donde se encontró mayor pérdida de hueso en implantes crestales (Degidi et al., 2011; Fickl et al., 2010; Vervaeke et al., 2018), tuvieron un seguimiento de 12 meses, 2 meses y 24 meses respectivamente y se colocaron en una etapa.

La mayor pérdida de hueso detectada en los estudios clínicos aleatorizados fue exactamente la misma: 1.22 mm tanto para implantes colocados a nivel crestal (Fickl et al., 2010) como subcrestal (Pellicer-Chover et al., 2016).

10 estudios mostraron un promedio de pérdida de hueso de menos de 1mm en implantes subcrestales y en 11 estudios, la pérdida de hueso fue menor de 1mm en implantes crestales (Tabla 1.3.a y 1.3.b).

Autor	Diseño del estudio	N. de pacientes	Media de edad (años)	N. de implantes	Técnica quirúrgica (Una fase Dos fases)	Profundidad de inserción del implante (mm)	Carga del implante	Tipo de prótesis	Colocación del implante (meses)	Pérdida de hueso implantes subcrestales (mm)	Pérdida de hueso en implantes crestaes (mm)	Seguimiento (Meses)	Escala Jada	Tasa de supervivencia (%)	Resultados de pérdida de hueso entre los dos grupos
Pellicier et al. 2016	ECA	26 15:M 8:H 3:NR	49.8± 11.6	23 13:S 10:C	Dos fases	S:2.16± 0.88 C:0.0	Carga diferida	Cambio plataforma. Coronas atornilladas	3 meses post extracción	1.22±1.06	0.06 ±1.11	12	4	100	PMH fue mayor en implantes subcrestales
Palaska et al. 2016	ECA	81 41:M 40:H	49	105: 54:S 51:C	Una fase	S:1.5 ± 0.2 C:NR	Carga diferida	Los implantes no fueron cargados	Mínimo 3 meses post extracción	Group 1 CI:0.68±0.07 Group 3 CC:0.49 ±0.06	Group 2 CI:0.79±0.06 Group 4 CC: 0.40±0.07	3	5	100	No hubo diferencias significativas
de Siqueira et al. 2017	ECA	11	45-65	55 28:S 27:C	Carga inmediata	S:1-3 C:NR	Carga inmediata	Prótesis fija (arco completo)	NR	1.03 ± 0.60	0.66 ± 0.38	8	5	100	No hubo diferencias significativas
Koutouzis et al. 2016	ECA	30 24:M 6:H	49.85	30 20:S 10:C	Carga inmediata	S: -1, -2 C:0	Carga inmediata	Cambio plataforma. Coronas atornilladas individuales	No post extracción	sumergidos 1 mm: -0.65 ± 0.45 sumergidos 2 mm: -0.85 ± 0.75 análisis con CBCT	-0.08 ± 0.25	12	4	100	No hubo diferencias significativas entre los grupos
Koh et al. 2011	ECA	24 8:M 12:H (4pacientes abandonaron)	55.5	20 10:S 10:C	Dos fases	S:1 (debajo de la cresta palatina) C:0	Carga diferida	NR	Inmediata	-0.8±0.6	0.3±0.4	12	4	95.8	No hubo diferencias significativas entre los grupos

Vervaeke et al. 2018	ECA	25 13:M 12:H	65 rango = 43-82	50 25:S 25:C	Una fase Restauración inmediata con Locator®	S: Profundidad del implante adaptada para que el tejido blando tuviera 3mm C:NR	Carga diferida	Cambio plataforma SD	Mínimo 3 meses post extracción	0.04	0.73	24	4	100	Los implantes subcrestales mostraron significativos mejores niveles de hueso
Kütan et al. 2015	ECA	28 21:M 7:H	46.05	56 28:S 28:C	Dos fases	S:1 C:NR	Carga diferida	Cambio plataforma. Coronas cementadas	Mínimo 6 meses post extracción	1.21 ±1.05	0.56 ± 0.35	36	5	100	La media de PMH en el grupo crestal fue significativamente más baja que en el grupo subcrestal
Al Amri et al. 2017	ECA	23 7:M 16:H	43.5	46 23:S 23:C	Una fase	S:2 aproximadamente C:NR	Carga diferida	Coronas atornilladas	Tejidos cicatrizados	0.3 ± 0.2	0.45 ± 0.2	36	4	100	No hubo diferencias significativas en la PMH entre grupos
Fickl et al. 2010	ECA	36 18:M 18:H	55.3	89 75:S 14:C	Dos fases	S:NR C:NR	Carga diferida	NR	Tejidos cicatrizados	0.30 ±0.07: hasta la colocación de las prótesis 0.39 ±0.07: al año	0.68 ± 0.17: hasta la colocación de las prótesis 1.00±0.22: al año	12	3	100	Los implantes subcrestales con cambio de plataforma parecen limitar la remodelación del hueso crestal

ECA: Estudio clínico aleatorizado; *M*: Mujer; *H*: Hombre; *A*: años; *NR*: no reportado; *S*: Subcrestal; *C*: Crestal; *CI*: conexión interna; *CC*: conexión cónica; *PMH*: pérdida marginal de hueso

Tabla 1.3.a: Características de los estudios clínicos aleatorizados (ECAs) (Palacios-Garzón et al, 2019).

Autor	Diseño del estudio	N. de pacientes	Media de edad pacientes (Años)	N. de implantes	Técnica quirúrgica (Una fase Dos fases)	Profundidad de inserción del implante (mm)	Carga del Implante	Tipo de prótesis	Colocación del implante (meses)	Pérdida de hueso implantes subcrestales (mm)	Pérdida de hueso implantes crestales (mm)	Seguimiento (Meses)	Escala Jada	Tasa de supervivencia (%)	Resultados de pérdida de hueso entre los dos grupos
Romanos et al. 2015	No-ECA Retrospectivo	85 41:H 44:M	50.51	228 S: medidas mesial y distal: 197 C: medidas mesial y distal: 65 194 medidas excluidas por ser supra-crestal	Dos fases	S: mínimo 0.5 C: entre máximo 0.5 por debajo del nivel de la cresta máximo 0,5 por encima del nivel de cresta Supracrestal: más de 0.5 encima de la cresta	Carga diferida	Cambio de plataforma Prótesis	NR	Mesial 1.84 (±1.49) Distal 1.73 (±1.31)	Mesial 1.41(±1.65) Distal 1.34(±1.60)	S: 105.61 (±49.74) C:94.10 (±52.42)	2	97.8	No hubo diferencias estadísticamente significativas
Al Amri et al. 2017	No-ECA Retrospectivo	52	45.4 ± 1.8	52 27:S 25:C	Una fase	S: 2mm aproximadamente C:NR	Carga diferida	Prótesis individuales Cambio de plataforma Coronas atornilladas	NR	1.2 ± 0.2	1.4 ± 0.2	S:63.6±2.4 C:62.4±1.2	2	NR	No hubo diferencias estadísticamente significativas
Nagarajan et al. 2015	No-ECA	24	NR 23 a 45	24 12:S 12:C	Dos fases	S:1 C:NR	Carga diferida	NR	Tejidos cicatrizados	0.4917 ± 0.4881	0.2183 ± 0.2874	6 (antes de la carga de prótesis)	1	NR	No hubo diferencias estadísticamente significativas.

Ercoli et al. 2017	No-ECA Retrospectivo	55	57	134 S: 157 medidas mesial y distal C:69 medidas mesial y distal excluidos: 42 por ser supra-crestal	56.6% Dos fases 43.4% Una fase	NR	Carga diferida	71.7% Coronas unitarias 28.3% Puentes fijos	NR	mesial-1.56 ±1.11 distal -1.06 ±0.96	mesial-0.72 ±1.07 distal -0.91 ±0.83	18	2	100%	No hubo diferencias estadísticamente significativas
Veis et al. 2010	No-ECA Retrospectivo	NR	NR	282 89:S 95:C 98: Excluidos por ser supra-crestal	Dos fases Casos de zona estética: una fase con pilares cortos	S:1 a 2 C:NR	Carga diferida	Coronas y puentes atornillados y cementados	No post extracción	Sin cambio de plataforma 0.81 ± 0.79 Cambio de plataforma 0.39 ± 0.52	Sin cambio de plataforma 1.23 ± 0.96 Cambio plataforma 1.13 ± 0.42	24	1	NR	No hubo diferencias estadísticamente significativas.
Degidi et al. 2011	No-ECA Serie de casos	9	NR	9 4:S 5:C	2: Dos fases 7: Carga inmediata	S:1 a 3 C:NR	2: Carga diferida 7: Carga inmediata	Coronas unitarias cambio de plataforma	NR	Entre 0 y 0.5	Entre 0.5 y 1.5	1-2	3	100%	En implantes subcrestales se detectó una formación de nuevo hueso en el hombro del implante
Kim et al 2017	No-ECA Retrospectivo	61	51.4	143 286 superficies de implantes 36:S 177:C 73: excluidas por ser supra-crestal	Dos fases	S:NR C: Entre 0 - 0.75 encima de la cresta	Carga diferida	Sin cambio de plataforma	No post extracción	1.76±0.78	1.13±0.91	36	2	NR	En implantes subcrestales se observó una pérdida mayor de hueso que fue significativa en todos los tiempos desde el inicio

no-ECA: Estudio clínico no aleatorizado; *M*: Mujer; *H*: Hombre; *A*: años; *NR*: no reportado; *S*: Subcrestal; *C*: Crestal; *CI*: conexión interna; *CC*: conexión cónica; *PMH*: pérdida marginal de hueso

Tabla 1.3.b: Características de los estudios clínicos no aleatorizados (no-ECA) (Palacios-Garzón et al, 2019).

Se realizó un metaanálisis para analizar la diferencia significativa de la pérdida de hueso crestal entre los ECAs, 5 estudios tuvieron muestras homogéneas y fueron comparables. Entre ellos se colocaron un total de 100 implantes crestales y 164 a nivel subcrestal con periodos de seguimiento que comprendían de los 12 a los 18 meses. Los motivos por los cuales los 4 ECAs restantes no pudieron ser analizados, se debe a que no se realizó el análisis de pérdida de hueso con radiografía ya sea intraoral o panorámica, si no que se realizó con sondaje periodontal (Koh et al., 2011) y con CBCT (Koutouzis et al., 2016) y a que los periodos de seguimiento eran reducidos; 8 meses (de Siqueira et al., 2017) y 3 meses (Palaska et al., 2016). El Forest Plot, mostró una diferencia en la media de pérdida de hueso crestal de 0.028 mm y un valor de p-value= 0.92 (95% CI: -0.591 a 0.64, heterogeneidad $I^2=98.65\%$, $P<0.001$). Los valores negativos representan una mayor pérdida de hueso para el grupo subcrestal, mientras que los positivos representan una mayor pérdida de hueso para el grupo crestal. En ambos casos se produjo una pérdida de hueso y la diferencia no fue estadísticamente significativa (Fig. 1.11).

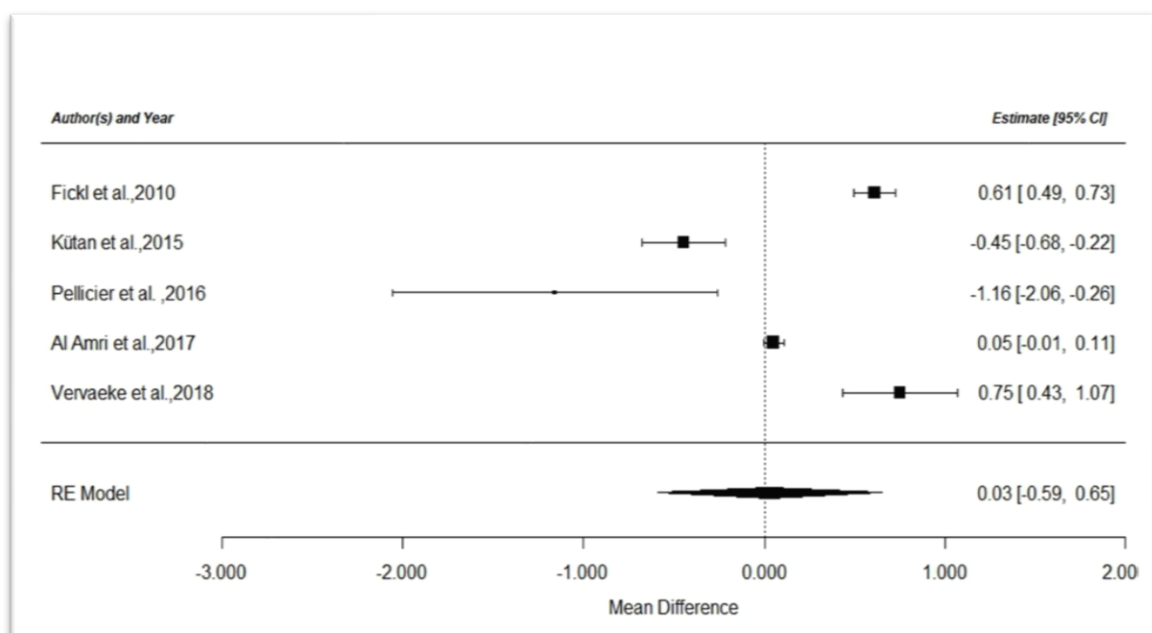


Figura 1.11: Forest Plot ECAs (Palacios-Garzón et al, 2019).

Así pues, la literatura existente no es concluyente sobre si una de estas posiciones de colocación de implantes es superior a la otra. En esta revisión observamos que en la gran mayoría de los artículos no hay diferencias significativas, y que siempre que se coloca un implante ocurre una pérdida de hueso, independientemente de su ubicación respecto a la cresta ósea.

1.11 Importancia del tejido blando alrededor de implantes

La presencia de tejidos blandos sanos alrededor de implantes, mejorara la supervivencia de estos, protegiéndolos de agentes externos presentes en el medio oral, ayudándolos a preservar el hueso crestal (Donovan et al., 2010; Mangano et al., 2012).

1.11.1 Ancho biológico

Tanto en los dientes como en los implantes, encontramos la presencia del ancho biológico, este espacio está compuesto por la unión epitelial y tejido conectivo (Abrahamsson, Berglundh, Wennström, & Lindhe, 1996). La remodelación ósea de la cresta alrededor de los implantes está influenciada por una variedad de factores que incluyen la facilitación de la formación de este ancho biológico, para crear una barrera contra la flora oral (Oh, Yoon, Misch, & Wang, 2002). Esta remodelación ocurre durante el primer año después de la colocación del implante, iniciándose una vez que el implante se expone al entorno oral, ya sea inmediatamente si se coloca el pilar (una fase) o en un segundo procedimiento (dos fases) si se deja al implante sumergido (Hermann, Lerner & Palti, 2007).

1.11.2 Formación del tejido periimplantario

Como hemos comentado, el establecimiento de la mucosa periimplantaria se produce justo después de la colocación de un implante, si se coloca el pilar (una fase) o después de la reapertura de los implantes sumergidos, en el momento de conectar el pilar de cicatrización (dos fases).

Inmediatamente después de que el pilar es atornillado al implante, se forma un coágulo, este coágulo es remplazado por un tejido de granulación que, entre las 4 y 6 semanas, pasa a ser tejido conectivo bien organizado mediante fibras de colágeno. Al mismo tiempo, la proliferación de células epiteliales que comienza

entre la primera y segunda semana de cicatrización, se transforma en un epitelio maduro entre las 6-8 semanas, dando lugar a una mucosa periimplantaria definida (Berglundh, Abrahamsson, Welander, Lang, & Lindhe, 2007) (Fig. 1.12).

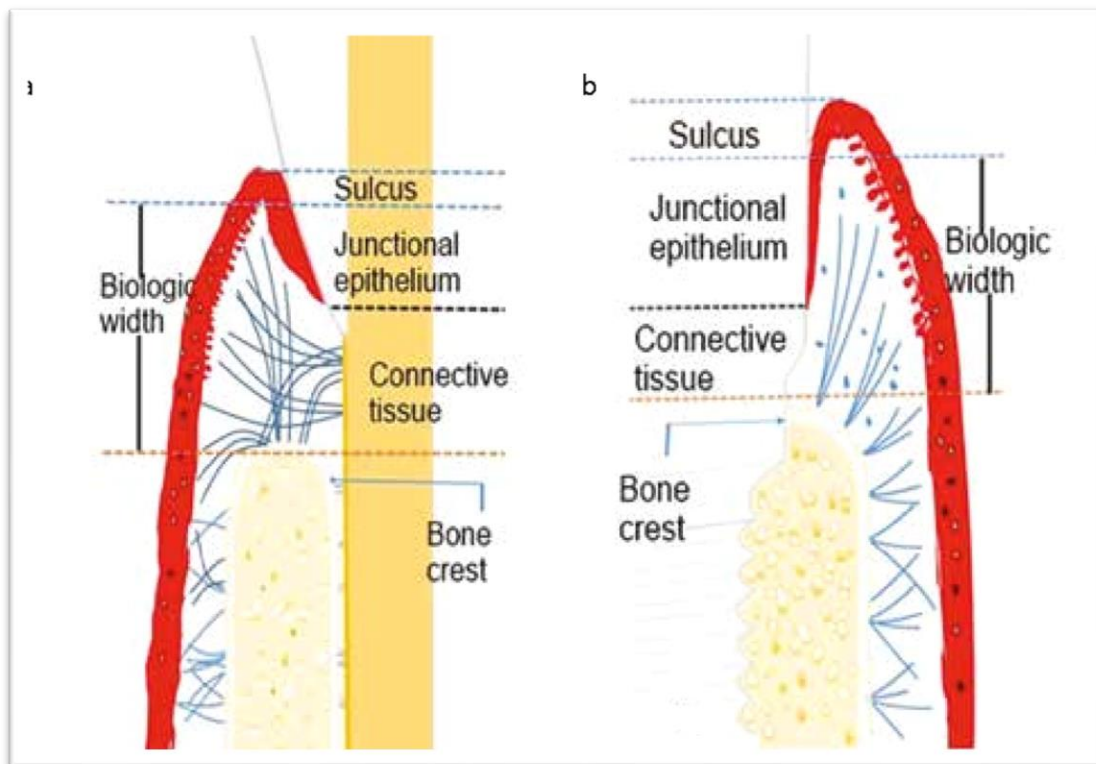


Figura 1.12: Imagen donde se compara el tejido periodontal (a) y periimplantar (b) (Warreth, Boggs, Ibieyou, El-Helali, & Hwang, 2015).

Otro de los factores importantes que pueden influir en la salud perimplantaria, es el biotipo gingival, según la clasificación de Kan et al, (2010); existen dos tipos de biotipos: el biotipo gingival delgado si la medida es ≤ 1.0 mm y grueso si mide \geq de 1.0 mm (Kan, Morimoto, Rungcharassaeng, Roe, & Smith, 2010).

Varios estudios han demostrado una mayor pérdida de hueso en implantes colocados a nivel crestal con biotipos finos y han llegado a la conclusión de que se necesita una cantidad mínima de tejido queratinizado alrededor de los implantes, para reducir la recesión tisular (Tenenbaum, Schaaf & Cuisinier, 2003; Zigdon & Machtei, 2008) y pérdida de hueso crestal (Bouri, Bissada, Al-Zahrani,

Faddoul, & Nouneh, 2008; Chow & Wang, 2010; Oh et al., 2002; Schrott, Jimenez, Hwang, Fiorellini, & Weber, 2009; Vervaeke et al., 2018).

1.12 Análisis de Frecuencia de Resonancia (AFR) en implantes

Este método diagnóstico no invasivo, ha ganado popularidad recientemente. Gracias a él, podemos valorar la estabilidad del implante y la densidad ósea en varios puntos de tiempo mediante vibración. La frecuencia de resonancia se mide atornillando un dispositivo transductor al implante (Sennerby & Meredith, 2008) (Fig. 1.13).



Figura 1.13: (a) Imagen del AFR de un implante. (b) Imagen de Multipeg para medición. Fuente: Penguin^{RFA} Klockner® Barcelona-España.

El transductor consta de dos elementos; uno es el que envía la señal y el otro el receptor. Los picos de resonancia de la señal recibida indican la primera frecuencia de resonancia de flexión del objeto. Se ha establecido que este pico de resonancia se puede usar para evaluar la estabilidad del implante en forma

cuantitativa. El hueso y el implante actúan como una sola unidad, y cuando se aplica una fuerza sinusoidal, dependiendo de la resonancia obtenida, se puede medir la estabilidad de implante. De esta manera cuanto más rígida es la interfase implante-hueso, mayor es la frecuencia. La rigidez viene determinada por la densidad del tipo de hueso y varía frente a un hueso esponjoso o cortical (Atsumi et al., 2007).

En el año 2000, se creó el instrumento Ostell®, quien determinó el cociente de estabilidad ISQ (*Implant Stability Quotient*) como una unidad de medida. La frecuencia de oscilación del implante en el hueso es transformada de valores en Hertz (Hz) a unidades ISQ, así pues, los valores de resonancia que van de 3.500 a 8.500Hz, se traducen en unos valores ISQ que van de 0 a 100 (Lee, Huang, Lin, & Shih, 2000). Los valores más altos significan una mayor estabilidad, y los bajos, menor. Se ha establecido que para que un implante tenga un buen pronóstico, debe presentar un valor ISQ mayor de 65. Un ISQ menor de 50 puede ser compatible con un riesgo de fracaso del implante (Atsumi et al., 2007).

Este instrumento, nos sirve como un criterio de diagnóstico para valorar el éxito de los implantes. Sin embargo, los valores ISQ pueden ser bastante confiables cuando un implante ha logrado una oseointegración y la interfaz hueso-implante es rígida y como resultado obtenemos puntuaciones altas. En casos donde la oseointegración es dudosa, el ISQ tiende a fluctuar, coincidiendo en algunos casos en fracasos de implantes, mientras que otros después se estabilizan y logran un resultado satisfactorio. Por este motivo se recomienda realizar mediciones periódicas antes de cargar el implante hasta obtener un valor razonable (Nedir, Bischof, Szmukler-Moncler, Bernard, & Samson, 2004).

El valor de estabilidad considerado como estándar y reflejo de una adecuada osteointegración se establece en 70 ISQ. Si se han obtenido valores iniciales adecuados, pero la evolución del valor en el periodo de osteointegración desciende considerablemente, puede ser señal de un fallo en el proceso de integración (Sennerby et al., 2008).

Uno de los requisitos que intenta obtenerse mediante el acto quirúrgico, cuando se coloca un implante, es la estabilidad primaria y para ello se necesita un determinado torque de inserción. Este torque de inserción no debe ser muy alto para no crear una tensión excesiva que podría traer como consecuencia, pérdida de hueso o fracaso del implante. Cada fabricante recomienda un determinado torque máximo de inserción que va de los 35 a los 70 Ncm (Atieh, Alsabeeha, Payne, Schwass, & Duncan, 2012). Aunque el torque de inserción y el análisis de frecuencia de resonancia medida en ISQ, son dos indicadores de la estabilidad del implante, no miden ni expresan exactamente las mismas condiciones mecánicas. El torque de inserción mide la resistencia mecánica que opone la fricción con el lecho, ósea al avance en sentido apical del implante, girando sobre su eje longitudinal, y el ISQ se basa en la rigidez del contacto del implante en su lecho y por tanto su resistencia al desplazamiento lateral (Brizuela-Velasco et al., 2015).

Todas las versiones de aparatología que miden el ISQ en odontología, funcionan de manera sencilla. Se debe enroscar un aditamento transductor a la conexión del implante (cada aditamento deberá ser específico para la conexión del implante que quiera medirse), estos aditamentos especiales son magnéticos, y se activan por pulsos magnéticos enviados por el transductor del terminal del aparato. Al mismo tiempo, el terminal analiza la frecuencia del aditamento atornillado al implante y da el valor de estabilidad. Cuanto mayor es la frecuencia, mayor es la estabilidad y mayor es el índice ISQ que da el aparato. Se deben realizar dos mediciones, una en sentido mesio-distal y otra en sentido vestibulo-lingual para obtener valores desde diferentes posiciones (Fig. 1.14).

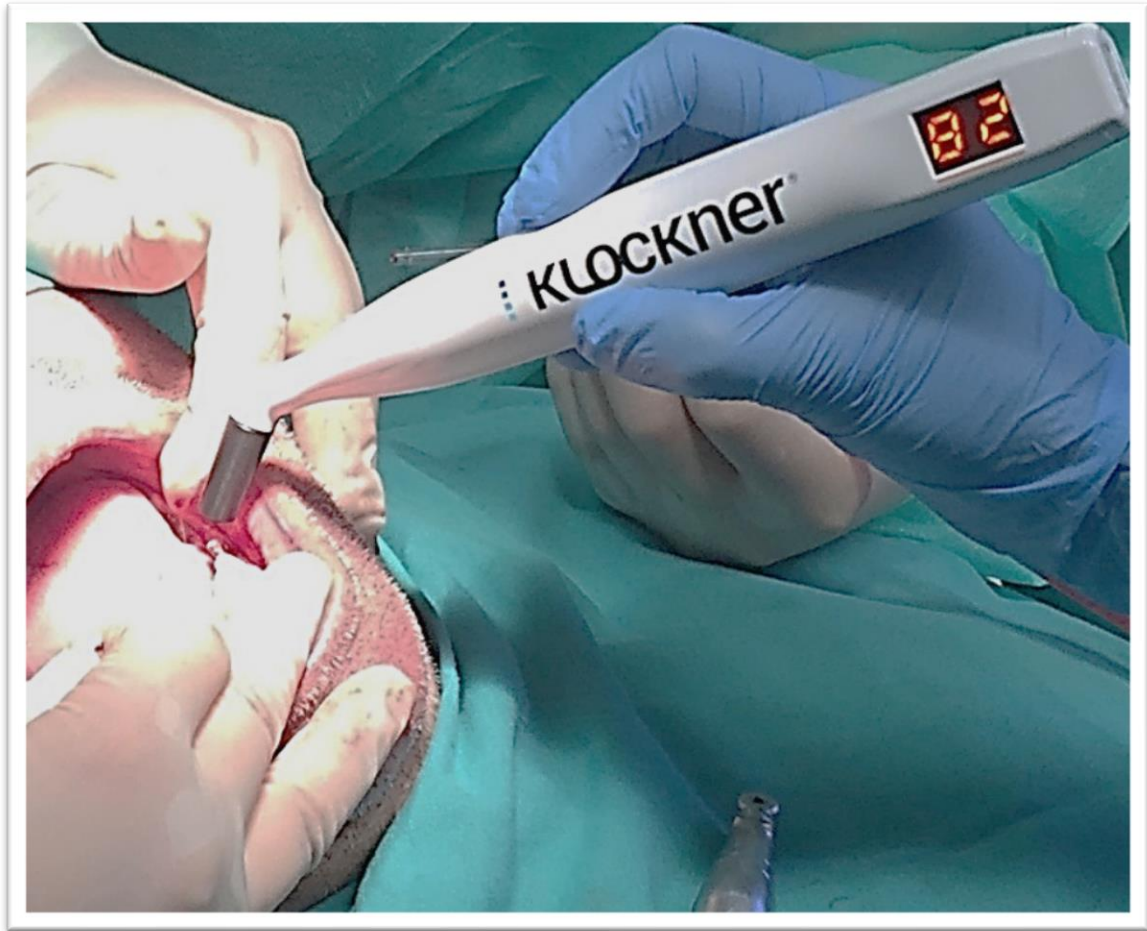


Figura 1.14: Medición AFR. Paciente estudio. Hospital Odontológico, Universidad de Barcelona.

Basándonos en los resultados de las dos revisiones sistemáticas realizadas, que analizan la conexión y la ubicación del implante respecto al hueso, podemos observar que la literatura aún no es lo suficientemente clara.

Dado que los niveles de evidencia más elevados se corresponden con ensayos clínicos, nos planteamos realizar un estudio clínico aleatorizado, con el fin de investigar si existe una mayor pérdida de hueso marginal alrededor de implantes con conexión externa frente a los de conexión interna y alrededor de implantes subcrestales vs crestales.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2.1 Hipótesis

- No existen diferencias respecto a la pérdida de hueso alrededor de implantes de conexión interna vs externa e implantes crestales vs subcrestales.

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivos Principales:

- Determinar si existe una mayor pérdida de hueso marginal alrededor de implantes con conexión externa frente a los de conexión interna.
- Analizar la influencia de la colocación crestal o subcrestal de los implantes sobre la pérdida de hueso.

2.2.2 Objetivos Secundarios:

- Evaluar si las mediciones de la frecuencia de resonancia (AFR) se correlacionan con la pérdida de hueso alrededor de implantes.
- Valorar si las mediciones del AFR tomadas en el día de la colocación del implante y el día de la segunda fase, aportan información respecto a la supervivencia de los implantes.
- Analizar si los efectos de los diferentes torques de inserción y la percepción del cirujano están relacionados con la pérdida de hueso.
- Obtener la tasa de supervivencia de los implantes colocados y evaluar los resultados clínicos alrededor de las diferentes conexiones y posiciones verticales de los implantes.
- Estudiar los efectos del tabaco en relación con la pérdida de hueso.
- Analizar si existe más pérdida de hueso alrededor de implantes puestos en mandíbula o en maxilar.
- Evaluar la influencia de la pérdida de hueso dependiendo del tipo de contacto del implante, ya sea con zonas no edéntulas o zonas edéntulas.

3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Estudio clínico

Se presenta un trabajo de investigación llevado a cabo en el Hospital Odontológico Universidad de Barcelona (Campus Universitario de Bellvitge, UB). Aprobado por el comité de ética CEIC HOUB (Comitè d'Ètica i Investigació Clínica de l'Hospital Odontològic Universitat de Barcelona) el 28 de marzo de 2017 (Anexo1).

Los pacientes elegibles, recibieron una hoja de información del estudio (Anexo 2) y los que aceptaron participar, firmaron dos consentimientos informados; uno donde se explicaba el riesgo y las complicaciones derivadas de la cirugía de colocación de implantes y el segundo donde aceptaban participar en el estudio (Anexo 3). La historia clínica junto con la exploración intraoral y la información recogida en cada visita se registraban en un fichero único de cada paciente (Anexo 4).

El estudio esta registrado en la base de datos ClinicalTrials.gov (Anexo 5). Se realizó de acuerdo con las recomendaciones generales de la Declaración de Helsinki de 1964 para investigación en biomedicina en humanos. Se tuvieron en cuenta los criterios de las guías CONSORT para la realización de ensayos clínicos.

Se llevo a cabo un ensayo clínico aleatorizado, con un tamaño muestral de 93 implantes (31 de conexión externa y 62 de conexión interna cónica: 33 con diseño para colocación infracrestal y 29 yuxtaacrestal) en 27 pacientes.

3.2 Población del estudio

Los pacientes fueron reclutados del Máster de Medicina Cirugía e Implantología Oral, que realiza la actividad clínica en el Hospital Odontològic, Universitat de Barcelona (HOUB).

3.3 Criterios de inclusión

Se incluyeron pacientes mayores de edad que presentaran edentulismo total o parcial en mandíbula y/o maxilar, con al menos 2 ausencias en el mismo maxilar. Los dientes deberían haber sido extraídos al menos 4-6 meses antes de la colocación del implante. La altura mínima de hueso debía ser de 8 mm, lo que se determinaba mediante una ortopantomografía (1:1) y CBCT que se realizó en todos los casos antes de la cirugía. El espacio donde se colocaban los implantes debía tener un volumen óseo suficiente donde no fuera necesaria la regeneración ósea (altura >7 mm y anchura de hueso >5 mm) (Fig. 3.1). La distancia mínima de un implante a los dientes adyacentes debía ser de al menos 1,5 mm, y en el caso de dos o más implantes adyacentes, al menos 3 mm entre ellos.

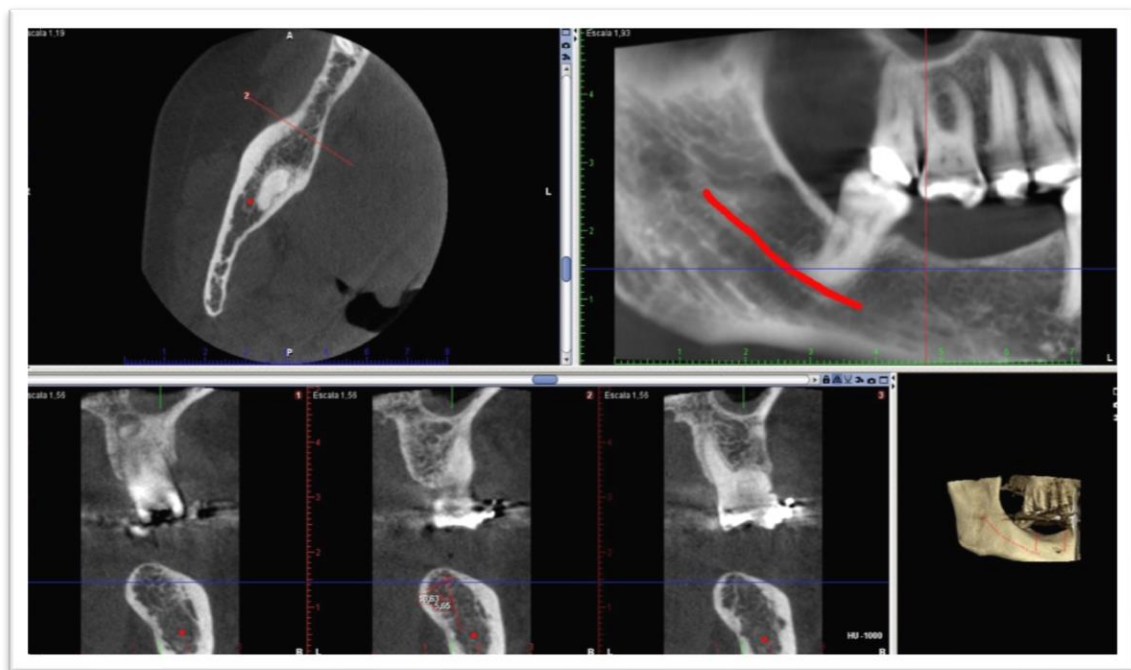


Figura 3.1: Estudio radiológico previo a la colocación de implantes, paciente del estudio.

3.4 Criterios de exclusión

Se excluyeron pacientes con historia de uso de Bisfosfonatos u otros fármacos antirresortivos, evidencia de enfermedades sistémicas graves como infarto

reciente, diabetes descontrolada, desordenes de la coagulación, cáncer, contraindicaciones psiquiátricas, infección activa en la zona de los implantes, ausencia de antagonista en la zona de colocación de implantes, tratamientos farmacológicos capaces de afectar la salud gingival y mujeres embarazadas o lactantes.

Cuando se decidía que un paciente cumplía los criterios de inclusión en el estudio, se le entregaba la hoja de información, donde se describía todas las visitas necesarias a las que se comprometía el paciente y la duración del estudio. Una vez firmado el consentimiento informado, se realizaba una historia clínica detallada propia del estudio, que incluía antecedentes patológicos familiares, personales, alergias (incluida la alergia al titanio), hábitos tóxicos, en caso de ser fumador, número de cigarrillos por día, medicación actual, altura, peso, parafunciones, frecuencia de cepillado y uso de hilo dental. También se realizaba una exploración intraoral donde se registraban ausencias, tratamientos realizados, índice de placa, sondaje, contacto por mesial y distal de la zona a implantar y tipo de dientes o prótesis antagonista.

3.5 Variables analizadas

3.5.1 Variables prequirúrgicas

Se eligieron las siguientes variables prequirúrgicas descritas en la tabla 3.1

Variables Cualitativas Prequirúrgicas
Género
Hábitos tóxicos como tabaco
Tipo de maxilar (mandíbula o maxilar superior)
Variables Cuantitativas Prequirúrgicas
Edad
Número de cigarrillos diarios

Tabla 3.1: Clasificación de variables preoperatorias del estudio.

3.5.2 Variables Intraquirúrgicas

El resumen de las variables más importantes analizadas intraquirúrgicas, se describen en la tabla 3.2.

Variable Cualitativas Intraquirúrgicas
Tipo de conexión
Posición de implante (Crestal o Subcrestal)
Inserción del implante (resistencia del hueso)
Contactos de los implantes (hacia mesial y distal)
Variable Cuantitativas Intraquirúrgicas
AFR Vestíbulo-Palatino
AFR Mesio-Distal
Distancia mesial desde la altura cero del implante al contacto con el hueso (Positivo-Negativo)
Distancia distal desde la altura cero del implante al contacto con el hueso (Positivo-Negativo)

AFR: Análisis de frecuencia de resonancia

Tabla 3.2: Variables intraoperatorias cualitativas y cuantitativas.

3.6 Diseño del estudio y aleatorización

Dentro de los estudios clínicos encontramos el diseño de boca dividida, conocido en investigaciones relacionadas con la Odontología. En ellos se intenta eliminar gran parte de la variabilidad que hay entre sujetos, asignando tratamientos de manera aleatoria a una de las dos mitades de la boca, para posteriormente ser comparados.

Nuestro estudio, si bien no es un estudio de boca partida clásico debido a que el reclutamiento de pacientes podría haberse visto obstaculizado por la necesidad de patrones de ausencias simétricos, se basó en el trabajo de Lesaffre et al, 2009 (Lesaffre, Philstrom, Needleman, & Worthington, 2009), donde se impuso como criterio de inclusión, que los pacientes presentaran como mínimo dos espacios edéntulos en el mismo maxilar. De esta manera podríamos comparar las diferentes conexiones o posiciones verticales de implantes, en el mismo maxilar y en el mismo individuo. Se decidió que la aleatorización debía realizarse

en el mismo tipo de maxilar, por el hecho de que la osificación de la mandíbula y el maxilar superior, son diferentes entre sí (Koh et al., 2011) y esto podría inducir a un sesgo a la hora de comparar la pérdida de hueso.

Previo a la cirugía, la doctoranda (NPG), realizó la aleatorización y asignación de los implantes mediante una aplicación que genera números aleatorios (*Números aleatorios - Versión 4.2*).

En cada maxilar, a cada espacio edéntulo, se le asignó una letra aleatoriamente (A,B,C,D,..). Siguiendo el orden alfabético a cada letra se le asignó aleatoriamente la conexión a utilizar, según se detalla a continuación:

- 2 espacios edéntulos:

A: conexión externa, conexión interna crestal o conexión interna infracrestal (aleatorio)

B: escoger aleatoriamente entre las dos opciones restantes

- 3 espacios edéntulos:

A: conexión externa, conexión interna crestal o conexión interna infracrestal

B: escoger aleatoriamente entre las dos opciones restantes

C: el tipo de conexión o tipo de colocación de implante que quede pendiente

- 4 espacios edéntulos:

A: conexión externa, conexión interna crestal o conexión interna infracrestal

B: escoger aleatoriamente entre las dos opciones restantes

C: el tipo de conexión o tipo de colocación de implante que quede pendiente

D: conexión externa, conexión interna crestal o conexión interna infracrestal

- 5 espacios edéntulos

A: conexión externa, conexión interna crestal o conexión interna infracrestal

B: escoger aleatoriamente entre las dos opciones restantes

C: el tipo de conexión o tipo de colocación de implante que quede pendiente

D: conexión externa, conexión interna crestal o conexión interna infracrestal

E: escoger aleatoriamente entre las dos opciones restantes

- 6 espacios edéntulos

A: conexión externa, conexión interna crestal o conexión interna infracrestal

B: escoger aleatoriamente entre las dos opciones restantes

C: el tipo de conexión o tipo de colocación de implante que quede pendiente

D: conexión externa, conexión interna crestal o conexión interna infracrestal

E: escoger aleatoriamente entre las dos opciones restantes

F: el tipo de conexión o tipo de colocación de implante que quede pendiente

3.7 Cronograma y detalles de las intervenciones

Todos los implantes fueron colocados por alumnos de 3º del máster de Medicina, Cirugía e Implantología Oral de la Universidad de Barcelona.

Todas las cirugías fueron supervisadas por la doctoranda.

3.7.1 Intervención quirúrgica

Se estableció un protocolo de orden de colocación de implantes, empezando siempre por el 4to cuadrante, seguido por 1er cuadrante, 2do y 3ro. En caso de necesidad de más de un implante por cuadrante, se empezó siempre por el implante más mesial.

En caso de ser asignados implantes de conexión externa (implantes Uneva®), estos debían ser colocados con la zona pulida de la plataforma del implante a nivel crestal (Fig. 3.2).

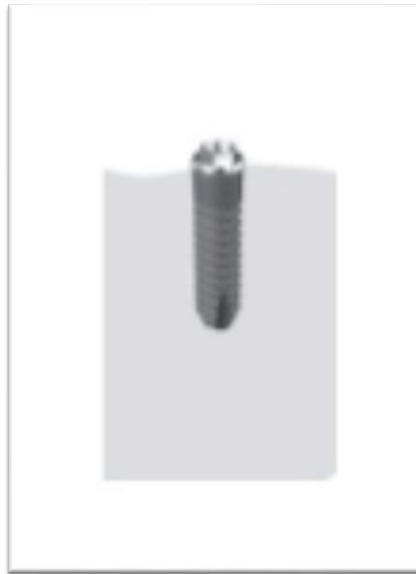


Figura 3.2: Colocación respecto a la cresta ósea del implante Uneva®. Imagen basada en implantes marca ETK® Sant Boi de Llobregat, Barcelona, España.

En caso de ser implantes de conexión interna, si eran implantes tratados hasta el cuello (implantes Naturactis®), debían sumergirse y dejarse a nivel infracrestal de 0.1 a 2.5 mm (Fig. 3.3).



Figura 3.3: Colocación respecto a la cresta ósea del implante Naturactis®. Imagen basada en implantes marca ETK®.

En caso de ser implantes de conexión interna con el cuello pulido (implantes Naturall®), estos debían ser colocados a nivel crestal (Fig. 3.4).



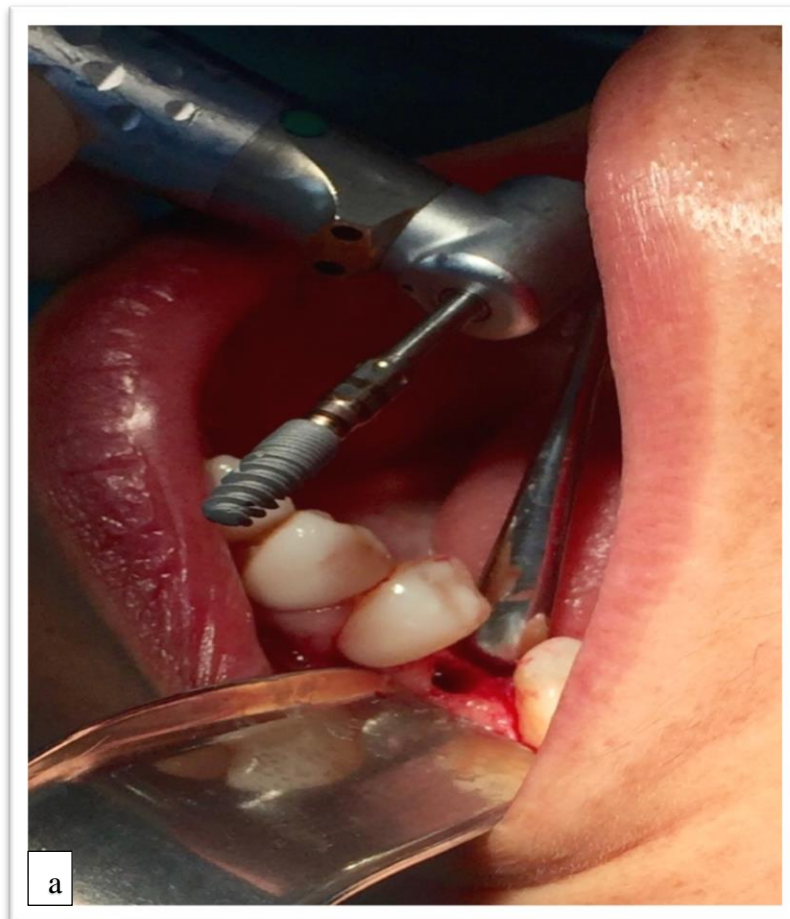
Figura 3.4: Colocación respecto a la cresta ósea del implante Naturall®. Imagen basada en implantes marca ETK®.

Una vez realizadas las mediciones en el CBCT y según la disposición ósea, se elegía la longitud y el diámetro de los implantes (Fig. 3.5), y esto se registraba junto con la posición del implante (anterior, premolar o molar) en la hoja de recogida de datos.



Figura 3.5: Diseño y medidas de los implantes marca ETK®.

En todos los casos se siguió el mismo protocolo quirúrgico: Anestesia local con Articaína 4% con 1:100.000 de Epinefrina (Inibsa®, Lliça de Vall, Barcelona), incisión crestal y levantamiento de colgajo mucoperióstico a espesor total. La secuencia de fresado se llevó a cabo de acuerdo con las instrucciones de la marca de implantes ETK® en relación con la calidad ósea, disminuyendo la velocidad de fresado a medida que aumenta el diámetro de la fresa, para disminuir el calentamiento del lecho óseo del implante. La perforación se realizó con irrigación con suero salino (Fig. 3.6.a, b, c).



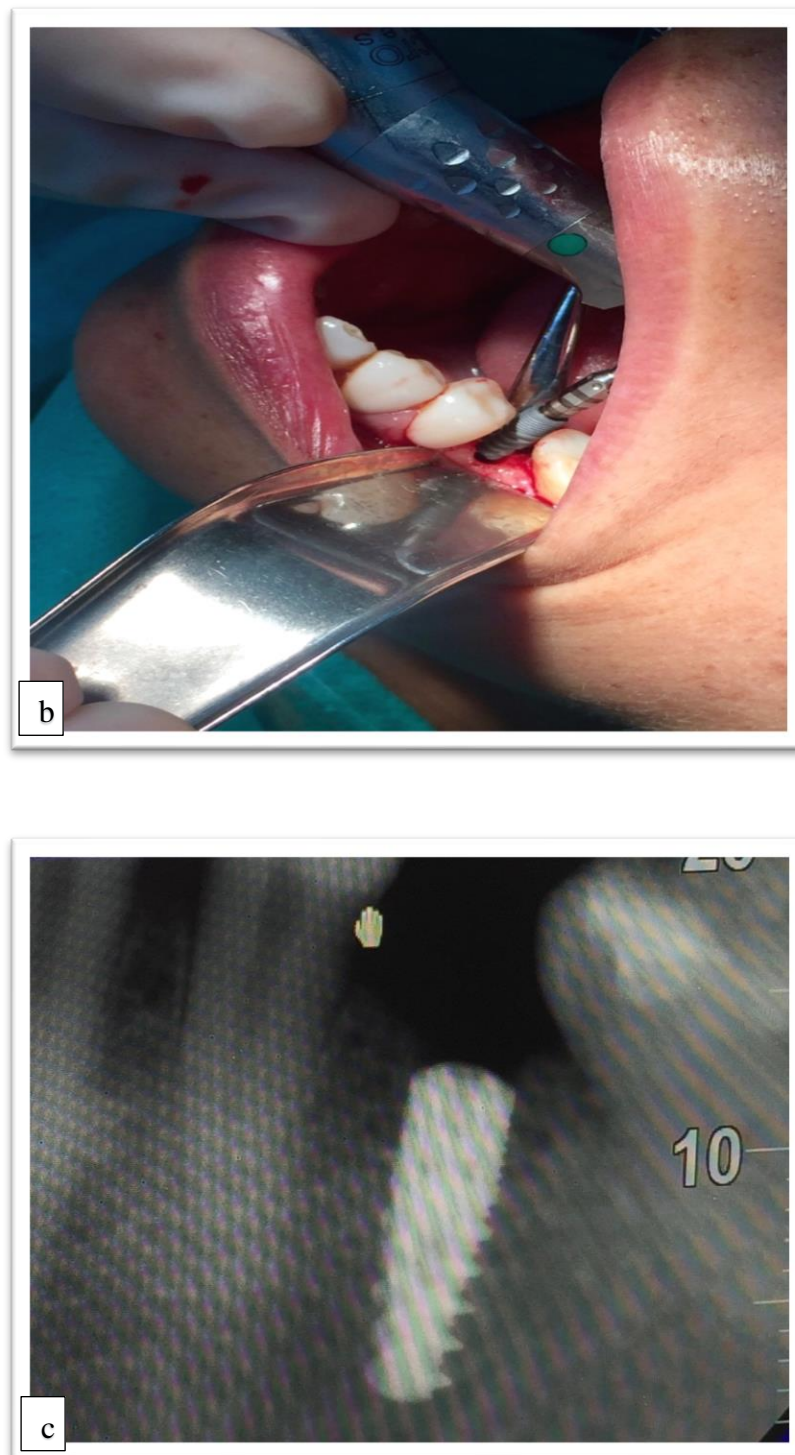


Figura 3.6. a, b, c: Imágenes del proceso quirúrgico y radiografía postoperatoria. Colocación de un implante de conexión interna, diseñado para colocación infracrestal. Paciente del estudio.

Durante las cirugías, la doctoranda se encargó de controlar que se cumpliera el protocolo quirúrgico y de recoger la siguiente información en la hoja de datos:

- Revoluciones a las que se colocó el implante partiendo de 32rpm.
- Dolor durante la cirugía (escala EVA de 0 a 10).
- Ncm del motor en la inserción del implante, partiendo de 35Ncm.
- Fenestraciones, dehiscencias u otras complicaciones intraoperatorias.
- Inserción del implante: Se registró como se acababa de colocar el implante. Aun siguiendo un protocolo de fresado estricto, podía haber variaciones durante la inserción. Las posibilidades se describen en la tabla 3.3 y para su posterior análisis se agruparon en una variable dicotómica, donde se consideraría de 0 a 2: bajo torque de inserción y de 3 a 10: alto torque de inserción.

Inserción del implante con el motor programado a 35Ncm inicialmente	
0.	La estabilidad del implante es baja (puede rotar con torque manual)
1.	El motor se detiene cuando se ha introducido el implante por completo
2.	El motor no se detiene y el implante continúa rotando dentro del lecho implantario
3.	El motor se detiene, se aumentan los Ncm en el motor (máx 50Ncm) y se continua la inserción con el motor
4.	El motor se detiene y se continúa la inserción con carraca (1 a 2 espiras)
5.	El motor se detiene y se continúa la inserción con carraca (2 a 3 espiras)
6.	El motor se detiene y se continúa la inserción con carraca (3 a 4 espiras)
7.	El motor se detiene faltando varias espiras y es retirado para fresar más. Se acaba introduciendo con motor aumentando los Ncm
8.	El motor se detiene faltando varias espiras y es retirado para fresar más. Se introduce con motor y las últimas espiras con carraca
9.	El implante tiene movilidad y es retirado para colocar otro de un diámetro mayor. Se introduce con motor aumentando los Ncm
10.	El implante tiene movilidad y es retirado para colocar otro de un diámetro mayor. Se introduce con motor y se acaba con carraca

Tabla 3.3: Torque de inserción el día de la cirugía implantológica.

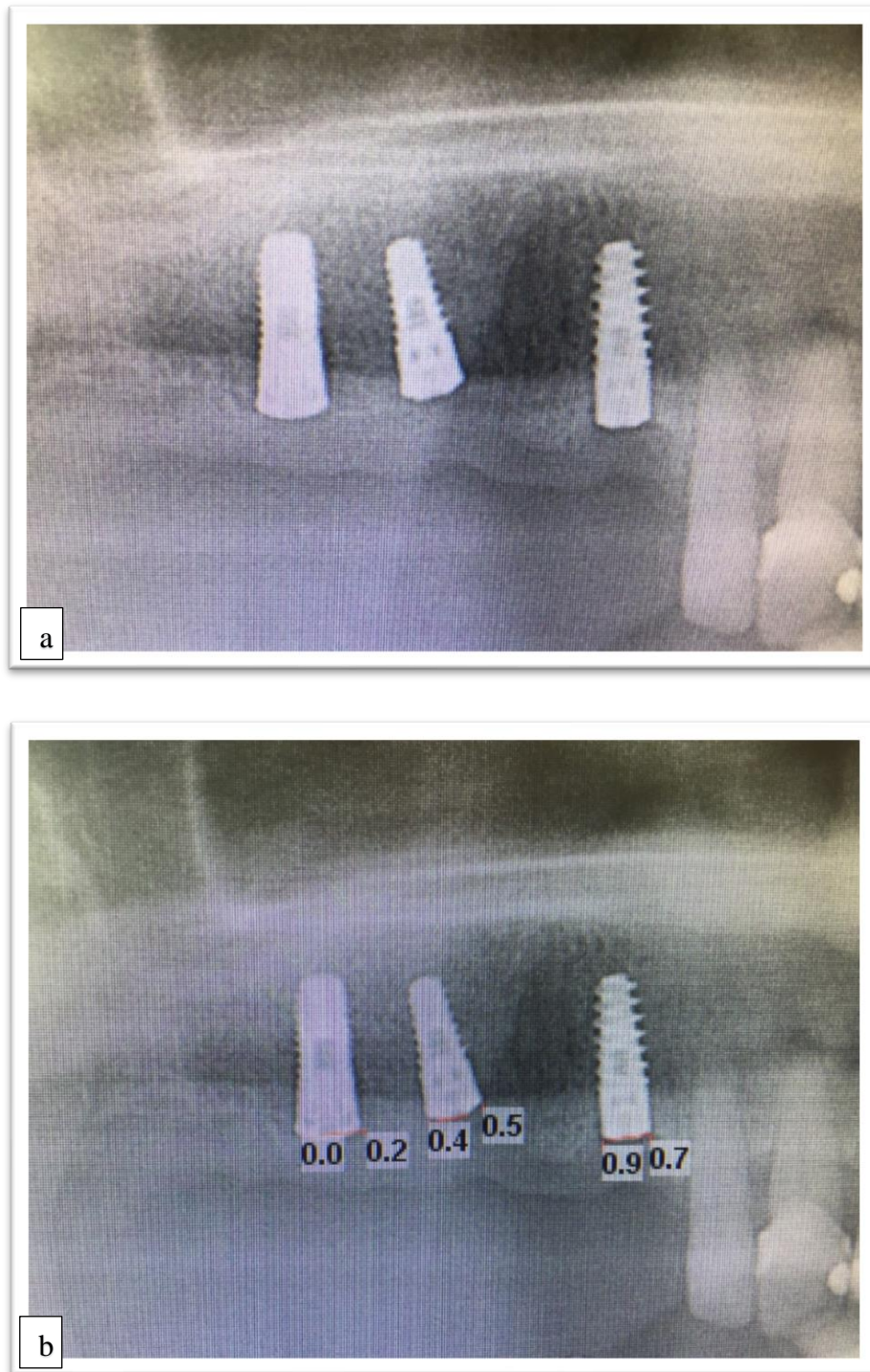
- Sangrado durante la preparación del lecho periimplantario: Bajo, normal, abundante. Para realizar esta valoración, se acordó: i) que un sangrado bajo, consistía en que una vez realizado el fresado, la sangre se localizaba en la zona apical del hueso. ii) Sangrado normal, si la sangre llenaba mitad o todo el lecho. iii) Sangrado abundante, si la sangre extravasaba el lecho.
- Contactos de los implantes: Se registró el tipo de contactos de los implantes del estudio, tanto hacia mesial como distal. Para la facilitación de su posterior análisis, en la regresión lineal, las diferentes posibilidades se resumieron en una variable dicotómica que toma el valor de 0 al tratarse de zona edéntula (a) o el valor de 1 al tratarse de zona no edéntula (b) (Tabla 3.4).

Tipo de contacto	
Contacto por mesial del implante	a.Zona edéntula
	b.Diente
	b.Corona sobre implante
	b.Pónticos de prótesis fijas
	b.Implantes del mismo estudio
	b.Pónticos de las prótesis de los implantes de este estudio
Contacto por distal del implante	a.Zona edéntula
	b.Diente
	b.Corona sobre implante
	b.Pónticos de prótesis fijas
	b.Implantes del mismo estudio
	b.Pónticos de las prótesis de los implantes de este estudio

Tabla 3.4: Contactos hacia mesial y distal de los implantes.

- Densidad de hueso. Se tuvo en cuenta la clasificación de Lekholm y Zarb de 1985 según las características del hueso cortical y trabecular: D1; Hueso cortical denso, D2; Hueso cortical poroso denso, D3; cresta cortical porosa y delgada seguida de hueso trabecular fino, D4; Hueso poroso con cortical mínima o nula (Norton & Gamble, 2001).

- Cierre completo del colgajo. Se controló si se conseguía un cierre completo del colgajo después de la sutura. En todos los casos, la sutura se realizó con Supramid 4/0 poliamida (Aragó®, Barcelona, España).
- Frecuencia de Resonancia de los implantes (AFR) mediante el dispositivo Penguin RFA® (Penguin RFA, Klokner Barcelona-España). Antes de colocar el pilar de cierre al implante, mediante un transportador manual, se atornillaba el Multipeg® a la cabeza del implante. Cuando se activaba el instrumento, este enviaba impulsos magnéticos desde la punta que interactuaban con el imán del Multipeg®, haciendo que este vibrara. Este campo magnético era captado por un sensor del instrumento que calculaba la frecuencia dando el resultado en un valor ISQ. Siguiendo las instrucciones del fabricante, la punta del instrumento no debía estar en contacto directo con el Multipeg®. Se hicieron dos mediciones por cada implante: una vestibulo-palatina desde el lado vestibular y una mesio-distal desde el lado mesial, posicionando el instrumento perpendicularmente a la cresta ósea.
- Ortopantomografía postoperatoria. En ella la doctoranda realizaba las mediciones de la ubicación del implante respecto al hueso crestal (Fig. 3.7 a y b). Esta información se registraba en la hoja de recogida de datos. Para fines de medición, se seleccionaban dos puntos de referencia visibles en la plataforma del implante y se trazaba una línea recta uniéndolos para representar la altura cero. Después se trazaba una línea perpendicular mesial y distal al implante, desde la altura cero hasta el contacto con el hueso. Si el implante estaba a nivel coronal con respecto al hueso, el resultado se interpretaría como negativo, mientras que, si el implante estaba en posición infracrestal, el resultado sería positivo. Posteriormente para su análisis se realizaba un promedio entre mesial y distal de cada implante para tener un resultado único.

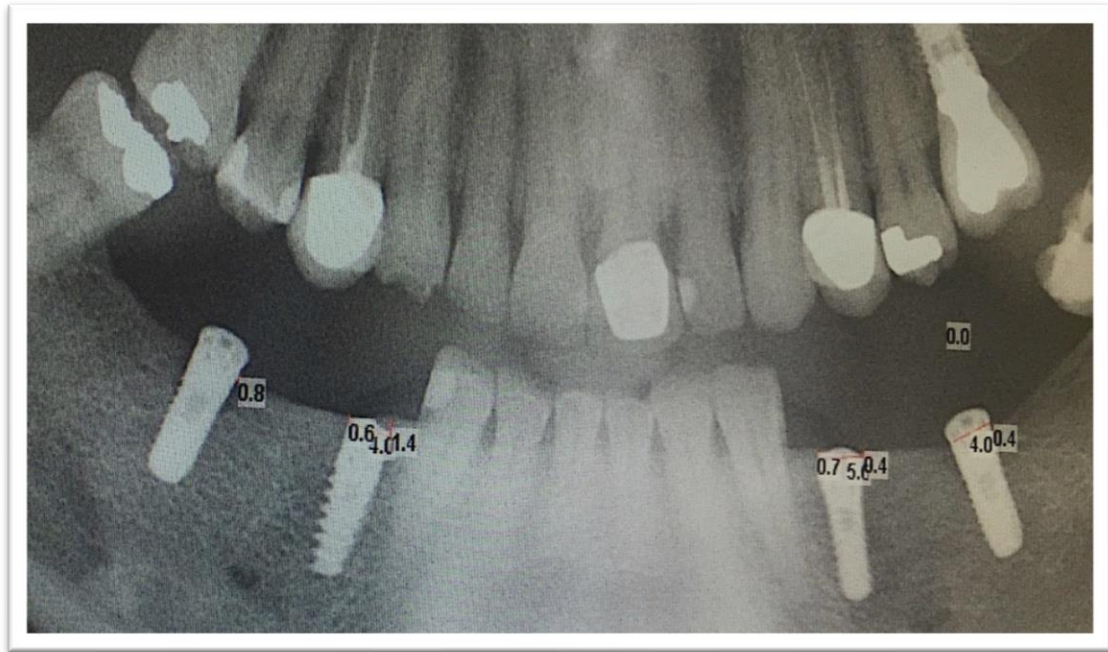


De derecha a izquierda:

- 13: implante conexión interna Naturactis® (subcrestal)
- 15: implante de conexión interna Naturall® (crestal)
- 16: implante de conexión externa Uneva®

Figura 3.7 a y b: Imagen de ortopantomografía postoperatoria. Paciente estudio.

A continuación, en la figura 3.8, también puede observarse otro ejemplo de ortopantomografía postoperatoria de un paciente del estudio, donde se han realizado las mediciones de los implantes con respecto al hueso crestal, justo después de la colocación de los mismos.



4to cuadrante:

- 44: implante de conexión interna Naturactis® (subcrestal)
- 46: implante de conexión externa Uneva®

3er cuadrante:

- 34: implante de conexión interna Naturall® (crestal)
- 36: implante de conexión externa Uneva®

Figura 3.8: Imagen de ortopantomografía postoperatoria. Paciente estudio.

- Medicación postoperatoria: La doctoranda controlaba que a cada paciente se le recetara una pauta antibiótica de Amoxicilina 875mg + Ácido Clavulánico 125mg (EFG) 1 comprimido cada 8 horas durante 5 días. En caso de alergia, se recetaba Clindamicina 300mg 1 comprimido cada 8 horas durante 5 días. También se les dio instrucciones postoperatorias por escrito que incluían el uso de colutorio (Bexetident Post®, Digluconato de

clorhexidina 0.2 %; Chitosan 0.5 %; Dexpanthenol 5 %; Alantoína 0.15%; Sacarina sódica 0.01%)¹ 3 veces al día, durante 2 semanas, dieta blanda durante 40 días e Ibuprofeno 600mg cada 8 horas durante 2 días. Si el paciente lo requiriera podría consumir Paracetamol 500mg hasta tres tomas al día.

- Encuesta postoperatoria. Por último, el paciente recibía una encuesta de información postoperatoria donde debía especificar la medicación que tomó, horas en que tardó en pasar el efecto de la anestesia y la valoración del dolor en una escala de 0 a 10.

3.7.2 Control postoperatorio y visitas de seguimiento

A continuación, se describen los procedimientos que se realizaron a los pacientes en cada visita de seguimiento del estudio, una vez colocados los implantes:

3.7.2.1 1ª Visita: A los 7 (+/- 2 días) días de colocar el implante.

- Retirar la sutura.
- Recogida de encuesta de información postoperatoria.
- Control de tejidos blandos; se controló que los pilares de cierre no estuvieran expuestos, presencia de inflamación, sangrado o supuración (Fig. 3.9).

¹ La marca comercial que cumple estas características es Bexident®post colutorio, ISDIN SL., Barcelona.

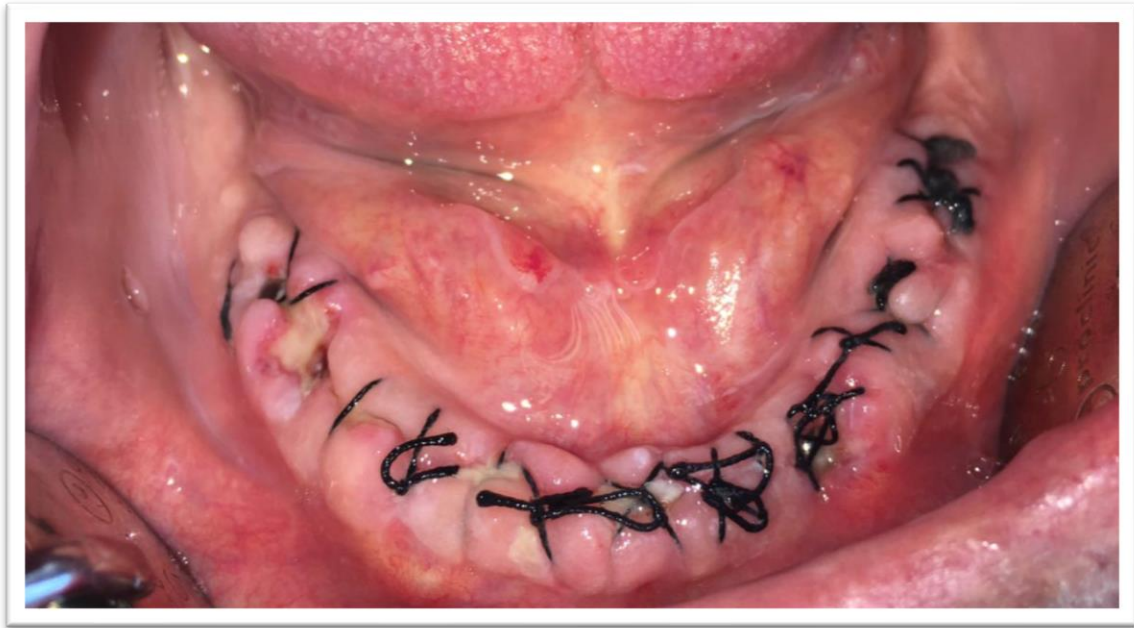


Figura 3.9: Retirada de sutura. Paciente estudio.

3.7.2.2 2ª Visita: Al mes (+/- 5 días) de la colocación de los implantes.

- Control radiográfico (ortopantomografía) de la pérdida de hueso mediante mediciones (Fig. 3.10).



- 32: implante de conexión externa Uneva®
- 35: implante de conexión interna Naturall® (crestal)
- 42: implante de conexión externa Uneva®
- 45: implante de conexión interna Naturactis® (subcrestal)

Figura 3.10: Control radiológico al mes de la colocación de implantes.

- Tejidos blandos; se controló que los pilares de cierre no estuvieran expuestos, presencia de inflamación, sangrado o supuración (Fig. 3.11).



Figura 3.11: Control tejidos blandos al mes. Paciente del estudio.

3.7.2.3 3ª Visita: A los 3 meses (+/-1 mes) si los implantes se habían colocado en mandíbula y a los cuatro meses (+/-1 mes) en maxilar.

Durante el período de osteointegración no se colocaron provisionales implantosoportados. La rehabilitación protésica, dependería del número de implantes colocados: se realizarían fundas individuales (atornilladas), prótesis fijas parciales (atornilladas) o sobredentaduras sobre Locators®. En esta visita se realizó el siguiente procedimiento:

- Control de tejidos blandos; controlar que los pilares de cierre no estuvieran expuestos, presencia de inflamación, sangrado o supuración.
- Segunda fase, colocación del pilar de cicatrización (Fig. 3.12).

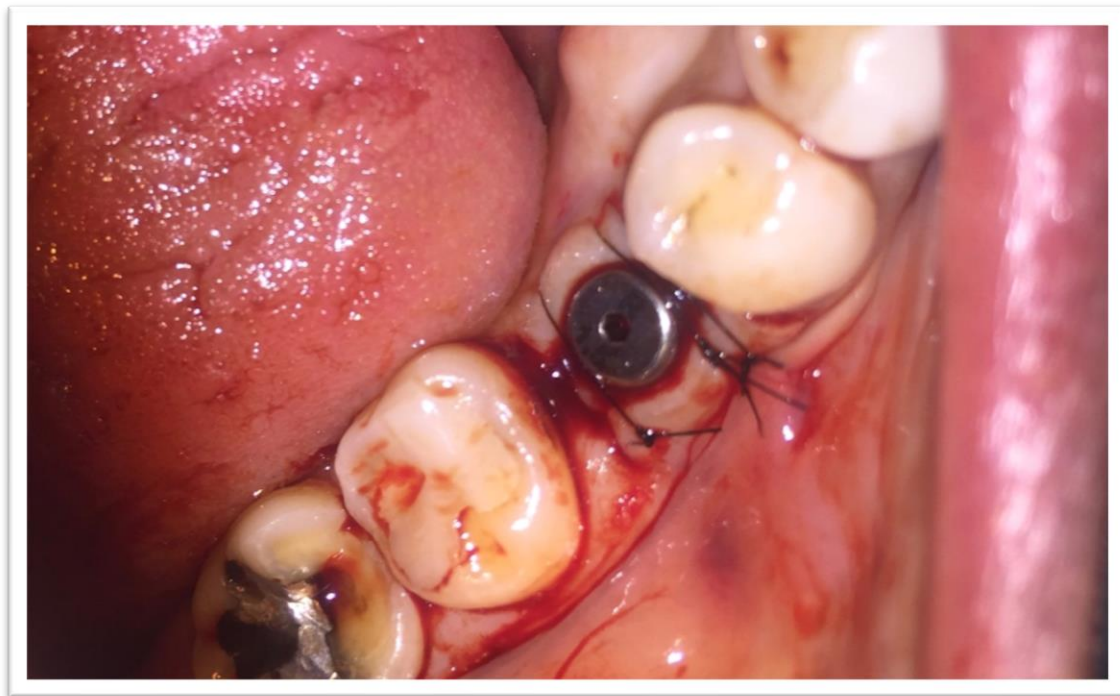


Figura 3.12: Colocación de pilar de cicatrización. Paciente estudio.

- Análisis de la Frecuencia de Resonancia de los implantes (AFR) mediante el dispositivo Penguin RFA® (Penguin RFA, Suecia).
- De acuerdo con los criterios clínicos y radiográficos de Buser et al, (1990) se analizaba de cada implante el éxito o fracaso de los implantes en el momento de la colocación del pilar de cicatrización (Buser D & Weber HP, 1990) (Tabla 3.5).

1. ¿Presenta persistentes quejas subjetivas como dolor, sensación de cuerpo extraño y/o disestesia?	Si	No
2. ¿Tiene infección periimplante recurrente con supuración?	Si	No
3. ¿Tiene movilidad?	Si	No
4. ¿Tiene una radiolucidez continua alrededor del implante?	Si	No
5. ¿Tiene posibilidad de restauración?	Si	No

Tabla 3.5: Criterios de éxito (Buser et al, 1990).

Una vez pasados 15 días, los pacientes podían ser derivados con alumnos del máster de prótesis o con los prostodoncistas asistenciales del Hospital

Odontológico, para iniciar el proceso rehabilitador de los implantes. La doctoranda NPG, se encargaba de facilitar los aditamentos necesarios para la realización de la prótesis y de controlar dicho procedimiento.

Las prótesis se realizarían con diseño CAD-CAM hecho en el laboratorio en el caso de prótesis atornilladas de metal-cerámica. Las sobredentaduras serían de resina con estructura metálica, sobre interfases tipo Locators®. En coronas unitarias no se utilizarían interfases. En el caso de puentes metal-cerámica, según el criterio de los profesores del máster de prótesis, se podría elegir si era necesario colocar pilares tipo *Multi-unit* de la casa ETK®, llamados pilares Tetra® a los implantes de conexión interna.

3.7.2.4 4ª Visita: A los 15 días (+/-7 días) después de la realización de la segunda fase.

- Periapical de verificación con transfer atornillado al implante (Fig. 3.13).
- Toma de impresiones con cubeta abierta.
- Registro de mordida.

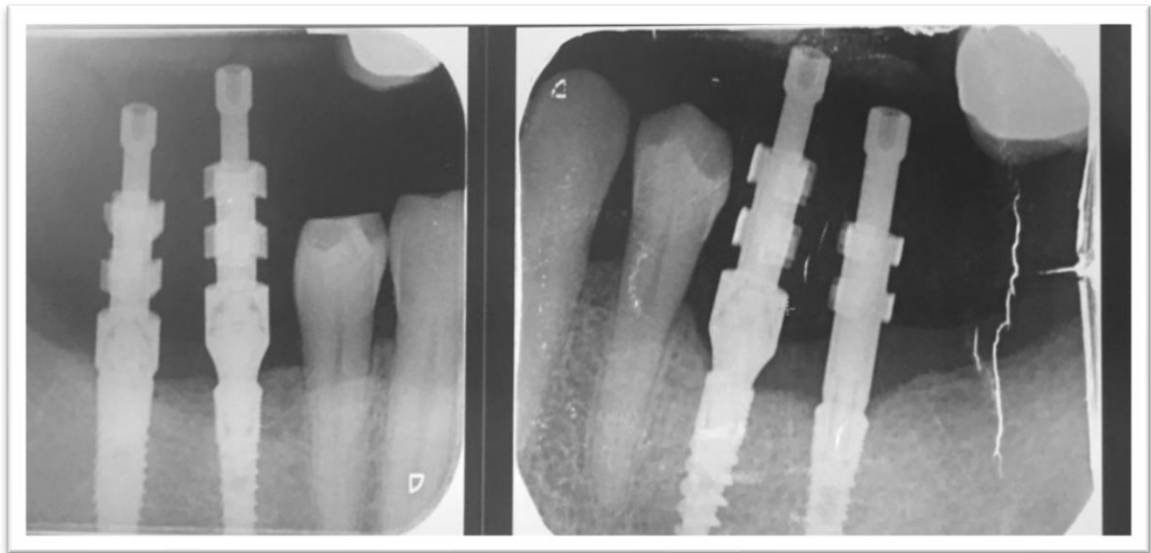


Figura 3.13: periapical con *transfer* para verificar adaptación. Paciente estudio.

3.7.2.5 5ª Visita: A los 15 días después de la toma de impresiones.

- Prueba de metal.
- Registro de mordida.
- Toma de color.
- Periapical de verificación de ajuste (Fig. 3.14).

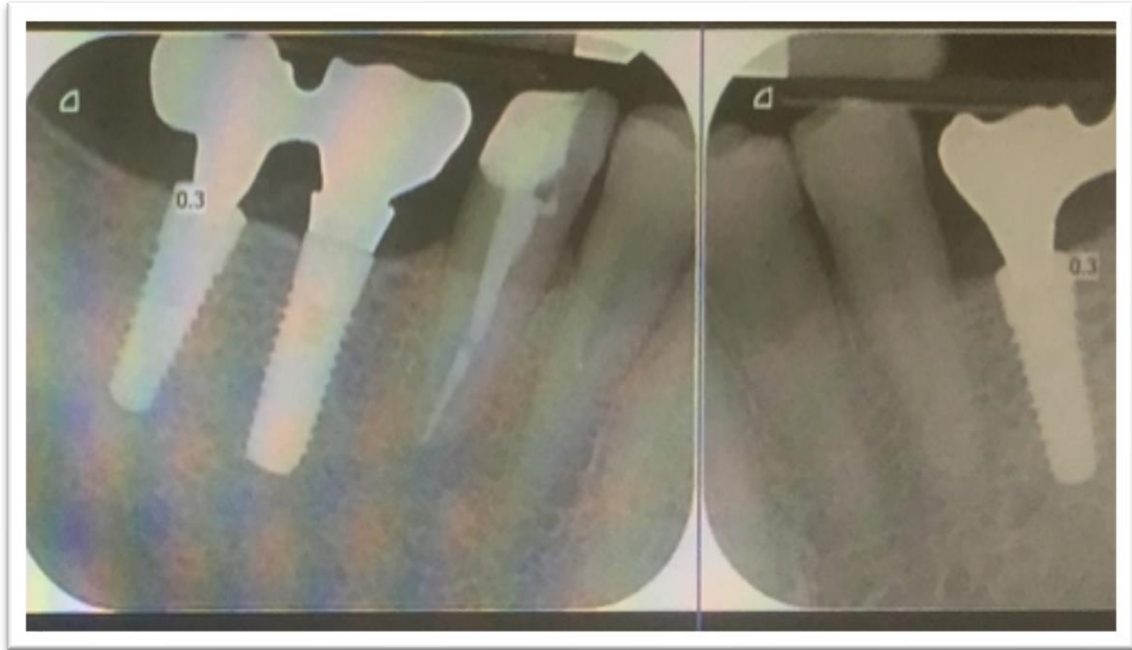


Figura 3.14: Verificación de ajuste pasivo del metal. Paciente estudio.

3.7.2.6 6ª Visita: A los 15 días (+/-7 días) después de la prueba de metal.

- Análisis de la Frecuencia de Resonancia de los implantes (AFR) mediante el dispositivo Penguin RFA® (Penguin RFA, Suecia).
- Entrega de la prótesis (Fig. 3.15).



Figura 3.15: Entrega de puente fijo atornillado en 1er cuadrante, implantes a nivel de 14,16 y 17, pónico en 15. Paciente estudio.

- Control oclusión.
- Atornillado a 25 Ncm (torque recomendado según la casa comercial), tapando el orificio de acceso de las coronas con teflón y composite híbrido (Tetric-Ceram, Ivoclar Vivadent®, Schaan, Liechtenstein).
- Control radiográfico (ortopantomografía) de la pérdida de hueso (Fig. 3.16).



Figura 3.16: Ortopantomografía del día de la colocación de las coronas. Paciente estudio.

3.8 Evaluación de resultados

i.-Resumen del control radiográfico para controlar la pérdida de hueso (Tabla 3.6).

Para determinar los tiempos de adquisición de radiografías, nos hemos basado en el trabajo de Galindo et al, (2015). Para mejor reproductibilidad, todas las mediciones realizadas en las radiografías fueron hechas por un examinador (NPG). Las mediciones se realizaron con el software Planmeca Romexis® para procesar imágenes 2D generadas por las unidades de rayos X. Sus herramientas de análisis garantizaban que la calibración realizada previa a las mediciones fuera correcta. Una vez hecha la calibración, se seleccionaban dos puntos de referencia visibles en la plataforma del implante y se trazaba una línea recta uniéndolos para representar la altura cero y una línea perpendicular mesial y distal al implante desde la altura cero al contacto con el hueso. Si el implante estaba alojado a nivel coronal con respecto a la cresta ósea, la cifra era negativa, mientras que, si estaba alojado infracrestal al hueso, la cifra sería positiva. La diferencia entre el valor registrado en el momento de la colocación del implante

(T0), al mes de la colocación del implante (T1) y en la colocación de la prótesis (T2), se utilizaron para calcular la pérdida ósea mesial y distal al implante.

Día de la colocación de los implantes. Promedio medición mesio-distal	T0
Al mes de la colocación del implante. Promedio medición mesio-distal	T1
Cuando se realiza la restauración protésica. Promedio medición mesio-distal	T2

Tabla 3.6: Controles radiológicos (Galindo-Moreno et al., 2015).

ii.-Resumen del análisis de frecuencia de resonancia de los implantes (AFR).

Utilizamos el dispositivo Penguin RFA® (Penguin RFA, Suecia) (Tabla 3.7). El resultado se mostró en unidades ISQ, que van de 1 a 99. Los tiempos de registro, se basan en el estudio llevado a cabo por Pozzi et al, en el año 2014.

Día de la colocación de los implantes. Promedio medición mesio-distal y vestibulo-palatino	ISQ T0
Día de la colocación del pilar de cicatrización (segunda fase). Promedio medición mesio-distal y vestibulo-palatino	ISQ T1
Durante la realización de la restauración protésica. Promedio medición mesio-distal y vestibulo-palatino	ISQ T2

Tabla 3.7: Controles (ISQ) (Pozzi, Agliardi, Tallarico & Barlattani, 2014).

3.9 Estudio ciego

Estudio a simple ciego. Los cirujanos que realizaban la cirugía tenían que conocer la conexión del implante y la posición respecto al hueso a la que debían dejarlo. Sin embargo, el examinador de las radiografías (NPG) sería siempre el mismo y no realizaría ninguna de las cirugías de colocación de implantes. Además, los pacientes desconocían el tipo de conexión y la posición en la que se colocaba cada tipo de implante.

3.10 Métodos estadísticos

Los datos fueron introducidos en Excel y se procesaron mediante el paquete estadístico STATA 14.0.

Se realizó un análisis descriptivo de las variables cualitativas y cuantitativas.

La relación entre la pérdida de hueso y la conexión del implante (conexión interna /conexión externa) o las diferentes posiciones del implante (crestal/subcrestal), se analizaron mediante el test paramétrico t-test. El nivel de significación estadística elegido fue del 5%.

Un análisis múltiple de regresión lineal se utilizó para evaluar la asociación entre la variable dependiente pérdida de hueso de T0 a T2, y las variables independientes, conexión interna o conexión externa y posición del implante crestal o subcrestal. Se utilizaron como variables de control en la regresión todas las variables que se consideró que potencialmente podrían afectar la relación del estudio como la edad, el sexo, fumador; número de cigarrillos día, tipo de maxilar, ISQ, torque de inserción del implante y contactos por mesial y distal del implante.

3.10.1 Cálculo del tamaño de la muestra

Se calculó el tamaño de la muestra necesaria de implantes en este estudio. Para el contraste, la hipótesis sobre la diferencia en la pérdida de hueso en implantes con conexión interna vs implantes de conexión externa y para implantes crestales vs subcrestales se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{2(Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 * S^2}{d^2}$$

n = sujetos necesarios en cada una de las muestras

Z_{α} = Valor Z correspondiente al riesgo deseado

Z_{β} = Valor Z correspondiente al riesgo deseado

S = Desviación estándar en mm de pérdida de hueso en implantes de conexión interna

d = Valor mínimo deseado en mm de la diferencia de pérdida de hueso entre los dos grupos

Gracias a la revisión de la literatura, sabíamos que en estudios previos la desviación estándar en la pérdida de hueso en conexión interna era de aproximadamente 0.35 mm y que obtendríamos una diferencia significativa entre los dos tratamientos al conseguir una diferencia en la pérdida de hueso aproximada de 0.25 mm y 0.30 mm.

Aceptamos un riesgo de 5% y deseamos una potencia estadística del 95% para detectar diferencias, en el caso de que existiesen.

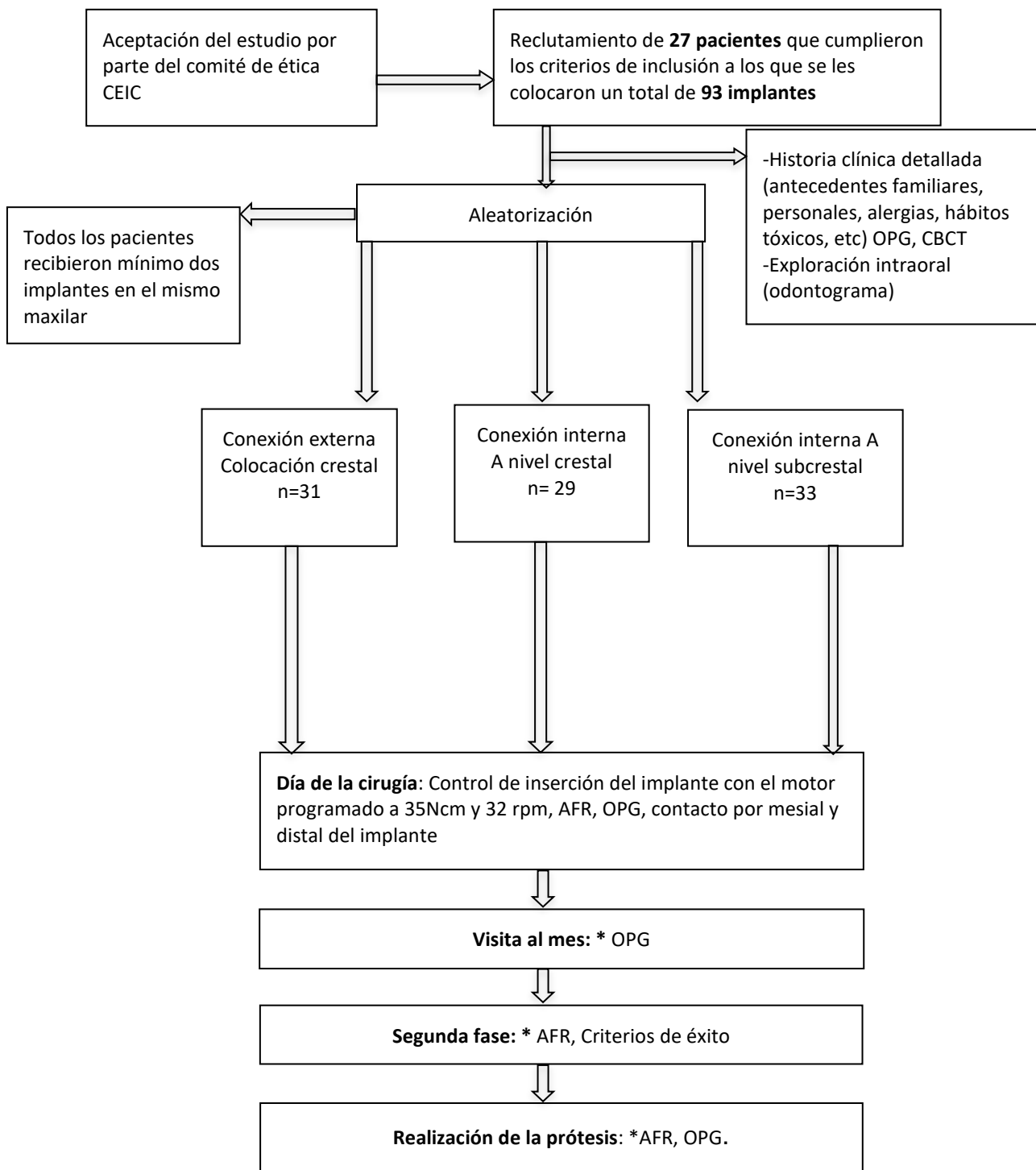
Finalmente, basándonos en nuestra revisión sistemática en la que, desde el punto de vista cualitativo, no se identificaron diferencias entre las dos conexiones, para los estudios clínicos aleatorizados con mayor número de muestra y mayor longevidad (Palacios-Garzón et al., 2018); postulamos un contraste de hipótesis bilateral.

Sustituyendo los datos en la fórmula obtuvimos que para cada tratamiento necesitábamos un tamaño mínimo de la muestra de 28 observaciones.

Considerando que en nuestro segundo objetivo es comparar la pérdida de hueso en implantes crestales y subcrestales únicamente en implantes con conexión interna, necesitábamos un mínimo de 56 implantes para de esta manera poder obtener 28 implantes crestales y 28 subcrestales.

3.11 Diagrama de flujo

El diagrama describe el proceso de reclutamiento de pacientes, aleatorización y las visitas principales con los controles más importantes para esta tesis. No hubo abandonos (Fig. 3.17).



CEIC: Comitè d'Ètica i Investigació Clínica; CBCT: Cone Beam Computed tomography; AFR: Anàlisis de Frecuencia de Resonancia; OPG: Ortopantomografía, *No hubo abandonos durante el seguimiento.

Figura 3.17: Diagrama de flujo del estudio.

4. RESULTADOS

4.1 Posiciones de los implantes

En este estudio participaron un total de 27 pacientes que cumplieron los criterios de inclusión. El tamaño muestral fue de 93 implantes (31 de conexión externa y 62 de conexión interna: 33 con diseño para colocación infracrestal y 29 crestal) (Fig. 4.1 a, b y c).

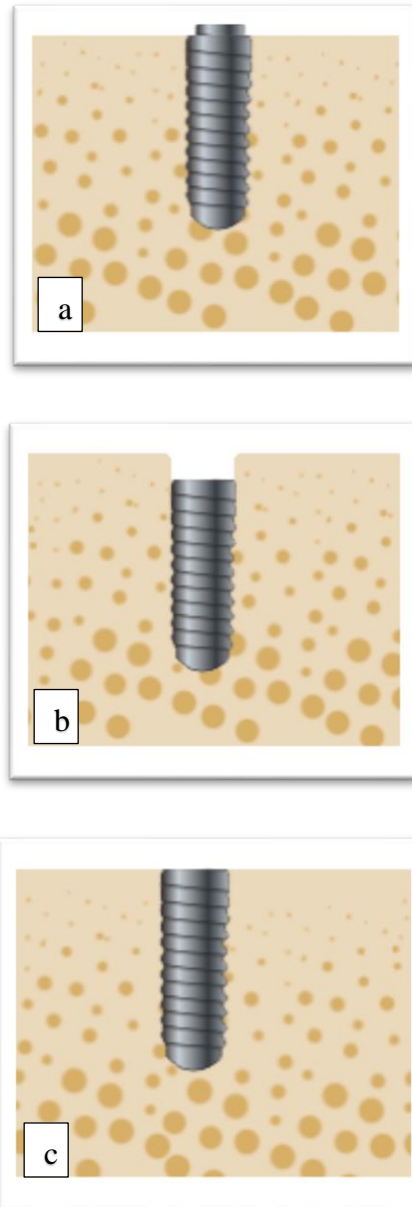


Figura 4.1 a, b y c: Implante de conexión externa, conexión interna infracrestal y conexión interna crestal.

4.2 Análisis descriptivo

4.2.1 Análisis descriptivo de datos generales de los pacientes

Se incluyeron un total de 12 mujeres y 15 hombres. La media de edad fue de 56 años. Peso medio de 75kg (Mínimo:44kg; Máximo:120kg), altura media de 1.67 (Mínimo:1.55m; Máximo:1.83m). Hubo 7 pacientes fumadores de los cuales 2 fumaban más de 20 cigarrillos diarios, 1 paciente entre 11 y 15 cigarrillos diarios, 3 pacientes entre 6 y 10 y 1 paciente menos de 5 cigarrillos diarios. En cuanto a la frecuencia de cepillado, el 19% de los pacientes refirió cepillarse los dientes 2-3 veces al día, el 67% 1-2 veces al día y el 15% ninguna vez al día. El 89% presentaban edentulismo parcial y el 11% edentulismo total (Tabla 4.1)

Datos generales pacientes		Total
Sexo	Mujer	44%
	Varón	56%
Media de edad		56 años
Altura Media		1.67m
Peso Medio		75kg
Número de cigarrillos por día	1-5	1 paciente
	6-10	3 pacientes
	11-15	1 paciente
	16-20	0 pacientes
	≥ 20	2 pacientes
Fumador	No	20 pacientes; 74%
	Si	7 pacientes; 26%
Frecuencia de cepillado	0 veces al día	4 pacientes 15%
	1-2 veces al día	18 pacientes 67%
	3 o más veces al día	5 pacientes 19%
Edentulismo	Parcial	24 pacientes 89%
	Total	3 pacientes 11%

Tabla 4.1: Datos generales de los pacientes.

4.2.2 Análisis descriptivo de datos generales de los implantes

Se colocaron 93 implantes, todos ellos en tejidos cicatrizados. El 60% de los implantes se colocaron en mandíbula y el 40% en maxilar. El 52% se colocaron en molares, el 28% en premolares y el 20% en incisivos.

Al tratarse de un estudio donde como criterio de inclusión los pacientes debían presentar al menos dos espacios edéntulos a rehabilitar en el mismo maxilar, los resultados fueron los siguientes; en 12 pacientes que tenían más de dos ausencias en maxilar, se comparó 10 veces la conexión externa vs conexión interna y 8 veces los implantes crestales vs subcrestales. En 17 pacientes que presentaron más de dos espacios edéntulos en mandíbula, pudieron compararse 15 veces la conexión externa vs interna y 12 veces los implantes crestales vs subcrestales. De los pacientes incluidos, 2 de ellos tuvieron más de dos espacios edéntulos en maxilar y en mandíbula, es por eso que, si hacemos un recuento según lo descrito anteriormente, el número total de pacientes es de 29 y no de 27.

Las longitudes más frecuentes de los implantes fueron de 10 mm en un 47%, el diámetro más frecuente de los implantes fue de 3.5 mm en un 26%.

La colocación de todos los implantes se inició con el motor programado a 32 rpm, con el motor programado a 35 Ncm.

Ocho Implantes tuvieron fenestraciones de menos de 1mm, 6 de ellos en mandíbula y 2 en maxilar. Hubo 2 dehiscencias; una en maxilar y otra en mandíbula de 4 y 2 mm respectivamente.

Después de la colocación de implantes se consiguió el cierre completo de la herida en todos los casos.

La mayoría de las rehabilitaciones protésicas fueron coronas unitarias y puentes fijos. Solo a 3 pacientes se les realizaron sobredentaduras sobre Locators® y fueron en mandíbula. En 17 implantes de conexión interna que iban a ser rehabilitados con puentes fijos metal-cerámica, se utilizaron pilares tipo *Multi-unit* de la casa ETK®, llamados pilares Tetra® rectos.

4.2.3 Éxito y supervivencia de los implantes

Dos implantes en el momento de la colocación del pilar de cicatrización presentaron movilidad y fueron explantados. Se obtuvo una supervivencia de un

97,8%. El resto de los implantes cumplieron todos, los criterios de éxito clínicos y radiológicos (Buser et al., 1990). De los implantes fracasados, uno era de conexión externa y el otro de conexión interna subcrestal. Ambos se colocaron en mandíbula, uno de ellos a nivel de canino-premolar en una paciente edéntula a la que estaba previsto rehabilitar con una sobredentadura y el otro implante se colocó a un paciente a nivel de molar.

4.2.4 Análisis de Frecuencia de Resonancia (AFR)

El AFR de los implantes se midió en 3 ocasiones; el día de la colocación de los implantes, el día de la colocación del pilar de cicatrización y durante la realización de la restauración protésica. Los resultados de las mediciones se dan en valores ISQ. (Tabla 4.2).

Tiempos de medición	Media	DE	95% IC
ISQ T0: Día de la colocación de los implantes	70.69	9.67	[68.7-72.7]
ISQ T1: Día de la colocación del pilar de cicatrización (segunda fase).	73.91	7.19	[72.4-75.4]
ISQ T2: Durante la realización de la restauración protésica	75.32	6.15	[74-76.6]

DE: desviación estándar; IC: Intervalo de confianza

Tabla 4.2: Valores ISQ.

Por cada implante se realizó previamente un promedio de las mediciones vestíbulo - palatina y mesio - distal. Se detectaron valores altos de ISQ para todos los implantes, en los tres tiempos de medición realizados.

Pudo observarse una tendencia al aumento del promedio de las mediciones a medida que avanzaba el periodo de la oseointegración (T0: 70.69; T1: 73.91; T2: 75.32) (Fig. 4.2).

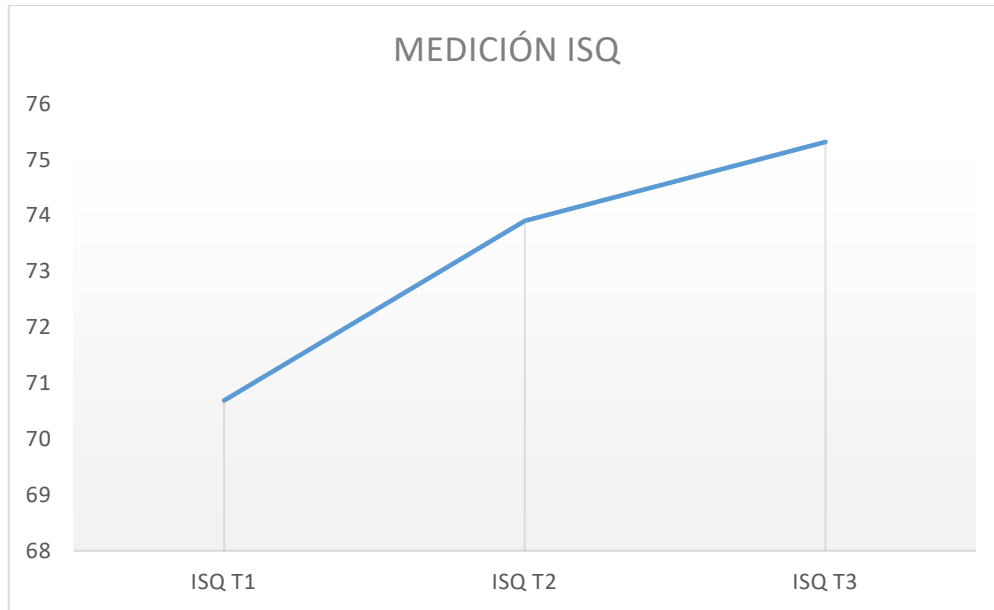


Figura 4.2: Valores ISQ en los tres tiempos de medición realizados

4.2.5 Análisis descriptivo de la pérdida de hueso en implantes de conexión interna y externa

Se realizaron 3 radiografías para valorar la pérdida de hueso de los implantes. La primera fue el día de la colocación de los implantes, la segunda al mes y la tercera una vez colocadas las coronas. La tabla 4.3 reporta el promedio, la desviación estándar y el intervalo de confianza de la pérdida de hueso en cada uno de los tres momentos de medición. Se utilizó el promedio entre la pérdida de hueso a nivel mesial y distal de cada implante.

	T 0 - T1			T 1 - T2			T 0 - T2		
	Media	DE	95% IC	Media	DE	95% IC	Media	DE	95% IC
C. I	0.17	0.28	[0.1-0.24]	0.19	0.17	[0.15-0.24]	0.36	0.34	[0.3-0.45]
C. E	0.18	0.21	[0.1-0.26]	0.39	0.24	[0.3-0.48]	0.57	0.37	[0.4-0.71]

C.I: conexión interna; *C.E:* conexión externa; *DE:* desviación estándar, *IC:* Intervalo de confianza; *T0:* Día de la colocación de los implantes, *T1:* Al mes de la colocación, *T2:* Restauración protésica.

Tabla 4.3: Pérdida de hueso en conexión interna y externa.

A continuación, se representan los resultados obtenidos mediante tres diagramas de caja. El diagrama de caja divide la distribución de los datos de las dos conexiones en cuartiles. El mínimo, si resulta ser igual a cero, representa la falta de pérdida de hueso entre mediciones. La caja abarca el tramo central de la distribución, desde el primer cuartil hasta el tercero, representando el 50% intermedio de los datos. El bigote inferior representa las observaciones comprendidas entre el valor inferior y el primer cuartil, mientras que el bigote superior considera las observaciones entre el tercer cuartil y la observación superior. Cada bigote incluye el 25% de los valores observados. Finalmente, los puntos aislados y fuera del segmento superior reportan la presencia de algunos valores “atípicos” y más alejados de la distribución de las observaciones (Fig. 4.3, 4.4 y 4.5).

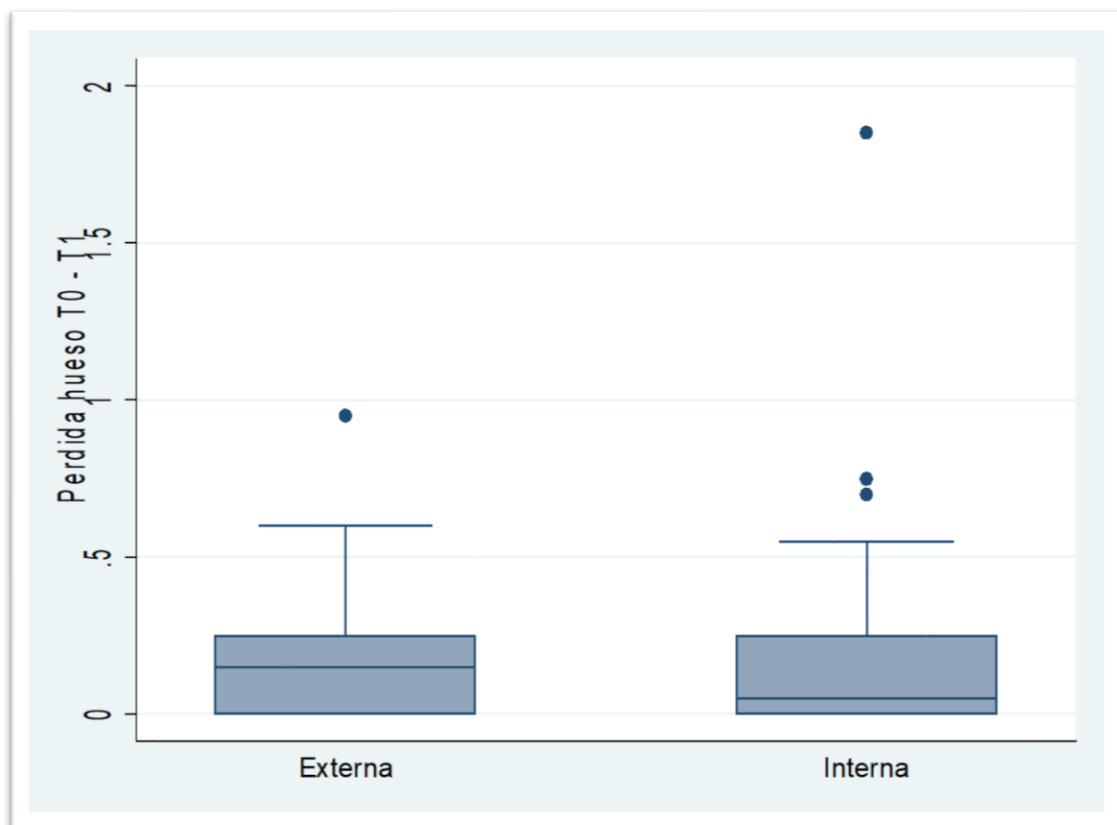


Figura 4.3: Pérdida de hueso (mm) en implantes de conexión Interna vs Externa entre la primera y la segunda medición (T0-T1).

La figura 4.3 reporta la pérdida de hueso ocurrida entre la colocación del implante (T0) y la segunda fase (T1) para la conexión externa y para la interna respectivamente. Visualmente podemos observar que las distribuciones de la pérdida de hueso en la muestra considerada son cualitativamente similares entre las dos conexiones. En la conexión interna notamos la presencia de una observación atípica y muy alejada del promedio, con una pérdida de 1.85 mm.

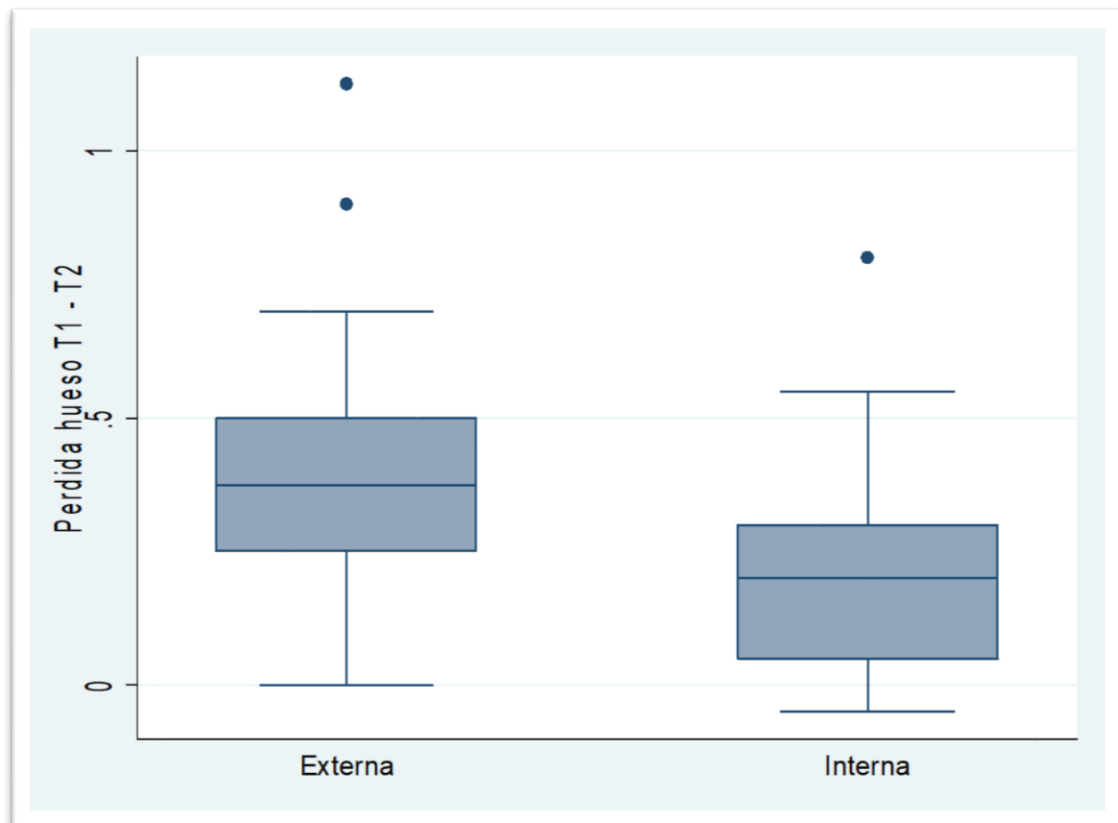


Figura 4.4: Pérdida de hueso (mm) en implantes de conexión Interna vs Externa entre la segunda y la tercera medición (T1-T2).

La figura 4.4 reporta la pérdida de hueso ocurrida entre la segunda fase (T1) y la tercera fase (T2) para la conexión externa y para la interna respectivamente. En este caso se puede apreciar que la pérdida de hueso en la conexión externa es más marcada que en la interna siendo el promedio de pérdida en la conexión externa igual a 0.39 mm y a 0.19 mm en la interna.

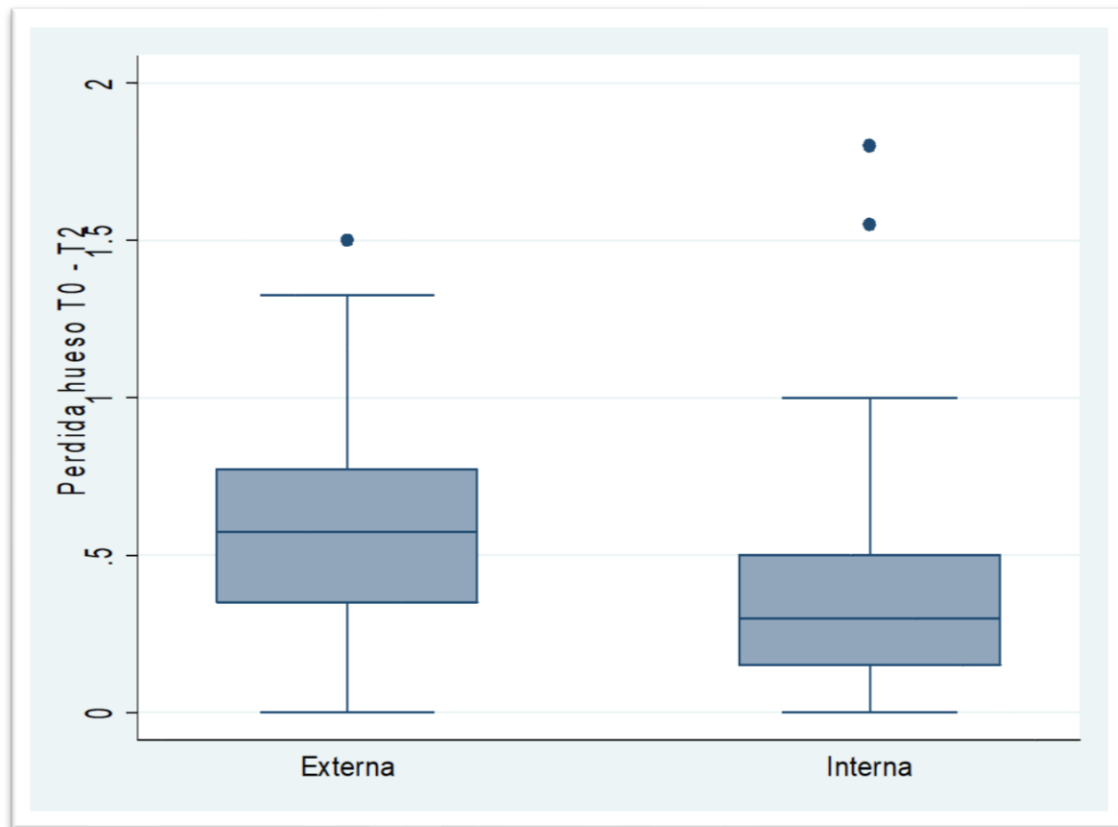


Figura 4.5: Pérdida de hueso (mm) en implantes de conexión Interna vs Externa entre la primera y la tercera medición (T0-T2).

La figura 4.5 reporta la pérdida de hueso total ocurrida entre la colocación del implante (T0) y la colocación de las coronas (T2) para la conexión externa y para la interna respectivamente. Podemos observar una mayor pérdida para la conexión externa.

4.2.6 Análisis descriptivo de la pérdida de hueso en implantes crestales y subcrestales

Igual que para la conexión interna y externa, se realizaron 3 radiografías para valorar la pérdida de hueso en las diferentes posiciones verticales de colocación de implantes. La primera fue el día de la colocación, la segunda al mes y la tercera durante la realización de las prótesis. La tabla 4.4 reporta el promedio, la desviación estándar y el intervalo de confianza de la pérdida de hueso en cada uno de los tres momentos de medición, según la posición del implante (crestal

vs subcrestal). Se utilizaron los promedios obtenidos de la pérdida de hueso a nivel mesial y distal de cada implante y la muestra fue únicamente de implantes de conexión interna.

	T 0 - T1			T 1 - T2			T 0 - T2		
	Media	DE	95% IC	Media	DE	95% IC	Media	DE	95% IC
C	0.192	0.39	[0.04-0.34]	0.166	0.20	[0.08-0.24]	0.359	0.47	[0.17-0.54]
S	0.148	0.14	[0.1-0.19]	0.218	0.14	[0.17-0.26]	0.367	0.15	[0.31-0.42]

C: crestal; S: subcrestal; DE: desviación estándar; IC: Intervalo de confianza; T0: Día de la colocación de los implantes, T1: Al mes de la colocación del implante, T2: Cuando se realiza la restauración protésica.

Tabla 4.4: Pérdida de hueso en implantes crestales y subcrestales en conexión interna.

A continuación, se representan los resultados obtenidos en las tres mediciones mediante tres diagramas de caja (Fig. 4.6, 4.7 y 4.8).

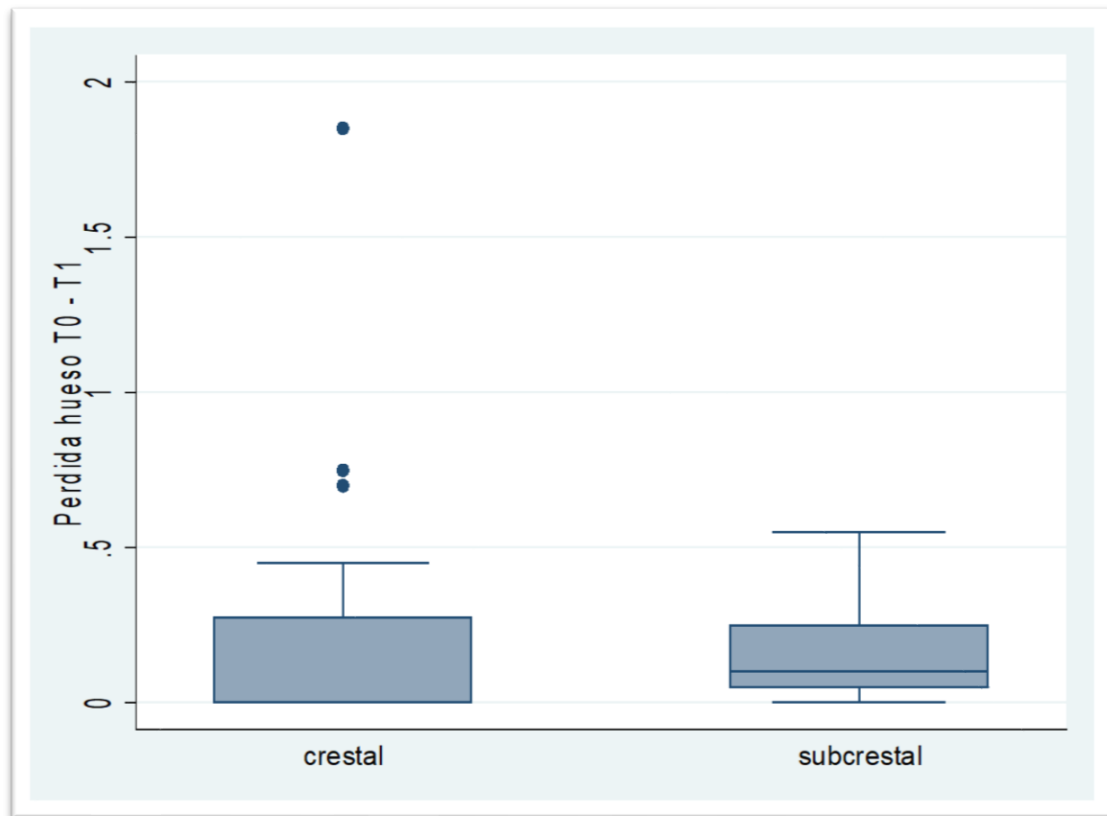


Figura 4.6: Pérdida de hueso (mm) en implantes crestales vs subcrestales entre la primera y la segunda medición (T0-T1).

La figura 4.6 reporta la pérdida de hueso ocurrida entre la colocación del implante (T0) y la segunda fase (T1) para implantes colocados a nivel crestal y subcrestal respectivamente. Las dos cajas reportan una distribución de las observaciones similares entre los dos tipos de posiciones verticales de implantes.

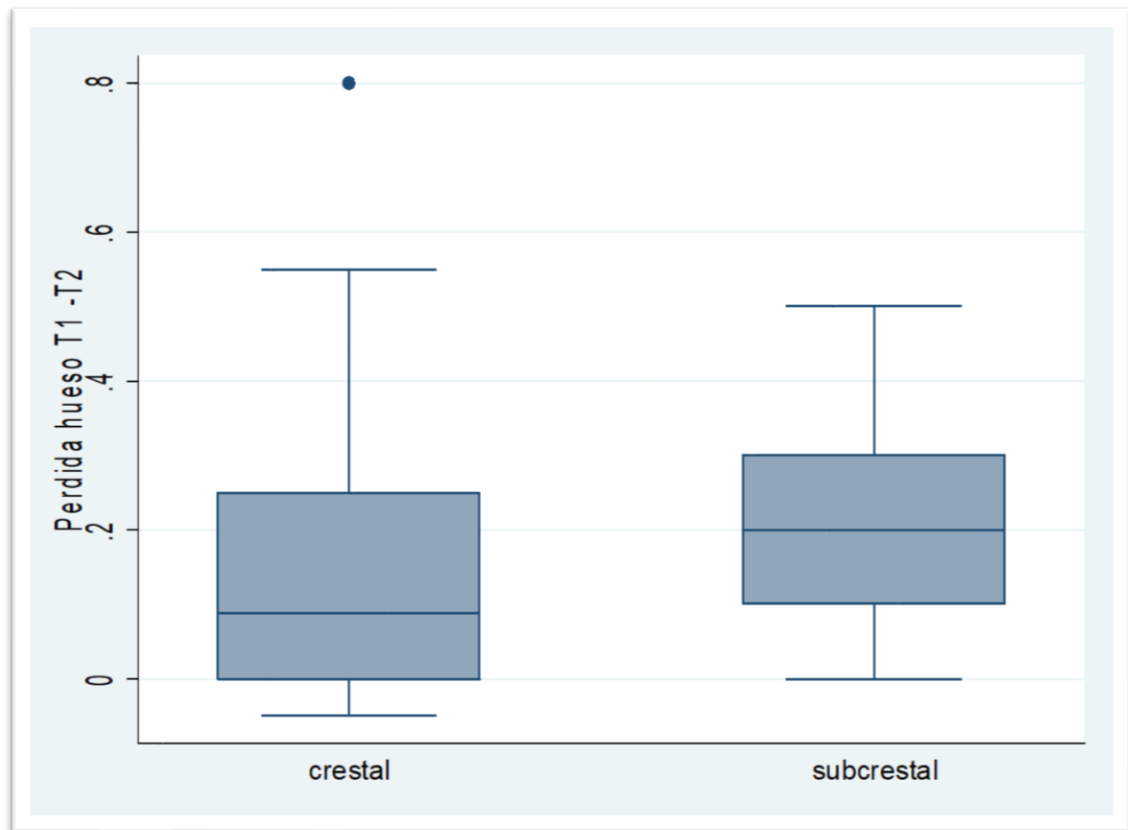


Figura 4.7: Pérdida de hueso (mm) en implantes crestales vs subcrestales entre la segunda y la tercera medición (T1-T2).

La figura 4.7 reporta la pérdida de hueso ocurrida entre la segunda (T1) y la tercera fase (T2) de medición para implantes colocados a nivel crestal y subcrestal respectivamente. En este caso podemos notar una tendencia a una mayor pérdida (en promedio) en implantes subcrestales, aunque el tamaño del bigote superior en los implantes crestales sugiere un mayor grado de dispersión de las observaciones hacia los valores más altos.

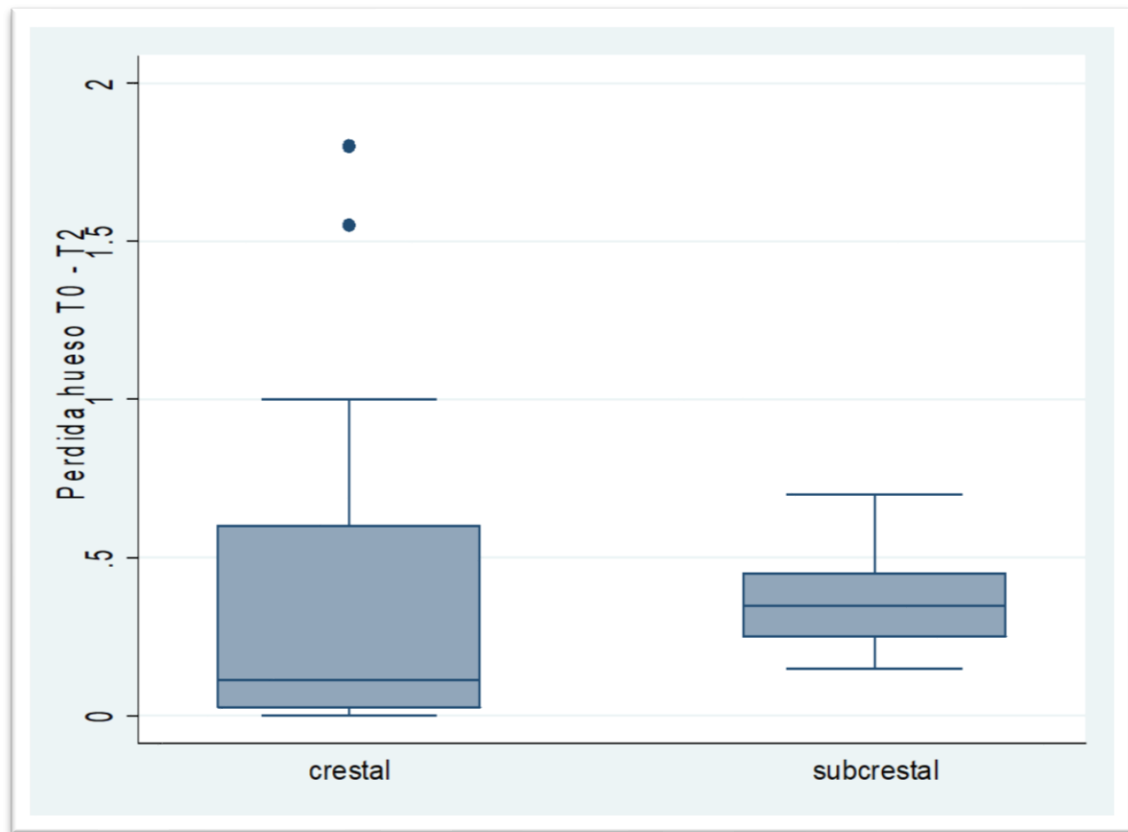


Figura 4.8: Pérdida de hueso (mm) en implantes crestales vs subcrestales entre la primera y la tercera medición (T0-T2).

La figura 4.8 reporta la pérdida de hueso total ocurrida entre la colocación del implante (T0) y la colocación de las coronas (T2) para implantes colocados a nivel crestal y subcrestal respectivamente. La mediana de pérdida, a nivel visual, resulta ser superior para los implantes colocados a nivel subcrestal.

Al mismo tiempo podemos notar una clara tendencia a una menor dispersión en las observaciones para los implantes subcrestales, representadas tanto por el tamaño inferior de la caja (que reporta el 50% de las observaciones), como por el segmento del bigote superior de la distribución que resulta ser menor que en el caso de la colocación crestal.

4.3 Análisis bivariado

Una vez reportadas las principales estadísticas descriptivas sobre las pérdidas de hueso obtenidas en los diferentes momentos de medición y con respecto a las principales variables analizadas (conexión y posición del implante), llevamos a cabo en este apartado, un análisis inferencial con el objetivo de identificar si las diferencias encontradas son estadísticamente significativas. Para el análisis inferencial elegimos un nivel de significación igual o inferior al 5% ($p \leq 0.05$).

Considerando el tamaño de la muestra y después de haber controlado que cada una de estas tenga una distribución normal, decidimos utilizar el test de la t de Student.

4.3.1 Conexión Interna vs Conexión Externa

La tabla 4.5 reporta los resultados del test t de Student con respecto a la pérdida de hueso en implantes de conexión interna vs implantes de conexión externa.

La primera comparación, reportada en la parte izquierda de la tabla, nos indica un promedio de pérdida de hueso en conexión interna igual a 0.17 mm y de 0.18 mm en conexión externa. Dicha pérdida se encontró entre la primera y la segunda medición. El test nos devuelve una $t = -0.26$ con un valor de $p = 0.79$.

La segunda comparación, considera la pérdida de hueso entre la segunda y la tercera medición. La media es de 0.19 mm para la conexión interna y de 0.39 mm para la conexión externa. El test nos devuelve una $t = -4.4$ con una $p = 0.00$.

Finalmente, la tercera comparación, toma en cuenta la pérdida total de hueso desde la colocación del implante (T0) hasta la tercera medición (T2), con un promedio de pérdida de 0.57 mm y de 0.36 mm respectivamente para la conexión externa y la interna. El test nos devuelve una $t = -2.74$ con una $p = 0.01$.

	T 0 - T1			T 1 - T2			T 0 - T2		
	Media	DE	95% I.C	Media	DE	95% I.C	Media	DE	95% I.C
C. I	0.17	0.28	[0.1-0.24]	0.19	0.17	[0.15-0.24]	0.36	0.34	[0.3-0.45]
C. E	0.18	0.21	[0.1-0.26]	0.39	0.24	[0.3-0.48]	0.57	0.37	[0.4-0.71]
T-test	-0.26			-4.4			-2.74		
p-value	0.79			0.00			0.01		

Tabla 4.5: Test t de Student para implantes de conexión interna vs implantes de conexión externa.

Los resultados reportados en la tabla 4.5 nos proporcionan las siguientes conclusiones:

- No se encuentran diferencias significativas en la pérdida de hueso en las dos conexiones entre la primera y la segunda medición.
- Se obtiene una diferencia altamente significativa ($p=0.00$) comparando la pérdida de hueso generada entre la segunda y la tercera medición. En particular la conexión interna pierde promediamente menos hueso.
- Considerando la pérdida desde el momento de la colocación del implante hasta la tercera y última medición obtenemos que la conexión interna pierde significativamente menos hueso comparado con la conexión externa ($p=0.01$).

Las figuras 4.9.a, b y c, nos describen la secuencia de la pérdida de hueso entre implantes de conexión interna vs conexión externa, en las tres mediciones.

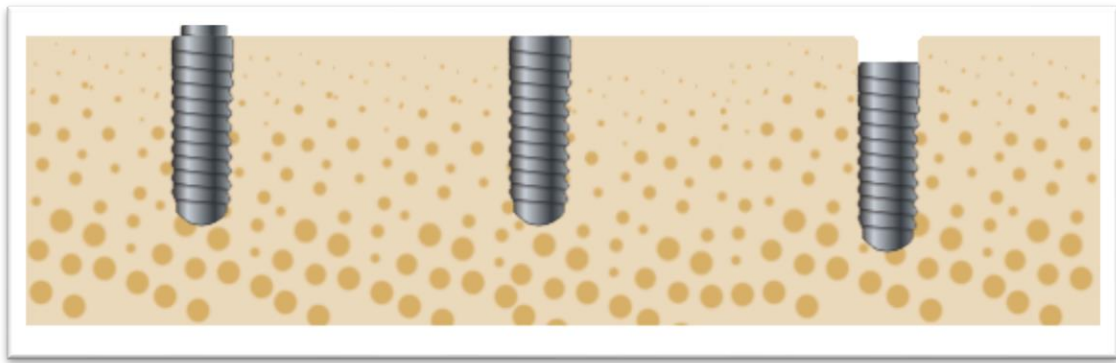


Imagen que representa de izquierda a derecha: implante de conexión externa, implante de conexión interna crestal e implante de conexión interna subcrestal.

Figura 4.9.a: T0: Día de la colocación de implantes.

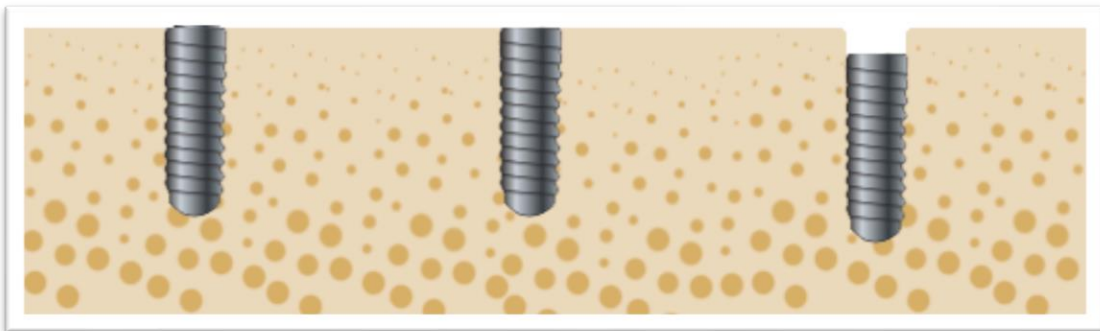


Imagen que representa de izquierda a derecha: implante de conexión externa, implante de conexión interna crestal e implante de conexión interna subcrestal.

Figura 4.9.b: T1: Al mes de la colocación de implantes.

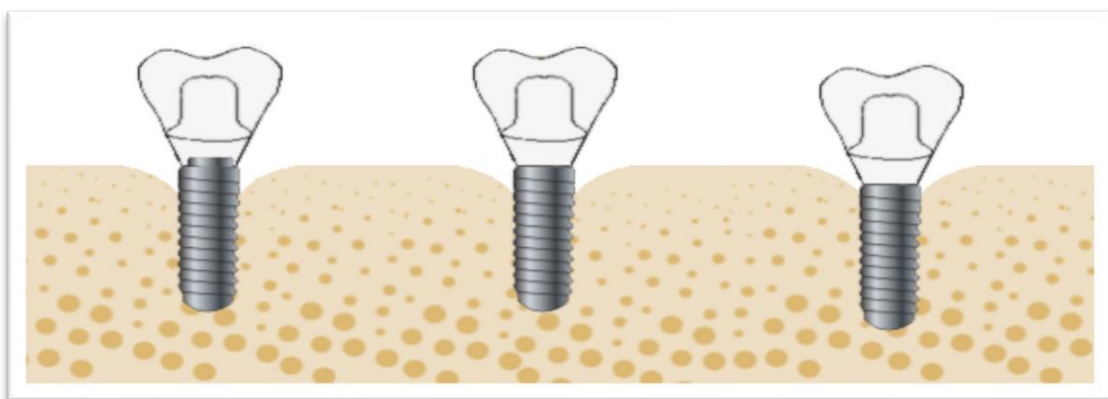


Imagen que representa de izquierda a derecha: implante de conexión externa, implante de conexión interna crestal e implante de conexión interna subcrestal.

Figura 4.9.c: T2: Durante la fase de la restauración protésica.

4.3.2 Colocación Crestal vs Subcrestal

La tabla 4.6 reporta los resultados del test t de Student con respecto a la pérdida de hueso en implantes de colocación crestal vs implantes de colocación subcrestal.

Es importante remarcar que, para este análisis se han comparado únicamente las dos posiciones en implantes con conexión interna. Esta decisión, tomada para evitar el riesgo de una posible interacción entre conexión y posición del implante, implica que el tamaño de la muestra sea más pequeño e igual a 29 implantes de conexión interna crestal y 33 implantes de conexión interna subcrestal.

La primera comparación, reportada en la parte izquierda de la tabla, nos indica un promedio de pérdida de hueso en los implantes de colocación crestal igual a 0.19 mm y de 0.15 mm en la colocación subcrestal. Dicha pérdida se encontró entre la primera y la segunda medición. El test nos devuelve una $t= 0.61$ con un valor de $p= 0.54$.

La segunda comparación, considera la pérdida de hueso entre la segunda y la tercera medición. La media es de 0.17 mm para la colocación crestal y de 0.22 mm para la colocación subcrestal. El test nos devuelve una $t= -1.13$ con una $p= 0.26$.

Finalmente, la tercera comparación, toma en cuenta la pérdida total de hueso desde la colocación del implante (T0) hasta la tercera medición (T2) con un promedio de pérdida de 0.359 mm y de 0.367 mm respectivamente para la colocación crestal y la subcrestal. El test nos devuelve una $t= 0.07$ con un valor de $p= 0.94$.

	T 0 - T1			T 1 - T2			T 0 - T2		
	Media	DE	95% I.C	Media	DE	95% I.C	Media	DE	95% I.C
C	0.19	0.39	[0.04- 0.34]	0.17	0.20	[0.08-0.24]	0.36	0.47	[0.17-0.54]
S	0.15	0.14	[0.1-0.19]	0.22	0.14	[0.17-0.26]	0.367	0.15	[0.31-0.42]
T-test	0.61			-1.13			-0.07		
p-value	0.54			0.26			0.94		

Tabla 4.6: Test de la t de Student para implantes de colocación crestal vs implantes de colocación subcrestal.

Los resultados reportados en la tabla 4.6 nos proporcionan la siguiente conclusión:

- No se encuentran diferencias significativas en la pérdida de hueso en implantes colocados a nivel crestal vs implantes colocados a nivel subcrestal en ninguna de las mediciones efectuadas.

Las figuras 4.10.a, b y c, nos describen la secuencia de la pérdida de hueso entre implantes colocados a nivel crestal vs subcrestal, en las tres mediciones.

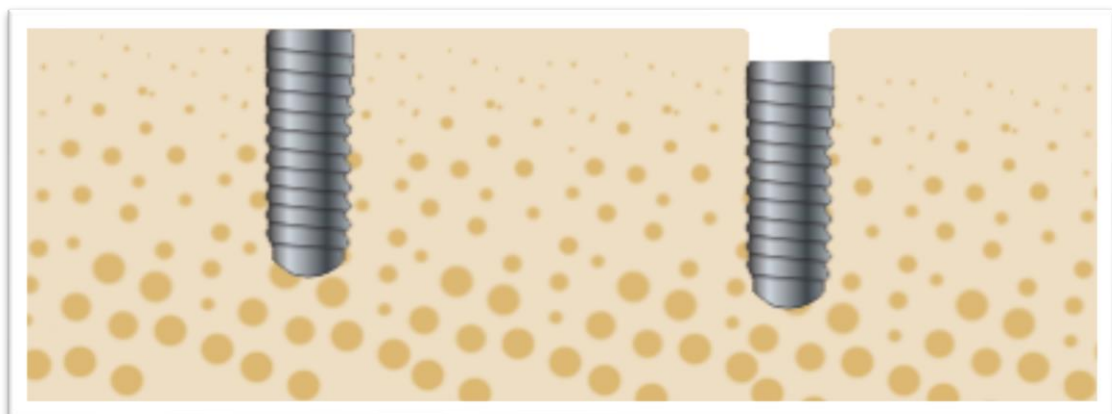


Imagen que representa de izquierda a derecha: implante de colocación crestal e implante de colocación subcrestal.

Figura 4.10.a: T0: Día de la colocación de implantes.

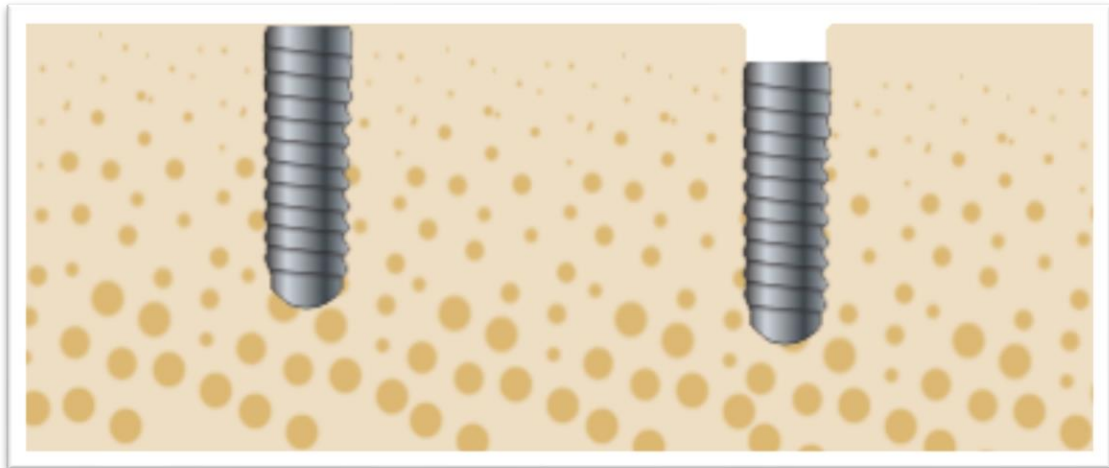


Imagen que representa de izquierda a derecha: implante de colocación crestal e implante de colocación subcrestal.

Figura 4.10.b: T1: Al mes de la colocación de implantes.

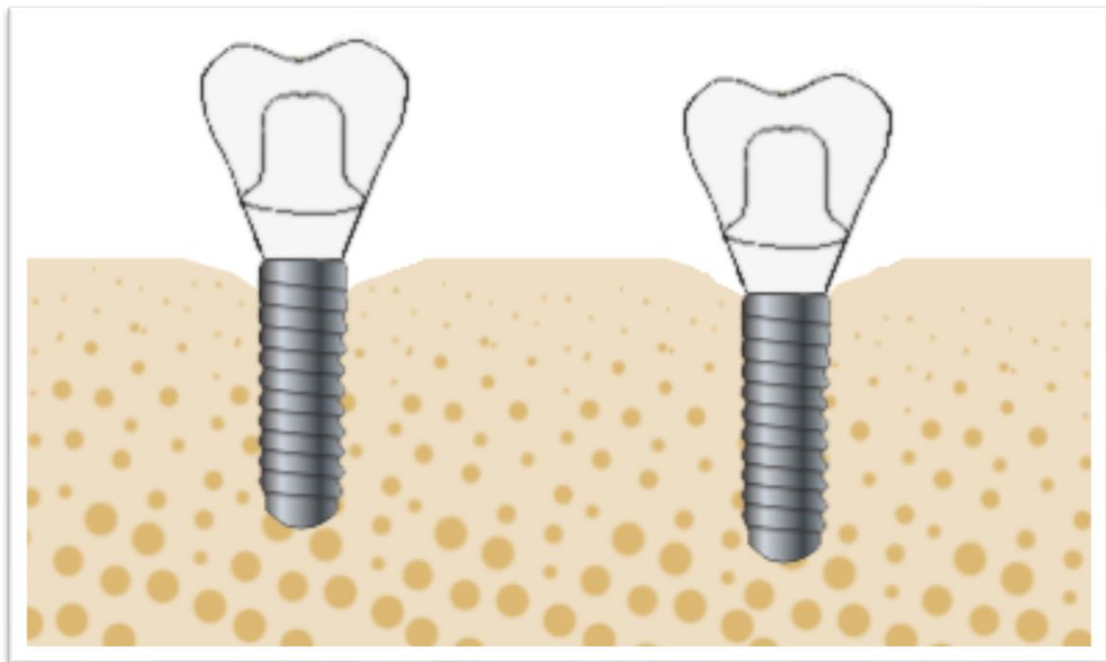


Imagen que representa de izquierda a derecha: implante de colocación crestal e implante de colocación subcrestal.

Figura 4.10.c: T2: Durante la fase de la restauración protésica.

4.4 Análisis multivariado de datos generales

En la tabla 4.7 reportamos el análisis de regresión lineal múltiple para identificar otros posibles determinantes que pueden influir en la pérdida de hueso, adicionalmente al tipo de conexión y a la colocación vertical del implante, analizados anteriormente.

La forma más común y utilizada de regresión lineal múltiple se realiza mediante el método de los mínimos cuadrados (MMC). Dicho método permite obtener la recta que mejor se aproxime a los datos, utilizando el criterio de mínimo error cuadrático.

Los resultados reportados a continuación, utilizan como variable dependiente la pérdida de hueso desde la colocación del implante (T0) hasta la última medición (T2).

Determinantes de pérdida de hueso entre T0 y T2	
Variable	Coefficiente
1. Tipo de Conexión (Interna)	-0.29*
2. Colocación Implante (Subcrestal)	0.05
3. Género (Masculino)	-0.04
4. Edad	-0.01
5. ISQ T0	0.00
6. ISQ T2	0.00
7. Fumador (< 5 cigarrillos)	-0.08
8. Fumador (5-10 cigarrillos)	0.01
9. Fumador (10-15 cigarrillos)	-0.04
10. Fumador (15-20 cigarrillos)	-0.07
11. Fumador (> 20 cigarrillos)	0.06
12. Maxilar (Mandíbula)	-0.06
13. Inserción Implante (Buena percepción cirujano)	-0.07
14. El implante contacta hacia distal con zona no edéntula	-0.19*
15. El implante contacta hacia mesial con zona no edéntula	0.00
Constante	1.68*
Prob > F	0.02
R²	0.29

*5% nivel de significación

Tabla 4.7: Determinantes de pérdida de hueso entre T0 y T2.

Los resultados de la regresión lineal nos indican los siguientes resultados:

- La mayoría de las variables analizadas excepto el tipo de conexión y el tipo de contacto del implante con zonas edéntulas, no tuvieron un impacto significativo sobre la pérdida de hueso.
- La variable conexión alcanzó un resultado estadísticamente significativo ($p < 0.05$) sobre la pérdida de hueso. Con un coeficiente negativo = -0.29 que nos indica que, respecto a la conexión interna, esta pierde en promedio 0.29 mm menos de hueso que la conexión externa desde la colocación del implante hasta la última medición (T2).
- La variable cantidad de cigarrillos diaria no dio un resultado significativo.
- La variable contacto distal con zona no edéntula obtuvo un impacto estadísticamente significativo ($p < 0.05$) sobre la pérdida de hueso. Su coeficiente negativo = -0.19, hace referencia a que existe un promedio de 0.19 mm menos de pérdida de hueso en los contactos distales, donde hay un contacto del implante con zonas no edéntulas, a diferencia de los contactos distales en contacto con espacios edéntulos.
- A diferencia de la variable contacto distal del implante con zona no edéntula, la variable contacto mesial del implante con zona no edéntula, no dio un resultado significativo. Los contactos mesiales de los implantes de este estudio eran mayoritariamente hacia zonas dentadas (73%), de estos contactos el 81.2% fueron con dientes naturales, el 8% con dientes endodonciados, el 6.2% con corona sobre diente, el 2% con coronas sobre implantes y el 2% restante sobre dientes endodonciados más coronas.
- Con respecto a la colocación mandibular del implante, los datos nos indican que estadísticamente no hay diferencia, aunque el coeficiente negativo nos puede sugerir una tendencia a perder menos hueso en el

caso de implantes colocados en mandíbula, a diferencia de los implantes colocados en maxilar, donde se perdería más hueso.

- El AFR de los implantes en valores ISQ, no dio un resultado estadísticamente significativo respecto a la pérdida de hueso.
- De los 93 implantes colocados, solo 33 fueron clasificados como implantes con un torque bajo de inserción el día de la colocación. De estos 33; uno de ellos presentó ligera movilidad una vez colocado, 13 al introducirse en el lecho implantológico continuaron rotando y en 19, el motor programado a 35 Ncm, se detuvo justo cuando el implante se introdujo por completo. La percepción del cirujano durante la inserción del implante no tuvo un resultado significativo en la pérdida de hueso, aunque la obtención de un coeficiente negativo (-0.07) podría indicar una propensión a perder más hueso cuando el cirujano obtiene un torque bajo de inserción.

5. DISCUSIÓN

Previamente a la realización de este estudio, realizamos una revisión de la literatura sobre estudios clínicos publicados de los temas en cuestión. Con esta información nos guiaríamos en como llevar a cabo este trabajo, identificando los puntos débiles para intentar mejorarlos. Pudimos observar que en un gran número de estudios que comparaban la pérdida de hueso en implantes con diferentes tipos de conexión o con distinta colocación vertical del implante, existía una alta heterogeneidad, que intentamos controlar en el presente trabajo para aumentar la fiabilidad de nuestros resultados.

Los pacientes de este estudio fueron reclutados del Máster de Medicina Cirugía e Implantología, del Hospital Odontológico Universidad de Barcelona. Un total de 27 pacientes (12 mujeres y 15 hombres) con edades comprendidas entre 34 y 75 años y una media de edad de 56 años, fueron incluidos.

Con el fin de recabar la máxima información que pudiera aportar en el análisis de la pérdida de hueso marginal, a parte de las dos variables principales de este estudio, como son el tipo de conexión externa vs interna y la colocación vertical del implante, crestal vs subcrestal, ambas analizadas mediante controles radiológicos. Se tuvo en cuenta otros parámetros como el Análisis de Frecuencia de Resonancia (AFR) de los implantes. Para identificar otros posibles determinantes que pudieran influir en la pérdida de hueso, también se decidió analizar las variables como sexo, edad, fumador, inserción del implante, espacios contiguos al implante y tipo de maxilar (mandíbula o maxilar).

5.1 El efecto de la conexión en la pérdida de hueso alrededor de implantes

Uno de los objetivos principales de esta tesis, fue evaluar la pérdida marginal de hueso alrededor de implantes de conexión externa y conexión interna cónica. Para disminuir el sesgo, se compararon los dos tipos de conexiones en un mismo paciente y en un mismo maxilar, posteriormente se realizaron radiografías en diferentes tiempos, que nos permitieran saber si existía una mayor pérdida en una de las conexiones. Esta pérdida de hueso mostró una tendencia a ser mayor en la conexión externa desde la fase inicial de seguimiento (T0), al mes de la

colocación de implante (T1): (C. E=0.18 mm y C. I= 0.17 mm). Comparando la segunda (T1) y tercera medición (T2): (C. E= 0.39 mm y C. I= 0.19 mm), se obtuvo una diferencia significativa ($p=0.00$), donde se observa que la conexión interna pierde en promedio menos hueso. Finalmente, considerando la pérdida desde el momento de la colocación del implante (T0) hasta la tercera y última medición (T2), obtuvimos que la conexión interna pierde significativamente menos hueso comparado con la conexión externa ($p=0.01$) (C. E= 0.57 mm y C. I= 0.36 mm).

En ambas conexiones se obtuvieron resultados clínicos apropiados.

Los resultados obtenidos en este estudio son comparables a la mayoría de estudios clínicos similares que se han realizado en los últimos años (Esposito et al., 2015; Galindo-Moreno et al., 2015; Peñarrocha-Diago et al., 2013; Pessoa et al., 2017; Pozzi et al., 2014). De estos estudios, se debe tener en cuenta que no siempre los implantes comparados de conexión interna y externa pertenecían a la misma casa comercial y aunque todos tenían una superficie de implante rugosa, el hecho de que pertenecieran a diferentes casas comerciales podía hacer que tipo de tratamiento de superficie, no fuera exactamente igual en ambas conexiones, pudiéndose producir cierto sesgo. Incluso en uno de los estudios, las características entre implantes sin contar la conexión, no fueron homogéneas, las superficies de los cuellos de los implantes fueron diferentes, con cuello mecanizado en conexión externa y cuello tratado en conexión interna (Peñarrocha-Diago et al., 2013). Según algunos autores, las diferencias entre las superficies podrían influenciar en la pérdida de hueso alrededor de los implantes, haciendo que sea menor en presencia de superficies rugosas (Bratu, Tandlich, & Shapira, 2009; Piao et al., 2009). Esta variación podría haber dejado en desventaja a la conexión externa. En nuestro estudio, con el objetivo de reducir el sesgo, todos los implantes tuvieron exactamente el mismo tratamiento de superficie (tratamiento químico, con ácido fluorhídrico que produce una superficie microporosa).

Según un gran número de conclusiones de la literatura actual y la presión de las casas comerciales de implantes; se aconseja y existe una tendencia al uso de la conexión interna. Para Lee et al, (2014), un gran número de publicaciones hablan

de las ventajas mecánicas que presenta esta conexión y recomienda que estos fundamentos se tomen con cautela ya que se basan sobre todo, en estudios *in vitro* (Lee, Kim, Park, & Cho, 2014). Pese a los avances en investigación, sigue habiendo controversia entre las conexiones y no podemos olvidar que la conexión externa cuenta con un largo recorrido y estudios clínicos de longevidad que muestran que es una conexión fiable (Astrand et al., 2008; Adell, Eriksson, Lekholm, Brånemark & Jem 1990; Zarb & Schmitt, 1990; Ravald et al., 2013).

Como publicaciones destacadas sobre el tema en cuestión, están los trabajos de Jacobs et al, (2010) con 16 años de seguimiento y de Ravald et al, (2013) con 12-15 años de seguimiento, donde se realizaron estudios clínicos aleatorizados, que comparaban la pérdida de hueso entre conexión externa y conexión interna cónica, con una muestra de 18 y 46 pacientes y 95 y 371 implantes respectivamente. En ambos estudios no se encontró diferencias significativas entre las conexiones, demostrando que la conexión externa es una conexión segura, avalada por estudios de longevidad (Jacobs et al., 2010; Ravald et al., 2013).

Los estudios clínicos más recientes, incluido nuestro estudio, donde la conexión externa pierde mayor cantidad de hueso en comparación con la conexión interna, cuentan con pocos años de seguimiento. Hacen falta estudios clínicos aleatorizados con más años de duración para demostrar si esta pérdida de hueso que es más acentuada durante el primer año en la conexión externa tiende a estabilizarse y equipararse a la conexión interna. Este hecho coincidiría con los resultados hallados en el estudio de Esposito et al, (2015), donde la pérdida de hueso fue mayor en conexión externa en comparación con la conexión interna, durante el primer año de seguimiento (Esposito et al., 2015) y un año más tarde, en otro artículo publicado por el mismo grupo de investigación, se analizó la pérdida de hueso de estos implantes 5 años más tarde y la diferencia no fue significativa entre conexiones (Esposito et al., 2016).

5.2 El ancho biológico como factor influyente en la pérdida de hueso

El ancho biológico está presente en los dientes naturales y está compuesto por la unión epitelial y el tejido conjuntivo (Abrahamsson et al., 1996). Este espacio también se forma alrededor de los implantes dentales (Oh et al., 2002).

La remodelación ósea de la cresta está influenciada por una variedad de factores que incluyen la facilitación de la formación del ancho biológico alrededor del implante, con el objetivo de crear una barrera “contra” la flora oral. La formación del ancho biológico podría explicar por qué la reabsorción ósea es más pronunciada durante el primer año. Este proceso se inicia el mismo día de la colocación del implante, si se coloca un pilar de cicatrización inmediatamente y el implante se expone al medio oral (una fase), o en un segundo momento si el pilar se coloca más tarde (dos fases) (Hermann et al., 2007). Para evitar variaciones, en nuestro estudio clínico decidimos que todas las cirugías se realizarían en dos fases. Sin embargo, si tenemos en cuenta que el comienzo de la remodelación ósea empieza cuando se coloca el pilar de cicatrización, podríamos especular que en la conexión externa esta remodelación podría anticiparse, debido a que el diseño de estos implantes cuenta con un hexágono superficial, encima de la plataforma que mide 0.7 mm de altura. Dicho hexágono, debe quedar por encima de la cresta ósea, y a su vez debe ser cubierto por el pilar de cierre, dando como resultado una altura por la suma de los componentes que en casos donde el paciente tenga poco espesor de encía, harán que el tapón de cierre quede expuesto o ligeramente expuesto a la superficie, estimulando que se inicie la instauración de un ancho biológico. En nuestro estudio la pérdida de hueso en conexión externa fue más acentuada a partir de la colocación del pilar de cicatrización, sin embargo, ya venía teniendo una tendencia que puede estar influenciada por este hecho. En la conexión interna cónica, esto no pasa, debido a que su diseño no sobresale y se necesita poco espesor de encía para que el implante quede totalmente sumergido hasta el momento de la segunda fase a los 3 a 4 meses después. Este hecho podría dejar en desventaja a la conexión externa respecto a la pérdida de hueso.

5.3 La pérdida de hueso en implantes crestales y subcrestales

Evaluar la influencia de los implantes de colocación crestral o subcrestral respecto a la pérdida de hueso marginal, fue otro de los objetivos principales de esta tesis.

Para controlar las variables intrapaciente, se colocaron las dos posiciones verticales de los implantes en un mismo paciente y en un mismo maxilar.

Según el análisis estadístico, no se detectaron diferencias significativas entre los dos grupos. La pérdida de hueso mostró una tendencia a ser mayor en los implantes crestales en la fase inicial de seguimiento (T0), al mes de la colocación de implante (T1): (S=0.148 mm y C= 0.192 mm). En la segunda (T1) y tercera medición (T2): (S= 0.218 mm y C= 0.166 mm), se obtuvo un incremento en la pérdida de hueso en implantes subcrestales. Considerando la pérdida desde el momento de la colocación del implante (T0) hasta la tercera y última medición (T2), obtuvimos que existe una pérdida similar entre las dos posiciones: (S= 0.359 mm y C= 0.367 mm).

En ninguno de los pacientes la reabsorción ósea mostró condiciones clínicas inapropiadas.

Dentro de estas líneas de investigación, la literatura no es clara y existe controversia. Varios autores describen que la posición en la que se coloca el implante con respecto al hueso crestral, es un factor fundamental para preservar el hueso en el futuro (Pontes et al., 2008; Todescan et al., 2002).

Los resultados obtenidos en este estudio son similares a la mayoría de los estudios clínicos incluidos en nuestra revisión sistemática (Palacios-Garzón et al., 2019), donde de 16 estudios 10 de ellos no encontraron diferencias significativas entre las dos posiciones verticales de colocación de implantes. De los 6 estudios restantes, 3 encontraron mayor pérdida en implantes colocados a nivel crestral y 3 a nivel subcrestral. Además, los estudios incluidos en el metaanálisis de la revisión, con una muestra homogénea seleccionada, mostraron que en ambos casos se produce una pérdida de hueso crestral, y la diferencia no es estadísticamente significativa. (Al Amri, Al-Johany, et al., 2017;

Fickl et al., 2010; Kütan et al., 2015; Pellicer-Chover et al., 2016; Vervaeke et al., 2018).

Algunos autores recomiendan colocar el implante debajo de la cresta del hueso argumentando que esta posición específica contribuiría a la preservación de la mucosa, ayudando a obtener un perfil de emergencia ideal en áreas estéticas. Este hecho, impediría que la superficie del implante se exponga al tiempo que reduciría la probabilidad de sufrir mucositis o periimplantitis (Novaes et al., 2009; Wennerberg et al., 2003).

En la misma línea, los estudios con animales señalaron que los implantes colocados a nivel subcrestal se caracterizaban por una menor pérdida ósea con respecto a los implantes colocados al nivel de la cresta (Pontes et al., 2008; Todescan et al., 2002).

Por el contrario, los estudios que encontraron mayor pérdida de hueso en implantes colocados a nivel subcrestal, sugieren que una posible razón para este evento podría atribuirse a la colonización bacteriana de la unión pilar-implante, donde se produce un infiltrado inflamatorio. Esta característica, en concomitancia con una baja concentración de oxígeno, podría crear un ecosistema ideal para la proliferación de bacterias anaeróbicas (Broggini et al., 2003; do Nascimento et al., 2012; Pellicer-Chover et al., 2016; Piattelli et al., 2003).

La posición vertical del implante con respecto al hueso no parecen ser la única causa responsable de la pérdida de hueso. Sin embargo, teniendo en cuenta que cada vez que colocamos un implante esperamos una pérdida de hueso que pueda causar la exposición del mismo, problemas estéticos y el riesgo de padecer patologías perimplantarias, parece lógico pensar que un posicionamiento del implante más profundo con respecto a la cresta ósea, utilizando el cambio de plataforma para alejar del hueso el *gap* que se produce en la interfase implante-pilar, puede ser favorable para que esta situación no suceda. Para garantizar estos resultados, se debe continuar con el seguimiento radiológico y clínico de los pacientes de este estudio.

5.4 Relación de la pérdida de hueso y el Análisis de Frecuencia de Resonancia (AFR)

El análisis de frecuencia de resonancia es un método no invasivo de comprobación de la oseointegración de los implantes. Se realiza mediante un transductor que es conectado al implante, el transductor es excitado por impulsos magnéticos enviados desde un dispositivo inalámbrico, para poder medir el desplazamiento del implante dentro del hueso. Esta frecuencia de oscilación del implante es transformada de valores en Hertz (Hz) a unidades ISQ (*Implant Stability Quotient*) como unidad de medida. Este método diagnóstico se viene utilizando durante los últimos 10 años, demostrado una buena correlación entre los valores de ISQ y el grado de rigidez entre el implante y el hueso (Sennerby et al., 2008).

Los implantes que presentan un fallo en la oseointegración han mostrado tener valores bajos de ISQ o un cambio hacia valores bajos. Sin embargo, a pesar de estos resultados, todavía hay una falta de información precisa sobre la correlación entre los valores de ISQ y los resultados de los implantes a corto y largo plazo, principalmente con respecto a los implantes con baja estabilidad primaria. (Rodrigo, Aracil, Martin, & Sanz, 2010).

En este estudio, las mediciones realizadas con el dispositivo Penguin® para el análisis de ISQ de los implantes, se realizaron el día de la colocación del implante, cuando se colocó el pilar de cicatrización a los 3 o 4 meses (segunda fase) y durante la rehabilitación protésica. El promedio de las mediciones fue de 70.69, 73,91 y 75.32 respectivamente. La primera medición, el día de la colocación del implante, hace referencia a la estabilidad primaria obtenida del acto quirúrgico, y las siguientes mediciones, a la estabilidad secundaria obtenida tras el proceso de oseointegración. Se considera que los valores obtenidos fueron altos en los tres tiempos de medición realizados. También pudo observarse una tendencia al aumento del promedio de las mediciones a medida que avanzaba el periodo de la oseointegración de los implantes.

Respecto a los valores de ISQ en relación a la pérdida de hueso, los resultados de la regresión lineal indicaron que no hubo un impacto significativo.

Hubo dos fracasos de implantes de los 93 colocados, que se detectaron el día de la segunda fase, previamente a la segunda medición de ISQ. Estos dos implantes tuvieron una estabilidad primaria clasificada con un torque alto de inserción y un ISQ favorable el día de la colocación. Con esta información podríamos concluir que los valores detectados el día de la colocación del implante, no determinaron resultados relevantes respecto a la supervivencia de los implantes. En este estudio no se registraron más fracasos de implantes después de la segunda medición de ISQ, con lo cual, los valores obtenidos durante la colocación del pilar de cicatrización, sí podrían darnos información predecible del pronóstico del implante. Estos hallazgos coincidirían con el trabajo de Rodrigo et al, (2010) quienes estudiaron la relación del diagnóstico de la estabilidad del implante y su impacto en la supervivencia del implante, llegando a la conclusión de que al contrario de los valores AFR de la estabilidad primaria, solo los valores de la estabilidad secundaria eran capaces de prever significativamente el pronóstico de los implantes (Rodrigo et al., 2010).

5.5 Éxito y supervivencia de los implantes

En relación al éxito y la supervivencia de los implantes, se obtuvo una supervivencia del 97.8%. Todos menos dos implantes, cumplieron los criterios clínicos y radiológicos propuestos por el Dr. Buser en el año 1990 (Buser et al., 1990).

La tasa de supervivencia de los implantes de este estudio, es similar a la tasa de supervivencia actual descrita por Pjetursson et al, 2007, quien comparó diversas tasas de complicaciones y supervivencia de implantes, declarando que en la última década la tasa de supervivencia de los implantes ha pasado de un 93.5% a un 97.1% (Pjetursson et al., 2007).

5.6 El tabaco en relación con la pérdida de hueso

Se decidió controlar la variable tabaquismo y número de cigarrillos diarios ya que existe evidencia de que el tabaco influye negativamente a los implantes. Según una revisión sistemática y metaanálisis, publicada en el año 2015, se encontró

que en los pacientes fumadores se produce un número de fracasos de implantes, infecciones postoperatorias y pérdida de hueso marginal significativamente más elevado que en caso de los pacientes no fumadores (Chrcanovic, Albrektsson, & Wennerberg, 2015).

En nuestro estudio, los pacientes fumadores no presentaron mayor pérdida de hueso en comparación con los no fumadores. La variable cantidad de cigarrillos diaria no dio un resultado significativo. Sin embargo, en este estudio el 74% de los pacientes eran no fumadores y en algunas categorías de la variable fumador, solamente se contaba con 3 observaciones, con lo cual no podemos sacar conclusiones fiables.

5.7 Pérdida de hueso en relación con la localización del implante: Maxilar o mandíbula

En nuestra regresión lineal, no se encontraron diferencias significativas con respecto a la pérdida de hueso entre implantes colocados en maxilar y mandíbula, aunque el coeficiente negativo obtenido en la variable: (-0.06), nos puede sugerir una tendencia a perder menos hueso en el caso de implantes colocados en mandíbula, a diferencia de los implantes colocados en maxilar.

En un estudio realizado en 2004 donde se comparó radiológicamente la reabsorción ósea periimplantaria alrededor de 108 implantes colocados entre maxilar y mandíbula, después de 1 año de carga protésica, se determinó que los implantes ubicados en el maxilar presentan una pérdida ósea significativamente mayor (Peñarrocha, Palomar, Sanchis, Guarinos & Balaguer, 2004).

A lo largo de los años se ha sugerido que los implantes colocados a nivel de mandíbula tienen tasas de supervivencia más altas que las del maxilar superior. Se consideran que la causa básica de la diferencia en las tasas de supervivencia es la diferencia existente entre calidades óseas. Cuando el clínico compara la colocación de un implante en mandíbula y maxilar, puede percibir la diferencia de resistencias a la hora del fresado, siendo menor en el caso del maxilar, sobre todo en sectores posteriores donde puede existir menor mineralización (Turkyilmaz & McGlumphy, 2008). Otra de las causas a las que podría atribuirse el mayor fracaso de implantes en maxilar, es debido a la asociación existente

cuando el clínico experimenta una percepción de obtención de bajo torque durante la cirugía o de un comportamiento mecánico que no es el ideal, lo cual ocurre con más frecuencia en el maxilar superior (Rodrigo et al., 2010).

5.8 Asociación de la pérdida de hueso en implantes contiguos a zonas edéntulas

En los resultados de nuestro estudio, encontramos que en la variable contacto distal del implante con zonas edéntulas, se obtuvo una mayor pérdida de hueso estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en comparación con la variable contacto del implante a zonas dentadas.

Estos hallazgos coinciden con los resultados encontrados en un estudio publicado en 2011, donde se compararon los cambios en las crestas alveolares de sitios dentados y desdentados mediante una tomografía computarizada, concluyendo que la altura y anchura ósea, es inferior cuando hay zonas edéntulas. Entre otros factores esto podría atribuirse a que en presencia de dientes, el hueso contiguo se ve beneficiado por una aportación extra de irrigación sanguínea proveniente del ligamento periodontal que, en casos de ausencia de dientes, no está presente y el aporte de nutrientes al hueso se ve disminuido. (Farina, Pramstraller, Franceschetti, Pramstraller & Trombelli, 2011). A diferencia de la variable contacto distal del implante con zonas edéntulas, la variable contacto mesial del implante con zonas edéntulas, no dio un resultado significativo. Este hecho puede deberse a que el tamaño de la muestra fue mayor en los contactos distales de implantes hacia zonas edéntulas, debido a que los pacientes edéntulos parciales que participaron en este estudio, presentaban en su mayoría tramos edéntulos en sectores posteriores.

La investigación continúa intentando resolver que puede causar esa pérdida de hueso que es más acentuada en los primeros meses después de la colocación del implante. Podría considerarse que los factores causantes de la pérdida de hueso son múltiples, pudiendo existir situaciones donde varios factores estén presentes al mismo tiempo y por el contrario otras situaciones donde se presenten de forma independiente. Este hecho dificulta atribuir que la pérdida de hueso se deba a un factor en sí, ya que es difícil aislar solo un parámetro para analizar.

Hace falta continuar con la investigación y seguimiento de los pacientes de este estudio de forma rigurosa, para limitar al máximo el margen de error y seguir obteniendo resultados fiables.

6. CONCLUSIONES

- La conexión interna cónica mostró significativamente mejores resultados respecto a la pérdida de hueso, que la conexión externa (C. E= 0.57 mm y C. I= 0.36 mm).
- No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la pérdida de hueso alrededor de implantes colocados a nivel crestal y subcrestal.
- Respecto a los valores del AFR en relación a la pérdida de hueso, los resultados de la regresión lineal nos indican que no hubo un impacto significativo.
- El Penguin ^{RFA}® no pudo aportar información predecible respecto a la supervivencia si tenemos en cuenta la primera medición el día de la colocación del implante (estabilidad primaria). Sin embargo, los valores detectados durante la colocación del pilar de cicatrización (estabilidad secundaria), sí podrían darnos información predecible del pronóstico de los implantes.
- La percepción del cirujano durante la inserción del implante no tuvo un resultado significativo respecto a la pérdida de hueso.
- Tanto en las diferentes conexiones como posiciones verticales de los implantes, se obtuvieron resultados clínicos apropiados y se obtuvo una tasa de supervivencia del 97.8%.

- Los pacientes fumadores no presentaron mayor pérdida de hueso en comparación con los no fumadores.
- No se encontraron diferencias significativas respecto a la pérdida de hueso entre los implantes colocados a nivel de maxilar y mandíbula.
- Se detectó una pérdida de hueso estadísticamente significativa cuando los implantes estaban en continuidad con un espacio edéntulo, en comparación de cuando se tenía un contacto con una zona no edéntula.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Abrahamsson, I., Berglundh, T., Wennström, 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*, 7(3), 212–219.
- Adell, R., Eriksson, B., Lekholm, U., Brånemark, P. I., & Jemt, T. (1990). Long-term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 5(4), 347–359.
- Aita, H., Hori, N., Takeuchi, M., Suzuki, T., Yamada, M., Anpo, M., & Ogawa, T. (2009). The effect of ultraviolet functionalization of titanium on integration with bone. *Biomaterials*, 30(6), 1015–1025.
- Al Amri, M. D., Al-Johany, S. S., Al Baker, A. M., Al Rifaiy, M. Q., Abduljabbar, T. S., & Al-Kheraif, A. A. (2017). Soft tissue changes and crestal bone loss around platform-switched implants placed at crestal and subcrestal levels: 36-month results from a prospective split-mouth clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 28(11), 1342–1347.
- Al Amri, M. D., Alfadda, S. A., Labban, N. Y., Alasqah, M. N., Alshehri, F. A., & Al-Rasheed, A. S. (2017). Comparison of Clinical, Radiographic, and Immunologic Inflammatory Parameters around Crestally and Subcrestally Placed Dental Implants: 5-Year Retrospective Results. *Journal of Prosthodontics*, 30(4), 384–389.
- Albrektsson, T., Zarb G., Worthington, P., & Eriksson, A. R. (1986). The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 1(1), 11–25.
- Almeida E. O., Freitas A. C., Bonfante E. A., Marotta L., Silvia N. R., & Coelho. P. G. (2013). Mechanical testing of implant-supported anterior crowns with different implant/abutment connections. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 28(1), 103–108.
- Astrand, P., Ahlqvist J., Gunne J., & Nilson H. (2008). Implant treatment of patients with edentulous jaws: a 20-year follow-up. *Clin Implant Dent Relat Res*, 10(4), 207–217.
- Astrand, P., Engquist, B., Dahlgren, S., Engquist, E., Feldmann, H., & Grondahl, K. (1999). Astra Tech and Branemark System Implants : A Prospective 5-Year Comparative Study. Results after One Year, *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 1(1), 17–26.
- Atieh, M. A., Alsabeeha, N. H., Payne, A. G., Schwass, D. R., & Duncan, W. J. (2012). Insertion torque of immediate wide-diameter implants: a finite element analysis. *Quintessence International (Berlin, Germany)* : 1985, 43(9), e115-26.

Atsumi, M., Park, S. H., & Wang, H. L. (2007). Methods used to assess implant stability: current status. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 22(5), 743–754.

Berglundh, T., Abrahamsson, I., Welander, M., Lang, N. P., & Lindhe, J. (2007). Morphogenesis of the peri-implant mucosa: an experimental study in dogs. *Clinical Oral Implants Research*, 18(1), 1–8.

Bordin, D., Cavalcanti, I. M. G., Jardim Pimentel, M., Fortulan, C. A., Sotto-Maior, B. S., Del Bel Cury, A. A., & da Silva, W. J. (2015). Biofilm and saliva affect the biomechanical behavior of dental implants. *Journal of Biomechanics*, 48(6), 997–1002.

Bouri, A., Bissada, N., Al-Zahrani, M. S., Faddoul, F., & Nouneh, I. (2008). Width of keratinized gingiva and the health status of the supporting tissues around dental implants. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 23(2), 323–326.

Branemark, P. I., Adell, R., Breine, U., Hansson, B. O., Lindström, J., & Ohlsson A. (1969). A. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg*, 3(2), 81–100.

Branemark, P. I., Zarb, A., & Albrektsson, T. (1985). *Tissue-Integrated prostheses: osseointegration in clinical dentistry*. IL: Quintes- Sence Publishing Co, 11–53.

Bratu, E. A., Tandlich, M., & Shapira, L. (2009). A rough surface implant neck with microthreads reduces the amount of marginal bone loss: A prospective clinical study. *Clinical Oral Implants Research*, 20(8), 827–832.

Brizuela-Velasco, A., Álvarez-Arenal, Á., Gil-Mur, F. J., Herrero-Climent, M., Chávarri-Prado, D., Chento-Valiente, Y., & Dieguez-Pereira, M. (2015). Relationship Between Insertion Torque and Resonance Frequency Measurements, Performed by Resonance Frequency Analysis, in Micromobility of Dental Implants. *Implant Dentistry*, 24(5), 607–611.

Broggini, N., McManus, L. M., Hermann, J. S., Medina, R. U., Schenk, R.K., Bueser, D., & Cochran, D. L. (2006). Peri-implant inflammation defined by the implant-abutment interface. *J Dent Res*, 85(5), 473–478.

Broggini, N., McManus, L. M., Hermann, J. S., Medina, R. U., Oates, T. W., Schenk, R. K., Buser, D., Mellonig, J. T., & Cochran, D. L. (2003). Persistent acute inflammation at the implant-abutment interface. *Journal of Dental Research*, 82(3), 232–237.

Buser, D., Weber H. P., & Lang, N. P. (1990). Tissue integration of non-submerged implants 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants. *Clinical Oral Implants Research*, 1(1):33-40.

Callan, D. P., Cobb, C. M., & Williams K. B. (2005). DNA probe identification of bacteria colonizing internal surfaces of the implant-abutment interface: a preliminary study. *J Periodontol*, 76(1), 115–120.

Canullo, L., Fedele, G. R., Iannello, G., & Jepsen, S. (2010). Platform switching and marginal bone-level alterations: The results of a randomized-controlled trial. *Clinical Oral Implants Research*, 21(1), 115–121.

Canullo, L., Tallarico, M., Pradies, G., Marinotti, F., Loi, I., Cocchetto, R. (2017). Soft and hard tissue response to an implant with a convergent collar in the esthetic area: preliminary report at 18 months. *Int J Esthet Dent*, 12(3), 306-323.

Capelli, M. (2013). Surgical, biologic and implant-related factors affecting bone remodeling around implants. *Eur J Esthet Dent*, 8(2), 279–313.

Cha, H. S., Kim, Y. S., Jeon, J. H., & Lee, J. H. (2013). Cumulative survival rate and complication rates of single-tooth implant; focused on the coronal fracture of fixture in the internal connection implant. *Journal of Oral Rehabilitation*, 40(8), 595–602.

Chae, S. W., Kim, Y. S., Lee, Y. M., Kim, W. K., Lee, Y. K., & Kim, S. H. (2015). Complication incidence of two implant systems up to six years: A comparison between internal and external connection implants. *Journal of Periodontal and Implant Science*, 45(1), 23–29.

Chow, Y. C., & Wang, H.-L. (2010). Factors and techniques influencing peri-implant papillae. *Implant Dentistry*, 19(3), 208–219.

Chrcanovic, B. R., Albrektsson, T., & Wennerberg, A. (2015). Smoking and dental implants: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 43(5), 487–498.

Dailey, B., Jordan, L., Blind, O., & Tavernier, B. (2009) Axial displacement of abutments into implants and implant replicas, with the tapered cone-screw internal connection, as a function of tightening torque. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 24(2), 251–256.

de Siqueira, R. A. C., Fontão, F. N. G. K., Sartori, I. A. de M., Santos, P. G. F., Bernardes, S. R., & Tiossi, R. (2017). Effect of different implant placement depths on crestal bone levels and soft tissue behavior: a randomized clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 28(10), 1227–1233.

Degidi, M., Perrotti, V., Shibli, J. A., Novaes, A. B., Piattelli, A., & Iezzi, G. (2011). Equicrestal and Subcrestal Dental Implants: A Histologic and Histomorphometric Evaluation of Nine Retrieved Human Implants. *Journal of Periodontology*, 82(5), 708–715.

do Nascimento, C., Miani, P. K., Pedrazzi, V., Muller, K., & de Albuquerque, R. F. (2012). Bacterial leakage along the implant-abutment interface: culture and

DNA Checkerboard hybridization analyses. *Clinical Oral Implants Research*, 23(10), 1168–1172.

Donovan, R., Fetner, A., Koutouzis, T., & Lundgren, T. (2010). Crestal Bone Changes Around Implants with Reduced Abutment Diameter Placed Non-Submerged and at Subcrestal Positions: A 1-Year Radiographic Evaluation. *Journal of Periodontology*, 81(3), 428–434.

Elias, C. N., Lima, J. H. C., Valiev, R., & Meyers, M. A. (2008). Biomedical applications of titanium and its alloys. *JOM*, 60(3), 46–49.

Enkling, N., Jöhren, P., Klimberg, V., Bayer, S., Mericske-Stern, R., & Jepsen, S. (2011a). Effect of platform switching on peri-implant bone levels: A randomized clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 22(10), 1185–1192.

Ercoli, C., Jammal, G., Buyers, M., Tsigarida, A. A., Chochlidakis, K. M., Feng, C., & Caton, J. (2017). Influence of Apico-Coronal Implant Placement on Post-Surgical Crestal Bone Loss in Humans. *Journal of Periodontology*, 88(8), 762–770.

Esposito, M., Hirsch, J.-M., Lekholm, U., & Thomsen, P. (1998). Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants, (II). Etiopathogenesis. *European Journal of Oral Sciences*, 106(3), 721–764.

Esposito, M., Maghaireh, H., Pistilli, R., Grusovin, M. G., Lee, S. T., Gualini, F., Yoo, J., & Buti, J. (2015). Dental implants with internal versus external connections: 1-year post-loading results from a pragmatic multicenter randomised controlled trial. *European Journal of Oral Implantology*, 8(4), 331–344.

Esposito, M., Maghaireh, H., Pistilli, R., Grusovin, M. G., Lee, S. T., Trullenque-Eriksson A., & Gualini, F. (2016). Dental implants with internal versus external connections: 5-year post-loading results from a pragmatic multicenter randomised controlled trial. *European Journal of Oral Implantology*, 9 (1), 129–141.

Farina, R., Pramstraller, M., Franceschetti, G., Pramstraller, C., & Trombelli L. (2011). Alveolar ridge dimensions in maxillary posterior sextants: a retrospective comparative study of dentate and edentulous sites using computerized tomography data. *Clin Oral Implants Res*, 22(10), 1138-1144.

Fickl, S., Zühr, 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(3), 577–581.

Galindo-Moreno, P., Fernandez-Jimenez, A., O'Valle, F., Monje, A., Silvestre, F. J., Juodzbaly, G., Sanchez-Fernandez, E., & Catena, A. (2015). Influence of the Crown-Implant Connection on the Preservation of Peri-Implant Bone: A

Retrospective Multifactorial Analysis. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 30(2), 384–390.

Goiato, M. C., Pellizzer, E. P., da Silva, E. V. F., Bonatto, L. D. R., & Dos Santos, D. M. (2015). Is the internal connection more efficient than external connection in mechanical, biological, and esthetical point of views? A systematic review. *Oral and Maxillofacial Surgery*, 19, 229–242.

Gracis, S., Michalakis, K., Vigolo P., vom Steyern, PV., Zwahlen, M., Sailer, L. (2012). Internal vs. external connections for abutments/reconstructions: a systematic review. *Clin Oral Implants Res*, 23(6), 202–216.

Guéhenneq, L., Soueidan, A., Layrolle, P., & Amouriq, Y. (2007). Surface treatments of titanium dental implants for rapid osseointegration. *Dental Materials*, 23(7), 844-854.

Guerra, F., Wagner, W., Wiltfang, J., Rocha, S., Moergel, M., Behrens, E., & Nicolau, P. (2014). Platform switch versus platform match in the posterior mandible – 1-year results of a multicentre randomized clinical trial. *Journal of Clinical Periodontology*, 41(5), 521–529.

Habibovic, P., Li, J., van der Valk, C. M., Meijer, G., Layrolle, P., van Blitterswijk, C. A., & de Groot, K. (2005). Biological performance of uncoated and octacalcium phosphate-coated Ti6Al4V. *Biomaterials*, 26 (1), 23–36.

Hashim, D., Cionca, N., Courvoisier, DS., & Mombelli, A. (2016) A systematic review of the clinical survival of zirconia implants. *Clin Oral Investig*, 20 (7), 1403-1417.

Hermann, F., Lerner, H. & Palti, A. (2007). Factors influencing the preservation of the peri- implant marginal bone. *Implant Dentistry*, 16(2), 165–175.

Hermann, J. S., Buser, D., Schenk, R. K., & Cochran, D. L. (2000). Crestal Bone Changes Around Titanium Implants. A Histometric Evaluation of Unloaded Non-Submerged and Submerged Implants in the Canine Mandible. *Journal of Periodontology*, 71(9), 1412–1424.

Isidor F. (2006). Influence of forces on peri-implant bone. *Clin Oral Implants Res*, 17(2), 8–18.

Jacobs, R., Pittayapat, P., Van Steenberghe, D., De Mars, G., Gijbels, F., Van Der Donck, A., Limin, Li., Liang, X., Van Assche., Quirynen, M., & Naert, I. (2010). A split-mouth comparative study up to 16 years of two screw-shaped titanium implant systems. *Journal of Clinical Periodontology*, 37(12), 1119–1127.

Jadad, A. R., Moore, R. A., Carroll, D., Jenkinson, C., Reynolds, D. J. M., Gavaghan, D. J., & McQuay, H. J. (1996). Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: is blinding necessary? *Controlled Clinical Trials*, 17(1), 1–12.

- Kan, J. Y., Morimoto, T., Rungcharassaeng, K., Roe, P., & Smith, D. H. (2010). Gingival biotype assessment in the esthetic zone: visual versus direct measurement. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 30(3), 237–243.
- Karl, M., Winter, W., Taylor, T., & Heckmann, S.M. (2004). In vitro study on passive fit in implant-supported 5-unit fixed partial dentures. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 19(1), 30–37.
- Kim, K. S., Lim, Y. J., Kim, M. J., Kwon, H. B., Yang, J. H., Lee, J. B., & Yim, S.H. (2011). Variation in the total lengths of abutment/implant assemblies generated with a function of applied tightening torque in external and internal implant-abutment connection. *Clinical Oral Implants Research*, 22(8), 834–839.
- Kim, Y. T., Lim, G. H., Lee, J. H., & Jeong, S. N. (2017). Marginal bone level changes in association with different vertical implant positions: a 3-year retrospective study. *Journal of Periodontal & Implant Science*, 47(4), 231–239.
- Koh, R. U., Oh, T. J., Rudek, I., Neiva, G. F., Misch, C. E., Rothman, E. D., & Wang, H. L. (2011). Hard and soft tissue changes after crestal and subcrestal immediate implant placement. *Journal of Periodontology*, 82(8), 1112–1120.
- Koo, K. T., Lee, E. J., Kim, J. Y., Seol, Y. J., Han, J. S., Kim, T. I., Lee, Y. M., Ku, Y., Wikesjö, U. M., & Rhyu, I. C. (2012). The Effect of Internal Versus External Abutment Connection Modes on Crestal Bone Changes Around Dental Implants: A Radiographic Analysis. *Journal of Periodontology*, 83(8), 1104–1109.
- Koutouzis, T., Neiva, R., Nair, M., Nonhoff, J., & Lundgren, T. (2016). Cone beam computed tomographic evaluation of implants with platform-switched Morse taper connection with the implant-abutment interface at different levels in relation to the alveolar crest. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 29(5), 1157–1163.
- Kütan, E., Bolukbasi, N., Yildirim-Ondur, E., & Ozdemir, T. (2015). Clinical and Radiographic Evaluation of Marginal Bone Changes around Platform-Switching Implants Placed in Crestal or Subcrestal Positions: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 17(2), e364–e375.
- Lavenus, S., Rozé, J., Hoornaert, A., Louarn, G., & Layrolle, P. (2012). Impact of Nanotechnology on Dental Implants. *Emerging Nanotechnologies in Dentistry*, 71-84
- Lazzara, R. J., & Porter, S. S. (2006). Platform switching: a new concept in implant dentistry for controlling postrestorative crestal bone levels. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 26(1), 9–17.

Lee, J. H., Kim, D. G., Park, C. J., & Cho, L. R. (2014). Axial displacements in external and internal implant-abutment connection. *Clinical Oral Implants Research*, 25(2), 83–89.

Lee, S.-Y., Huang, H.-M., Lin, C.-Y., & Shih, Y.-H. (2000). In Vivo and In Vitro Natural Frequency Analysis of Periodontal Conditions: An Innovative Method. *Journal of Periodontology*, 71(4), 632–640.

Lesaffre, E., Philstrom, B., Needleman, I., & Worthington, H. (2009). The design and analysis of split-mouth studies: What statisticians and clinicians should know. *Statistics in Medicine*, 28(28), 3470–3482.

Lin, M., Shen, Y., Huang, H., Hsu, J., & Fuh, L. (2013). A Retrospective Study of Implant – Abutment Connections on Crestal Bone Level. *J Dent Res*, 92(12), 202S-207S.

Macedo, J. P., Pereira, J., Vahey, B. R., Henriques, B., Benfatti, C. A. M., Magini, R. S., López-López, J., Souza, J. C. M. Morse taper dental implants and platform switching: The new paradigm in oral implantology. *European Journal of Dentistry*, 10(1), 148–154.

Maeda, Y., Saton, T., & Sogo, M. (2006). In vitro differences of stress concentrations for internal and external hex implant-abutment connections: A short communication. *J Oral Rehabil*, 33(1), 75–78.

Mangano, F., Mangano, C., Ricci, M., Sammons, R. L., Shibli, J. A., & Piattelli, A. (2012). Single-tooth Morse taper connection implants placed in fresh extraction sockets of the anterior maxilla: an aesthetic evaluation. *Clinical Oral Implants Research*, 23(11), 1302–1307.

Meloni, S. M., Jovanovic, S. A., Lolli, F. M., Pisano, M., De Riu, G., De Riu, N., Lugliè, P. F., Tullio, A. (2014). Platform switching vs regular platform implants: nine-month post-loading results from a randomised controlled trial. *European Journal of Oral Implantology*, 7(3), 257–265.

Miller, S. A., & Forrest, J. L. (2001). Enhancing your practice through evidence-based decision making: PICO, learning how to ask good questions. *Journal of Evidence Based Dental Practice*, 1(2), 136–141.

Nagarajan, B., Murthy, V., Livingstone, D., Surendra, M. P., & Jayaraman, S. (2015). Evaluation of Crestal Bone Loss Around Implants Placed at Equicrestal and Subcrestal Levels Before Loading: A Prospective Clinical Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 9(12), ZC47-50.

Nedir, R., Bischof, M., Szmukler-Moncler, S., Bernard, J.-P., & Samson, J. (2004). Predicting osseointegration by means of implant primary stability. *Clinical Oral Implants Research*, 15(5), 520–528.

Norton, M. R., & Gamble, C. (2001). Bone classification: an objective scale of bone density using the computerized tomography scan. *Clinical Oral Implants Research*, 12(1), 79–84.

Novaes, A. B., Barros, R. R. M., Muglia, V. A., & Borges, G. J. (2009). Influence of interimplant distances and placement depth on papilla formation and crestal resorption: a clinical and radiographic study in dogs. *The Journal of Oral Implantology*, 35(1), 18–27.

Oh, T.-J., Yoon, J., Misch, C. E., & Wang, H.-L. (2002). The Causes of Early Implant Bone Loss: Myth or Science? *Journal of Periodontology*, 73(3), 322–333.

Pachauri, P., Bathala, L. R., & Sangur, R. (2014). Techniques for dental implant nanosurface modifications. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 6(6), 498–504.

Palacios-Garzón, N., Mauri-Obradors, E., Roselló-LLabrés, X., Estrugo-Devesa, A., Jané-Salas, E., & López-López, J. (2018). Comparison of Marginal Bone Loss Between Implants with Internal and External Connections: A Systematic Review. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 33(3), 580–589.

Palacios-Garzón, N., Velasco-Ortega, E., López-López, J. (2019). Bone Loss in Implants Placed at Subcrestal and Crestal Level: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Materials*, 12(1), 154 2-19.

Palaska, I., Tsaousoglou, P., Vouros, I., Konstantinidis, A., & Menexes, G. (2016). Influence of placement depth and abutment connection pattern on bone remodeling around 1-stage implants: a prospective randomized controlled clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 27(2), e47–e56.

Pellicer-Chover, H., Peñarrocha-Diago, M., Peñarrocha-Oltra, D., Gomar-Vercher, S., Agustín-Panadero, R., & Peñarrocha-Diago, M. (2016). Impact of crestal and subcrestal implant placement in peri-implant bone: A prospective comparative study. *Medicina Oral, Patología Oral Y Cirugía Bucal*, 21(1), e103–e110.

Peñarrocha-Diago, M. A., Flichy-Fernández, A. J., Alonso-González, R., Peñarrocha-Oltra, D., Balaguer-Martínez, J., & Peñarrocha-Diago, M. (2013). Influence of implant neck design and implant-abutment connection type on peri-implant health. Radiological study. *Clinical Oral Implants Research*, 24(11), 1192–1200.

Peñarrocha, M., Palomar, M., Sanchis, J. M., Guarinos, J., & Balaguer, J. (2004). Radiologic study of marginal bone loss around 108 dental implants and its relationship to smoking, implant location, and morphology. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 19(6), 861-867.

Perriard, J., Wiskott, W. A., Mellal, A., Scherrer, S. S., Botsis, J., & Belser, U. C. (2002). Fatigue resistance of ITI implant-abutment connectors - a comparison of

the standard cone with a novel internally keyed design. *Clinical Oral Implants Research*, 13(5), 542–549.

Pessoa, R. S., Sousa, R. M., Pereira, L. M., Neves, F. D., Bezerra, F. J., Jaecques, S. V., Sloten, J.V., Quirynen, M., Teughels, W., & Spin-Neto, R. (2017). Bone Remodeling Around Implants with External Hexagon and Morse-Taper Connections: A Randomized, Controlled, Split-Mouth, Clinical Trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 19(1), 97-110.

Piao, C. M., Lee, J. E., Koak, J. Y., Kim, S. K., Rhyu, I. C., Han, C. H., Herr, Y., & Heo, S. J. (2009). Marginal bone loss around three different implant systems: Radiographic evaluation after 1 year. *Journal of Oral Rehabilitation*, 36(10), 748–754.

Piattelli, A., Vrespa, G., Petrone, G., Iezzi, G., Annibaldi, S., & Scarano, A. (2003). Role of the Microgap Between Implant and Abutment: A Retrospective Histologic Evaluation in Monkeys. *Journal of Periodontology*, 74(3), 346–352.

Pjetursson, B. E., Brägger, U., Lang, N. P., & Zwahlen, M. (2007). Comparison of survival and complication rates of tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs) and implant-supported FDPs and single crowns (SCs). *Clinical Oral Implants Research*, 18 (3), 97–113.

Pontes, A. E. F., Ribeiro, F. S., da Silva, V. C., Margonar, R., Piattelli, A., Cirelli, J. A., & Marcantonio, E. (2008). Clinical and radiographic changes around dental implants inserted in different levels in relation to the crestal bone, under different restoration protocols, in the dog model. *Journal of Periodontology*, 79(3), 486–494.

Pozzi, A., Agliardi, E., Tallarico, M., & Barlattani, A. (2014). Clinical and radiological outcomes of two implants with different prosthetic interfaces and neck configurations: Randomized, controlled, split-mouth clinical trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 16(1), 96–106.

Pozzi, A., Tallarico, M., & Moy, P. (2014). Three-year post-loading results of a randomised, controlled, split-mouth trial comparing implants with different prosthetic interfaces and design in partially posterior edentulous mandibles. *European Journal of Oral Implantology*, 7(1), 47–61.

Quirynen, M, Naert L., & Van Steenberghe, D. (1992). Fixture design and overload influence marginal bone loss and fixture success in the Branemark system. *Clin Oral Implants Res*, 3(3), 104–111.

Ravald, N., Dahlgren, S., Teiwik, A., & Gröndahl, K. (2013). Long-term evaluation of Astra Tech and Brånemark implants in patients treated with full-arch bridges. Results after 12-15 years. *Clinical Oral Implants Research*, 24(10), 1144–1151.

Rodrigo, D., Aracil, L., Martin, C., & Sanz, M. (2010). Diagnosis of implant stability and its impact on implant survival: a prospective case series study. *Clinical Oral Implants Research*, 21(3), 255–261.

Roehling, S., Schlegel, KA., Woelfler, H., & Gahlert M. (2018). Performance and outcome of zirconia dental implants in clinical studies: A meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 29 (16), 135-153.

Romanos, G. E., Aydin, E., Gaertner, K., & Nentwig, G.-H. (2015). Long-Term Results after Subcrestal or Crestal Placement of Delayed Loaded Implants. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 17(1), 133–141.

Sahiwal, I. G., Woody, R. D., Benson, B. W., & Guillen, G. E. (2002). Radiographic identification of threaded endosseous dental implants. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 87(5), 563–577.

Schliephake, H., Hefti, T., Scholting, F., Gédet, P., & Staedt, H. (2010). Mechanical anchorage and peri-implant bone formation of surface-modified zirconia in minipigs. *J Clin Periodontol*, 37(9), 818–828.

Schrott, A. R., Jimenez, M., Hwang, J.-W., Fiorellini, J., & Weber, H.-P. (2009). Five-year evaluation of the influence of keratinized mucosa on peri-implant soft-tissue health and stability around implants supporting full-arch mandibular fixed prostheses. *Clinical Oral Implants Research*, 20(10), 1170–1177.

Sennerby, L., & Meredith, N. (2008). Implant stability measurements using resonance frequency analysis: biological and biomechanical aspects and clinical implications. *Periodontology 2000*, 47(1), 51–66.

Slutzkey, S., Moses, O., Tal, H., Meirowitz, A., & Matalon, S. (2017). Direct contact test for evaluating bacterial growth on machined and rough surface implants. *Implant Dentistry*, 26(6), 899–903.

Streckbein, P., Streckbein, R. G., Wilbrand, J. F., Malik, C. Y., Schaaf, H., Howaldt, H. P., & Flach, M. (2012). Non-linear 3D evaluation of different oral implant-abutment connections. *Journal of Dental Research*, 91(12), 1184–1189.

Sutter F. (1993). The new restorative concept of the ITI dental implant system: design and engineering. *Int. J Periodontics Restorative Dent*, 13(5), 409–431.

Tenenbaum, H., Schaaf, J.-F., & Cuisinier, F. J. (2003). Histological analysis of the Ankylos peri-implant soft tissues in a dog model. *Implant Dentistry*, 12(3), 259–265.

Todescan, F. F., Pustiglioni, F. E., Imbronito, A. V., Albrektsson, T., & Gioso, M. (2002). Influence of the microgap in the peri-implant hard and soft tissues: a histomorphometric study in dogs. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 17(4), 467–472.

Turkyilmaz, I., & McGlumphy, E. (2008). Influence of bone density on implant stability parameters and implant success: a retrospective clinical study. *BMC Oral Health*, 8(32), 1–8.

Urrútia, G., & Bonfill, X. (2010). [PRISMA declaration: a proposal to improve the publication of systematic reviews and meta-analyses]. *Medicina Clínica*, 135(11), 507–511.

Veis, A., Parissis, N., Tsirlis, A., Papadeli, C., Marinis, G., & Zogakis, A. (2010). Evaluation of peri-implant marginal bone loss using modified abutment connections at various crestal level placements. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 30(6), 609–617.

Vervaeke, S., Matthys, C., Nassar, R., Christiaens, V., Cosyn, J., & De Bruyn, H. (2018). Adapting the vertical position of implants with a conical connection in relation with soft tissue thickness prevents early implant surface exposure: a 2-year prospective intra-subject comparison. *Journal of Clinical Periodontology*, 45(5), 605-612.

Warreth, A., Boggs, S., Ibieyou, N., El-Helali, R., & Hwang, S. (2015). Peri-implant diseases: an overview. *Dental Update*, 42(2), 166-184.

Wennerberg, A., Sennerby, L., Kultje, C., & Lekholm, U. (2003). Some soft tissue characteristics at implant abutments with different surface topography. A study in humans. *Journal of Clinical Periodontology*, 30(1), 88–94.

Zarb, G. A., & Schmitt, A. (1990). The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants: The Toronto study. Part III: Problems and complications encountered. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 64(2), 185–194.

Zigdon, H., & Machtei, E. E. (2008). The dimensions of keratinized mucosa around implants affect clinical and immunological parameters. *Clinical Oral Implants Research*, 19(4), 387–392.

8. ANEXOS

8.1 Anexo 1: Hoja de aceptación por parte del comité de ética CEIC


Hospital Odontològic
 UNIVERSITAT DE BARCELONA

Comitè d'Ètica i Investigació Clínica

JOSE LÓPEZ LÓPEZ
UFR Odontologia

Benvolgut,

Adjunt us trametem el dictamen del Comitè d'Ètica i Investigació Clínica de l'**Hospital Odontològic Universitat de Barcelona** i la conformitat de la direcció del Centre. També i tal com indica la normativa li adjuntem la composició del comitè.

Li recordo que cal que comuniqui a la gerència de la **Fundació Josep Finestres** l'inici d'aquest estudi a la direcció de correu electrònic: jgonzalo@ub.edu.

Restem a la seva disposició per a qualsevol aclariment.

Atentament,



Dra. Silvia Sánchez
Secretària del CEIC-HOUB

L'Hospitalet, 4 / abril / 2017


Hospital Odontològic
 UNIVERSITAT DE BARCELONA

C.E.I.C.	
Data	5/4/17
Entrada	
Sortida	648


 UNIVERSITAT DE
 BARCELONA

CONFORMIDAD DE LA DIRECCION DEL CENTRO

Dr. Josep M^a Ustrell, Director Facultativo del *Hospital Odontològic Universitat de Barcelona* y
vista la autorización del Comité Ético de Investigación Clínica,

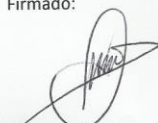
CERTIFICA

Que conoce la propuesta realizada por el promotor para que sea realizado en este Centro el estudio código de protocolo 2017-008 titulado: "La pérdida marginal ósea en implantes de conexión externa versus conexión interna e implantes crestales y subcrestales. Estudio piloto." y que será realizado por el Dr. JOSE LÓPEZ LÓPEZ y la Sra. NATALIA PALACIOS GARZÓN como investigadores principales y como colaboradores; el Dr. ALBERT ESTRUGO DAVESA, Dr. XAVIER ROSELLÓ LLABRÉS y la Dra. ELISABETH MAURI OBRADORS.

Que acepta la realización de dicho estudio en este Centro.

Lo que firma en Hospitalet de Llobregat, a **04/04/2017**

Firmado:



Dr. Josep M^a Ustrell

8.2 Anexo 2: Hoja de información del estudio para los participantes



Hoja de información al participante

Título del estudio: **La pérdida marginal de hueso en implantes de conexión externa versus conexión interna. Implantes de crestales y subcrestales. Estudio piloto**

INVESTIGADOR PRINCIPAL: Natalia Palacios Garzón, proyecto de tesis doctoral dirigida por Dr. López López

Objetivos del estudio:

Comparar la pérdida de hueso alrededor de implantes de conexión externa e interna. La intención es evaluar si existe mayor pérdida de hueso en una conexión que en otra.

El estudio constará en:

Los pacientes incluidos en este estudio, deberán precisar la colocación de al menos dos implantes en la maxilar y/o mandíbula para sustituir un mínimo de dos dientes. Al paciente se le colocará un implante de conexión interna y otro de conexión externa de una manera aleatorizada. A los pacientes asignados con conexión interna, se les colocará de manera aleatorizada implantes de nivel crestal o subcrestal. Se realizará una radiografía diagnóstica para valorar la posible inclusión en el estudio. Los tres tipos de implantes están validados para su utilización en clínica desde hace años y la decisión de colocar uno u otro, depende en muchas ocasiones de la preferencia del propio profesional.

El paciente deberá acudir a la consulta en las diferentes citas de control y en cada una de ellas se anotarán los datos clínicos y radiográficos, extraídos de la historia clínica, que permitan llevar a cabo el estudio. Las citas son: i) el día de la colocación del implante, ii) el día del primer control y retirada de puntos (a los 10-15 días de la colocación del implante), iii) el día del segundo control (al mes), iv) a los 3 meses (+/- 2 semanas) en mandíbula y 4 meses (+/- 2 semanas) en maxilar para la cirugía y colocación del pilar de cicatrización, v) a la semana (+/- 1 día) para la retirada de puntos; vi) a la semana (+/- 1 día) para toma de medidas, vii) a la





semana (+/-1día) para una prueba de la prótesis, ix) a la semana (+/-1día) para colocación definitiva de la prótesis, x) a los 6 meses y xi) al año después de colocar la prótesis.

A los pacientes se les colocarán implantes de conexión interna o externa de manera aleatoria y cada uno de ellos recibirá un implante de conexión interna y otro de conexión externa.

El paciente tiene la responsabilidad de acudir a las visitas mencionadas y de notificar cualquier evento adverso que le suceda o cambios en su medicación.

Riesgo y molestia que puede ocasionar al participante del estudio:

El riesgo para el paciente es el inherente a la colocación de los implantes, no hay ningún riesgo adicional por participar en el estudio, excepto las posibles molestias del seguimiento estricto. El beneficio serán los propios del tratamiento en sí, y el hecho de colaborar en el estudio nos permitirá, en función de los resultados, obtener datos que nos permitan decidir mejores estrategias de tratamientos futuros.

La participación en este estudio es completamente voluntaria y el participante podrá retirarse del estudio en cualquier momento. El retirarse del estudio no implica cambios en el tratamiento que el paciente precise. Solo los investigadores de este estudio tendrán acceso a los datos del participante. El investigador contestará las dudas y preguntas que haga el participante. También debe saber que puede ser excluido del estudio si los investigadores lo consideran oportuno, ya sea por motivos de seguridad, por cualquier acontecimiento adverso que se produzca por la medicación en estudio o porque consideren que no está cumpliendo con los procedimientos establecidos. En cualquiera de los casos, usted recibirá una explicación adecuada del motivo que ha ocasionado su retirada del estudio

En caso de querer comunicarse con el investigador podrá contactar con Natalia Palacios al teléfono 606179867


Fecha:



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

8.3 Anexo 3: Consentimiento informado



CONSENTIMENT INFORMAT PARTICIPANT ESTUDI		
<p>Titul de l'estudi: La pèrdua marginal òssia en implants de connexió externa versus connexió interna i implants crestals i subcrestals. Estudi pilot.</p>		
<p>El/La Sr./Sra. com participant amb DNI o com representant legal, familiar, etc. del participant, el/la Sr./Sra. amb DNI núm.</p>		
<p>DECLARO que la Dra. Natalia Palacios Garzón (Nom i cognoms de l'investigador/a que facilita la informació) m'ha donat suficient informació sobre l'estudi. He entès les explicacions que m'han facilitat en un llenguatge clar i senzill, i el facultatiu que m'ha donat m'ha permès realitzar totes les observacions i m'ha clarificat tots els dubtes que m'he plantejat. També he comprès que, en qualsevol moment, sense necessitat de donar cap explicació, puc revocar el consentiment que he donat i puc retirar-me de l'estudi quan vulgui, sense haver de donar cap explicació sense cap repercussió. Per això manifesto que estic satisfet/a amb la informació rebuda i que dono la meua conformitat per participar en aquest estudi.</p>		
 Signatura Investigador/a	Signatura Participant	Signatura Representant legal participant
L'Hospital de llobregat, de de 20.....		
REVOCACIÓ DEL CONSENTIMENT		





CONSENTIMENT INFORMATIU PARTICIPANT ESTUDI

El/La Sr./Sra. com participant
amb DNI o com representant legal, familiar, etc. del participant, de/la
Sr./Sra. amb DNI núm.

DECLARO que:

El/la Dr./Dra.
M'ha informat correctament de l'estudi.

REVOCO el consentiment

L'Hospital de llobregat, de de 20.....

.....
.....
.....
.....
Signatura	Signatura	Signatura
Investigador	Participant	Representant legal participant



8.4 Anexo 4: Historia clínica

TÍTULO DEL ESTUDIO: La pérdida marginal ósea en implantes de conexión externa versus conexión interna e implantes crestales y subcrestales.

Nombre:	Apellidos:	N° de historia:
---------	------------	-----------------

Edad:	Sexo:	Peso:	Altura:	Teléfono:
-------	-------	-------	---------	-----------

Anamnesis

1- Antecedentes patológicos familiares: (Marque con una "x" la casilla correspondiente)

Metabólicos, Hematológicos, Digestivos, Genitourinario, Neurológicos, Oncológicos, Cardiovasculares

Otros.....
.....

2- Antecedentes patológicos personales:

Alergias:

Si	No
----	----

Farmacológicas	<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>Si</td><td>No</td></tr></table>	Si	No	Alimenticias	Metales	Otras
Si	No					

Si ha marcado "Otras", especifíquese.....

Hábitos tóxicos:

Si	No
----	----

Tabaco	<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>Si</td><td>No</td></tr></table>	Si	No	Alcohol	Cannabis	Otras
Si	No					

Especifique tipo y dosis

Neoplasias:

Si	No
----	----

Si ha marcado "Si", especifíquese.....

Hemopatías:

Anemia	<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>Si</td><td>No</td></tr></table>	Si	No	Leucemia	Hemofilia	Otras
Si	No					

Si ha marcado "Otras", especifíquese.....

Metabolismo y endocrinopatías:

Si	No
----	----

Diabetes	Colesterol	Hipertensión	Tiroides	Suprarrenales	Otras	
----------	------------	--------------	----------	---------------	-------	--

Si ha marcado "Otras", especifíquese.....

Digestivos:

Si	No
----	----

Aftas	Hernia de hiato	Úlcera péptica	Intolerancia al gluten
Cirrosis	Colitis ulcerosa	Helicobacter Pylori	Otras

Si ha marcado "Otras", especifíquese.....

Cardiovasculares:

Si	No
----	----

Insuficiencia cardiaca	Hipertensión	Ángor	IAM
AVC	Valvulopatía	Arritmia	Otras

Si ha marcado "Otras", especifíquese.....

Respiratorios:

Si	No
----	----

Rinitis	Asma	TBC	EPOC	Otras	
---------	------	-----	------	-------	--

Si ha marcado "Otras", especifíquese.....

Locomotores:

Si	No
----	----

Artritis	Artralgia	Trans.de la marcha	Artrosis	Otras	
----------	-----------	--------------------	----------	-------	--

Si ha marcado "Otras", especifíquese.....

Reumatismo:

Si	No
----	----

Fiebre reumática	Artritis reumatoide	S.Sjögren	Fibromialgia	SFC	Otras	
------------------	---------------------	-----------	--------------	-----	-------	--

Si ha marcado "Otras", especifíquese.....

Genitourinario:

Si	No
----	----

Litiasis	Infecciones	Insuficiencia renal	Diálisis	Prostatismo	Otras	
----------	-------------	---------------------	----------	-------------	-------	--

Si ha marcado "Otras", especifíquese.....

Ginecológicas: Si No

Menorragia	Candidiasis vaginal	Partos	Abortos	Otras	
------------	---------------------	--------	---------	-------	--

Si ha marcado "Otras", especifíquese.....

Enfermedades infecciosas y ETS Si No

VHA	VHB	VHC	VHC	
VIH	Papiloma	Herpes genital	Otras	

Si ha marcado "Otras", especifíquese.....

Cutáneomucosas: Si No

Alergias	Acné	Herpes simple	Liquen plano	
Verrugas	Alopecia	Aftas	Otras	

Si ha marcado "Otras", especifíquese.....

Neuropsiquiátricos: Si No

Cefalea	Ansiedad	Depresión	Esquizofrenia	
Epilepsia	Migraña	SBA	Otras	

Si ha marcado "Otras", especifíquese.....

Tratamientos quirúrgicos: Si No

Especifíquese.....

Medicación Actual: Si No

Indique nombres, dosis y motivo.....

3-Antecedentes odontológicos:

Tipo de higiene dental: 1 v/día..., 1-2/v día..., 3/v día..., más de 3 v/día.....

Otros métodos de higiene: Hilo..., Otros.....

Parafunciones: Apreta, Succiona, Mordisqueo, Labios, Mordisq. Bolígrafos, Mordisqueo Uñas, Mordisqueo Palillos, Otras.....

Patología ósea: Si... No.....**ATM:** Dolor articular..., Dolor muscular..., Bruxismo..., Crujido..., Otros:.....

Examen Físico*1- Exploración buco-dental*

Higiene bucal: Índice de placa (PLI) (Se determina en las zonas: mesial, distal, lingual y vestibular de la corona)

Puntuación 0	No se detecta placa
Puntuación 1	La placa se detecta recorriendo la superficie de la corona
Puntuación 2	Placa puede verse a simple vista
Puntuación 3	Abundancia de placa

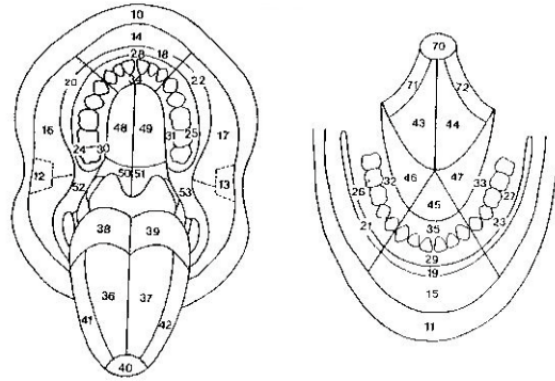
Patología periodontal: Dolor..., Gingivitis..., Sangrado espontaneo..., GUNA..., PUNA...,

Patología dental: Dolor..., Caries..., Traumatismos..., Alteraciones Si..., No..., Forma..., Color.....

Prostodoncia: Coronas o puentes..., PPR resina..., Esquelético..., Implantes..., Férula oclusal.....

Glándulas salivales: Dolor..., Boca seca..., Xerostomía..., Signo de rocío..., Mucocele..., Litiasis.....

Patología de mucosas: Dolor..., Ulceración..., Mancha blanca..., Mancha roja..., Pápula o nódulo..., Tumor..., Otros.....



55	54	53	52	51	61	62	63	64	65

18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38

85	84	83	82	81	71	72	73	74	75

C: Caries; O: Obturado; A: Ausente; R: Resto radicular; E: Extracción; F: Funda; I: Implante; En: Endodoncia; FI: Funda sobre implante

A continuación describa el total de implantes que se colocaran al paciente y la numeración donde irán.

1er cuadrante:..... 3er cuadrante:.....

2do cuadrante:..... 4to cuadrante:.....

Estudio Implantológico

Nombre del alumno que realiza la cirugía:

Datos a rellenar por cada implante colocado.

DIA O. Pruebas diagnósticas

Este día debe realizarse la Rx 1.

Pruebas complementarias:

Ortopantomografía	Periapical	TC	Modelos
-------------------	------------	----	---------

Entrega al paciente de hoja de información del estudio, consentimiento informado y receta de antibiótico

¿El paciente entrega firmado el consentimiento informado?

Si	No
----	----

Fecha:.....

DIA 1. Colocación de implantes.

A nivel de que diente se coloca el implante

Especifique tipo de antagonista.....

Especifique la conexión del implante:

Conexión externa	Conexión interna subcrestal	Conexión interna yuxtacrestal
Debe dejarse Yuxtacrestal	Debe dejarse máximo 2mm debajo de la cresta	Debe dejarse Yuxtacrestal

- Especifique el diámetro y la longitud del implante.....
- Respecto al sangrado durante la preparación del lecho implantario:

1.Sangrado bajo (sangrado solo en la zona apical del lecho implantario)	
2.Sangrado normal (sangrado completo o casi completo del lecho implantario)	
3.Sangrado abundante (extravasación de sangre del lecho implantario)	

- Protocolo de fresado para densidad de hueso: 1: D1..... 2: D2 Y D3..... 3: D4.....

- El motor debe programarse a 25 rpm en el momento de la colocación del implante
- En la inserción del implante con el motor programado 35 Ncm:
 - 1.El motor se detiene cuando se ha introducido el implante por completo Si.... No.....
 - 2.El motor no se detiene y el implante continua rotando dentro del lecho implantario Si..... No.....
 - 3.El motor se detiene, se aumentan los Ncm en el motor (máx 50Ncm) y se continúa la inserción con el motor. Si.....No.....
 - 4.El motor se detiene y se continúa la inserción con carraca (1 a 2 espiras). Si.....No.....
 - 5.El motor se detiene y se continúa la inserción con carraca (2 a 3 espiras). Si.....No.....
 - 6.El motor se detiene y se continúa la inserción con carraca (3 a 4 espiras). Si.....No.....
 - 7.El motor se detiene faltando varias espiras y es retirado para fresar más. Se acaba introduciendo con motor. Si..... No.....
 - 8.El motor se detiene faltando varias espiras y es retirado para fresar más. Se acaba introduciendo con motor y las últimas espiras con carraca. Si..... No.....
 - 9.El implante tiene movilidad y es retirado para colocar otro de un diámetro mayor. Se introduce con motor. Si.... No.....
 - 10.El implante tiene movilidad y es retirado para colocar otro de un diámetro mayor. Se introduce con motor y se acaba con carraca. Si..... No.....
- ¿Durante la preparación del lecho perimplantario y la inserción del implante, el paciente refiere haber notado dolor? Si..... No.....

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nada										Insoportable

- Se realiza técnica de expansión ósea Si.... No....
- Elevación de seno atraumática Si..... No.....
- Se aprecia fenestraciones óseas después de la colocación del implante: Si.....No..... ¿Única/ múltiple? ¿De cuántos milímetros?.....
- Se aprecia dehiscencias óseas después de la colocación del implante: Si.....No..... ¿Única/ múltiple? ¿De cuantos milímetros?.....
- ¿Después de la sutura se logra un cierre completo del colgajo después de la colocación del implante? Si.... No.....
- Marque el valor ISQ Vestíbulo-palatino:..... Mesio-distal:.....

Radiología postoperatoria (Rx2). Para fines de medición, se seleccionarán dos puntos de referencia visibles en la plataforma del implante y se trazará una línea recta uniéndolos para representar la altura cero. Se trazará una línea perpendicular mesial y distal al implante, desde la altura cero hasta el contacto con el hueso. (Si el implante está a nivel coronal con respecto al hueso, la cifra será en negativo, mientras que si está infracrestal, esta cantidad será positiva). Se hará un promedio entre la distancia mesial y distal para tener una sola cifra.

- Distancia desde la altura cero al contacto con el hueso: Positivo / Negativo.....

DIA 2. Retirada de puntos

Fecha:

Hoja de recogida de datos post-operatorios

Si	No
----	----

- ¿El paciente refiere haber tenido un sangrado abundante después de la colocación del implante?
Si...No..... ¿Como lo solucionó?.....
- Estado de los tejidos blandos:

1¿La encía cubre totalmente el implante?	Si	No
2¿Había una pequeña dehiscencia en la encía y podía apreciarse ligeramente el el tapón de cierre del implante?	Si	No
3¿El tapón de cierre está totalmente expuesto?	Si	No
4¿La encía presenta supuración?	Si	

- Otras complicaciones

DIA 3. Revisión al mes de la colocación del implante

Fecha:

Control radiográfico (Rx3)

- Estado de los tejidos blandos:

¿La encía cubre totalmente el implante?	Si	No
¿Había una pequeña dehiscencia en la encía y podía apreciarse ligeramente el el tapón de cierre del implante?	Si	No
¿El tapón de cierre está totalmente expuesto?	Si	No
¿La encía presenta supuración?	Si	No

- Otras complicaciones

- Distancia desde la altura cero al contacto con el hueso: positivo/negativo.....(Si el implante esta a nivel coronal con respecto al hueso, la cifra será en negativo, mientras que si esta infracrestal, esta cantidad será positiva)
- Pérdida de hueso en milímetros entre Rx2 y Rx3:.....

DIA 4. Colocación del pilar de cicatrización

Fecha:

¿La encía presenta inflamación?	<i>Si</i>	<i>No</i>
¿La encía cubre totalmente el implante?	<i>Si</i>	<i>No</i>
¿Había una pequeña dehiscencia en la encía y podía apreciarse ligeramente el el tapón de cierre del implante?	<i>Si</i>	<i>No</i>
¿El tapón de cierre está totalmente expuesto?	<i>Si</i>	<i>No</i>
¿La encía presenta supuración?	<i>Si</i>	<i>No</i>

- Otras complicaciones

Criterios de éxito de Buser et al.

1. ¿Presenta persistentes quejas subjetivas como dolor, sensación de cuerpo extraño y/o disestesia?	<i>Si</i>	<i>No</i>
2. ¿Tiene infección periimplante recurrente con supuración?	<i>Si</i>	<i>No</i>
3. ¿Tiene movilidad?	<i>Si</i>	<i>No</i>
4. ¿Tiene una radiolucidez continua alrededor del implante?	<i>Si</i>	<i>No</i>
5. ¿Tiene posibilidad de restauración?	<i>Si</i>	<i>No</i>

- valor ISQ –Vestibulo-palatino:..... Mesio-distal:.....

DIA 5 Colocación de la prótesis

Fecha:

Este día debe realizarse la (Rx4)

Tipo de prótesis: *Funda metal-cerámica atornillada/cementada...., Puente o prótesis fija metal-cerámica atornillado/cementado....., Puente o prótesis fija metal-cerámica atornillado/cementado....., Sobredentadura sobre barra/ locators....., Hibrida*

Toma de impresiones: ¿Rx de verificación con transfer atornillado al implante? Si.....No....., Cubeta abierta: Si.....No....., Cubeta cerrada: Si.....No.....

Prueba de metal:

¿RX de verificación con la estructura metálica?	Si	No
Ajuste pasivo del metal	Si	No

Entrega de la prótesis

¿Ajuste pasivo de la prótesis?	Si	No
--------------------------------	----	----

- Valor ISQ –Vestíbulo-palatino:..... Mesio-distal:.....
- Distancia desde la altura cero al contacto con el hueso: + / -.....
- Pérdida de hueso en milímetros entre la Rx2-Rx4.....

DIA 6. Revisión 6 meses después de la colocación de la prótesis

Fecha:

Este día debe realizarse la (Rx5)

- ¿Los tejidos periimplantarios están estables y tienen buen aspecto? Si..... No.....
- ¿Existe inflamación aparente? Si.... No.... Supuración: Si..... No.....
- Índice de sangrado (SBI) (se detecta pasando una sonda periodontal en mesial, distal, vestibular y lingual). Marque con una X la puntuación.

Puntuación 0	No hay sangrado cuando se pasa la sonda periodontal a lo largo de la encía marginal adyacente al implante
Puntuación 1	Punto de sangrado aislado visible
Puntuación 2	El sangrado forma una confluyente línea roja en el margen
Puntuación 3	Sangrado profuso

- Índice de placa (PLI) (Se determina en las zonas: mesial, distal, lingual y vestibular de la corona)

Puntuación 0	No se detecta placa
Puntuación 1	La placa se detecta recorriendo la superficie de la corona
Puntuación 2	Placa puede verse a simple vista
Puntuación 3	Abundancia de placa

- Distancia desde la altura cero al contacto con el hueso: positivo / negativo.....(Si el implante esta a nivel coronal con respecto al hueso, la cifra será en negativo, mientras que si esta infracrestal, esta cantidad será positiva)

- Pérdida de hueso en milímetros cuando se compara la Rx2 con la Rx5.....
- Otras complicaciones: Aflojamiento de la prótesis....., pérdida del composite de la chimenea....., empaquetamiento de alimentos entre los puntos de contacto.....
Otras.....

DIA 7. Revisión 12 meses después de la colocación de la prótesis. Fecha:.....

Este día debe realizarse la última Rx del estudio (Rx6)

- ¿Los tejidos periimplantarios están estables y tienen buen aspecto? Si.... No....
- ¿Existe inflamación aparente? Si.... No.... Supuración: Si..... No.....
- Índice de sangrado (SBI). Marque con una X la puntuación.

Puntuación 0	No hay sangrado cuando se pasa la sonda periodontal a lo largo de la encía marginal adyacente al implante
Puntuación 1	Punto de sangrado aislado visible
Puntuación 2	El sangrado forma una confluyente línea roja en el margen
Puntuación 3	Sangrado profuso

- Índice de placa (PLI) (Se determina en las zonas: mesial, distal, lingual y vestibular de la corona)

Puntuación 0	No se detecta placa
Puntuación 1	La placa se detecta recorriendo la superficie de la corona
Puntuación 2	Placa puede verse a simple vista
Puntuación 3	Abundancia de placa

- Perimplatitis: Si..... No.....(Al año se considerará que un implante presenta periimplantitis cuando existe una pérdida ósea periimplantar de hasta 1,8 mm, según Ross-Jansaker Critical et al.(2011), a veces acompañado de sangrado al sondaje, con o sin un aumento en la profundidad de sondaje y a veces supuración)
- Distancia desde la altura cero al contacto con el hueso: positivo / negativo..... (Si el implante esta a nivel coronal con respecto al hueso, la cifra será en negativo, mientras que si esta infracrestal, esta cantidad será positiva).
- Pérdida de hueso en milímetros cuando se compara la Rx2 con la Rx6.....
- Otras complicaciones: Aflojamiento de la prótesis....., pérdida del composite de la chimenea....., empaquetamiento de alimentos entre los puntos de contacto.....
Otras.....

8.5 Anexo 5: Estudio registrado en Clinical Trials

ClinicalTrials.gov PRS
Protocol Registration and Results System

ClinicalTrials.gov Protocol Registration and Results System (PRS) Receipt
 Release Date: February 21, 2018

ClinicalTrials.gov ID: NCT03232372

Study Identification

Unique Protocol ID: HUB
 Brief Title: The Marginal Bone Loss in Dental Implants (BL-Implants)
 Official Title: The Marginal Bone Loss in Implants of External Connection Versus Internal Connection and Submerged Implants Versus Non-submerged Implants
 Secondary IDs:

Study Status

Record Verification: February 2018
 Overall Status: Recruiting
 Study Start: May 8, 2017 [Actual]
 Primary Completion: July 17, 2018 [Anticipated]
 Study Completion: September 17, 2019 [Anticipated]

Sponsor/Collaborators

Sponsor: Hospital Universitari de Bellvitge
 Responsible Party: Principal Investigator
 Investigator: Natalia Palacios Garzón [npalacios]
 Official Title: PhD student (Universitat de Barcelona)
 Affiliation: University of Barcelona
 Collaborators:

Oversight

U.S. FDA-regulated Drug: No
 U.S. FDA-regulated Device: No
 U.S. FDA IND/IDE: No
 Human Subjects Review: Board Status: Approved
 Approval Number: 648
 Board Name: C.E.I.C
 Board Affiliation: Comité de ética e investigación clínica del HOUB
 Phone:
 Email: ceic.hospitalodontologic@ub.edu
 Address:
 Hospital Odontológico Universitario de Bellvitge

8.6 Anexo 6: Estudio publicado

Comparison of Marginal Bone Loss Between Implants with Internal and External Connections: A Systematic Review

Natalia Palacios-Garzón, DDS¹/Elisabeth Mauri-Obradors, DDS, PhD¹/
Xavier Roselló-LLabrés, MD, DDS, PhD²/Albert Estrugo-Devesa, MD, DDS, PhD²/
Enric Jané-Salas, MD, DDS, PhD²/José López-López, MD, DDS, PhD³

Purpose: The objective of this systematic review was to compare the loss of marginal bone between implants with internal and external connections by analyzing results reported in studies published after 2010.

Materials and Methods: A literature search in MEDLINE with the keywords "dental implant connections, external internal implant connection, bone loss implant designs, internal and external connection implant studies in humans" was conducted. Clinical trials on human beings, comparing both connections and published in English, from 2010 to 2016 were selected. Their methodologic quality was assessed using the Jadad scale. **Results:** From the initial search, 415 articles were obtained; 32 were chosen as potentially relevant based on their titles and abstracts. Among them, only 10 finally met the inclusion criteria. A total of 1,523 patients with 3,965 implants were analyzed. Six out of 10 studies observed that internal connections showed significantly less bone loss compared with external connections. The remaining four articles did not find statistically significant differences between the two connections. **Conclusion:** According to this systematic review and considering its limitation due to the degree of heterogeneity between the included studies, both internal and external connections present high survival rates. To assess whether marginal bone loss differs significantly between the two connections, more homogenous clinical studies are needed with identical implant characteristics, larger samples, and longer follow-up periods. Studies included in this review and characterized by long-term follow-ups showed that the external connection is a reliable connection on a long-term basis. INT J ORAL MAXILLOFAC IMPLANTS 2018;33:580–589. doi: 10.11607/jomi.6190

Keywords: bone loss, external connection, implant design, internal connection

Implant dentistry has undergone major development and expansion since the 1960s, when Brånemark introduced the concept of osseointegration.¹ The use of implants to replace missing teeth and restore function

has presented a high success rate and long-term survival. For this reason, rehabilitation with implants has become standard and well accepted by patients, who increasingly demand treatments offering greater comfort and esthetics.^{2,3} Implant-based treatments must fulfill a range of physiologic, functional, and esthetic criteria before they can be considered successful. These criteria include osseointegration stability and duration, absence of pathologic processes, and esthetics that satisfy patient expectations.⁴

There are diverse types of implants and corresponding systems that connect the implant to the prosthesis. They fall into two main groups:

- External connection: It can have the shape of a hexagon or an octagon, among others, located on the implant platform. This design was developed to facilitate the placement of components such as abutments and impression copings providing an anti-rotation capacity of the elements.⁵ The weakness of this system is attributed to the limited height of the hexagon; when subjected to high

¹Postgraduate Student, Department of Odontostomatology, University of Barcelona, Barcelona, Spain.

²Doctor of Medicine and Surgery, Professor of Oral Medicine at the School of Dentistry, University of Barcelona/Oral Health and Masticatory System Group (Bellvitge Biomedical Research Institute) IDIBELL, University of Barcelona, L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona, Spain.

³Doctor of Medicine and Surgery, Professor of Oral Medicine at the School of Dentistry, University of Barcelona/Oral Health and Masticatory System Group (Bellvitge Biomedical Research Institute) IDIBELL, University of Barcelona, L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona, Spain; Head of Surgical Medical Service, Barcelona University Dental Hospital, Barcelona, Spain.

Correspondence to: José López-López, C/ Feix LLarga s/n, L'Hospitalet de Llobregat, 08907, Barcelona, Spain. Email: 18575jll@gmail.com

©2018 by Quintessence Publishing Co Inc.

occlusal loads, it can lead to some micromovement of the abutment,⁶ which can cause the screw to loosen and in some cases to fracture.⁷

- Internal connection: It can have the shape of a hexagon or an octagon, among others, located inside the implant. Within the family of internal connections, there is the conical connection design (Morse cone). The latter, as its name suggests, is characterized by an inverted internal cone geometry, which induces a self-locking mechanism between the implant and abutment. It was introduced by the International Team for Implantology (ITI Institute; Institute Straumann) and has attracted many followers over the years due to its mechanical stability.⁸

It has been shown that with internal conical connections, stress is transmitted to the most apical area of the implant, and as a result, the stress in the marginal bone is reduced compared with the external connections.^{9,10} However, recent studies have indicated that with the internal connection, axial compression forces can increase the axial displacement of the abutment,^{11,12} leading to complications such as fracture of the coronal portion of the implant if subjected to high occlusal loading. Additional factors such as improper implant dimensions, inaccuracy of fit, fatigue of the implant material, or manufacturing defects may also play a role in cases of connection failure.¹³

Implant success depends on biomechanical and esthetic factors that are sometimes directly related to the type of connection chosen. According to Almeida et al (2013),¹⁴ once osseointegration has been achieved, the success of prosthetic rehabilitation will depend on the stability of the implant connection system.

When an implant is inserted, it is assumed that there will be some loss of bone around the implant during the first year, both horizontally and vertically.

According to Albrektsson et al (1986),¹⁵ a marginal bone loss around the implant that does not exceed 1.5 mm during the first year and remains below 0.2 mm annually thereafter can be considered satisfactory. In spite of new implant designs aimed at preventing bone loss, this phenomenon continues to occur. It has been established that other factors besides the connection, such as the surgical trauma involved in implant insertion,¹⁶ the establishment of biologic width,^{17,18} the lack of passive fit of superstructures,¹⁹ microgaps between the implant and abutment,^{20,21} occlusal overloading,²²⁻²⁵ and the implant surface,²⁶ may contribute to increasing the extent of marginal bone loss.

In March 2015, a systematic review was published comparing the efficiency of internal and external connections, taking mechanical, biologic, and esthetic factors into account.²⁷ The review found that although

external and internal connections have different characteristics, both systems show adequate rates of success. Nevertheless, marginal bone level maintenance was higher around internal connections compared with external connections. The authors also observed that, among the types of internal connections, the conical connection appeared to be the most efficient in terms of bacterial seal, bone loss, and prosthetic stability.²⁷ However, within the included articles comparing connection types, only three were clinical trials.

Given the importance of the implant-prosthesis connection for ensuring durability, the present systematic review had the objective of determining whether there is greater marginal bone loss around implants with an external connection or on those with an internal connection. The review only considered clinical trials, as they provide higher-quality evidence.

MATERIALS AND METHODS

A detailed literature review protocol was designed following PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses) statement recommendations.²⁸ This systematic review focused on answering a PICO (Population, Intervention, Control, and Outcome) research question²⁹: In patients treated with dental implants, are there differences between external and internal connections in terms of marginal bone loss around connections?

Search Strategy and Study Selection

A search was made in the MEDLINE PUBMED database for articles published in English from 2010 to June 2016. The search terms used were: "dental implant connections, external internal implant connection, bone loss implant designs, internal and external connection implant studies in humans."

All titles and abstracts obtained through the database search were reviewed independently by two reviewers (N.P.G. and J.L.L.) for possible inclusion in the study.

Inclusion and Exclusion Criteria

The inclusion criteria applied were as follows: recent clinical studies; research conducted in humans; articles comparing external and internal connections in relation to marginal bone loss; a follow-up period averaging at least 1 year.

The exclusion criteria were as follows: articles analyzing only one of the connections, or new connection designs; articles published before 2010.

All the clinical trials included were assessed applying the Jadad scale to evaluate methodologic quality.³⁰ This assessment method awards a score of 0 to

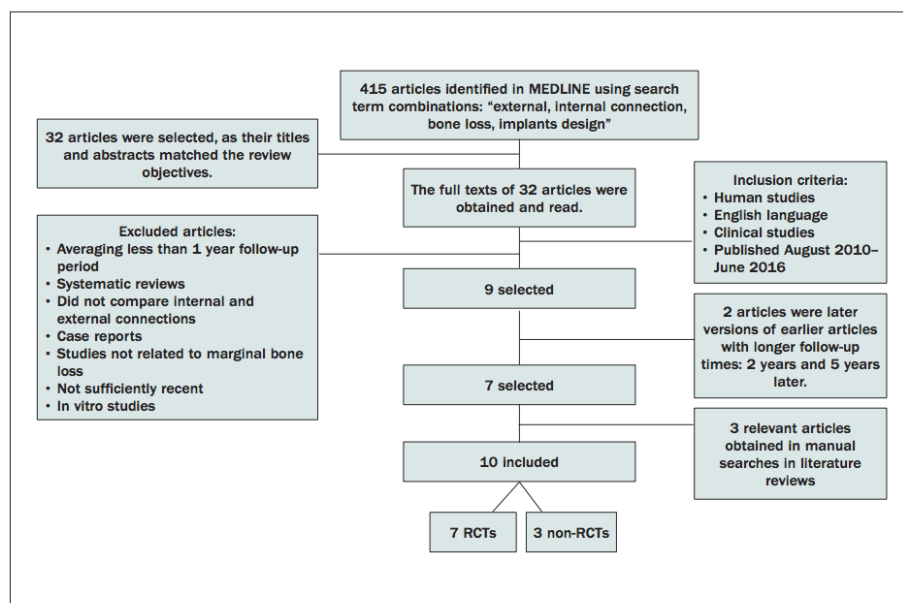


Fig 1 Flow chart of the screening process.

5 points: 4 to 5 points indicating articles of high quality, 3 points indicating articles of medium quality, and 0 to 2 points indicating articles of low quality.

Data Extraction

The data extracted from the final selection of articles for analysis were as follows: number of implants placed; number of patients and their mean age; type of connections (external hexagon, internal hexagon, conical connection, internal octagon, external octagon); the diameter and length of the implants inserted; timing of implant placement (postextraction or after a healing period); type of prosthesis placed; follow-up period; marginal bone loss; and implant survival rate. The reviewers cross-checked all extracted data.

RESULTS

Study Selection

The initial electronic search identified 415 articles, 196 containing the keywords "dental implant connections," 74 with "external internal implant connection," 135 with "bone loss implant designs," and, finally, 10 with "internal and external connection implant studies in humans." Of these 415 articles, 32 articles were

selected on the basis of their titles and abstracts. After reading the full texts, and applying the inclusion and exclusion criteria, a total of nine articles were chosen; two of them were updated versions of articles already selected, in which case the earlier version was discarded. Finally, a manual search of the literature identified three more articles that met the inclusion criteria. The final selection consisted of 10 articles included for analysis^{31–40} (Fig 1).

Twenty-three of the initially selected 32 articles were excluded; the reasons for their exclusion are summarized in Table 1.

Study Characteristics

The main characteristics of the final selection of studies are described in Table 2.

The 10 studies included a total of 1,523 patients (740 women and 783 men with a mean age of 56 years) and 3,965 implants (2,079 implants with external connections and 1,886 with internal connections). Seven were randomized controlled trials (RCTs), which obtained scores of 3 to 5 points on the Jadad scale, and so could be considered of medium-high quality,^{31–37} and three were non-randomized controlled studies (non-RCTs) and scored 3 Jadad points, considered of medium quality^{38–40} (Table 3).

Table 1. Excluded Articles and Main Reason for Exclusion

Study	Reason for exclusion
Blum et al ⁵⁶	Evaluation of changes in conical connection implants under stress
Tsouknidas et al ⁵⁷	Assesses bone loss in different connections. In vitro study
Teixeira et al ⁵⁸	Compares resistance to deformation of HE, HI, and CM. In vitro study
Koutouzis et al ⁵⁹	Evaluates bone crest level with conical connection implants, with implant abutment interface placed at different levels in relation to the alveolar crest.
Braian et al ⁶⁰	Evaluates the mismatches of fit between EH and IH implants and corresponding prefabricated components
Feitosa et al ⁶¹	Compares the stability of EH, IH, and CM connections when subjected to stress
Hagiwara and Carr ⁶²	Compares connections based on surveys conducted among dentists
Covani et al ⁶³	Compares external and internal connections with modifications. In vitro study
de Oliveira et al ⁶⁴	Evaluates bacterial adhesion to titanium abutments and zirconium pillars
Yamanishi et al ⁶⁵	Compares implant connections. In vitro study
Pozzi et al ⁶⁶	RCT comparing connections with 1-year follow-up, so later version with 3-year follow-up was chosen
Finger et al ⁶⁶	Describes the evolution of connection design
Torcatto et al ⁶⁷	In vitro study evaluating the influence of parafunctional loads on different connections
Canullo et al ⁶⁸	Clinical study comparing connections in relation to bacterial colonization
Pessoa et al ⁶⁹	Analyzes the influence of size mismatch, connection types, and implant abutments on peri-implant biomechanical environment
Schwarz et al ⁷⁰	Assessing the impact of the implant-abutment connection on crestal bone level
Galindo-Moreno et al ⁷¹	Evaluates bone graft resorption and marginal bone in patients undergoing sinus elevation
Yang and Maeda ⁷²	Evaluates platform switching with internal and external connections
Coelho Goiato et al ⁷³	Compares the distribution of stress in different connections
Arnhart et al ⁷⁴	RCT comparing different types of screw implants
Esposito et al ⁷⁵	RCT comparing connections with 1-year follow-up, later version selected with 5-year follow-up
Corrêa et al ⁷⁶	Analyzes implants placed in different positions
do Nascimento et al ⁷⁷	Evaluates filtration deriving from different connections

EH = external hexagon; IH = internal hexagon; CM = Morse cone.

In eight of the studies, implants were placed at healed sites^{31,32,34-39}; one study did not report whether implants were placed at healed sites or postextraction⁴⁰; and in one study, 16 out of a total of 120 implants were placed immediately postextraction.³³ The number of implants placed in each study ranged from 40 to 2,651, and the number of patients varied between 12 and 1,074. Regarding implant diameters and lengths, diameters ranged from 3.3 to 5.5 mm, and lengths ranged from 7 to 19 mm. Both connections presented high survival rates, with a mean overall survival rate of 98.1%, representing 1,199 patients with 3,373 implants.^{31,32,34,36-38} Four studies did not report survival rates, representing 324 patients with a total of 592 implants.^{33,35,39,40} Follow-up periods from implant placement were reported in years in nine of the studies, ranging from 1 to 16 years. The remaining article, Chae et al,³⁸ had a mean follow-up period of 3.4 years for internal connections (range: 0.1 to 6.2 years) and 3.1 years for external connections (range: 0.1 to 6.0 years).

In six studies with a total of 3,193 implants (1,718 with external connections and 1,475 with internal

connections), less bone loss was found around implants with internal connections. Of these articles, four were RCTs with a total of 502 implants^{31,32,35,36} and two were non-RCTs with a total of 2,691 implants.^{38,40} Of the four remaining articles with a total of 772 implants (361 with external connections and 411 with internal connections), no significant differences in marginal bone loss were found between the two connections. Of these, three were RCTs with a total of 669 implants^{33,34,37} and one was a non-RCT with a total of 103 implants.³⁹

Of the total of 10 studies, seven were RCTs, considered of medium-high methodologic quality (Jadad 3 to 5). Of these seven, three articles with a total of 586 implants showed no significant differences in marginal bone loss between connections. Follow-up periods were 5, 12 to 15, and 16 years, and the numbers of patients analyzed were 120, 46, and 18, respectively. The other four RCTs, with a total of 502 implants, found that bone loss was greater around implants with external connections; these four studies had follow-up periods of 3 years, 1 year, 1.5 years, and 1 year. The numbers of patients were 34, 15, 104, and 12, respectively.

Table 2 Characteristics of Clinical Studies

Study	Study design	No. of patients	Mean age of patients (y)	No. of implants and type of connection	Diameter and length (mm)	Timing of implant placement	Timing of prostheses placement and type of prostheses
Pozzi et al (2014) ³¹	RCT P	34: 19 W 15 M	52.20	88: EH: 44 CC/PSW: 44	∅: 3.9–4.1; 10–13	6 mo postextraction in arch	Delayed loading Cemented prostheses
Lin et al (2013) ³⁹	R	63: 28 W 35 M	47	103: EH: 33 IO: 33 CC: 37	∅: 4–5; 10–12	Healed sites	Delayed loading Cemented single crowns and fixed partial prostheses
Chae et al (2015) ³⁸	R	1,074: 484 W 590 M	53.1	2,651: EH: 1,484 CC: 1,167	NR	Healed sites	Timing of prostheses placement not reported Single crowns and fixed partial/full-arch prostheses (cement-screw) Hybrid, ODs
Galindo-Moreno et al (2015) ³⁵	RCT R	101: 52 W 49 M	54.43	246: EH: 90 CC: 156	∅: 4; 10–13	Healed sites	Delayed loading Single crowns and fixed partial prostheses
Koo et al (2012) ⁴⁰	R	40: 25 W 15 M	54.3	40: OI: 20 OE: 20	∅: 4.3; 8.5–10	NR	Delayed loading Single crowns
Peñarrocha-Diago et al (2013) ³²	RCT P	15: 11 W 4 M	56.9	120: EH: 47% neck with machined surface IC, CC, and IH: 53% treated surface, microthreads, PSW	∅: 3.75– 4.25; 10–13	Healed sites	Delayed loading Edentulous patients. Fixed prostheses (6–8 implants) Bar-ODs (4 implants) Locators ODs (2–4 implants)
Ravald et al (2013) ³⁴	RCT P	46: 27 W 19 M	74.4	371: EH: 187 CC: 184	∅: 3.5–4; 9–19	Healed sites	Delayed loading Edentulous patients with fixed prostheses
Esposito et al (2015) ³³	RCT P	120: 73 W 47 M	EH: 50.4 ± 13.8 (25–74) CC: 54 ± 13.4 (20–79)	203: EH: 96 CC: 107	∅: 3.3–4, 4.5–5.5; 7–13	Healed sites and postextraction	Immediate loading and delayed loading. Crowns and fixed partial prostheses (cemented or screw), ODs
Pessoa et al (2016) ³⁶	RCT P	12: 9 W 3 M	63.1	48: EH: 24 CC: 24	∅: 3.8; 13	Healed sites	Loading of the prosthesis 48 h later ODs
Jacobs et al (2010) ³⁷	RCT P	18: 12 W 6 M	59.7 M 50.6 W	95: EH: 45 CC: 50	∅: 3.75–4; 8–19	Healed sites	Delayed loading Screw crowns

RCT = randomized controlled trial; P = prospective; R = retrospective; M = men; W = women; IC = internal connection; EH = external hexagon; IH = internal hexagon; EO = external octagon; IO = internal octagon; CC = conical connection; MBL = marginal bone level; ODs = overdentures; PSW = platform switching; SD = standard deviation; NR = not reported.

Pozzi et al³¹ was the study with the highest bone loss detected, with 1.25 mm in the external connection and a sample size of 34 patients. With respect to the internal connection, the highest bone loss reported was 1.21 mm with a sample size of 120 patients (Esposito et al³³).

The external connection exceeded 1 mm of bone loss in three studies, while the internal connection only exceeded it in one study.

The treatment of the neck surface was identical for the external and internal connections in only four studies. Three of them, with a total of 86 patients and 176 implants, found greater bone loss for the external connection, while the remaining study, with a total of 120 patients and 203 implants, did not find statistically significant differences between connections. The other six studies included in the review were characterized by different neck surface treatments between

Marginal bone loss	Follow-up (y)	Jadad score	Survival rate	Outcome
Vertical: EH: 1.25 ± 0.47 CC: 0.67 ± 0.39 mm Horizontal: EH: 0.60 ± 0.20 mm CC: 0.20 ± 0.21 mm	3	5	100%	MBL changes were statistically significantly different, with better results for the CC. ($P = .000$). Statistically significant difference of 0.58 ± 0.10 mm for the vertical MB lost, and 0.4 ± 0.05 mm for the horizontal MB lost, with lower values in the CC
EH: 0.32 ± 19 mm IO: 0.38 ± 22 mm CC: 0.32 ± 14 mm	1	3	NR	MBL changes did not differ ($P > .05$) among different connection designs. Statistically significant differences were found between healing phases and loading phases regardless of connection type.
EH: 2.5% CC: 2.1%	The mean observation periods for the CC and EH were 3.4 (range: 0.1–6.2) and 3.1 (range: 0.1–6.0), respectively	3	96.1%; No statistically significant difference between the two systems was observed EH: 97.1% CC: 94.9%	EH showed greater MBL as well as being more vulnerable to biologic complications. CC was more vulnerable to mechanical complications.
EH: 0.714 mm/y CC: 0.516 mm/y	1.5	3	NR	MBL was higher for EH. The stability of the peri-implant tissues was negatively influenced by smoking.
OE: 0.29 ± 0.35 mm OI: -0.07 ± 0.21 mm	1	3	NR	MBL was greater ($P < .05$) with OE compared with IO. Further RCTs needed to confirm the findings.
EH: 0.38 ± 0.51 mm IC: 0.12 ± 0.17 mm	1	5	98.6%	MBL was higher in EH vs IC ($P < .05$) after 6 and 12 mo
EH: 0.4 mm CC: 0.7 mm	12–15	4	HE: 94.7% CC: 95.5%	No significant changes were found in bone level between the connections after 12–15 y in function.
EH: 1.13 mm CC: 1.21 mm	5	5	NR	No statistically significant differences were found between the two groups for estimated peri-implant bone levels.
EH: 1.17 ± 0.44 mm CC: 0.17 ± 0.54 mm	1	5	100%	CC showed less peri-implant bone loss, compared with EH connections.
EH: 0.31 mm (range -0.98 to 2.31; SD: 0.69) CC: 0.02 mm (range -1.15 to 1.51; SD: 0.45)	16	4	EH: 97.7% CC: 100%	MBL changes were not significantly different over time between the two implant systems (simple regression analysis, $P > .1$).

connections, with the acid-etched and sand-blasting method being the most used (Table 4).

DISCUSSION

The articles chosen for this review presented a high degree of heterogeneity, which increases the difficulty in performing a systematic review or meta-analysis.

Nevertheless, efforts have been made to obtain the most comparable and most recent studies published in the literature (from 2010 to 2016).

With the introduction of new types of interfaces between implants and prosthetic attachments, several clinical studies have suggested that the internal conical connection provides greater preservation of marginal bone.^{16,31,35,38} However, this connection has not been investigated to the same extent as the external

Table 3 Articles Selected in This Study with Jadad Score³⁰

Study	Jadad questions							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
Esposito et al ³³	1	1 Implants were randomized, opening the sequentially numbered sealed envelope corresponding to patient recruitment number.	0	1	1	0	1	5
Galindo-Moreno et al ³⁵	1	1 The selection of a given implant for each patient was based on the stock availability of the implants in each practice and was not related to patient characteristics.	-1	1	1	0	0	3
Koo et al ⁴⁰	0	1 Radiographs from 2005 up to 2008	0	1	1	0	0	3
Lin et al ³⁹	0	1 Radiographs from 2002 up to 2010	0	1	1	0	0	3
Peñarrocha-Diago et al ³²	1	1 Patients were randomized into two groups (A: external connection. B: internal connection) using the SPSS statistical package.	0	1	1	0	1	5
Pessoa et al ³⁶	1	1 The implants were randomly placed based on a split-mouth design, in such a way that each implant occupied the same position in the arch.	0	1	1	0	1	5
Pozzi et al ³¹	1	1 Each edentulous site in each patient was randomly assigned to one of two implant groups using opaque envelopes.	0	1	1	0	1	5
Ravald et al ³⁴	1	1 Randomly	-1	1	1	0	1	4
Chae et al ³⁸	0	1 Medical records from 2000 to 2010 of patients with implant treatments	0	1	1	0	0	3
Jacobs et al ³⁷	1	1 Randomly	-1	1	1	0	1	4

The Jadad scale of quality of the clinical studies is based on seven questions: 1: Was the study described as randomized? (Yes: 1 point/No: 0 points); 2: Was the method of randomization described? (Yes: 1 point/No: 0 points); 3: Was the randomization method appropriate? (Yes: 0 points/No: -1 point); 4: Was the study described as double blind? (Yes: 1 point/No: 0 points); 5: Was the blinding method described? (Yes: 1 point/No: 0 points); 6: Was the blinding method appropriate? (Yes: 0 points/No: -1 point); 7: Was there a description of withdrawals and dropouts? (Yes: 1 point/No: 0 points). A positive point is awarded in the fourth and fifth questions to the articles even if they were single-blind but well described. In implant placement, it is very difficult for the surgeon to proceed if he/she does not know what type of implant connection he/she is using. In this case, to score the Jadad point, radiographs should be evaluated by a person other than the surgeon who placed the implants.

Table 4 Implant Neck Surface

Study	Commercial brand and surface neck in external connection	Commercial brand and surface neck in internal connection
Esposito et al ³³	EZ Plus dental implants, MegaGen Implant Sand-blasted, acid-etched surface up to the neck, either with external or internal connections	
Galindo-Moreno et al ³⁵	Microdent Implant Systems acid-etched surface	Astra Tech Implants TiOblast surface: Blasting method, where the blasting media is TiO ₂ particles
Koo et al ⁴⁰	Oneplant, Warantec Identical design, sand-blasted, acid-etched surfaces with microthreads in the neck region	
Lin et al ³⁹	Brånemark System TMMK IV, Nobel Biocare TiUnite surface: a thickened, moderately rough titanium oxide layer with high crystallinity and a high phosphorus content	Submerged Atlas, Cowellmedi Acid etching surface Ankylos Plus Implant, Friadent
Peñarrocha-Diago et al ³²	Osseous, Mozo-Grau Neck design without microthreads, with machined surface (1 mm) and machined thread (1.5 mm)	Inhex, Mozo-Grau Neck design with microthreads, treated surface
Pessoa et al ³⁶	UNI-TITE Identical surface, double acid-etched surface treatment	
Pozzi et al ³¹	Nobel Active implant (internal connection) and NobelSpeedy Groovy implant (external connection), Nobel Biocare Both implants had a moderately rough, highly crystalline and phosphate-enriched titanium oxide surface (TiUnite, Nobel Biocare).	
Ravald et al ³⁴	Brånemark Mark II, Nobel Biocare Turned and machined surface	Astra Tech Implants TiOblast surface
Chae et al ³⁸	Brånemark Implant System, Nobel Biocare TiUnite surface	Astra Tech Implant System EV, Dentsply Implants TiOblast surface
Jacobs et al ³⁷	Brånemark Mark II, Nobel Biocare Turned and machined surface	Astra Tech Implants TiOblast surface

connection, resulting in fewer long-term clinical studies. In addition, several long-term studies have highlighted the reliability of the external connection.^{41,42} A substantial number of articles indicate the mechanical advantages of the internal connection, although evidence was drawn primarily from *in vitro* studies.⁴³

In 1999, Åstrand et al (University Hospital Linköping-Sweden) published a prospective randomized trial with a 5-year follow-up comparing external and internal connections, which found no significant differences in marginal bone loss between the connection types.⁴⁴ Years later, many of the same patients were included in another longitudinal study with a 12- to 15-year follow-up period, and no significant differences in bone loss were found.³⁴

Minor differences in bone loss between connections could also be due to other differences between implants, such as the implant surface⁴⁵ or the use of platform switching.⁴⁶ Regarding platform switching, several authors of RCT studies, including Canullo et al⁴⁷ and Guerra et al,⁴⁸ defend platform switching on the basis of the reduced bone loss observed as a result of its use. However, RCT studies by Enkling et al⁴⁹ and Meloni et al⁵⁰ found no significant differences in bone loss as a result of platform switching. According to these authors, whose studies present high methodologic quality, more research is needed with longer follow-up times to determine whether the platform switching procedure is more effective in terms of bone loss reduction.

Differences in implant surface could also influence bone loss around implants. According to Bratu et al,⁵¹ Piao et al,⁵² and Puchades-Roman et al,⁵³ roughened implant surfaces reduce marginal bone loss. This fact could explain the increased bone loss in the external connection in the Peñarocha-Diago et al³² study included in this review, where the neck surfaces were different, with mechanized in the external connection and microthread-treated surfaces in the internal connection. If only the four studies with the same neck surface were considered, it would be found that three of them with a total of 86 patients and 176 implants were characterized by a greater bone loss for the external connection, although the remaining study, with a total of 120 patients and 203 implants, did not find any statistical difference between the two connections. Despite the fact that these studies are comparable with respect to neck surface, there are other factors, such as diameter, length, and macroscopic design, among others, that differ between them, increasing the difficulty of drawing a clear conclusion regarding bone loss differences.

Surgical trauma caused by the implant placement procedure itself could be another cause of marginal bone loss, which might explain why marginal bone loss is significantly higher during the healing phase before occlusal loading.^{39,49}

The bone loss was reported in millimeters in all studies, except in Chae et al,³⁸ where it was expressed in percentage (2.5% in the external connection and 2.1% in the internal connection). According to a systematic review,⁵⁴ the cumulative complication rate of > 2 mm of bone loss in implants is equivalent to 5.2%. If this concept is applied to the results in this article, a bone loss of 2.1% would be equal to 0.8 mm for the internal connection, and 2.5% would be equal to 0.96 mm for the external connection.

According to the articles in this review, both connections have been shown to be safe, given that the mean of bone loss was limited with both connections. Most of the studies showed less than a millimeter of bone loss, with 1.25 mm being the higher bone loss detected, thus meeting the success criteria in implant dentistry where less than 2 mm bone loss around the implant neck is assumed to be normal during the first year after functional loading.^{15,55}

The studies that found more bone loss in the external connection were characterized by having a larger implant sample than the studies that found no differences. This is because one of them, Chae et al,³⁸ was characterized by the highest degree of heterogeneity among all the studies (with a methodologic quality that only scored 3 points on the Jadad scale and a high sample of implants of 2,651, representing 67% of all implants included in this review). If this article were not considered in the review, it would be found that the number of implants that did not find significant differences is higher than those that found more bone loss in the external connection, with 772 and 542 implants, respectively.

The two studies with the longest follow-up did not find significant differences among both types of connections. Raval et al,³⁴ with a follow-up of 12 to 15 years, obtained a mean marginal bone loss in the Astra Tech group (internal connection) of 0.7 mm and in the Brånemark group (external connection) of 0.4 mm. Jacobs et al,³⁷ 15 years after implant loading, found a mean bone loss of 0.02 mm for the Astra Tech implants (range: 1.15 to 1.51 mm; SD: 0.45) and 0.31 mm for the Brånemark implants (range: 0.98 to 2.31 mm; SD: 0.69).

Analyzing those studies with longer follow-up periods, presenting better methodologic quality, and larger sample sizes, the external connection showed no significant differences compared with the internal connection, indicating that the literature is not clear enough to conclude that one connection is better than the other in terms of marginal bone loss.

CONCLUSIONS

According to this systematic review and considering its limitation due to the degree of heterogeneity between

the included studies, both internal and external connections present high survival rates. To assess whether marginal bone loss differs significantly between the two connections, more homogenous clinical studies are needed with identical implant characteristics, larger samples, and longer follow-up periods. Studies included in this review and characterized by long-term follow-ups showed that the external connection is a reliable connection on a long-term basis.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors reported no conflicts of interest related to this study.

REFERENCES

- Brånemark PI, Adell R, Breine U, Hansson BO, Lindström J, Ohlsson A. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1969;3:81–100.
- Åstrand P, Ahqvist J, Gunne J, Nilson H. Implant treatment of patients with edentulous jaws: A 20-year follow-up. *Clin Implant Dent Relat Res* 2008;10:207–217.
- Lekholm U, Gröndahl K, Jemt T. Outcome of oral implant treatment in partially edentulous jaws followed 20 years in clinical function. *Clin Implant Dent Relat Res* 2006;8:178–186.
- Esposito M, Hirsch JM, Lekholm U, Thomsen P. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants. (III). Etiopathogenesis. *Eur J Oral Sci* 1998;106:721–764.
- Brånemark PI, Zarb GA, Albrektsson T, eds. *Tissue-Integrated Prostheses: Osseointegration in Clinical Dentistry*. Chicago: Quintessence, 1985:11–53.
- Becker W, Becker BE. Replacement of maxillary and mandibular molars with single endosseous implant restorations: A retrospective study. *J Prosthet Dent* 1995;74:51–55.
- Gracis S, Michalakakis K, Vigolo P, von Steyern PV, Zwahlen M, Sailer I. Internal vs. external connections for abutments/reconstructions: A systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2012;23(Suppl 6):202–216.
- Sutter F, Weber HP, Sorensen J, Belser U. The new restorative concept of the ITI dental implant system: Design and engineering. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1993;13:409–431.
- Macedo JP, Pereira J, Vahey BR, et al. Morse taper dental implants and platform switching: The new paradigm in oral implantology. *Eur J Dent* 2016;10:148–154.
- Maeda Y, Satoh T, Sogo M. In vitro differences of stress concentrations for internal and external hex implant-abutment connections: A short communication. *J Oral Rehabil* 2006;33:75–78.
- Dailley B, Jordan L, Blind O, Tavernier B. Axial displacement of abutments into implants and implant replicas, with the tapered cone-screw internal connection, as a function of tightening torque. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:251–256.
- Kim KS, Lim YJ, Kim MJ, et al. Variation in the total lengths of abutment/implant assemblies generated with a function of applied tightening torque in external and internal implant-abutment connection. *Clin Oral Implants Res* 2011;22:834–839.
- Cha HS, Kim YS, Jeon JH, Lee JH. Cumulative survival rate and complication rates of single-tooth implant; focused on the coronal fracture of fixture in the internal connection implant. *J Oral Rehabil* 2013;40:595–602.
- Almeida EO, Freitas AC Jr, Bonfante EA, Marotta L, Silva NR, Coelho PG. Mechanical testing of implant-supported anterior crowns with different implant/abutment connections. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2013;28:103–108.
- Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1986;1:11–25.
- Pozzi A, Agliardi E, Tallarico M, Barlattani A. Clinical and radiological outcomes of two implants with different prosthetic interfaces and neck configurations: Randomized, controlled, split-mouth clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res* 2014;16:96–106.
- Callan D, 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.
- Capelli M. Surgical, biologic and implant-related factors affecting bone remodeling around implants. *Eur J Esthet Dent* 2013;8:279–313.
- Karl M, Winter W, Taylor TD, Heckmann SM. In vitro study on passive fit in implant-supported 5-unit fixed partial dentures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:30–37.
- Hermann JS, Buser D, Schenk RK, Schoolfield JD, Cochran DL. Biologic width around one- and two-piece titanium implants. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:559–571.
- Broggini N, McManus LM, Hermann JS, et al. Peri-implant inflammation defined by the implant-abutment interface. *J Dent Res* 2006;85:473–478.
- Quirynen M, Naert I, van Steenberghe D. Fixture design and overload influence marginal bone loss and fixture success in the Brånemark system. *Clin Oral Implants Res* 1992;3:104–111.
- Isidor F. Influence of forces on peri-implant bone. *Clin Oral Implants Res* 2006;17(suppl):s8–s18.
- Kitamura E, Stegaroli R, Nomura S, Miyakawa O. Influence of marginal bone resorption on stress around an implant—a three-dimensional finite element analysis. *J Oral Rehabil* 2005;32:279–286.
- Streckbein P, Streckbein RG, Wilbrandt JF, et al. Non-linear 3D evaluation of different oral implant-abutment connections. *J Dent Res* 2012;91:1184–1189.
- Norton MR. Marginal bone levels at single tooth implants with a conical fixture design. The influence of surface macro- and micro-structure. *Clin Oral Implants Res* 1998;9:91–99.
- Goiato MC, Pellizzer EP, da Silva EV, Bonatto Lda R, Dos Santos DM. Is the internal connection more efficient than external connection in mechanical, biological, and esthetic point of views? A systematic review. *Oral Maxillofac Surg* 2015;19:229–242.
- Urrútia G, Bonfill X. [PRISMA declaration: A proposal to improve the publication of systematic reviews and meta-analyses] [Article in Spanish]. *Med Clin (Barc)* 2010;135:507–511.
- Miller SA, Forest JL. Enhancing your practice through evidence-based decision making: PICO, learning how to ask good questions. *J Evid Based Dent Pract* 2001;1:136–141.
- Jadad AR, Moore RA, Carroll D, et al. Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: Is blinding necessary? *Control Clin Trials* 1996;17:1–12.
- Pozzi A, Tallarico M, Moy PK. Three-year post-loading results of a randomized, controlled, split-mouth trial comparing implants with different prosthetic interfaces and design in partially posterior edentulous mandibles. *Eur J Oral Implantol* 2014;7:47–61.
- Peñarrocha-Diago MA, Flichy-Fernández AJ, Alonso-González R, Peñarrocha-Oltra D, Balaguer-Martínez J, Peñarrocha-Diago M. Influence of implant neck design and implant-abutment connection type on peri-implant health. Radiological study. *Clin Oral Implants Res* 2013;24:1192–1200.
- Esposito M, Maghazeh H, Pistilli R, et al. Dental implants with internal versus external connections: 5-year post-loading results from a pragmatic multicenter randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol* 2016;9(suppl 1):129–141.
- Ravald N, Dahlgren S, Teiwik A, Gröndahl K. Long-term evaluation of Astra Tech and Brånemark implants in patients treated with full-arch bridges. Results after 12-15 years. *Clin Oral Implants Res* 2013;24:1144–1151.
- Galindo-Moreno P, Fernández-Jiménez A, O'Valle F, et al. Influence of the crown-implant connection on the preservation of peri-implant bone: A retrospective multifactorial analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2015;30:384–390.
- Pessoa RS, Sousa RM, Pereira LM, et al. Bone remodeling around implants with external hexagon and Morse-taper connections: A randomized, controlled, split-mouth, clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res* 2017;19:97–110.
- Jacobs R, Pittayapat P, van Steenberghe D, et al. A split-mouth comparative study up to 16 years of two screw-shaped titanium implant systems. *J Clin Periodontol* 2010;37:1119–1127.

38. Chae SW, Kim YS, Lee YM, Kim WK, Lee YK, Kim SH. Complication incidence of two implant systems up to six years: A comparison between internal and external connection implants. *J Periodontol Implant Sci* 2015;45:23–29.
39. Lin MI, Shen YW, Huang HL, Hsu JT, Fuh LJ. A retrospective study of implant-abutment connections on crestal bone level. *J Dent Res* 2013;92(suppl):s202–s207.
40. Koo KT, Lee EJ, Kim JY, et al. The effect of internal versus external abutment connection modes on crestal bone changes around dental implants: A radiographic analysis. *J Periodontol* 2012;83:1104–1109.
41. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 1981;10:387–416.
42. Zarb GA, Schmitt A. The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants: The Toronto study. Part III: Problems and complications encountered. *J Prosthet Dent* 1990;64:185–194.
43. Lee JH, Kim DG, Park CJ, Cho LR. Axial displacements in external and internal implant-abutment connection. *Clin Oral Implants Res* 2014;25:83–89.
44. Astrand P, Engquist B, Dahlgren S, Engquist E, Feldmann H, Grön-dahl K. Astra Tech and Brånemark System implants: A prospective 5-year comparative study. Results after one year. *Clin Implant Dent Relat Res* 1999;1:17–26.
45. Barfeie A, Wilson J, Rees J. Implant surface characteristics and their effect on osseointegration. *Br Dent J* 2015;218:e9.
46. Monje A, Pommer B. The concept of platform switching to preserve peri-implant bone level: Assessment of methodologic quality of systematic reviews. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2015;30:1084–1092.
47. Canullo L, Fedele GR, Iannello G, Jepsen S. Platform switching and marginal bone-level alterations: The results of a randomized-controlled trial. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:115–121.
48. Guerra F, Wagner W, Wiltfang J, et al. Platform switch versus platform match in the posterior mandible – 1-year results of a multicentre randomized clinical trial. *J Clin Periodontol* 2014;41:521–529.
49. Enkling N, Jöhren P, Klimberg V, Bayer S, Mericske-Stern R, Jepsen S. Effect of platform switching on peri-implant bone levels: A randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2011;22:1185–1192.
50. Meloni SM, Jovanovic SA, Lolli FM, Pisano M, De Riu G, De Riu N, et al. Platform switching vs regular platform implants: Nine-month post-loading results from a randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol* 2014;7:257–265.
51. Bratu EA, Tandlich M, Shapira L. A rough surface implant neck with microthreads reduces the amount of marginal bone loss: A prospective clinical study. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:827–832.
52. Piao CM, Lee JE, Koak JY, et al. Marginal bone loss around three different implant systems: Radiographic evaluation after 1 year. *J Oral Rehabil* 2009;36:748–754.
53. Puchades-Roman L, Palmer RM, Palmer PJ, Howe LC, Ide M, Wilson RF. A clinical, radiographic, and microbiologic comparison of Astra Tech and Brånemark single tooth implants. *Clin Implant Dent Relat Res* 2000;2:78–84.
54. Jung RE, Zembic A, Pjetursson BE, Zwahlen M, Thoma DS. Systematic review of the survival rate and the incidence of biological, technical, and aesthetic complications of single crowns on implants reported in longitudinal studies with a mean follow-up of 5 years. *Clin Oral Implants Res* 2012;23(suppl):s2–s21.
55. Smith DE, Zarb GA. Criteria for success of osseointegrated endosseous implants. *J Prosthet Dent* 1989;62:567–572.
56. Blum K, Wiest W, Fella C, et al. Fatigue induced changes in conical implant-abutment connections. *Dent Mater* 2015;31:1415–1426.
57. Tsouknidas A, Lypoudi E, Michalakos K, et al. Influence of alveolar bone loss and different alloys on the biomechanical behavior of internal- and external-connection implants: A three-dimensional finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2015;30:e30–e42.
58. Teixeira AB, Shimano AC, Macedo AP, Valente ML, dos Reis AC. Influence of torsional strength on different types of dental implant platforms. *Implant Dent* 2015;24:281–286.
59. Koutouzis T, Neiva R, Nair M, Nonhoff J, Lundgren T. Cone beam computed tomographic evaluation of implants with platform-switched Morse taper connection with the implant-abutment interface at different levels in relation to the alveolar crest. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014;29:1157–1163.
60. Braian M, De Bruyn H, Fransson H, Christersson C, Wennerberg A. Tolerance measurements on internal- and external-hexagon implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014;29:846–852.
61. Feitosa PC, de Lima AP, Silva-Concilio LR, Brandt WC, Neves AC. Stability of external and internal implant connections after a fatigue test. *Eur J Dent* 2013;7:267–271.
62. Hagiwara Y, Carr AB. External versus internal abutment connection implants: A survey of opinions and decision making among experienced implant dentists in Japan. *Odontology* 2015;103:75–83.
63. Covani U, Ricci M, Tonelli P, Barone A. An evaluation of new designs in implant-abutment connections: A finite element method assessment. *Implant Dent* 2013;22:263–267.
64. de Oliveira GR, Pozzer L, Cavalieri-Pereira L, de Moraes PH, Olate S, de Albergaria Barbosa JR. Bacterial adhesion and colonization differences between zirconia and titanium implant abutments: An in vivo human study. *J Periodontol Implant Sci* 2012;42:217–223.
65. Yamanishi Y, Yamaguchi S, Imazato S, Nakano T, Yatani H. Influences of implant neck design and implant-abutment joint type on peri-implant bone stress and abutment micromovement: Three-dimensional finite element analysis. *Dent Mater* 2012;28:1126–1133.
66. Finger IM, Castellon P, Block M, Elian N. The evolution of external and internal implant/abutment connections. *Pract Proced Aesthet Dent* 2003;15:625–632; quiz 634.
67. Torcato LB, Pellizzer EP, Verri FR, Falcón-Antenucci RM, Santiago Júnior JF, de Faria Almeida DA. Influence of parafunctional loading and prosthetic connection on stress distribution: A 3D finite element analysis. *J Prosthet Dent* 2015;114:644–651.
68. Canullo L, Penarrocha-Oltra D, Soldini C, Mazzocco F, Penarrocha M, Covani U. Microbiological assessment of the implant-abutment interface in different connections: Cross-sectional study after 5 years of functional loading. *Clin Oral Implants Res* 2015;26:426–434.
69. Pessoa RS, Bezerra FJ, Sousa RM, Vander Sloten J, Casati MZ, Jaecques SV. Biomechanical evaluation of platform switching: Different mismatch sizes, connection types, and implant protocols. *J Periodontol* 2014;85:1161–1171.
70. Schwarz F, Alcoforado G, Nelson K, et al. Impact of implant-abutment connection, positioning of the machined collar/microgap, and platform switching on crestal bone level changes. *Camlog Foundation Consensus Report. Clin Oral Implants Res* 2014;25:1301–1303.
71. Galindo-Moreno P, Fernández-Jiménez A, O'Valle F, et al. Marginal bone loss in implants placed in grafted maxillary sinus. *Clin Implant Dent Relat Res* 2015;17:373–383.
72. Yang TC, Maeda Y. The biomechanical effect of platform switching on external- and internal-connection implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2013;28:143–147.
73. Coelho Goiato M, Pesqueira AA, Falcón-Antenucci RM, Dos Santos DM, Haddad MF, Bannwart LC, Moreno A. Stress distribution in implant-supported prosthesis with external and internal implant-abutment connections. *Acta Odontol Scand* 2013;71:283–288.
74. Arnhart C, Kielbassa AM, Martínez-de Fuentes R, et al. Comparison of variable-thread tapered implant designs to a standard tapered implant design after immediate loading. A 3-year multicentre randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol* 2012;5:123–136.
75. Esposito M, Maghazeh H, Pistilli R, et al. Dental implants with internal versus external connections: 1-year post-loading results from a pragmatic multicenter randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol* 2015;8:331–344.
76. Corrêa CB, Margonar R, Noritomi PY, Vaz LG. Mechanical behavior of dental implants in different positions in the rehabilitation of the anterior maxilla. *J Prosthet Dent* 2014;111:301–309.
77. do Nascimento C, Miani PK, Pedrazzi V, et al. Leakage of saliva through the implant-abutment interface: In vitro evaluation of three different implant connections under unloaded and loaded conditions. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012;27:551–560.

8.7 Anexo 7: Estudio publicado



Review

Bone Loss in Implants Placed at Subcrestal and Crestal Level: A Systematic Review and Meta-Analysis

Natalia Palacios-Garzón ¹, Eugenio Velasco-Ortega ² and José López-López ^{3,*}

¹ Department of Odontostomatology, University of Barcelona, l'Hospitalet de Llobregat, 08907 Barcelona, Spain; npalaciosgarzon@gmail.com

² Faculty of Dentistry, University of Seville, 41009 Seville, Spain; evelasco@us.es

³ Department of Odontostomatology, Medicine and Health Sciences (School of Dentistry), University of Barcelona, 08907 Barcelona, Spain

* Correspondence: 18575jll@gmail.com

Received: 11 December 2018; Accepted: 28 December 2018; Published: 5 January 2019



Abstract: Background: To assess differences in marginal bone loss in implants placed at subcrestal versus crestal level. Methods: An electronic and a manual research of articles written in English from January 2010 to January 2018 was performed by two independent reviewers. Clinical trials comparing bone loss for implants placed at crestal and subcrestal level were included. Pooled estimates from comparable studies were analyzed using a continuous random-effects model meta-analysis with the objective of assessing differences in crestal bone loss between the two vertical positions. Results: 16 studies were included; 10 studies did not encounter statistically significant differences between the two groups with respect to bone loss. Three articles found greater bone loss in subcrestal implants; while 3 found more bone loss in crestal implants. A meta-analysis for randomized control trial (RCT) studies reported an average and non-statistically different crestal bone loss of 0.028 mm. Conclusions: A high survival rate and a comparable bone loss was obtained both for crestal and subcrestal implants' placement. Quantitative analysis considering a homogenous sample confirms that both vertical positions are equally valid in terms of perimplant bone loss. However, with respect to soft tissue; in presence of a thin tissue; a subcrestal placement of the implant should be preferred as it may reduce the probability for the implant to become exposed in the future and thus avoid the risk of suffering from peri-implant pathologies.

Keywords: systematic review; subcrestal; crestal; bone loss; implants; meta-analysis

1. Introduction

Dental implants have become the preferred choice for the replacement of missing teeth. The five-year success rate of dental implants has increased from 93.5% to 97.1% within the past decade, with a higher survival and a lower complication rate [1]. Patients increasingly require treatments that offer more aesthetics and comfort, making implantology a demanding field, where, obtaining osseointegration or meeting the success criteria of implants highlighted by Buser et al. in the 1990s [2], such as lack of pain and infection, absence of radiolucency and mobility and possibility of restoration, is no longer considered a sufficient condition.

Research in the area of implantology has been evolving substantively. Scientists begin to devote their attention to physical and chemical properties of the implants; on creating different types of surfaces and degrees of roughness [3,4] with the objective of reducing the healing time to achieve secondary stability [4,5]. Furthermore, researchers have also focused, among others aspects, on finding

the most effective and safest connection between the implant-abutment, the best geometric design [4] and the most favorable placement of implants in relation to the crestal bone [6].

Despite the effort in research and the advancement in implant design, when an implant is placed, it is assumed that there will be an unpredictable loss of bone around it, difficult to perfectly forecast beforehand. In 1986, Albrektsson et al., published a seminal paper, which is still a reference today, where it is argued that a bone loss of less than 1.5 mm during the first year after implant placement and less of 0.2 mm annually in the following years, can be considered satisfactory [7].

According to the current literature, the preservation of crestal peri-implant bone is considered a key feature for the success of the treatment given that the bone around the implant determines the stability of the soft tissue, which in turn is a crucial aspect for esthetics and long-term survival [8,9].

Within these lines of research, several authors describe that the position in which the implant is placed with respect to the crestal bone, is a fundamental factor to preserve the bone in the future [10–14]. Although, with respect to this issue there is currently a controversy. Some authors recommend placing the implant under the crest of the bone (i.e., subcrestal placement). They argue that this specific position would contribute to the preservation of the mucosa [10], helping to obtain an ideal emergence profile in esthetic areas [11,12] and would prevent the surface of the implant from being exposed while reducing the likelihood of suffering from mucositis or peri-implantitis [13]. Along the same lines, studies with animals pointed out that implants placed at subcrestal level were characterized by less bone loss with respect to implants placed at the level of the crest [10,14].

By contrast, other authors reported evidences highlighting an increase in bone loss for implants placed subcrestally [6]. A possible reason for this could be attributed to the bacterial colonization of the implant-abutment junction, where an inflammatory infiltrate is produced [15–17]. This feature, in concomitance with a low concentration of oxygen, could create an ideal ecosystem for the proliferation of anaerobic bacteria [18]. Moreover, according to de Siqueira et al. (2017), it could also be speculated that the deeper placement of the implant may correlate with embolism, deeper pocketing and inflammation of the soft tissue [12].

Given the controversial results encountered in the literature, the objective of this review is to systematically evaluate the influence of crestal and subcrestal placement implants with respect to crestal bone loss and soft tissue and as a result shed more light over this important question.

2. Materials and Methods

The literature considered for this systematic review is based on the PRISMA' (Preferred Reporting Items for Systematic Review) [19] guidelines and aims at answering the following specific question built on the PICO (Population, Intervention, Control, Outcomes) format [20]. For patients treated with dental implants, are there differences between subcrestal and crestal implants placement with respect to marginal bone loss?

- (P) Population: Patients treated with dental implants.
- (I) Intervention: Implant placement at the subcrestal bone level.
- (C) Control: Implant placement at the crestal bone level.
- (O) Outcome: Bone loss around implants placed at subcrestal and crestal level.

2.1. Inclusion and Exclusion Criteria

Inclusion criteria: recent human clinical studies, comparing bone loss in implants placed with different vertical positions, at crestal level and subcrestal level. A follow-up period of at least one month in implants placed in one stage and six months in implants placed in two stages.

Exclusion criteria: articles published in languages other than English. Articles analyzing uniquely a type of placement (crestal or subcrestal). Articles published before 2010.

2.2. Search Strategy and Selection of Studies

An electronic search was carried out in PubMed/MEDLINE. The terms used in this search were: “subcrestal placement and crestal placement implants”, “bone loss in implants placed crestal-subcrestal”, “subcrestal implants crestal implants”. A manual search was carried out on the obtained articles, in order to find more articles meeting the inclusion criteria.

Two reviewers (N.P.G. and J.L.L.) assessed independently all titles and abstracts obtained from the electronic search in order to reach a consensus on the decision to exclude or admit each study.

2.3. Data Extraction

Given the high degree of heterogeneity characterizing the studies included in the review, a meticulous analysis of the data was carried out in order to compare them. We extracted information about patients (age, gender, number of implants placed, number of patients treated), characteristics of the implants and surgical techniques adopted; whether the abutment was placed in a second procedure (two stages/submerged) versus implants in which the abutment was placed immediately (one stage/non-submerged); loading of the implants: delayed versus immediate loading; the type of prosthesis, timing of implant placement (alveolar socket healing versus immediate post extraction); and follow-up period, the survival rate of the implants and bone loss. Regarding the soft tissue, different parameters were analyzed: probing pocket depth, bleeding on probing, modified plaque index, modified gingival index, keratinized tissue, vertical mucosa thickness and histological analysis.

2.4. Methodological Quality of Each Study

Each study was evaluated using the Jadad scale [21], this evaluation method consists of assessing the methodological quality of the clinical trials. The score goes from 0 to 5, being 0–2 of low quality, 3 of medium quality and 4–5 of high quality.

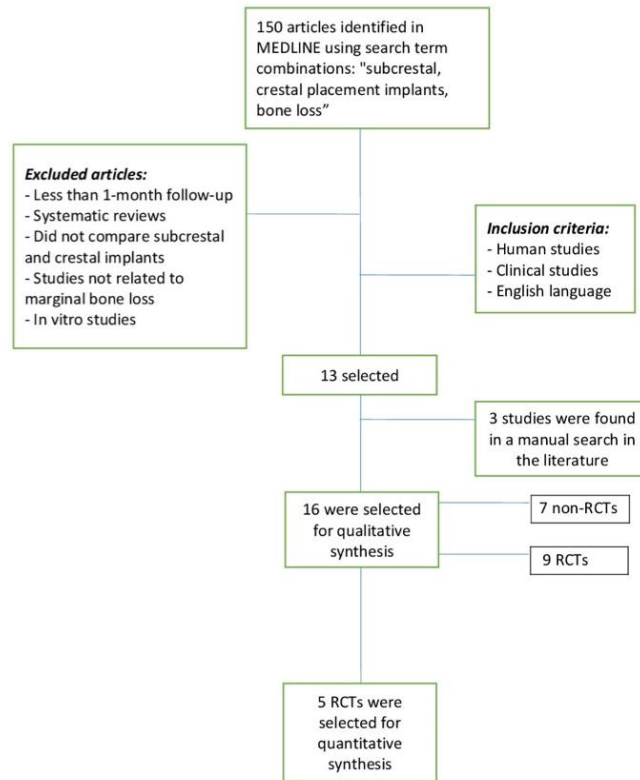
2.5. Statistical Analysis

Pooled estimates from the studies were analyzed using a continuous random-effects model meta-analysis. The variable analyzed was crestal bone loss of implants placed at a crestal and at a subcrestal level. Forest plots were produced to represent graphically the difference in outcomes of crestal bone loss. p -value = 0.05 was chosen to determine whether differences were statistical significant. Heterogeneity was assessed with χ^2 test and I2 test. R version 3.3.2 (Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria), and R studio version 1.0.44 Studio, Inc, (Boston, MA, USA) were employed in the statistical analysis.

3. Results

In the electronic search, a total of 150 articles were identified. Using the keywords “subcrestal placement and crestal placement implants”, 44 items were found, of which only 11 met the inclusion criteria. With the keywords “bone loss in implants placed crestal-subcrestal”, 39 items were found, and only 2 met the inclusion criteria. With “subcrestal implants crestal implants”, 67 studies were obtained and 0 studies met the inclusion criteria. Three more articles that met the inclusion criteria were found in a manual search in the literature and were included.

Finally, 16 studies were included in this review for the qualitative synthesis [6,12,22–35]. Nine were randomized control trials (RCTs) and the other 7 were non-randomized control trials (non-RCT). For the quantitative synthesis regarding bone loss, 5 RCTs articles were included [6,28,29,32,35] (Figure 1).



RCT: randomized control trial; Non-RCT: Non- randomized control trials

Figure 1. Flow chart.

3.1. Methodological Quality Assessment

The methodological analysis of Jadad (Table 1) shows that 8 RCT presented a high scientific quality with scores of 4 and 5, except one of medium quality with a score of 3. Of the 7 non-RCT, 6 were of low quality with scores between 1 and 2 and one of medium quality with a score of 3.

Table 1. Jadad score in studies selected.

Questions Jadad	Q.1	Q.2	Q.3	Q.4	Q.5	Q.6	Q.7	TOTAL
Romanos et al. 2015 [22]	0	1: Implants placed by the same oral surgeon between 1993 and 2004	−1	1	1	0	0	2
Al Amri et al. 2017 [23]	0	1: Patients having undergone dental implant therapy for single missing tooth	−1	1	1	0	0	2
Pellicer et al. 2016 [6]	0	1: Using pre-defined randomization tables	0	1	1	0	1	4
Palaska et al. 2016 [24]	1	1: Using an online randomization plan generator	0	1	1	0	1	5
Nagarajan et al. 2015 [25]	0	0	−1	1	1	0	0	1
de Siqueira et al. 2017 [12]	1	1: A computer-generated random number table for patient allocation	0	1	1	0	1	5
Koutouzis et al. 2014 [26]	0	1: A computer-generated list to distribute the subjects. Treatment assignments were stored in sealed envelopes	0	1	1	0	1	4
Koh et al. 2011 [27]	0	1: Assigned by choosing a letter from a bag	0	1	1	0	1	4
Vervaeke et al. 2018 [28]	0	1: A systematic non-random assignment was applied to determine the position of test and control implants	0	1	1	0	1	4*
Kütan et al. 2015 [29]	1	1: Was made by one of the authors by the flip of a coin	0	1	1	0	1	5
Ercoli et al. 2017 [30]	0	1: Patient had received a dental implant during a period of 6 years, from 2009 to 2015	−1	1	1	0	0	2
Veis et al. 2010 [31]	0	0	−1	1	1	0	0	1
Degidi et al. 2011 [33]	0	1: Search in the archives of the Implant Retrieval Center of the Dental School of the University of Chieti-Pescara, Chieti, Italy	−1	1	1	0	1	3
Al Amri et al. 2017 [32]	0	1: Randomization was performed by tossing a coin.	0	1	1	0	1	4
Kim et al. 2017 [34]	0	0	−1	1	1	0	1	2
Fickl et al. 2010 [35]	0	1: All implants placed between 1 January and 31 December 2006	−1	1	1	0	1	3

* Vervaeke et al. (2018) should have obtained 3 points as they did not use a random assignment of participants. Despite that, we decided to give them 4 points as the decision for a non-random procedure was linked to the sequential nature of their research objective. The Jadad scale of quality of the clinical studies is based in seven questions. Q. 1: Was the study described as randomized? (Yes: 1 point/No: 0 point); Q. 2: Was the method of randomization described? (Yes: 1 point/No: 0 point); Q. 3: Was the randomization method appropriate? (Yes: 0 point/No: −1 point); Q. 4: Was the study described as double blind? (Yes: 1 point/No: 0 point); Q. 5: Was the blinding method described? (Yes: 1 point/No: 0 point); Q. 6: Was the blinding method appropriate? (Yes: 0 point/No: −1 point); Q. 7: Was there a description of withdrawals and dropouts? (Yes: 1 point/No: 0 point). A positive point is awarded in the fourth and six question to the articles even if they were single-blind but well described. In implant placement it is very difficult for the surgeon to proceed if he/she does not know what type of implant placement he/she is performing. In this case, to score the Jadad point, radiographs should be evaluated by a person other than the surgeon who placed the implants. The patients were blinded about which implant was the control or test implant. However, due to the nature of the study, the implant surgeon could not be blinded to the treatment assignment.

3.2. Characteristics of Studies Included

Of 9 RCTs, 5 did not find significant differences in bone loss [12,24,26,27,32], two articles found a higher loss of bone in implants placed at the subcrestal level [6,29] and 2 articles found less bone loss in implants placed at the subcrestal level [28,35].

Of 7 non-RCTs, 5 did not found significant differences between crestal and subcrestal implants [22,23,25,30,31]. One study found that subcrestal implants presented less bone loss, though statistical significance was not reached [33] and one study found greater bone loss in subcrestal implants [34].

The majority of the studies analyzed uniquely the crestal and subcrestal positions, except for 4 studies that in addition analyzed the supracrestal position [22,30,32,34]. A total of 1346 implants were placed, of which, 1093 were included in this review and the remaining 253 were excluded because they were placed in the supracrestal position. Of 1093 implants included, 604 implants were placed subcrestally, and 489 were placed at the crestal level. Fourteen articles reported the age of the participants, which ranged from 23 to 82 years, the other two articles did not report it [31,33]. The number of patients treated varied between 9 and 85. Of 16 articles, 10 (62.5%) did not obtain significant differences between crestal or subcrestal implants in terms of bone loss. For the remaining 6 articles (37.5%), 3 found greater bone loss in implants placed at subcrestal level, while the other 3 remaining articles found the opposite, more bone loss in the implants placed at the crestal level. Of 1093 implants, 698 were placed in two stages, 302 in one stage and 93 were immediate loading. The subcrestal implants were installed in a depth ranging from -0.5 mm to -3.4 mm apical to the alveolar ridge and the crestal implants were placed between 0.0 mm and a maximum of 0.75 mm above the level of the crestal bone. With respect to the timing of implant placement, in a study with a sample of 20 implants, all were placed post-extraction [27], 6 studies declared that the implants were placed on healed edentulous ridges. In 3 studies implants were placed at least 3 months after the healing of the dental alveolus. In 1 article, implants were placed 6 months after extraction while 6 studies did not report this information. Of the 16 studies, only 3 performed immediate loading, of these 3, two found no significant differences [12,26] and one found greater loss in implants placed at the crestal level [33]. Of the 13 studies with delayed loading, 8 did not find significant differences [22–25,27,30–32], 2 found greater loss in implants placed at crestal level [28,35] and 3 found greater loss in implants placed at subcrestal level [6,29,34] (Table 2a,b).

Table 2. Characteristics of studies on randomized control trials (RCT) and non-RCT.

Author	Study Design	N. of Patients	Mean Age of Patients (Years)	N. of Implants	Surgical Technique (One Stage Two Stages)	Implant Insertion Depth below the Crest (mm)	Loading of Implants	Type of Prosthesis	Timing of Implant Placement	Bone Loss in Subcrestal Implants (mm)	Bone Loss in Crestal Implants (mm)	Follow-up (Months)	Jadad Score	Survival Rate (%)	Outcomes Related to Bone Loss between Two Groups
(a) Characteristics of Studies RCT															
Pellier et al. 2016 [9]	RCT	26 15: W 8: M 3: NR	49.8 ± 11.6	23 13: S 10: C	Two stages	S: 2.16 ± 0.88 C: 0	Delayed loading	Platform switching Crowns screwed	3 months after of the tooth socket healing	1.22 ± 1.06	0.06 ± 1.11	12	4	100	Bone loss was found to be greater in the case of the subcrestal implants
Palau et al. 2016 [24]	RCT	81 W: 41 M: 40	49	105 54: S 31: C	One stage	S: 1.5 ± 0.2 C: NR	Delayed loading	The implants were not loaded	After a minimum of 3 months of post-extraction healing	Group 1 (Internal connection): 0.68 ± 0.07 Group 3 (Morse taper): 0.49 ± 0.06	Group 2 (Internal connection): 0.79 ± 0.06 Group 4 (Morse Taper): 0.40 ± 0.07	3	5	100	No statistically significant difference between implants with the same abutment connection pattern
de Siqueira et al. 2017 [7]	RCT	11	45-65	55 28: S 27: C	Immediate-ly loading	S: 1-3 C: NR	Immediate-ly loading at insertion torque of at least 45 Ncm	Full-arch implant fixed prosthesis	NR	1.03 ± 0.60	0.66 ± 0.38	8	5	100	No significant differences
Koutouzis et al. 2014 [25]	RCT	30 W: 24 M: 6	49.85	30 20: S 10: C	Immediate-ly loading	S: -1, -2 C: 0	Immediate-ly loading	Platform-switched screw retained single crowns	Non post-extraction	submerged 1 mm: -0.60 ± 0.48 submerged 2 mm: -0.60 ± 0.75 CBCT analysis	-0.08 ± 0.25	12	4	100	No statistically significant differences between the groups
Koh et al. 2011 [27]	RCT	24 W: 8 M: 12 (4 patients group up)	55.5	20 10: S 10: C	Two stages	S: 1 (below the palatal crest) C: 0	Delayed loading	NR	Immediate	-0.8 ± 0.6	0.3 ± 0.4	12	4	95.8	No statistically significant differences
Verwaak et al. 2018 [28]	RCT	25 W: 13 M: 12	65 range = 43-82	50 25: S 25: C	Immediate-ly restored with locator abutment One stage	S: was adapted to the soft tissue thickness, allowing at least 3 mm space for biologic width establishment C: NR	Delayed loading	Platform switching Overdenture	Minimum 3 months post-extraction	0.04	0.73	24	4	100	Subcrestal implants showed significantly better bone levels

Table 2. Cont.

Author	Study Design	N. of Patients	Mean Age of Patients (Years)	N. of Implants	Surgical Technique (One Stage Two Stages)	Implant Insertion Depth below the Crest (mm)	Loading of Implants	Type of Prosthesis	Timing of Implant Placement	Bone Loss in Subcrestal Implants (mm)	Bone Loss in Crestal Implants (mm)	Follow-up (Months)	Jadad Score	Survival Rate (%)	Outcomes Related to Bone Loss between Two Groups
(a) Characteristics of Studies RCT															
Kölan et al. 2013 [29]	RCT	28 W: 21 M: 7	46.05	56 28: S 28: C	Two stages	S: 1 C: NR	Delayed loading	Platform-switched cemented crowns	Minimum 6 months after extraction	1.21 ± 1.05	0.56 ± 0.35	36	5	100	The mean radiographic vertical bone loss in the crestal group was significantly lower than in the subcrestal group
Al-Antri et al. 2017 [32]	RCT	23 W: 7 M: 16	43.5	46 23: S 23: C	One stage	S: 2 approx C: NR	Delayed loading	Screw retained crowns	Healed edentulous	0.3 ± 0.2	0.45 ± 0.2	36	4	100	No significant differences in bone loss around implants placed at crestal and subcrestal levels
Fickl et al. 2010 [30]	RCT	36 W: 18 M: 18	55.3	89 75: S 14: C	Two stages	S: NR C: NR	Delayed loading	Platform-switched	Healed edentulous	0.30 ± 0.07 at time of insertion of the definitive prosthesis 0.39 ± 0.07 at 1 year	0.68 ± 0.17 at time of insertion of the definitive prosthesis 1.00 ± 0.22 at 1 year	12	3	100	Subcrestal and platform switched implants seem to limit crestal bone remodeling
(b) Characteristics of Studies Non-RCT															
Romano et al. 2013 [22]	No-RCT Retrospective	85 W: 41 M: 44	50.31	228 197 mesial and distal shoulders S: 60 mesial and distal shoulders C: 194 mesial and distal shoulders excluded for being supra-crestal	Two stages	S: at least 0.5 C: within 0.5 mm or less of the crestal bone level Supra-crestal: more than 0.5 mm above the bone level	Delayed loading	Platform-switched Fixed or removable prosthesis	NR	Mesial: 1.84 (±1.49) Distal: 1.73 (±1.31)	Mesial: 1.41 (±1.65) Distal: 1.24 (±1.60)	S: 105.61 (±49.74) C: 94.32 (±52.42)	2	97.8	No significant differences

Table 2. Cont.

Author	Study Design	N. of Patients	Mean Age of Patients (Years)	N. of Implants	Surgical Technique (One Stage Two Stages)	Implant Insertion Depth below the Crest (mm)	Loading of Implants	Type of Prosthesis	Timing of Implant Placement	Bone Loss in Subcrestal Implants (mm)	Bone Loss in Crestal Implants (mm)	Follow-up (Months)	Jadad Score	Survival Rate (%)	Outcomes Related to Bone Loss between Two Groups
(b) Characteristics of Studies Non-RCT															
Al Amri et al. 2017 [23]	No-RCT Retrospective	52	45.4 ± 1.8	52 27: S 25: C	One stage	S: 2 mm approx C: NR	Delayed loading	Single prosthesis. Platform-switched, screw retained metal ceramic	NR	1.2 ± 0.2	1.4 ± 0.2	5: 63.6 ± 2.4 C: 62.4 ± 1.2	2	NR	No significant differences
Nagesan et al. 2015 [25]	No-RCT Prospective	24	NR 23 to 45	24 12: S 12: C	Two stages	S: 1 C: NR	Delayed loading	NR	Healed osseous ridges	0.4917 ± 0.4881	0.2183 ± 0.2874	6 (before prosthetic loading)	1	NR	Did not show difference in crestal bone loss before prosthetic loading. Was statistically not significant.
Ercoli et al. 2017 [33]	No-RCT Retrospective	55	57	134 157 mesial and distal shoulders S 69 mesial and distal shoulders C 43 mesial and distal shoulders excluded for being supra-crestal	66.6% Two stages 43.4% One stage	NR	Delayed loading	71.7% Single crown 28.3% fixed dental prosthesis	NR	mesial -1.56 ± 1.11 distal -1.06 ± 0.96	mesial -0.72 ± 1.07 distal -0.91 ± 0.83	18	2	100%	No statistically significant differences. The platform switching concept was beneficial only in subcrestal locations
Veis et al. 2010 [17]	No-RCT Retrospective	NR	NR	282 89: S 95: C 98: C Excluded for being supra-crestal	Two stages and One stage with short healing abutments in the esthetic zone	S: 1 to 2 C: NR	Delayed loading	Cemented an screw crown and ridges	Non post extraction	Not platform-switching 0.81 ± 0.79 and platform switching 0.39 ± 0.32	Not platform-switching 1.23 ± 0.96 and platform switching 1.13 ± 0.42	24	1	NR	No statistically significant differences. The platform switching concept was beneficial only in subcrestal locations

Table 2. Cont.

Author	Study Design	N. of Patients	Mean Age of Patients (Years)	N. of Implants	Surgical Technique (One Stage Two Stages)	Implant Insertion Depth below the Crest (mm)	Loading of Implants	Type of Prosthesis	Timing of Implant Placement	Bone Loss in Subcrestal Implants (mm)	Bone Loss in Crestal Implants (mm)	Follow-up (Months)	Jadad Score	Survival Rate (%)	Outcomes Related to Bone Loss between Two Groups
(b) Characteristics of Studies Non-RCT															
Degidi et al. 2011 [32]	No-RCT Case series	9	NR	9 4: S 5: C	2. Two stages 7. Immediately loading	S: 1 to 3 C: NR	2 Delayed loading 7 Immediately loading	Platform switching Single crown	NR	Between 0 and 0.5	Between 0.5 and 1.5	1-2	3	100%	In all subcrestally placed implants, preexisting and newly formed bone was found over the implant shoulder
Kim et al. 2017 [34]	No-RCT Retrospective	61	51.4	143 286 implant surfaces 36: S 177: C 73 implant surfaces were excluded for being supra-crestal	Two stages	SNR 0-0.75 above the marginal bone level	Delayed loading	No platform-switched	Non post extraction	1.76 ± 0.78	1.13 ± 0.91	36	2	NR	In subcrestal group, significantly greater bone loss was observed at all time points from the baseline

RCT: randomized control trial; Non-RCT: not randomized control trial; W: woman; M: men; Y: years; NR: not reported; S: subcrestal implants; C: crestal implants; IL: immediately loading; N: number.

The average survival rate was particularly high and equal to 99.4%, representing 629 implants for the studies reporting it. Four studies, representing 464 implants, did not report the survival rate [23,25,31,34].

In the RCT studies the follow-up of implants placed varied from 3 to 36 months while in the non-RCT it ranged from 1 to 155.35 months (Table 2a,b).

3.3. Characteristics of the Implants

Six articles described the type of implants' surface used [12,22,27,33–35], the rest did not report it. Regarding the length of the implants, this ranged from 8 to 14 mm and was reported in 6 studies [6,23,24,28,29,32], the diameters varied from 3.3 to 5 mm and was reported in 8 studies [6,23,24,27–29,32,35] (Table 3).

Table 3. Implant characteristics in studies included.

Study	Commercial Brand Surface Neck and Diameters and Lengths in Subcrestal Implants	Commercial Brand, Surface Neck and Diameters and Lengths in Crestal Implants
Romanos et al. 2015 [22]	<i>Brand implant:</i> ANKYLOS® Implant System, Mölndal, Sweeden <i>Type of surface:</i> Sandblasted, acid-etched with 2 mm of machined collar and a progressive thread design. <i>Connection:</i> Internal tapered <i>Lengths:</i> NR <i>Diameters:</i> NR	<i>Brand implant:</i> ANKYLOS® Implant System, Mölndal, Sweeden <i>Type of surface:</i> Sandblasted, acid-etched with 2 mm of machined collar and a progressive thread design. <i>Connection:</i> Internal tapered <i>Lengths:</i> NR <i>Diameters:</i> NR
Al Amri et al. (RCT) 2017 [32]	<i>Brand implant:</i> Straumann AG, Basel, Switzerland. <i>Type of surface:</i> NR <i>Connection:</i> Internal connection <i>Lengths:</i> 10 to 14 mm. <i>Diameters:</i> 3.3 to 4.1 mm	<i>Brand implant:</i> Straumann AG, Basel, Switzerland. <i>Type of surface:</i> NR <i>Connection:</i> Internal connection <i>Lengths:</i> 10 to 14 mm. <i>Diameters:</i> 3.3 to 4.1 mm
Pellicer et al. 2016 [6]	<i>Brand implant:</i> Mozo-Grau® Inhex®, S.L. Valladolid, Spain <i>Type of surface:</i> NR <i>Connection:</i> Internal connection Morse tapered <i>Lengths:</i> 10, 11.5, 13 <i>Diameters:</i> 3.7, 4.2, 5	<i>Brand implant:</i> Mozo-Grau® Inhex®, S.L. Valladolid, Spain <i>Type of surface:</i> NR <i>Connection:</i> Internal connection Morse tapered <i>Lengths:</i> 10, 11.5, 13 <i>Diameters:</i> 3.7, 4.2, 5
Palaska et al. 2016 [24]	<i>Brand implant:</i> Biomet 3i, Palm Beach Gardens, FL, USA Certain Prevail nanotite. <i>Type of surface:</i> NR <i>Connection:</i> Internal connection <i>Lengths:</i> 8 to 13 mm <i>Diameters:</i> 3.5 to 5 mm	<i>Brand implant:</i> OsseoSpeed Astra tech Dental, Mölndal, Sweden <i>Type of surface:</i> NR <i>Connection:</i> Morse tapered <i>Lengths:</i> 8 to 13 mm <i>Diameters:</i> 3.5 to 5 mm
Nagarajan et al. 2015 [25]	<i>Brand implant:</i> ADINT implants. Adin, Co. Afula, Israel <i>Type of surface:</i> NR <i>Connection:</i> NR <i>Lengths:</i> NR <i>Diameters:</i> NR	<i>Brand implant:</i> ADINT implants. Adin, Co. Afula, Israel <i>Type of surface:</i> NR <i>Connection:</i> NR <i>Lengths:</i> NR <i>Diameters:</i> NR
de Siqueira et al. 2017 [12]	<i>Brand implant:</i> Titamax CM, Neodent, Curitiba, PR, Brazil <i>Type of surface:</i> Sandblasted and acid-etched <i>Connection:</i> Internal tapered <i>Lengths:</i> NR <i>Diameters:</i> NR	<i>Brand implant:</i> Titamax CM, Neodent, Curitiba, PR, Brazil <i>Type of surface:</i> Sandblasted and acid-etched <i>Connection:</i> Internal tapered <i>Lengths:</i> NR <i>Diameters:</i> NR
Koutouzis et al. 2014 [26]	<i>Brand implant:</i> Ankylos CX implants (Dentsply), Mölndal, Sweeden <i>Type of surface:</i> NR <i>Connection:</i> Morse taper <i>Lengths:</i> NR <i>Diameters:</i> NR	<i>Brand implant:</i> Ankylos CX implants (Dentsply) Mölndal, Sweeden <i>Type of surface:</i> NR <i>Connection:</i> Morse taper <i>Lengths:</i> NR <i>Diameters:</i> NR

Table 3. Cont.

Study	Commercial Brand Surface Neck and Diameters and Lengths in Subcrestal Implants	Commercial Brand, Surface Neck and Diameters and Lengths in Crestal Implants
Koh et al. 2011 [27]	<i>Brand implant:</i> Biohorizons, Birmingham, AL, USA. <i>Type of surface:</i> with laser-microtextured collar, Laser-Lok <i>Connection:</i> Tapered internal <i>Lengths:</i> NR <i>Diameters:</i> 3.8 or 4.6	<i>Brand implant:</i> Biohorizons, Birmingham, AL, USA. <i>Type of surface:</i> with laser-microtextured collar, Laser-Lok <i>Connection:</i> Tapered internal <i>Lengths:</i> NR <i>Diameters:</i> 3.8 or 4.6
Vervaeke et al. 2018 [28]	<i>Brand implant:</i> Astra Tech Osseospeed TX™, Dentsply implants, Salzburg, Austria <i>Type of surface:</i> NR <i>Connection:</i> Morse taper <i>Lengths:</i> 8, 9 or 11 mm <i>Diameters:</i> 3.5 or 4 mm	<i>Brand implant:</i> Astra Tech Osseospeed TX™, Dentsply implants, Salzburg, Austria <i>Type of surface:</i> NR <i>Connection:</i> Morse taper <i>Lengths:</i> 8, 9 or 11 mm <i>Diameters:</i> 3.5 or 4 mm
Kütan et al. 2015 [29]	<i>Brand implant:</i> Astra Tech Dentsply Implants, Mölndal, Sweden <i>Type of surface:</i> NR <i>Connection:</i> Morse taper <i>Lengths:</i> 9 mm to 13 mm <i>Diameters:</i> 3.5 or 4 mm	<i>Brand implant:</i> Astra Tech Dentsply Implants, Astra Tech, Mölndal, Sweden <i>Type of surface:</i> NR <i>Connection:</i> Morse taper <i>Lengths:</i> 9 mm to 13 mm <i>Diameters:</i> 3.5 or 4 mm
Ercoli et al. 2017 [30]	<i>Brand implant:</i> NR <i>Type of surface:</i> NR <i>Connection:</i> NR <i>Lengths:</i> NR <i>Diameters:</i> NR	<i>Brand implant:</i> NR <i>Type of surface:</i> NR <i>Connection:</i> NR <i>Lengths:</i> NR <i>Diameters:</i> NR
Weis et al. 2010 [31]	<i>Brand implant:</i> full Osseotite implants, Biomet 3i <i>Type of surface:</i> NR <i>Connection:</i> Screw-type external-hex titanium implants <i>Lengths:</i> NR <i>Diameters:</i> NR	<i>Brand implant:</i> full Osseotite implants, Biomet 3i <i>Type of surface:</i> NR <i>Connection:</i> Screw-type external-hex titanium implants <i>Lengths:</i> NR <i>Diameters:</i> NR
Degidi et al. 2011 [33]	<i>Brand implant:</i> ANKYLOS plus, DENTSPLY-Friadent, Mannheim, Germany <i>Type of surface:</i> Acid-etched microtexturized surface <i>Connection:</i> Morse tapered <i>Lengths:</i> NR <i>Diameters:</i> NR	<i>Brand implant:</i> ANKYLOS plus, DENTSPLY-Friadent, Mannheim, Germany <i>Type of surface:</i> Acid-etched microtexturized surface <i>Connection:</i> Morse tapered <i>Lengths:</i> NR <i>Diameters:</i> NR
Al Amri et al. 2017 [23]	<i>Brand implant:</i> Straumann® Dental Implant System, Institut Straumann, AG Peter Merian-Weg 12 CH- 4002 Basel, Switzerland <i>Type of surface:</i> NR <i>Connection:</i> Internal connection Regular crossfit connection implants <i>Lengths:</i> 10–14 mm <i>Diameters:</i> 4.1 mm	<i>Brand implant:</i> Straumann® Dental Implant System, Institut Straumann, AG Peter Merian-Weg 12 CH- 4002 Basel, Switzerland <i>Type of surface:</i> NR <i>Connection:</i> Internal connection Regular crossfit connection implants <i>Lengths:</i> 10–14 mm <i>Diameters:</i> 4.1 mm
Kim et al. 2017 [34]	<i>External connection. Brand implant:</i> Brånemark System MkIII TiUnite, Nobel Biocare AB, Göteborg, Sweden <i>Type of surface:</i> 9 TU:TiUnite <i>Internal connection Brand implant:</i> OsstemUSII, Osstem Implant Co., Seoul, Korea <i>Type of surface:</i> 9 SA: Sand-blasted whit alumina and acid etching, 9 <i>Brand implant:</i> Pitt-easy FBR, Oraltronics Dental Implant Technology GmbH, Bremen, Germany <i>Type of surface:</i> 18 CP: Calcium phosphate <i>Connection:</i> Internal and external <i>Lengths:</i> NR <i>Diameters:</i> NR	<i>External connection. Brand implant:</i> Brånemark System MkIII TiUnite, Nobel Biocare AB, Göteborg, Sweden <i>Type of surface:</i> 44TU: TiUnite <i>Internal connection Brand implant:</i> OsstemUSII, Osstem Implant Co., Seoul, Korea <i>Type of surface:</i> 53 SA: Sand-blasted whit alumina and acid etching, 9 <i>Brand implant:</i> Pitt-easy FBR, Oraltronics Dental Implant Technology GmbH, Bremen, Germany <i>Type of surface:</i> 80 CP: Calcium phosphate <i>Connection:</i> Internal and external <i>Lengths:</i> NR <i>Diameters:</i> NR
Fickl et al. 2010 [35]	<i>Brand implant:</i> Osseotite Certain Biomet 3i, Florida, USA <i>Type of surface:</i> Dual acid etched <i>Connection:</i> Internal connection <i>Lengths:</i> NR <i>Diameters:</i> 5 mm	<i>Brand implant:</i> Osseotite Certain Biomet 3i, Florida, USA <i>Type of surface:</i> Dual acid etched <i>Connection:</i> Internal connection <i>Lengths:</i> NR <i>Diameters:</i> 4 mm

With respect to the implants' connection, in 11 studies implants were characterized by internal connection [6,12,22–24,26–29,33–35], 8 of them using a Morse taper connection [12,22,24,26–29,33]. Two studies did not report the type of connection used [25,30]. One study used external connection [31] and one study combined external connection with internal connection both for implants placed at crestal and subcrestal level [34]. In the rest of the studies, the implants used had the same characteristics. The implant-related characteristics of studies are reported in Table 3.

3.4. Bone Loss

Among the 16 studies considered, in 10 there were no significant differences between the two groups with respect to bone loss. In 3 studies, one non-RCT [34] and two RCTs [6,29] with similar characteristics among them, with the exception of platform-switched that was not used in the non-RCT study, the bone loss was significantly higher for subcrestal implants. These implants were placed in two stages, with a follow-up of between 24 and 36 months. In the remaining 3 articles, 2 RCTs [28,35], and 1 non-RCT [33], the opposite occurred: Fickl et al. (2010) [35] and Vervaeke et al. (2018) [28] with a follow up of 24 and 12 months respectively, both placed in one stage, subcrestal implants showed better bone levels than the implants placed at crestal level. In the remaining article, Degidi et al. (2011) [33], with a follow up of 2 months, the implants placed at subcrestal level found preexisting and newly formed bone over the implant shoulder.

From the RCT studies, the highest amount of bone loss detected around subcrestal and crestal implants was exactly the same: 1.22 mm [6] and 1.22 mm [35] respectively.

Ten studies showed an average of bone loss of less than 1 mm in subcrestal implants and 11 studies a loss of less than 1 mm in crestal implants (Table 2a,b).

3.5. Quantitative Analysis in Bone Loss

A meta-analysis was performed to analyze the mean differences of crestal bone loss between RCT studies. Of the 9 RCT; five randomized studies [6,28,29,32,35] provided valid data to be included in the meta-analysis as they evaluated radiologically crestal bone loss of implants placed at crestal ($n = 100$) and at subcrestal level ($n = 164$) with a follow up period between 12 and 18 months. In addition, the five studies considered used the same type of implant connections (i.e., internal). Two studies were not included in the meta-analysis because the bone loss evaluation was not carried over with an intraoral/panoramic radiography. More precisely, a clinical evaluation with a probe was performed on Koh et al. (2011) [27] and a CBCT analysis was performed on Koutouzis et al. 2016 [26]. Additionally, the other two studies were not included in the meta-analysis due to the fact that they reported uniquely a follow-up period up to 8 months [12] and 3 months [24] respectively. The forest plot (Figure 2) shows a crestal bone loss mean difference of 0.028 mm and a p -value = 0.92 (95% CI (Confidence Interval): -0.591 to 0.648 , heterogeneity $I^2 = 98.65\%$, $p \leq 0.001$).

The negative values shown in the forest plot represent a higher crestal bone loss for the subcrestal group. While positive ones represent higher loss of bone for the crestal group.

With respect to the non-RCT studies, a meta-analysis could not be carried out due to the high level of heterogeneity between the studies included in the review. The main difference comes from the length of the follow-up periods which varies substantially in five out of seven studies: 1–2 months [33], 63 months [23], 6 months [25], 18 months [30] and 105 months [22]. Only Veis et al. (2010) [31] and Kim et al. (2017) [34] had comparable follow-up periods of 24 months and 36 months respectively. Nevertheless, in their case, the connection of the implants varied; being only external in one of the articles [31] and both external and internal in the other article [34]. Since differences in the connection may induce a bias in the result, we could not perform a meta-analysis for the non-RCT studies.

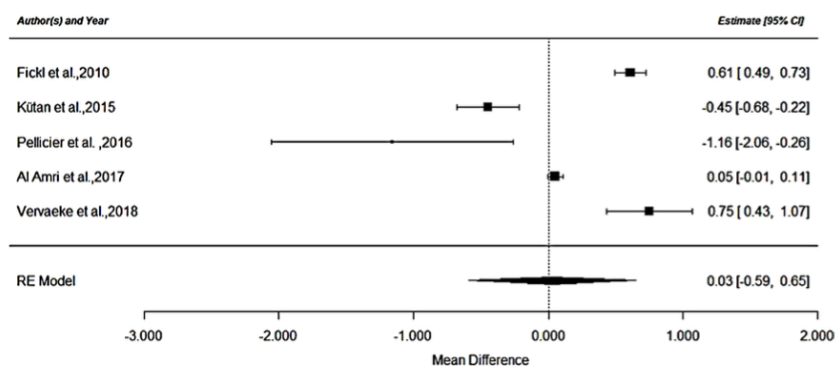


Figure 2. RCT analysis.

3.6. Soft Tissue

Regarding the soft tissue, in 4 studies no significant differences were found between both vertical positions [12,23,29,32]. Koh et al. (2011) [27], found better results for the subcrestal implants in terms of keratinized tissue width, the difference being statistically significant. Palaska et al. (2016) [24], found a significant and highest values in the modified gingival index for the crestal group.

Degidi et al. (2011) [33], were the only ones who performed a histological analysis, the implants were retrieved from patients two months after their placement. In implants placed at the crestal level, dense connective tissue was found in the coronal area of the implant, while in subcrestal implants no gaps or fibrous connective tissue were found at the interface of the implant.

Vervaeke et al. (2018) [28], found a significant correlation between soft tissue thickness and bone level alterations after 6 months, with higher bone loss for crestal implants when thin tissue was present.

In 8 studies considered in this review, soft tissue was not analyzed (Table 4).

Table 4. Soft tissue.

Author	Outcomes Regarding Soft Tissue Analysis in Crestal and Subcrestal Implants
Romanos et al. 2015 [22]	Not Analyzed
Al Amri et al. 2017 [23]	Probing depth: there was no significant difference in both groups Bleeding on probing: there was no significant difference in both groups
Pellicier et al. 2016 [6]	Not Analyzed
Palaska et al. 2016 [24]	Probing depth: was deeper in subcrestal positions but there was no statistically significant difference between groups ($p > 0.05$) Biotype: no statistically significant difference was recorded between groups Modified plaque index: no statistically significant difference between crestal and subcrestal implants Modified gingival index: highest values were recorded for crestal group, being statistically significant from subcrestal group
Nagarajan et al. 2015 [25]	Not Analyzed
de Siqueira et al. 2017 [12]	Keratinized tissue width: no differences in two groups Vertical mucosa thickness: no differences in two groups Tissue recession: no differences in two groups Plaque index bleeding on probing: peri-implant tissues were checked and found healthy at every follow-up return in the two groups
Koutouzis et al. 2014 [26]	Not Analyzed
Koh et al. 2011 [27]	Keratinized tissue width: from baseline to 4 months was 0.7 ± 0.2 mm for the crestal group and 1.7 ± 0.4 mm for the subcrestal group being statistically significantly

Table 4. Cont.

Author	Outcomes Regarding Soft Tissue Analysis in Crestal and Subcrestal Implants
Vervaeke et al. 2018 [28]	A significant correlation was observed between soft tissue thickness and bone level alterations after 6 months with inferior bone levels for crestal implants when thin tissues are present
Kütan et al. 2015 [29]	Probing depth: no significant differences Modified plaque index: no significant differences Modified gingival index: no significant differences
Ercoli et al. 2017 [30]	Not Analyzed
Veis et al. 2010 [31]	Not Analyzed
Degidi et al. 2011 [33]	Histological analysis Crestal: dense connective tissue, with only a few inflammatory cells, was observed at the level of the shoulder of the implant and of the periimplant coronal portion Subcrestal: no gaps or fibrous connective tissue was found at the bone-implant interface.
Al Amri et al. 2017 (RCT) [32]	Probing depth: no significant differences Bleeding on probing: no significant differences
Kim et al. 2017 [34]	Not Analyzed

4. Discussion

As described in the result section, in 10 studies there were no statistically significant differences between implants placed at crestal and subcrestal level with respect to bone loss around them. Three studies found a greater loss in implants placed at the subcrestal level and the 3 remaining studies found the opposite, a better preservation of the bone in the subcrestal implants. According to the vast majority of these studies, there is no difference of bone loss between implants placed at crestal or subcrestal level. Furthermore, as seen in our meta-analysis with a selected homogenous sample, a crestal bone loss occurs in both cases, and the difference is not statistically significant.

If we take into account that every time we place an implant we expect a loss of bone that can cause the implant exposure, aesthetic problems and the risk of suffering perimplant pathologies, it seems natural to think that positioning the implant deeper with respect to the bone crest may be favorable in order to avoid these potential drawbacks.

In the last few decades, researchers devote substantial effort to shed more light over the causes responsible for the small loss of bone occurring when an implant is placed especially after the first months following the placement. As pointed out in the results of this review, the vertical position of the implant with respect to the bone does not seem to be the main cause of bone loss. This conclusion is as well in line with the results obtained in Gualini et al. (2017) [36], where no significant differences regarding bone loss were found for implants placed in different subcrestal positions. Instead, we might speculate that the loss of bone could differ if we take into account the interaction of more than one factor simultaneously in addition to the vertical position of the implant such as the platform switching, the type of connection, the soft tissue characteristics, or the biological width. In the following, we will analyze the impact of each one of these factors on bone loss with respect to the crestal and subcrestal placing of the implant.

4.1. Platform-Switching in Relation to the Vertical Position of the Implant

In the concept of platform-switching, the implant/abutment junction moves towards the center of the implant, with the aim of separating the bacterial filtration from the crestal bone [37]. This type of design, thanks to the narrowing of the implant/abutment junction may help to minimize the invasion of the biological width [33].

It is not clear whether platform switching can help to prevent bone loss. Within this review, 6 studies found differences between crestal and subcrestal implants, 5 of them used the concept of platform-switching and two of them found a greater bone loss in implants placed at the subcrestal

level [6,29]. This result could possibly be attributed to a deeper implant placement that would be related to deeper pocketing and inflammation [6]. The other three studies [28,33,35] in contrast, found less bone loss in subcrestal implants when the platform-switching was used. Several authors advocate in favor of the platform switching based on the reduced bone loss observed as a result of its use [31,38,39]. Nevertheless, more research is needed with longer follow-up periods to determine if platform-switching is more beneficial in terms of reducing bone loss.

4.2. Connection in Relation to the Vertical Position of the Implant

With respect to the implants' connection, almost the totality of the studies considered in this review used internal connection and only one study combined internal connection with external connection between implants placed at crestal and subcrestal level [34]. In this study they found a higher bone loss in implants placed at the subcrestal level both for internal and for external connections. This result is in line with a recent systematic review comparing internal and external connection and pointing out that there are not enough evidences to conclude that one connection is better than the other with respect to marginal bone loss [40]. Nevertheless, several clinical studies have suggested that the Morse taper connection with subcrestal implant could be favorable to prevent bone loss, being most efficient in terms of bacterial sealing and prosthetic stability [33,40].

4.3. Soft Tissue Response to Crestal and Subcrestal Implants

According with the results presented in the study of Verveake et al. (2018) [28], included in this review, in areas with thin soft tissue, we could anticipate bone remodeling if we adapt the position of the implant with a more subcrestal placement in relation to the existing soft tissue.

4.4. Biological Width in Relation to the Vertical Position of the Implant

The biological width is present in natural teeth and is composed of the epithelial junction and connective tissue. Abrahamsson et al., (1996) [41], demonstrated that this space is also formed around dental implants. According to Oh et al. (2002) [42], the bone remodeling of the crest is influenced by a variety of factors including the facilitation of the formation of the biological width around the implant with the objective of creating a barrier against the oral flora. The bone remodeling lasts one year after placing the implant, being more accentuated at the beginning, and it starts either the same day of the placement of the implant, if a pillar is placed immediately and the implant is exposed to the oral environment (one stage), or in a second moment if the pillar is placed later (two stages) [43]. It is for this reason that in our inclusion criteria we decided to accept studies with short follow-up periods, as long as the implants were placed mostly in one stage. The formation of biological width around implants could influence the bone remodeling and this fact might explain why the resorption is more pronounced during the first year, as reported in all the articles included in this review. Of the studies included in this review, Verveake et al. (2018) [28] is the only one that took into account bone remodeling and biological width, obtaining favorable results. In their study, the thickness of the soft tissue was measured before placing the implants and a non-random systematic assignment was applied to determine the position of the subcrestal implant while adapting it to the thickness of the soft tissue, leaving at least 3 mm of space for the establishment of the biological width. If a patient was characterized by having 2 mm of the width of the mucosa, they considered placing the implant 1 mm below the crest in order to anticipate bone remodeling and avoid future exposure of the implant.

As suggested by Kan et al. (2010) [44], the gingival biotype can be considered thin if the measurement is ≤ 1.0 mm and thick if it measures >1.0 mm. Several studies reported an increase in bone loss in implants placed at the crestal level with thin biotypes and have concluded that a minimum amount of keratinized tissue is needed around the implants to reduce tissue recession [45,46] and crestal bone loss [28,42,47–49].

5. Conclusions

The existing literature is not yet conclusive on whether one of these positions of implant placement is superior to the other. In this review we observed that in the vast majority of articles there are no differences and that the loss of bone that always occurs when an implant is placed, is not due strictly to the location of the implant with respect to the bone, as it continues to occur in both vertical positions.

Moreover, appropriate clinical results with a high survival rate and a similar bone loss were obtained both for crestal and subcrestal implants' placement.

Although, with respect to soft tissue, in presence of a thin tissue, a subcrestal placement of the implant should be preferred as it may reduce the probability for the implant to get exposed in the future and thus, avoiding the risk of suffering from peri-implant pathologies. Nevertheless, to fully support this statement, more precisely designed and more homogenous clinical trials with larger samples and longer follow-up periods are needed.

Author Contributions: The conceptualization, acquisition of data for the work, N.P.-G. and J.L.-L.; methodology: design, statistics, N.P.-G., E.V.-O. and J.L.-L.; validation, N.P.-G., E.V.-O. and J.L.-L.; formal analysis, N.P.-G. and J.L.-L.; investigation, N.P.-G. and J.L.-L.; resources, J.L.-L.; data curation, N.P.-G. and J.L.-L.; writing—original draft preparation, N.P.-G.; writing—review and editing, J.L.-L.; visualization, J.L.-L. and E.V.-O.; supervision, J.L.-L. and E.V.-O.; project administration, J.L.-L.; funding acquisition, J.L.-L.

Funding: This research received no external funding.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Pjetursson, B.E.; Brägger, U.; Lang, N.P.; Zwahlen, M. Comparison of survival and complication rates of tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs) and implant-supported FDPs and single crowns (SCs). *Clin. Oral Implants Res.* **2007**, *18* (Suppl. 3), 97–113. [[CrossRef](#)]
2. Buser, D.; Weber, H.P.L.N. Tissue integration of non-submerged implants. *Clin. Oral Implants Res.* **1990**, *1*, 33–40. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
3. Buser, D.; Broggini, N.; Wieland, M.; Schenk, R.K.; Denzer, A.J.; Cochran, D.L.; Hoffmann, B.; Lussi, A.; Steinemann, S.G. Enhanced bone apposition to a chemically modified SLA titanium surface. *J. Dent. Res.* **2004**, *83*, 529–533. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. Ko, C.-L.; Chang, Y.-Y.; Liou, C.-H.; Chen, W.-C. Characterization of the aspects of osteoprogenitor cell interactions with physical tetracalcium phosphate anchorage on titanium implant surfaces. *Mater. Sci. Eng. C Mater. Biol. Appl.* **2015**, *49*, 7–13. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Guéhennec, L.L.; Soueidan, A.; Layrolle, P.; Amouriq, Y. Surface treatments of titanium dental implants for rapid osseointegration. *Dent. Mater.* **2007**, *23*, 844–854. [[CrossRef](#)]
6. Pellicer-Chover, H.; Peñarrocha-Diago, M.; Peñarrocha-Oltra, D.; Gomar-Vercher, S.; Agustín-Panadero, R.; Peñarrocha-Diago, M. Impact of crestal and subcrestal implant placement in peri-implant bone: A prospective comparative study. *Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal.* **2016**, *21*, e103–e110. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
7. Albrektsson, T. The long-term efficacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success. *Int. J. Oral Maxillofac. Implant* **1986**, *1*, 11–25.
8. Mangano, F.; Mangano, C.; Ricci, M.; Sammons, R.L.; Shibli, J.A.; Piattelli, A. Single-tooth Morse taper connection implants placed in fresh extraction sockets of the anterior maxilla: An aesthetic evaluation. *Clin. Oral Implants Res.* **2012**, *23*, 1302–1307. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
9. Donovan, R.; Fetner, A.; Koutouzis, T.; Lundgren, T. Crestal Bone Changes Around Implants With Reduced Abutment Diameter Placed Non-Submerged and at Subcrestal Positions: A 1-Year Radiographic Evaluation. *J. Periodontol.* **2010**, *81*, 428–434. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
10. Pontes, A.E.; Ribeiro, F.S.; da Silva, V.C.; Margonar, R.; Piattelli, A.; Cirelli, J.A.; Marcantonio, E., Jr. Clinical and radiographic changes around dental implants inserted in different levels in relation to the crestal bone, under different restoration protocols, in the dog model. *J. Periodontol.* **2008**, *79*, 486–494. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
11. Novaes, A.B.; Barros, R.R.M.; Muglia, V.A.; Borges, G.J. 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. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

12. De Siqueira, R.A.C.; Fontão, F.N.G.K.; de Sartori IA, M.; Santos, P.G.F.; Bernardes, S.R.; Tiozzi, R. Effect of different implant placement depths on crestal bone levels and soft tissue behavior: A randomized clinical trial. *Clin. Oral Implants Res.* **2017**, *28*, 1227–1233. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
13. Wennerberg, A.; Sennerby, L.; Kultje, C.; Lekholm, U. Some soft tissue characteristics at implant abutments with different surface topography. A study in humans. *J. Clin. Periodontol.* **2003**, *30*, 88–94. [[CrossRef](#)]
14. Todescan, F.F.; Pustiglioni, F.E.; Imbronito, A.V.; 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 Implants* **2002**, *17*, 467–472.
15. Do Nascimento, C.; Miani, P.K.; Pedrazzi, V.; Muller, K.; de Albuquerque Junior, R.F. Bacterial leakage along the implant-abutment interface: Culture and DNA Checkerboard hybridization analyses. *Clin. Oral Implants Res.* **2012**, *23*, 1168–1172. [[CrossRef](#)]
16. Hermann, J.S.; Buser, D.; Schenk, R.K.; Cochran, D.L. 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. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
17. Broggini, N.; McManus, L.M.; Hermann, J.S.; Medina, R.U.; Oates, T.W.; Schenk, R.K.; Buser, D.; Mellonig, J.T.; Cochran, D.L. Persistent acute inflammation at the implant-abutment interface. *J. Dent. Res.* **2003**, *82*, 232–237. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
18. Piattelli, A.; Vrespa, G.; Petrone, G.; Iezzi, G.; Annibaldi, S.; Scarano, A. Role of the Microgap Between Implant and Abutment: A Retrospective Histologic Evaluation in Monkeys. *J. Periodontol.* **2003**, *74*, 346–352. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
19. Urrútia, G.; Bonfill, X. [PRISMA declaration: A proposal to improve the publication of systematic reviews and meta-analyses]. *Med. Clin.* **2010**, *135*, 507–511. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
20. Miller, S.A.; Forrest, J.L. Enhancing your practice through evidence-based decision making: PICO, learning how to ask good questions. *J. Evid. Based Dent. Pract.* **2001**, *1*, 136–141. [[CrossRef](#)]
21. Jadad, A.R.; Moore, R.A.; Carroll, D.; Jenkinson, C.; Reynolds, D.J.; Gavaghan, D.J.; McQuay, H.J. Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: Is blinding necessary? *Control. Clin. Trials* **1996**, *17*, 1–12. [[CrossRef](#)]
22. Romanos, G.E.; Aydin, E.; Gaertner, K.; Nentwig, G.-H. Long-Term Results after Subcrestal or Crestal Placement of Delayed Loaded Implants. *Clin. Implant. Dent. Relat. Res.* **2015**, *17*, 133–141. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
23. Al Amri, M.D.; Alfadda, S.A.; Labban, N.Y.; Alasqah, M.N.; Alshehri, F.A.; Al-Rasheed, A.S. Comparison of Clinical, Radiographic, and Immunologic Inflammatory Parameters around Crestally and Subcrestally Placed Dental Implants: 5-Year Retrospective Results. *J. Prosthodont.* **2017**. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
24. Palaska, I.; Tsaousoglou, P.; Vouros, I.; Konstantinidis, A.; Menexes, G. Influence of placement depth and abutment connection pattern on bone remodeling around 1-stage implants: A prospective randomized controlled clinical trial. *Clin. Oral Implants Res.* **2016**, *27*, e47–e56. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. Nagarajan, B.; Murthy, V.; Livingstone, D.; Surendra, M.P.; Jayaraman, S. Evaluation of Crestal Bone Loss Around Implants Placed at Equicrestal and Subcrestal Levels Before Loading: A Prospective Clinical Study. *J. Clin. Diagn Res.* **2015**, *9*, ZC47–ZC50. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Koutouzis, T.; Neiva, R.; Nair, M.; Nonhoff, J.; Lundgren, T. Cone beam computed tomographic evaluation of implants with platform-switched Morse taper connection with the implant-abutment interface at different levels in relation to the alveolar crest. *Int. J. Oral Maxillofac Implants* **2016**, *29*, 1157–1163. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. Koh, R.U.; Oh, T.J.; Rudek, I.; Neiva, G.F.; Misch, C.E.; Rothman, E.D.; Wang, H.L. Hard and soft tissue changes after crestal and subcrestal immediate implant placement. *J. Periodontol.* **2011**, *82*, 1112–1120. [[CrossRef](#)]
28. Vervaeke, S.; Matthys, C.; Nassar, R.; Christiaens, V.; Cosyn, J.; De Bruyn, H. Adapting the vertical position of implants with a conical connection in relation with soft tissue thickness prevents early implant surface exposure: A 2-year prospective intra-subject comparison. *J. Clin. Periodontol.* **2018**, *45*, 605–612. [[CrossRef](#)]
29. Kütan, E.; Bolukbasi, N.; Yildirim-Ondur, E.; Ozdemir, T. Clinical and Radiographic Evaluation of Marginal Bone Changes around Platform-Switching Implants Placed in Crestal or Subcrestal Positions: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Clin. Implant. Dent. Relat. Res.* **2015**, *17*, e364–e375. [[CrossRef](#)]
30. Ercoli, C.; Jammal, G.; Buyers, M.; Tsigarida, A.A.; Chochlidakis, K.M.; Feng, C.; Caton, J. Influence of Apico-Coronal Implant Placement on Post-Surgical Crestal Bone Loss in Humans. *J. Periodontol.* **2017**, *88*, 762–770. [[CrossRef](#)]

31. Veis, A.; Parissis, N.; Tsirlis, A.; Papadeli, C.; Marinis, G.; Zogakis, A. Evaluation of peri-implant marginal bone loss using modified abutment connections at various crestal level placements. *Int. J. Periodontics Restor. Dent.* **2010**, *30*, 609–617.
32. Al Amri, M.D.; Al-Johany, S.S.; Al Baker, A.M.; Al Rifaiy, M.Q.; Abduljabbar, T.S.; Al-Kheraif, A.A. Soft tissue changes and crestal bone loss around platform-switched implants placed at crestal and subcrestal levels: 36-month results from a prospective split-mouth clinical trial. *Clin. Oral Implants Res.* **2017**, *28*, 1342–1347. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
33. Degidi, M.; Perrotti, V.; Shibli, J.A.; Novaes, A.B.; 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. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
34. Kim, Y.-T.; Lim, G.-H.; Lee, J.-H.; Jeong, S.-N. Marginal bone level changes in association with different vertical implant positions: A 3-year retrospective study. *J. Periodontal. Implant. Sci.* **2017**, *47*, 231–239. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
35. Fickl, S.; Zuhr, O.; Stein, J.M.; Hürzeler, M.B. Peri-implant bone level around implants with platform-switched abutments. *Int. J. Oral Maxillofac Implants.* **2010**, *25*, 577–581. [[PubMed](#)]
36. Gualini, F.; Salina, S.; Rigotti, F.; Mazzarini, C.; Longhin, D.; Grigoletto, M.; Trullenque-Eriksson, A.; Sbricoli, L.; Esposito, M. Subcrestal placement of dental implants with an internal conical connection of 0.5 mm versus 1.5 mm: Outcome of a multicentre randomised controlled trial 1 year after loading. *Eur. J. Oral Implantol.* **2017**, *10*, 73–82. [[PubMed](#)]
37. Lazzara, R.J.; Porter, S.S. Platform switching: A new concept in implant dentistry for controlling postrestorative crestal bone levels. *Int. J. Periodontics Restor. Dent.* **2006**, *26*, 9–17.
38. Canullo, L.; Fedele, G.R.; Iannello, G.; Jepsen, S. Platform switching and marginal bone-level alterations: The results of a randomized-controlled trial. *Clin. Oral Implants Res.* **2010**, *21*, 115–121. [[CrossRef](#)]
39. Guerra, F.; Wagner, W.; Wiltfang, J.; Rocha, S.; Moergel, M.; Behrens, E.; Nicolau, P. Platform switch versus platform match in the posterior mandible—1-year results of a multicentre randomized clinical trial. *J. Clin. Periodontol.* **2014**, *41*, 521–529. [[CrossRef](#)]
40. Palacios-Garzón, N.; Mauri-Obradors, E.; Roselló-LLabrés, X.; Estrugo-Devesa, A.; Jané-Salas, E.; López-López, J. Comparison of Marginal Bone Loss Between Implants with Internal and External Connections: A Systematic Review. *Int. J. Oral Maxillofac Implants.* **2018**, *33*, 580–589. [[CrossRef](#)]
41. Abrahamsson, I.; Berglundh, T.; Wennström, J.; Lindhe, J. The peri-implant hard and soft tissues at different implant systems: A comparative study in the dog. *Clin. Oral Implants Res.* **1996**, *7*, 212–219. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
42. Oh, T.-J.; Yoon, J.; Misch, C.E.; Wang, H.-L. The Causes of Early Implant Bone Loss: Myth or Science? *J. Periodontol.* **2002**, *73*, 322–333. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
43. Hermann, F.; Lerner, H.; Palti, A. Factors influencing the preservation of the peri-implant marginal bone. *Implant. Dent.* **2007**, *16*, 165–175. [[CrossRef](#)]
44. Kan, J.Y.K.; Morimoto, T.; Rungcharassaeng, K.; Roe, P.; Smith, D.H. Gingival biotype assessment in the esthetic zone: Visual versus direct measurement. *Int. J. Periodontics Restor. Dent.* **2010**, *30*, 237–243.
45. Tenenbaum, H.; Schaaf, J.-F.; Cuisinier, F.J. Histological analysis of the Ankylos peri-implant soft tissues in a dog model. *Implant. Dent.* **2003**, *12*, 259–265. [[CrossRef](#)]
46. Zigdun, H.; Machtei, E.E. The dimensions of keratinized mucosa around implants affect clinical and immunological parameters. *Clin. Oral Implants Res.* **2008**, *19*, 387–392. [[CrossRef](#)]
47. Bouri, A.; Bissada, N.; Al-Zahrani, M.S.; Faddoul, F.; Nouneh, I. Width of keratinized gingiva and the health status of the supporting tissues around dental implants. *Int. J. Oral Maxillofac Implants* **2008**, *23*, 323–326.
48. Chow, Y.C.; Wang, H.-L. Factors and techniques influencing peri-implant papillae. *Implant. Dent.* **2010**, *19*, 208–219. [[CrossRef](#)]
49. Schrott, A.R.; Jimenez, M.; Hwang, J.-W.; Fiorellini, J.; Weber, H.-P. Five-year evaluation of the influence of keratinized mucosa on peri-implant soft-tissue health and stability around implants supporting full-arch mandibular fixed prostheses. *Clin. Oral Implants Res.* **2009**, *20*, 1170–1177. [[CrossRef](#)]



© 2019 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

