



Artículo

# Pérdida de hueso marginal alrededor de implantes con conexiones internas hexagonales y cónicas: estudio piloto aleatorizado de 12 meses

Pablo Galindo Moreno<sup>1,2\*</sup> , Ada Concha Jerónimo<sup>3</sup>, Lucía López Chaichio<sup>3</sup>, Roque Rodríguez Álvarez<sup>2,3</sup>, Elena Sánchez Fernández<sup>1,2</sup> y Miguel Padial Molina<sup>1,2,3</sup>

- 1 Departamento de Cirugía Oral e Implantología, Facultad de Odontología, Universidad de Granada, 18071 Granada, España; elenasf@ugr.es (E.S.F.); mipadial@ugr.es (M.P.M.)
  - 2 Grupo de Investigación en Biología Oral y Regeneración (CTS-1028), Junta de Andalucía, 18071 Granada, España; roquejesusra@correo.ugr.es
  - 3 Programa de Doctorado en Medicina Clínica y Salud Pública, Universidad de Granada, 18016 Granada, España; adaconcha@correo.ugr.es (A.C.J.); luciaxa@correo.ugr.es (L.L.C.)
- \* Correspondencia: pgalindo@ugr.es

**Resumen:** El objetivo del presente estudio fue analizar las diferencias en el nivel de hueso marginal (MBL, *marginal bone level*) alrededor de implantes con una conexión interna cónica o hexagonal entre el implante y la prótesis. En un ensayo clínico aleatorizado se incluyeron pacientes que necesitaban una restauración unitaria implantosoportada. La conexión implante-prótesis podía ser interna cónica o interna hexagonal, mientras que el tipo de macroarquitectura y microarquitectura del implante se mantuvo sin cambios. Se registraron las variables clínicas y radiográficas, incluido el MBL, durante 12 meses de seguimiento. Se incluyó un total de 30 pacientes en el estudio. El criterio de valoración principal, el MBL 12 meses después de la colocación de la prótesis, mostró diferencias estadísticas entre ambos grupos.  $-0,25$  (0,12) frente a  $-0,70$  (0,43) (cónica frente a hexagonal;  $p = 0,033$ ). También se observaron diferencias en las visitas de seguimiento a los 3 y a los 6 meses, así como en el cambio del MBL desde la colocación de la prótesis hasta la visita de seguimiento a los 12 meses ( $-0,15$  [0,13] frente a  $-0,56$  [0,44]; cónica frente a hexagonal;  $p = 0,023$ ). Las correlaciones entre el MBL alrededor de los implantes y las mediciones radiográficas en los dientes adyacentes, el contacto entre el hueso bucal y el implante, el grosor del tejido o el tejido queratinizado no fueron significativas en conjunto ni cuando se analizaron de forma independiente entre los grupos. En vista de tales resultados, se puede concluir que las restauraciones unitarias con conexión interna hexagonal con el implante inducen una mayor pérdida de hueso marginal después de 12 meses de seguimiento desde la colocación de la prótesis, en comparación con los implantes con conexión interna cónica.

**Palabras clave:** pérdida de hueso marginal; conexión implante-prótesis; periimplantitis; implantes dentales



comprobar actualizaciones

**Cita:** Galindo-Moreno, P.; Concha-Jeronimo, A.; Lopez- Chaichio, L.; Rodriguez-Alvarez, R.; Sanchez-Fernandez, E.; Padial- Molina, M. Marginal Bone Loss around Implants with Internal Hexagonal and Internal Conical Connections: A 12-Month Randomized Pilot Study. *J. Clin. Med.* **2021**, *10*, 5427. <https://doi.org/10.3390/jcm10225427>

Editor académico: Gianrico Spagnuolo

Recepción: 21 de octubre de 2021

Aceptación: 18 de noviembre de 2021

Publicación: 20 de noviembre de 2021

**Nota del editor:** MDPI se mantiene neutral respecto a las declaraciones jurisdiccionales de los mapas publicados y a las filiaciones institucionales.



**Copyright:** © 2021 por los autores. Titular de la licencia: MDPI, Basilea, Suiza. Este artículo de acceso libre se distribuye de conformidad con los términos y condiciones de la licencia Creative Commons (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Introducción

En el campo de la implantología, el éxito clínico a largo plazo está condicionado por varios factores. La delimitación entre salud y enfermedad en los tratamientos con prótesis implantosoportadas está definida por la progresión de la pérdida de hueso marginal (MBL, *marginal bone loss*) que rodea el cuello del implante [1]. En este contexto, la transición biológica entre tejidos blandos y duros y el margen de restauración entre los elementos del implante y de la prótesis son cruciales para conservar el hueso. Se sabe que el tipo de conexión entre el implante y la corona es uno de los factores clave en la respuesta a los componentes biológicos.

En una reunión internacional de expertos celebrada en Roma en 2013 y patrocinada por la Camlog Foundation se afirmó que se observa remodelado del hueso crestal tanto con las conexiones externas como con las internas, independientemente de si son cónicas o de junta planta [2]. Sin embargo, aunque se puede observar MBL alrededor de cualquier tipo de conexión implante-prótesis, existen importantes diferencias entre ellas.

Esto se debe a que la conexión implante-prótesis se puede analizar desde diferentes puntos de vista: 1) posición vertical con respecto a los tejidos circundantes, diferenciando entre implantes a nivel de tejido e implantes a nivel de hueso; 2) distancia horizontal entre la prótesis y la dimensión externa del implante a nivel de la conexión, que define las conexiones de plataforma reducida o de junta plana, y 3) ajuste del pilar en relación con el implante, que se clasifica en conexiones externas (plana o hexagonal) o internas (Morse, cónica, hexagonal, octogonal, trilobular, etc.). Estas distintas características dan lugar a importantes diferencias en el efecto de la distribución de las cargas de la prótesis al implante y, en consecuencia, del implante al hueso circundante [3]. Además, los micromovimientos de la prótesis a la altura de la conexión con el implante también podrían favorecer la contaminación microbiana y la inflamación, lo que afectaría al hueso circundante [4].

Las escasas revisiones sistemáticas o estudios clínicos no han hallado diferencias significativas entre los implantes con conexión interna cónica y los implantes con conexión externa hexagonal en términos de MBL o de tasas de supervivencia [5,6]. Otros metaanálisis respaldan lo contrario: los implantes con conexión interna se asocian a una menor MBL que los implantes con conexión externa [7,8]. Esto se ha confirmado en estudios clínicos [9,10], incluso con independencia del tipo y naturaleza del hueso [11,12]. Estos estudios no consideran otros aspectos importantes, aparte de la conexión de la prótesis, que pueden influir en la MBL, como las características de la superficie del implante, la microarquitectura y macroarquitectura del implante, el diseño de la rosca, etc. Por tanto, los resultados de estos estudios comparativos podrían estar distorsionados [13]. A su vez, Peñarocha-Diago *et al.* demostraron que en implantes con características similares de macroarquitectura y superficie, pero con un diseño del cuello y una conexión con la prótesis diferentes, los implantes con conexión externa mostraron una mayor MBL que los implantes con conexión interna, independientemente de la localización del implante [14]. Por tanto, y en resumen, los implantes con conexión interna se recomiendan ampliamente en comparación con los implantes con conexión externa.

También hay diferentes conexiones internas disponibles. En este sentido, Schmitt *et al.* indicaron que una conexión cónica entre el implante y la prótesis parece producir menos MBL *in vivo* en comparación con los sistemas de conexión no cónicos [13]. Asimismo, Laurell y Lundgren observaron diferencias estadísticamente significativas en la MBL 5 años después de la operación, siendo menor en los implantes con conexiones internas cónicas [15]. Recientemente, otros autores han descrito hallazgos comparables [16]. Sin embargo, solo hemos hallado dos estudios que evaluaran específicamente las diferencias entre las conexiones implante-prótesis internas cónicas e internas hexagonales [17,18]. En uno de ellos se incluían implantes de varios fabricantes [18] y en el otro [17] no se observaron diferencias estadísticamente significativas. Por tanto, está claro que hace falta más información al respecto.

Por tanto, el objetivo del presente estudio es analizar las diferencias en la MBL alrededor de implantes con unas características similares de macroarquitectura y superficie, pero con distintas conexiones implante-prótesis (interna cónica o interna hexagonal), utilizados para la restauración de coronas unitarias en la parte posterior de la mandíbula. La hipótesis planteada es que los implantes con conexión interna cónica se asocian a una menor pérdida de hueso marginal que aquellos con conexión interna hexagonal.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Diseño del estudio

Este ensayo clínico aleatorizado se diseñó conforme a las directrices de notificación de la declaración CONSORT. Se planificó como un estudio unicéntrico con asignación al grupo de control (implantes con conexión interna hexagonal) o al grupo experimental (implantes con conexión interna cónica). Se planificó un tamaño de la muestra de 30 pacientes al principio del estudio.

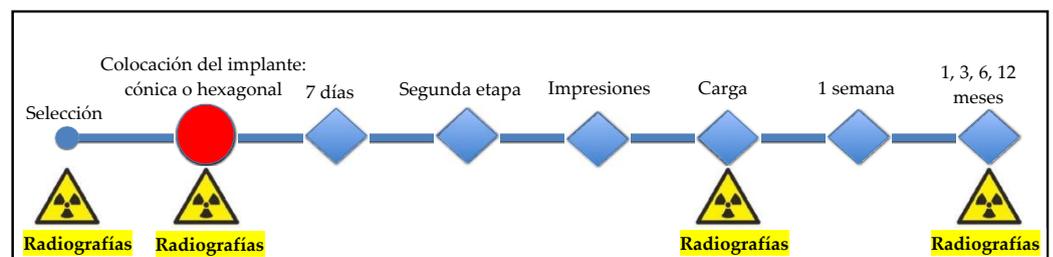
Como el estudio se llevó a cabo en la Clínica de Cirugía Oral e Implantología de la Facultad de Odontología de la Universidad de Granada, el protocolo fue valorado por el comité de ética de la investigación en seres humanos (de la Universidad de Granada). Fue aprobado y registrado con el número 213/CEIH/2016. Además, el protocolo del estudio se registró en [clinicaltrials.gov](https://clinicaltrials.gov) (NCT02975674). El protocolo se elaboró de conformidad con la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, las normas de investigación clínica de productos sanitarios en sujetos humanos (ISO 14155:2011) y la Directiva relativa a la aplicación de buenas prácticas clínicas (2001/20/CE). Antes de iniciar ningún procedimiento del estudio, se informó a cada paciente sobre el estudio y se le pidió que firmara un documento de consentimiento informado.

## 2.2. Participantes

En este estudio se establecieron los criterios de inclusión generales para los implantes unitarios convencionales. En concreto, los pacientes debían tener 18 años o más, estar sanos y presentar ausencia de una sola pieza molar o premolar en presencia de unos dientes adyacentes y antagonista sanos. Solo se incluyeron los lechos totalmente cicatrizados (más de 4 meses desde la extracción dental, tipo 4 según el 15.º Taller Europeo de Periodontología y Regeneración Ósea) [19]. Los criterios de exclusión fueron la necesidad de aumento de hueso o tejidos blandos, la presencia de trastornos que pudieran modificar la cicatrización o el metabolismo óseo, los fumadores de más de 10 cigarrillos/día y las embarazadas. En caso de detectarse otra afección dental aparte de la pieza ausente que debía reponerse, la inclusión en el estudio se aplazó hasta que se hubiera tratado dicha afección.

## 2.3. Intervenciones

Todos los implantes fueron colocados por el mismo cirujano (P.G.M.) ayudado por el mismo estudiante de doctorado (A.C.J.). Las variables del estudio fueron registradas por los mismos evaluadores (L.L.C. y R.J.A.R.). Para colocar los implantes se siguió una técnica convencional tras levantar un colgajo mucoperióstico supracrestal de espesor completo. El hueso del lecho del implante se fresó de acuerdo con el protocolo y la secuencia de fresado recomendada por la empresa (Oxtein Iberia S.L., Zaragoza, España), que es la misma para ambos tipos de implante: fresado de alta velocidad (1200 rpm), irrigación profusa con solución salina y torque de 55 Ncm. Una vez fresado el lecho del implante, se determinó la asignación a cada grupo del estudio, de manera que se insertó un implante con conexión interna hexagonal (control; implante N35, Oxtein Iberia S.L.) o con conexión interna cónica (experimental; implante M12, Oxtein Iberia S.L.), siempre con un torque inferior a 80 Ncm. El hombro del implante se colocó siempre al nivel del hueso bucal. El colgajo se suturó cuidadosamente con seda quirúrgica de 4/0 (Laboratorios Aragón, Barcelona, España). Ocho semanas más tarde se procedió a la segunda fase de la cirugía para colocar un pilar de cicatrización. Se obtuvieron impresiones dentales 2 semanas más tarde y se moldearon coronas cerámicas atornilladas sobre pilares metálicos pretorneados. Después de aproximadamente dos semanas, cada corona se colocó sobre el implante. La fase protésica fue llevada a cabo por los mismos cirujanos (A.C.J., E.S.F. y M.P.M.). Al colocar el implante, al entregar la prótesis y 1, 3, 6 y 12 meses después de la carga del implante se obtuvieron radiografías periapicales de la zona. En la Figura 1 se muestra un diagrama que representa la secuencia de visitas y procedimientos del estudio.

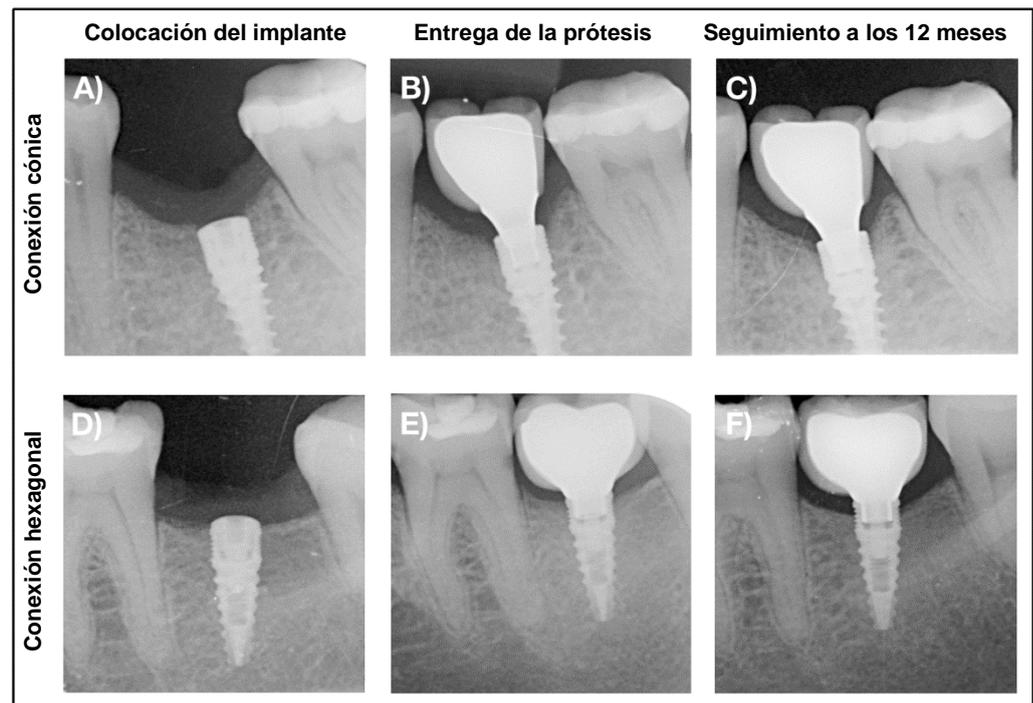


**Figura 1.** Diagrama en el que se representan las visitas del estudio.

## 2.4. Resultados

El criterio de valoración principal de este estudio fue el cambio en el nivel de hueso marginal (MBL) entre la entrega de la prótesis y el seguimiento a los 12 meses (Figura 2). Se obtuvieron otras determinaciones del BML en las distintas visitas de seguimiento, tanto en los implantes como en la restauración protésica y en los dientes adyacentes. En todas las mediciones del BML de los implantes se tomó el hombro del implante como referencia; en el caso de los dientes se utilizó la unión entre cemento y esmalte como punto de referencia. Las mediciones lineales fueron realizadas por un odontólogo con experiencia especializado en implantología dental (M.P.M.) utilizando el software Image J (National Institutes of Health, Bethesda, MD, EE. UU.). Cada imagen se calibró a nivel interno, teniendo en cuenta las dimensiones conocidas del implante.

Se obtuvieron radiografías de la zona del implante mediante una técnica paralela con un posicionador radiográfico y se transfirieron a un ordenador para realizar las mediciones.



**Figura 2.** Radiografías representativas de los implantes en el momento de la colocación del implante (A, D), en el momento de la entrega de la prótesis (B, E) y a los 12 meses de seguimiento (C, F) en los grupos con conexiones cónica (A-C) y hexagonal (D-F).

También se registraron varias determinaciones clínicas en el momento de la colocación del implante: altura oclusal, anchura bucolingual (antes y después de levantar el colgajo), distancia mesiodistal, anchura de la mucosa queratinizada, espesor vertical de las partes blandas y espesor de la placa bucal tras la colocación del implante. La última determinación también se registró durante la toma de impresiones dentales y en el momento de la entrega de la prótesis. La anchura de la mucosa queratinizada, así como el índice papilar (0 = ausencia de papila; 1 = llenado de  $\leq 50\%$  del área interproximal; 2 = llenado  $\geq 50\%$ ; 3 = papila ideal; 4 = hiperplasia) [20], también se registraron en cada visita de seguimiento.

### 2.5. Tamaño de la muestra y potencia estadística

El estudio se diseñó originalmente como un estudio piloto. Por tanto, la potencia alcanzada con este estudio se evaluó mediante un análisis *a posteriori* teniendo en cuenta las medias y las desviaciones estándar de la variable principal del estudio en aquellos pacientes evaluados en la visita de seguimiento a los 12 meses. Se utilizó el programa G\*Power 3.1.9.3 para Mac OS.

### 2.6. Aleatorización

Un miembro del personal de la clínica que no participaba en el ensayo clínico utilizó el software Qminim para asignar a cada individuo de forma aleatoria a uno de los grupos, manteniendo un equilibrio en cuanto al sexo, la localización y el tipo de hueso entre los grupos.

### 2.7. Enmascaramiento

Debido a las características macroscópicas de la conexión implante-prótesis, solo se pudo mantener el enmascaramiento de la asignación a un grupo para el paciente y los evaluadores clínicos (L.L.C. y R.J.A.R.). El cirujano (P.G.M.), el odontólogo restaurador (A.C.J.) y el analista de los datos (M.P.M.) no estaban enmascarados.

### 2.8. Análisis estadístico

Para los datos categóricos se calcularon los porcentajes y se analizaron con la prueba de la ji al cuadrado. Para las variables continuas se calcularon las medias y las desviaciones estándar. Debido al tamaño de la muestra y a la distribución de los datos, las diferencias en los criterios de valoración continuos entre los grupos se analizaron mediante la prueba no paramétrica de la U de Mann-Whitney para muestras independientes. Para explorar la posible correlación de cualquier otra variable en los criterios de valoración principales, también se determinó el coeficiente de correlación (rho) de Spearman. Se utilizó el programa Prism 7 para Mac OS X (versión 7.0a) (Graphpad Software Inc., San Diego, CA, EE. UU.) para generar los gráficos de representación de los datos. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa IBM SPSS Statistics 26 (versión 26.0.0.2) (IBM Corporation, Armond, NY, EE. UU.). Se estableció un valor de  $p < 0,05$  como límite de significación estadística para todos los casos.

### 3. Resultados

Se seleccionó un total de 63 pacientes para participar en el estudio entre marzo de 2017 y julio de 2019. Se incluyó un total de 30 pacientes en el estudio y se asignaron aleatoriamente a los grupos experimental y de control (n = 15 pacientes por grupo). Debido principalmente a la pandemia por COVID-19, no todos los pacientes completaron los 12 meses de seguimiento o las visitas intermedias. Esta información se resume en la Figura 3. Con los datos obtenidos a partir de los pacientes incluidos en la evaluación final, y con un error  $\alpha$  establecido en 0,05, el valor 1 – error  $\beta$  (es decir, la potencia) fue de 0,918.

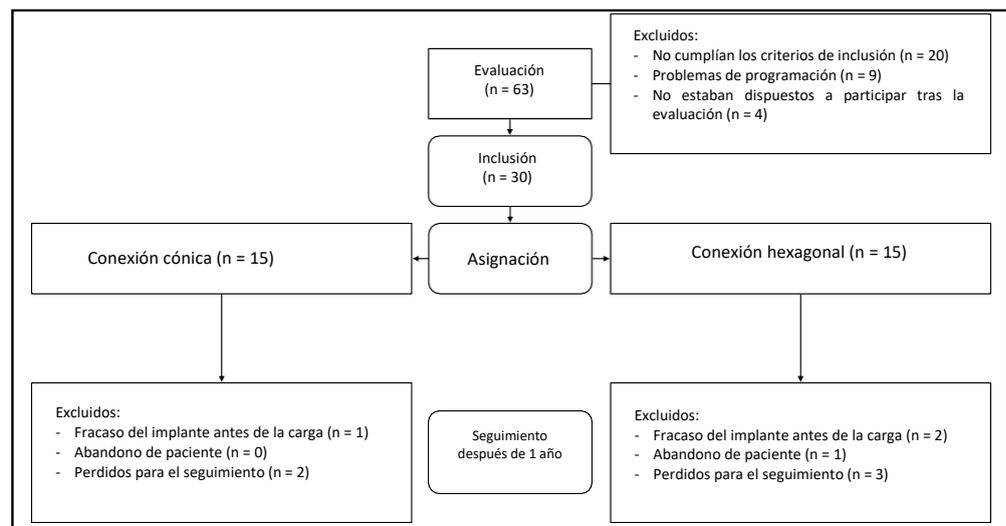


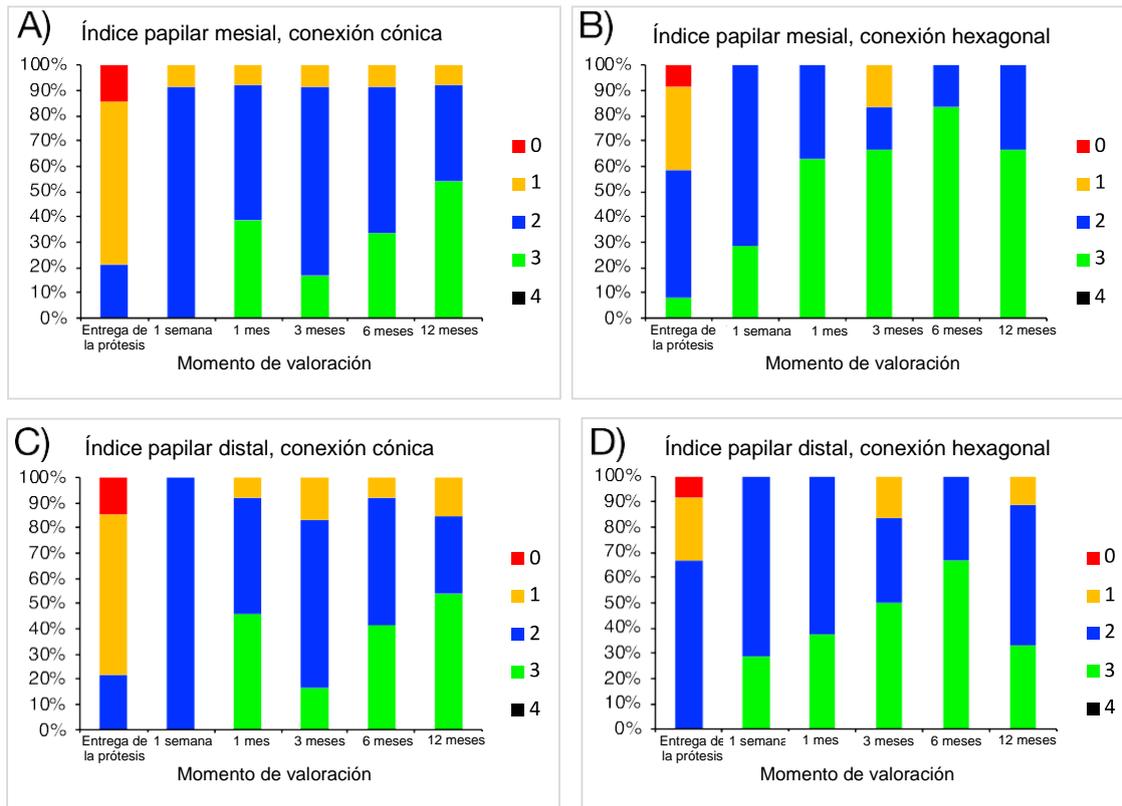
Figura 3. Diagrama conforme a las directrices CONSORT.

En la Tabla 1 se resumen los datos demográficos y clínicos. La media de edad de los pacientes incluidos fue de 43 (22, 60) y 46 (21, 71) años ( $p = 0,589$ , prueba de la U de Mann-Whitney para muestras independientes) en los grupos de conexión cónica y hexagonal, respectivamente. En los grupos de conexión cónica y hexagonal había ocho y nueve pacientes de sexo femenino, respectivamente ( $p = 0,713$ , prueba de la ji al cuadrado). Aproximadamente el 80 % de los pacientes de cada grupo no eran fumadores y el 93,3 % no consumían alcohol. Ningún paciente notificó padecer enfermedades sistémicas. Excepto en un caso de fractura vertical, el motivo de la extracción de la pieza dental en todos los demás casos eran caries extensas. Ninguno de los parámetros clínicos evaluados en relación con el implante o la zona circundante mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, a excepción de la altura oclusal (8,60 [1,35] frente a 7,07 (1,87) en los grupos de conexión cónica frente a hexagonal, respectivamente;  $p = 0,023$ , prueba de la U de Mann-Whitney para muestras independientes) (Tabla 1). En todos los casos se lograron unos resultados estéticos aceptables, sin diferencias estadísticamente significativas, representados por el índice papilar (Tabla 1 y Figura 4).

**Tabla 1.** Descripción y comparación de las variables demográficas y clínicas.

	Grupo experimental (conexión cónica) n = 15 (50,0 %)					Grupo de control (conexión hexagonal) n = 15 (50,0 %)				Valor de p*
<b>Edad, media (mín., máx.) (años)</b>	45 (21,71)									
	43 (22,60)					46 (21,71)				0,589
<b>Sexo, n (% en el grupo)</b>										
Femenino	8 (53,3)					9 (60,0)				0,713
Masculino	7 (46,7)					6 (40,0)				
<b>Tabaquismo, n (%)</b>										
No	13 (86,7)					12 (80,0)				0,624
Bajo (<5 cigarrillos/día)	2 (13,3)					3 (20,0)				
<b>Consumo de alcohol, n (%)</b>										
No	14 (93,3)					14 (93,3)				1,000
Bajo (<10 g/día)	1 (6,7)					1 (6,7)				
<b>Distancia mesiodistal, media (DE) (mm)</b>	10,00 (3,30)					10,07 (1,49)				0,832
<b>Altura oclusal, media (DE) (mm)</b>	8,60 (1,35)					7,07 (1,87)				0,023
<b>Anchura bucolingual, media (DE) (mm)</b>										
Antes de levantar el colgajo	7,47 (1,41)					8,00 (2,45)				0,933
Después de levantar el colgajo	7,13 (1,51)					7,53 (1,92)				0,898
<b>Diámetro del implante, n (%)</b>										
3,5 mm	4 (26,7)					3 (20,0)				0,666
4,0 mm	11 (73,3)					12 (80,0)				
<b>Longitud del implante, n (%)</b>										
10,0 mm	6 (40,0)					8 (53,3)				0,464
11,5 mm	9 (60,0)					7 (46,7)				
<b>Hueso bucal hasta el implante, media (DE) (mm)</b>	1,57 (0,86)					1,53 (0,83)				1,000
<b>Grosor del tejido, media (DE) (mm)</b>										
Colocación del implante	1,93 (0,59)					2,70 (1,31)				0,077
Toma de impresiones	2,50 (0,76)					2,62 (1,04)				0,758
Entrega de la prótesis	2,43 (0,76)					2,92 (1,24)				0,338
<b>Anchura del tejido queratinizado, media (DE) (mm)</b>										
Colocación del implante	3,27 (1,16)					2,93 (1,34)				0,541
Entrega de la prótesis	2,71 (0,83)					2,42 (1,00)				0,442
1 semana	2,67 (0,65)					2,14 (0,38)				0,073
1 mes	2,54 (0,66)					2,13 (0,35)				0,125
3 meses	2,42 (0,79)					2,33 (0,82)				1,000
6 meses	2,42 (0,51)					2,17 (0,75)				0,522
12 meses	2,23 (0,73)					2,44 (0,73)				0,488
<b>Índice papilar (% en una visita) (mesial) **</b>	0	1	2	3	0	1	2	3		
Entrega de la prótesis	14,3	64,3	21,4	0,0	8,3	33,3	50,0	8,3	0,248	
1 semana	0,0	8,3	91,7	0,0	0,0	0,0	71,4	28,6	0,121	
1 mes	0,0	7,7	53,8	38,5	0,0	0,0	37,5	62,5	0,474	
3 meses	0,0	8,3	75,0	16,7	0,0	16,7	16,7	66,7	0,058	
6 meses	0,0	8,3	58,3	33,3	0,0	0,0	83,3	83,3	0,131	
12 meses	0,0	7,7	38,5	53,8	0,0	0,0	33,3	66,7	0,645	
<b>Índice papilar (% en una visita) (distal) **</b>	0	1	2	3	0	1	2	3		
Entrega de la prótesis	14,3	64,3	21,4	0,0	8,3	25,0	66,7	0,0	0,064	
1 semana	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	71,4	28,6	0,050	
1 mes	0,0	7,6	46,2	46,2	0,0	0,0	62,5	37,5	0,621	
3 meses	0,0	16,7	66,7	16,7	0,0	16,7	33,3	50,0	0,301	
6 meses	0,0	8,3	50,0	41,7	0,0	0,0	33,3	66,7	0,535	

Nota \* Valor de p: prueba de la U de Mann-Whitney para muestras independientes para las variables continuas y prueba de la ji al cuadrado para las variables categóricas; \*\* El índice papilar no fue mayor de 3 en ningún caso.



**Figura 4.** Porcentajes de cada índice papilar en los distintos momentos de valoración a nivel mesial (A, B) y distal (C, D) de los implantes con conexión cónica (A, C) y hexagonal (B, D); 0 = ausencia de papila; 1 = llenado de ≤50 % del área interproximal; 2 = llenado ≥50 %; 3 = papila ideal; 4 = hiperplasia.

En la segunda etapa hubo un total de dos implantes en el grupo de la conexión hexagonal y uno en el grupo de la conexión cónica que no presentaban osteointegración. Todos los demás implantes pasaron a la fase de restauración conforme con el protocolo propuesto. Durante el año de seguimiento, un caso experimentó mellado del material cerámico, que se restauró, un caso presentó supuración a los 8 meses debido a la impactación de alimentos, que se resolvió desatornillando la corona y limpiando la zona, y dos casos más experimentaron la pérdida de la corona (uno de ellos un mes después de la carga y el otro a los 3 meses). Todas estas complicaciones se produjeron en el grupo de la conexión hexagonal.

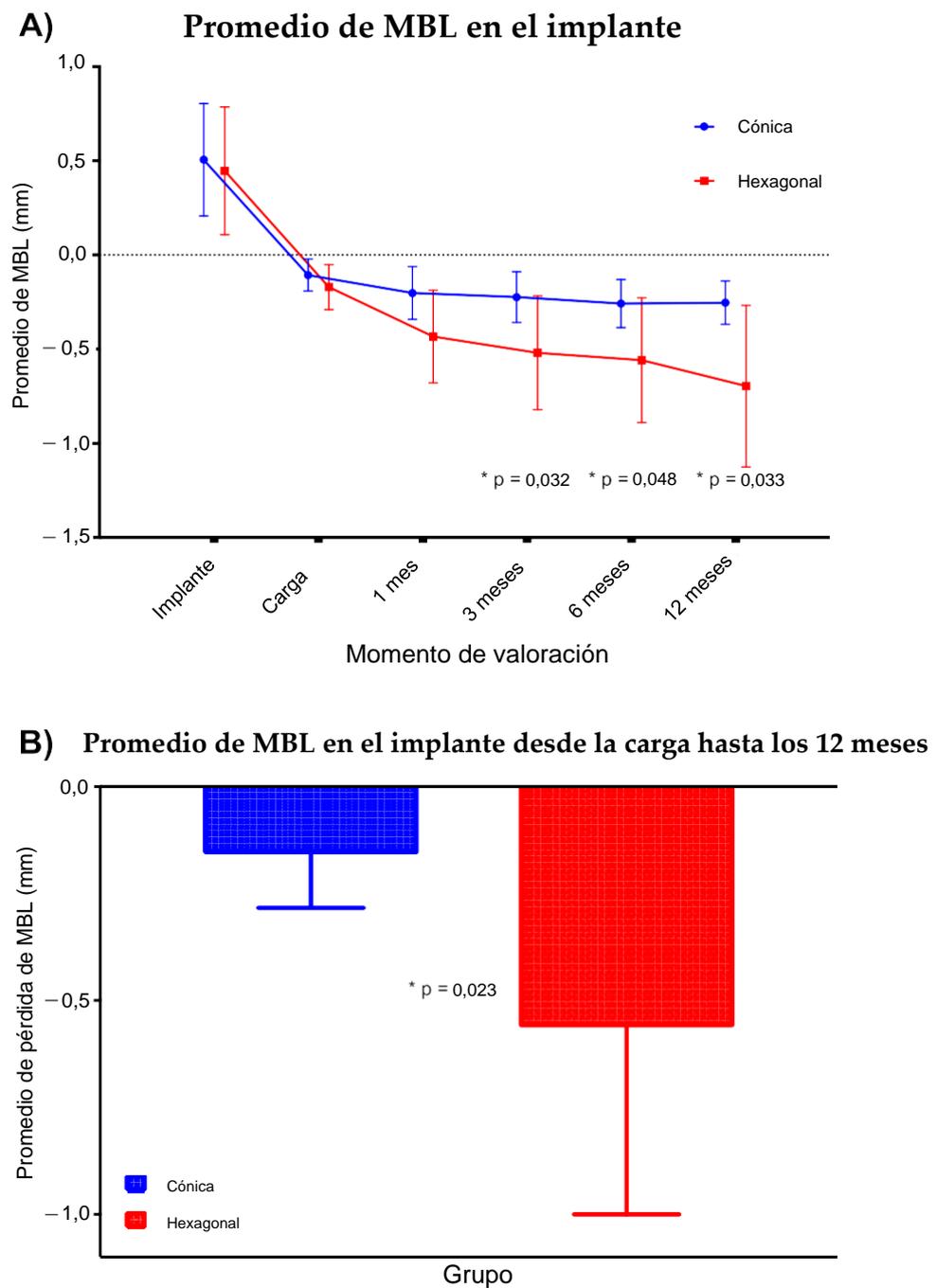
En cuanto a los datos radiográficos (Tabla 2), aunque no se observaron diferencias entre los grupos en la MBL en el momento de la entrega de la prótesis (0,11 [0,08] frente a 0,17 [0,12]; cónica frente a hexagonal;  $p = 0,176$ , prueba de la U de Mann-Whitney para muestras independientes), se observaron diferencias significativas en las visitas de seguimiento a los 3 meses (-0,22 [0,13] frente a -0,52 [0,30]; cónica frente a hexagonal), a los 6 meses (-0,26 [0,13] frente a 0,56 [0,33]; cónica frente a hexagonal) y a los 12 meses (-0,25 [0,12] frente a -0,70 [0,43]; cónica frente a hexagonal) ( $p = 0,032$ ,  $p = 0,048$  y  $p = 0,033$ , respectivamente, prueba de la U de Mann-Whitney para muestras independientes) (Figura 5A). Además, el cambio medio de la MBL entre la entrega de la prótesis y el seguimiento a los 12 meses también fue significativamente diferente entre los grupos (-0,15 [0,13] frente a -0,56 [0,44]; cónica frente a hexagonal;  $p = 0,023$ , prueba de la U de Mann-Whitney para muestras independientes) (Figura 5B).

**Tabla 2.** Descripción y comparación de las variables radiográficas (en mm excepto para la relación entre corona e implante).

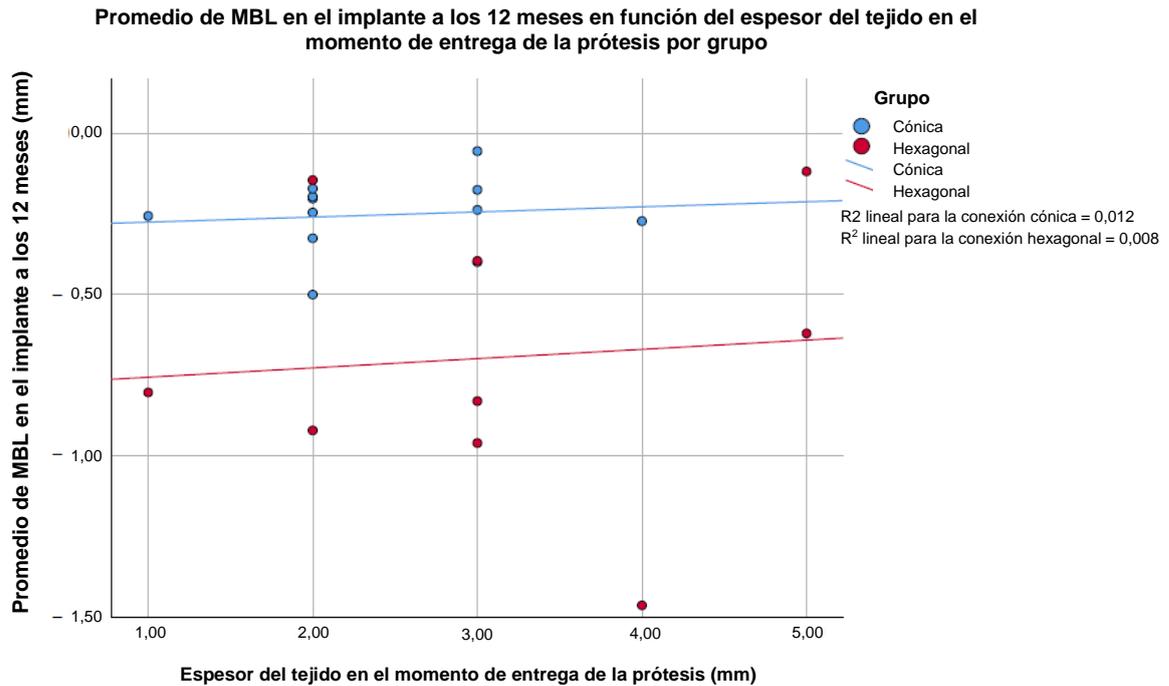
	Grupo experimental (conexión cónica)		Grupo de control (conexión hexagonal)		Valor de <i>p</i> *
	Media (DE)	Mediana	Media (DE)	Mediana	
<b>Distancia del implante al diente anterior</b>	4,94 (1,55)	5,47	4,22 (1,09)	4,29	0,118
<b>Distancia del implante al diente posterior</b>	4,22 (1,51)	3,99	3,98 (1,03)	4,11	0,683
<b>Longitud de la corona</b>	10,84 (1,28)	10,68	10,18 (2,39)	9,53	0,085
<b>Relación corona:implante</b>	1,00 (0,11)	1,04	0,93 (0,19)	0,92	0,131
<b>MBL en el implante (mesial)</b>					
Colocación del implante	0,47 (0,30)	0,45	0,45 (0,32)	0,34	0,806
Entrega de la prótesis	-0,10 (0,09)	-0,11	-0,21 (0,16)	-0,17	0,037
1 mes	-0,20 (0,15)	-0,14	-0,38 (0,21)	-0,39	0,141
3 meses	-0,21 (0,13)	-0,19	-0,48 (0,31)	-0,41	0,067
6 meses	-0,24 (0,13)	-0,25	-0,52 (0,31)	-0,49	0,078
12 meses	-0,23 (0,15)	-0,24	-0,60 (0,41)	-0,75	0,058
<b>MBL en el implante (distal)</b>					
Colocación del implante	0,54 (0,40)	0,43	0,44 (0,41)	0,41	0,389
Entrega de la prótesis	-0,11 (0,10)	-0,10	-0,13 (0,09)	-0,13	0,520
1 mes	-0,21 (0,16)	-0,23	-0,49 (0,31)	-0,39	0,099
3 meses	-0,24 (0,15)	-0,23	-0,56 (0,36)	-0,60	0,103
6 meses	-0,28 (0,14)	-0,25	-0,60 (0,43)	-0,62	0,256
12 meses	-0,28 (0,15)	-0,29	-0,79 (0,48)	-0,85	0,018
<b>Promedio de MBL en el implante</b>					
Colocación del implante	0,51 (0,30)	0,46	0,45 (0,34)	0,40	0,461
Entrega de la prótesis	-0,11 (0,08)	-0,12	-0,17 (0,12)	-0,17	0,176
1 mes	-0,20 (0,14)	-0,18	-0,43 (0,25)	-0,36	0,129
3 meses	-0,22 (0,13)	-0,20	-0,52 (0,30)	-0,53	0,032
6 meses	-0,26 (0,13)	-0,25	-0,56 (0,33)	-0,51	0,048
12 meses	-0,25 (0,12)	-0,24	-0,70 (0,43)	-0,80	0,033
<b>Cambio en la MBL entre la colocación del implante y la entrega de la prótesis</b>					
Mesial	-0,55 (0,34)	-0,56	-0,73 (0,40)	-0,56	0,274
Distal	-0,58 (0,28)	-0,48	-0,65 (0,48)	-0,58	0,980
Promedio	-0,56 (0,26)	-0,51	-0,69 (0,42)	-0,62	0,520
<b>Cambio en la MBL entre la entrega de la prótesis y el seguimiento a los 12 meses</b>					
Mesial	-0,13 (0,17)	-0,14	-0,43 (0,41)	-0,53	0,069
Distal	-0,17 (0,17)	-0,14	-0,68 (0,51)	-0,72	0,018
Promedio	-0,15 (0,13)	-0,13	-0,56 (0,44)	-0,64	0,023

Nota: \* Valor de *p*: prueba de la U de Mann-Whitney para muestras independientes.

Además de la ausencia de diferencias entre los grupos en cualquier otra medición radiográfica, las correlaciones entre las mediciones radiográfica en los dientes adyacentes, el hueso bucal hasta el implante, el espesor del tejido o el tejido queratinizado y las mediciones radiográficas no fueron coherentes en los diferentes momentos de valoración. En particular, no se observó ninguna correlación estadísticamente significativa entre el espesor del tejido en el momento de la entrega de la prótesis y el promedio de MBL en cualquiera de los momentos de valoración, ni a nivel global ni en cada grupo (Figura 6).



**Figura 5.** (A) Representación del promedio de MBL en el implante con el tiempo. (B) Variación en el promedio de MBL en el implante desde la entrega de la prótesis hasta el seguimiento a los 12 meses. \* Prueba de la U de Mann-Whitney para muestras independientes. Las barras de error representan la DE.



**Figura 6.** Diagrama de dispersión del MBL en el implante a los 12 meses en función del espesor del tejido en el momento de entrega de la prótesis. Obsérvese que el coeficiente de correlación de Spearman fue  $\rho = 0,0088$  ( $p = 0,787$ ) para el grupo de la conexión cónica y  $\rho = 0,120$  ( $p = 0,759$ ) para el grupo de la conexión hexagonal.

#### 4. Discusión

En el estudio se analizaron las diferencias en el nivel de hueso marginal (MBL) alrededor de implantes con unas propiedades similares en cuanto a macroarquitectura y superficie. Se establecieron dos grupos en función del tipo de conexión implante-prótesis: interna cónica o interna hexagonal. En todos los casos se colocaron implantes unitarios y se restauraron con coronas unitarias. Se aprecian diferencias estadísticas entre ambos tipos de conexiones en el MBL final medido 12 meses después de la carga protésica. Sin embargo, otras variables analizadas, a saber: 1) anchura del tejido queratinizado; 2) espesor de las partes blandas; 3) distancia desde la placa bucal hasta el hombro del implante; 4) disponibilidad de hueso bucolingual, y 5) longitud o diámetro del implante, no mostraron ninguna influencia en el MBL final. Nuestros hallazgos contradicen los de varios estudios publicados anteriormente en la literatura científica [21–24]. No obstante, hay que mencionar que nuestros implantes superaban los límites establecidos por esos estudios para algunas variables importantes: 1) más de 2 mm de tejido queratinizado; 2) más de 2 mm de espesor del tejido, y 3) más de 1 mm de hueso bucal hasta el implante (Tabla 1 y Figura 6). En cualquier caso, la influencia de estos parámetros se ha cuestionado en estudios más recientes, sobre todo en relación al espesor del tejido [25–27].

Se han realizado pocos estudios *in vivo* en humanos que comparen el impacto de ambos tipos de conexión en el MBL. Un metaanálisis reciente sugirió que una conexión cónica se asocia a un MBL significativamente inferior en comparación con una conexión no cónica [16]. Sin embargo, a excepción del estudio de Cannata *et al.* [17], los seis estudios restantes incluidos en el metaanálisis de Yu compararon diferentes tipologías de implantes, con superficies y macroestructuras distintas: implante Astra Osseospeed frente a implante Certain Prevail [28,29]; Ankylos frente a Certain Prevail [30,31]; Nobel Active frente a Nobel Replace [32,33]. Por tanto, las conclusiones de estos estudios deben compararse con precaución con los resultados del presente estudio.

Hay muy pocos estudios clínicos que hagan la misma comparación que se hace en este (conexión interna cónica frente a interna hexagonal). De hecho, solo hemos identificado dos estudios. Szyszkowski y Kozakiewicz comunicaron un promedio de pérdida de hueso marginal significativamente menor con los implantes con conexión cónica en comparación con los implantes con conexión hexagonal en todas las visitas de seguimiento:  $0,68 \pm 0,59$  mm frente a  $0,99 \pm 0,89$  mm (12 meses),  $0,78 \pm 0,80$  mm frente a  $1,12 \pm 1,00$  mm (24 meses),  $0,83 \pm 0,87$  mm frente a  $1,22 \pm 1,03$  mm (36 meses) y  $0,96 \pm 1,02$  mm frente a  $1,30 \pm 1,15$  mm (60 meses) [18].

No obstante, se trataba de un estudio retrospectivo realizado con implantes de distintos fabricantes, por lo que sus características microscópicas y macroscópicas variaban. Además, había una importante discrepancia en el número de implantes incluidos en cada grupo: 480 implantes con conexión interna hexagonal y 60 implantes con conexión interna cónica. Asimismo, a diferencia de nuestro estudio, en el que todos los implantes se localizaban en la parte posterior del maxilar inferior, sus implantes se colocaron en diferentes localizaciones del maxilar superior e inferior. El otro estudio identificado en el que se comparan conexiones internas cónicas frente a hexagonales es el único estudio prospectivo, aleatorizado, controlado y multicéntrico disponible en la literatura que utiliza implantes con un diseño microscópico y macroscópico similar y del mismo fabricante. Los autores no pudieron hallar diferencias estadísticamente significativas entre los implantes con conexión cónica y hexagonal después de un año de seguimiento:  $0,60 \pm 0,62$  mm frente a  $0,56 \pm 0,53$  mm, respectivamente [17]. Nuestros resultados mostraron un mayor grado de preservación ósea alrededor de los implantes con conexión cónica entre el momento de entrega de la prótesis y la visita de seguimiento realizada al año: de  $-0,11 \pm 0,08$  mm a  $-0,25 \pm 0,12$  mm en el grupo de conexión cónica y de  $-0,17 \pm 0,12$  mm a  $-0,70 \pm 0,43$  mm en el grupo de conexión hexagonal. De hecho, los implantes con conexión interna cónica mostraron una tendencia de estabilidad ósea entre el establecimiento de la anchura biológica y las visitas de seguimiento posteriores. Recientemente se han comunicado unos hallazgos similares, tanto en magnitud como en patrón [34]. En cambio, los implantes con conexión interna hexagonal mostraron una disminución lenta pero constante del nivel óseo con el tiempo (Tabla 2 y Figura 5A).

Este estudio corrobora los hallazgos previos que relacionan el MBL con el establecimiento de la anchura biológica en una progresión no lineal [1]. Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos solo 3 meses después de la entrega de la prótesis. Estas diferencias se mantuvieron hasta la última visita de seguimiento en nuestro estudio. Antes de la visita de los 3 meses no se observaron diferencias. Por tanto, podríamos decir que antes de la maduración definitiva de las partes blandas supracrestales que rodean al complejo implante-prótesis, la conexión no influye. Cuando se tiene en cuenta todo el periodo observado, la pérdida de hueso marginal fue mayor ( $-0,56 \pm 0,44$  mm frente a  $-0,15 \pm 0,13$  mm desde la entrega de la prótesis hasta el seguimiento a cabo de 1 año) y comenzó más pronto ( $-0,43 \pm 0,25$  mm frente a  $-0,20 \pm 0,14$  mm un mes después de la carga) en los implantes con conexión interna hexagonal que en los implantes con conexión interna cónica. A pesar del impacto clínico aparentemente escaso de una pérdida de hueso marginal de estas magnitudes, hay que considerar que, como ha demostrado nuestro grupo en estudios anteriores [1], aquellos implantes que pierden más de 0,44 mm antes de que hayan transcurrido 6 meses desde la carga (lo que se define como pérdida alta de hueso) tendrían un mayor riesgo de perder más de 2 mm al cabo de 18 meses. Así pues, la pérdida ósea temprana, aunque no sea clínicamente trascendente en el momento exacto de evaluación, podría ser un buen indicador del pronóstico a medio y largo plazo. Por consiguiente, deberían implementarse estrategias clínicas de un seguimiento más estrecho en esos casos para prevenir futuras complicaciones.

Hay diferentes explicaciones que podrían justificar estas diferencias:

#### A. Presencia de microorganismos.

Se ha alegado que la presencia de bacterias en el entorno sulcular periimplantario condiciona el MBL. De hecho, Piattelli *et al.* establecieron que, cuanto más cerca está la corona del hueso, mayor es la resorción ósea. Esto se debe a una zona de inflamación iniciada por la presencia de bacterias en la superficie de contacto implante-prótesis [35]. Esta idea se ha visto enormemente reforzada con la introducción del concepto de plataforma reducida. Tiene como finalidad distanciar el reservorio bacteriano del hueso en la medida de lo posible, porque en los contextos clínicos reales, todos los tipos de conexiones protésicas presentan cierto grado de contaminación bacteriana [36]. De hecho, las revisiones sistemáticas de estudios *in vivo* muestran que ninguna conexión es capaz de evitar por completo la contaminación bacteriana [13], aunque esto puede lograrse en algunos entornos *in vitro* sumamente controlados [37]. Por ejemplo, D'Ercole *et al.*, en un estudio *in vitro* en el que se compararon conexiones internas implante-pilar hexagonales frente a cónicas, observaron unas menores tasas de infiltración en los implantes con conexión interna cónica. No obstante, las diferencias no fueron significativas [38]. En cualquier caso, hacen falta estudios clínicos estandarizados para diferenciar la microbiota presente en ambos tipos de conexiones.

### B. Distribución de la carga del implante al hueso.

Varios estudios con análisis de elementos finitos explicaron cómo la carga oclusal podría distribuirse en el área cortical del hueso y su repercusión en la pérdida de hueso marginal [39]. De hecho, se introdujeron diferentes soluciones en los implantes, como microrroscas [40,41], para reducir o eliminar esta tensión. Es lógico pensar que la distribución de la energía de la carga de la corona al implante o del implante al hueso no sería igual con diferentes tipos de conexiones, y que también dependería de la microarquitectura del hueso que rodea al implante. Por tanto, el sistema de distribución de la carga corona-implante-hueso es crucial. Al contrario, Hung *et al.* Aseguraron que los implantes con una conexión interna hexagonal mostraban una mayor fuerza compresiva que aquellos con una conexión interna hexagonal combinada con un diseño cónico de tipo Morse [42]. No obstante, conviene señalar que la fuerza de una conexión no implica necesariamente una menor contaminación microbiana o una mejor distribución de la carga.

### C. Micromovimientos entre la prótesis y el implante.

Los micromovimientos entre los componentes de la prótesis y los implantes se han definido clásicamente como una de las principales causas de MBL, pudiendo deberse a lo siguiente: 1) permiten la contaminación por bacterias de los huecos creados en la superficie de contacto; 2) establecen fenómenos de bombeo o flujo de microorganismos [43]; 3) favorecen el desgaste del material y la liberación de residuos al entorno local, [44] o 4) deterioro de las propiedades mecánicas de los elementos en la superficie de contacto [45]. Zipprich *et al.* demostraron una reducción en la formación de microhuecos y micromovimientos en los implantes con una conexión interna cónica en comparación con implantes con conexiones internas planas, no solo en la carga estática, sino también en la carga lateral dinámica [46]. Esto también se cumple si se utilizan pilares angulados en las conexiones internas cónicas [47], aunque esta comparación se hizo con las conexiones internas hexagonales.

También se debe tener en cuenta el método de fabricación de la prótesis. En nuestro estudio, todos los casos se restauraron con coronas de metal-cerámica unitarias atornilladas sobre pilares de tipo UCLA con bases metálicas pretorneadas. La retención de la prótesis ha sido el tema primordial de numerosos estudios. Ninguno de los métodos de retención está exento de posibles complicaciones [48], incluidos los sistemas de microbloqueo recientemente propuestos [49]. No obstante, el método atornillado parece ser el más previsible y menos problemático en términos de complicaciones biológicas [50]. En cambio, el método atornillado presenta con mayor frecuencia complicaciones mecánicas, como el desatornillado de la prótesis, que puede dañar la conexión y provocar una mayor pérdida de hueso [51]. En el presente estudio se observaron algunas de estas complicaciones, pero siempre en el grupo de la conexión hexagonal. Además, como sabemos a partir de diferentes estudios, las nuevas tecnologías como el fresado CAD/CAM y posterior o el procesamiento mediante sinterizado con láser podrían ofrecer mejores resultados en cuanto al ajuste entre la prótesis y el implante [52–54]. Además, el fresado y el sinterizado proporcionan unas superficies más lisas que retendrían menos microorganismos e inducirían menos reacciones inflamatorias [55]. Sin embargo, el método de colada sigue siendo el más habitual, por lo que fue el método utilizado en el presente estudio.

En otros aspectos, un metaanálisis reciente sugirió que los implantes con conexión interna hexagonal proporcionaban unos mejores resultados estéticos en términos de la puntuación estética rosa/puntuación estética blanca (índice PES/WES) [56]. Aunque en valores absolutos podría parecer que los resultados son similares, no pudimos encontrar ninguna diferencia estadística en el índice papilar entre nuestros grupos (Tabla 1 y Figura 4).

Además de nuestros hallazgos, uno de los principales puntos fuertes de nuestro diseño es, como en el estudio de Cannata [17], el uso de implantes con una macrogeometría y unas características de superficie similares. Además, todos los implantes se colocaron en localizaciones inferoposteriores. Sin embargo, también tiene algunas limitaciones. El estudio se diseñó como un estudio piloto, por lo que el tamaño de la muestra fue inicialmente reducido. La inclusión fue lenta debido a los criterios de inclusión, que exigían unos dientes adyacentes y opuestos sanos. El porcentaje de fracasos del implante puede parecer alto, pero hay que tener en cuenta el limitado tamaño de la muestra. Además, y por desgracia, muchas de las visitas finales de este estudio estaban previstas para cuando comenzó la pandemia de COVID-19, por lo que muchos pacientes rehusaron realizar la última visita de seguimiento, y otros no pudieron desplazarse al centro del estudio. En conjunto, debemos ser conscientes de las circunstancias y reconocer que nuestros resultados deben considerarse con precaución. En cualquier caso, nuestros resultados presentan potencia estadística, como se ha descrito en el apartado correspondiente.

Creemos que se puede extraer información valiosa de nuestros resultados acerca de este tema poco estudiado. Nuestros resultados confirman la potencia de la variable correspondiente a la conexión en el resultado de MBL.

## 5. Conclusiones

De acuerdo con nuestra hipótesis inicial, en pacientes restaurados con implantes unitarios en la parte posterior de la mandíbula, los implantes con conexiones internas cónicas mostraron una menor pérdida de hueso marginal a los 12 meses de seguimiento desde la entrega de la prótesis que los implantes con conexiones internas hexagonales. En este estudio clínico no se identificó ningún otro parámetro clínico relevante para la aparición y la progresión de la pérdida de hueso marginal alrededor de los implantes. Hacen falta más estudios para conocer en mayor profundidad el papel que desempeñan los diferentes tipos de conexiones en la MBL.

**Aportaciones de los autores:** conceptualización, P.G.M. y M.P.M.; metodología, M.P.M. y P.G.M.; validación, M.P.M.; análisis formal, A.C.J. y M.P.M.; investigación, P.G.M., A.C.J., L.L.C., R.R.A. y E.S.F.; recursos, P.G.M. y M.P.M.; custodia de los datos, L.L.C. y M.P.M.; redacción (preparación del borrador original), P.G.M. y E.S.F.; redacción (revisión y edición), todos los autores; visualización, L.L.C.; supervisión, P.G.M.; administración del proyecto, P.G.M. y M.P.M.; búsqueda de financiación, P.G.M. Todos los autores han leído y se han mostrado conformes con la versión publicada del artículo.

**Financiación:** este estudio fue parcialmente financiado por Proclinic S.A.-Oxtein Iberia S.L. a través del acuerdo de transferencia de conocimientos entre la empresa y el Centro de Transferencia Tecnológica de la Universidad de Granada, con el número de referencia C-4344. Los autores del estudio también fueron parcialmente financiados por el grupo de investigación CTS-1028 (Junta de Andalucía, España).

**Declaración del Comité de Ética:** este ensayo clínico prospectivo, aleatorizado y controlado fue aprobado por el Comité de Ética de la Investigación en Seres Humanos de la Universidad de Granada, España (213/CEIH/2016). Además, este estudio fue registrado en clinicaltrials.gov con el número de protocolo NCT02975674. Fue realizado con pacientes derivados a la Clínica de Cirugía Oral e Implantología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Granada, España. El protocolo se elaboró de conformidad con la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, las normas de investigación clínica de productos sanitarios en sujetos humanos (ISO 14155:2011) y la Directiva relativa a la aplicación de buenas prácticas clínicas (2001/20/CE).

**Declaración sobre el consentimiento informado:** antes de iniciar ningún procedimiento del estudio, se informó a cada paciente sobre el estudio y se le pidió que firmara un documento de consentimiento informado.

**Declaración sobre la disponibilidad de los datos:** los datos que respaldan los hallazgos del estudio están disponibles previa petición al autor para correspondencia.

**Conflictos de intereses:** los autores no tienen conflictos de intereses que declarar. Los financiadores no intervinieron en el diseño del estudio, en la recogida, análisis o interpretación de los datos, en la redacción del artículo original ni en la decisión de publicar los resultados.

## Referencias

1. Galindo-Moreno, P.; León-Cano, A.; Ortega-Oller, I.; Monje, A.; O'Valle, F.; Catena, A. Marginal bone loss as success criterion in implant dentistry: Beyond 2 mm. *Clin. Oral Implant. Res.* **2015**, *26*, e28–e34. [[CrossRef](#)]
2. Schwarz, F.; Alcoforado, G.; Nelson, K.; Schaer, A.; Taylor, T.; Beuer, F.; Strietzel, F.P. 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 Implant. Res.* **2014**, *25*, 1301–1303. [[CrossRef](#)]
3. Koutouzis, T. Implant-abutment connection as contributing factor to peri-implant diseases. *Periodontol. 2000* **2019**, *81*, 152–166. [[CrossRef](#)]
4. Sasada, Y.; Cochran, D.L. Implant-Abutment Connections: A Review of Biologic Consequences and Peri-implantitis Implications. *Int. J. Oral Maxillofac. Implant.* **2017**, *32*, 1296–1307. [[CrossRef](#)]
5. Rosa, E.C.; Deliberador, T.M.; de Lima do Nascimento, T.C.; de Almeida Kintopp, C.C.; Orsi, J.S.R.; Wambier, L.M.; Khajotia, S.S.; Esteban Florez, F.L.; Storrer, C.L.M. Does the implant-abutment interface interfere on marginal bone loss? A systematic review and meta-analysis. *Braz. Oral Res.* **2019**, *33*, e068. [[CrossRef](#)]
6. Vigolo, P.; Gracis, S.; Carboncini, F.; Mutinelli, S.; AIOP (Italian Academy of Prosthetic Dentistry) Clinical Research Group. Internal- vs. External-Connection Single Implants: A Retrospective Study in an Italian Population Treated by Certified Prosthodontists. *Int. J. Oral Maxillofac. Implant.* **2016**, *31*, 1385–1396. [[CrossRef](#)]
7. Lemos, C.A.A.; Verri, F.R.; Bonfante, E.A.; Santiago Júnior, J.F.; Pellizzer, E.P. Comparison of external and internal implant-abutment connections for implant supported prostheses. A systematic review and meta-analysis. *J. Dent.* **2018**, *70*, 14–22. [[CrossRef](#)]
8. Caricasulo, R.; Malchiodi, L.; Ghensi, P.; Fantozzi, G.; Cucchi, A. The influence of implant-abutment connection to peri-implant bone loss: A systematic review and meta-analysis. *Clin. Implant Dent. Relat. Res.* **2018**, *20*, 653–664. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
9. Galindo-Moreno, P.; Fernández-Jiménez, A.; O'Valle, F.; Monje, A.; Silvestre, F.J.; Juodzbalys, G.; Sánchez-Fernández, E.; Catena, A. Influence of the crown-implant connection on the preservation of peri-implant bone: A retrospective multifactorial analysis. *Int. J. Oral Maxillofac. Implant.* **2015**, *30*, 384–390. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
10. Kim, D.-H.; Kim, H.J.; Kim, S.; Koo, K.-T.; Kim, T.-I.; Seol, Y.-J.; Lee, Y.-M.; Ku, Y.; Rhyu, I.-C. Comparison of marginal bone loss between internal- and external-connection dental implants in posterior areas without periodontal or peri-implant disease. *J. Periodontal Implant Sci.* **2018**, *48*, 103–113. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
11. Galindo-Moreno, P.; Fernández-Jiménez, A.; Avila-Ortiz, G.; Silvestre, F.J.; Hernández-Cortés, P.; Wang, H.L. Marginal bone loss around implants placed in maxillary native bone or grafted sinuses: A retrospective cohort study. *Clin. Oral Implant. Res.* **2014**, *25*, 378–384. [[CrossRef](#)]
12. Galindo-Moreno, P.; Fernández-Jiménez, A.; O'Valle, F.; Silvestre, F.J.; Sánchez-Fernández, E.; Monje, A.; Catena, A. Marginal bone loss in implants placed in grafted maxillary sinus. *Clin. Implant Dent. Relat. Res.* **2015**, *17*, 373–383. [[CrossRef](#)]
13. Schmitt, C.M.; Nogueira-Filho, G.; Tenenbaum, H.C.; Lai, J.Y.; Brito, C.; Döring, H.; Nonhoff, J. Performance of conical abutment (Morse Taper) connection implants: A systematic review. *J. Biomed. Mater. Res. A* **2014**, *102*, 552–574. [[CrossRef](#)]
14. Peñarrocha-Diago, M.A.; Flichy-Fernández, A.J.; 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 Implant. Res.* **2013**, *24*, 1192–1200. [[CrossRef](#)]
15. Laurell, L.; Lundgren, D. Marginal bone level changes at dental implants after 5 years in function: A meta-analysis. *Clin. Implant Dent. Relat. Res.* **2011**, *13*, 19–28. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
16. Yu, X.; Han, Y.; Wang, J. Is an internal tapered connection more efficient than an internal nontapered connection? A systematic review and meta-analysis. *J. Prosthet. Dent.* **2020**, *124*, 431–438. [[CrossRef](#)]
17. Cannata, M.; Grandi, T.; Samarani, R.; Svezia, L.; Grandi, G. A comparison of two implants with conical vs. internal hex connections: 1-year post-loading results from a multicentre, randomised controlled trial. *Eur. J. Oral Implantol.* **2017**, *10*, 161–168.
18. Szyzkowski, A.; Kozakiewicz, M. Effect of Implant-Abutment Connection Type on Bone Around Dental Implants in Long-Term Observation: Internal Cone Versus Internal Hex. *Implant Dent.* **2019**, *28*, 430–436. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
19. Tonetti, M.S.; Jung, R.E.; Avila-Ortiz, G.; Blanco, J.; Cosyn, J.; Fickl, S.; Figuero, E.; Goldstein, M.; Graziani, F.; Madianos, P.; et al. Management of the extraction socket and timing of implant placement: Consensus report and clinical recommendations of group 3 of the XV European Workshop in Periodontology. *J. Clin. Periodontol.* **2019**, *46*, 183–194. [[CrossRef](#)]
20. Jemt, T. Regeneration of gingival papillae after single-implant treatment. *Int. J. Periodontics Restor. Dent.* **1997**, *17*, 326–333.
21. Linkevicius, T.; Apse, P.; Grybauskas, S.; Puisys, A. The influence of soft tissue thickness on crestal bone changes around implants: A 1-year prospective controlled clinical trial. *Int. J. Oral Maxillofac. Implant.* **2009**, *24*, 712–719.
22. Linkevicius, T.; Puisys, A.; Steigmann, M.; Vindasiute, E.; Linkeviciene, L. Influence of Vertical Soft Tissue Thickness on Crestal Bone Changes Around Implants with Platform Switching: A Comparative Clinical Study. *Clin. Implant Dent. Relat. Res.* **2015**, *17*, 1228–1236. [[CrossRef](#)]
- 23.

24. Lin, G.-H.; Chan, H.-L.; Wang, H.-L. The significance of keratinized mucosa on implant health: A systematic review. *J. Periodontol.* **2013**, *84*, 1755–1767. [[CrossRef](#)]
25. Schwarz, F.; Derks, J.; Monje, A.; Wang, H.-L. Peri-implantitis. *J. Periodontol.* **2018**, *89* (Suppl. 1), S267–S290. [[CrossRef](#)]
26. Spinato, S.; Stacchi, C.; Lombardi, T.; Bernardello, F.; Messina, M.; Zaffe, D. Biological width establishment around dental implants is influenced by abutment height irrespective of vertical mucosal thickness: A cluster randomized controlled trial. *Clin. Oral Implant. Res.* **2019**, *30*, 649–659. [[CrossRef](#)]
27. Garaicoa-Pazmino, C.; Mendonça, G.; Ou, A.; Chan, H.-L.; Mailoa, J.; Suárez-López Del Amo, F.; Wang, H.-L. Impact of mucosal phenotype on marginal bone levels around tissue level implants: A prospective controlled trial. *J. Periodontol.* **2020**, *92*, 771–783. [[CrossRef](#)]
28. Spinato, S.; Stacchi, C.; Lombardi, T.; Bernardello, F.; Messina, M.; Dovigo, S.; Zaffe, D. Influence of abutment height and vertical mucosal thickness on early marginal bone loss around implants: A randomised clinical trial with an 18-month post-loading clinical and radiographic evaluation. *Int. J. Oral Implantol. Berl. Ger.* **2020**, *13*, 279–290.
29. Cooper, L.F.; Reside, G.; Stanford, C.; Barwacz, C.; Feine, J.; Abi Nader, S.; Scheyer, E.T.; McGuire, M. A multicenter randomized comparative trial of implants with different abutment interfaces to replace anterior maxillary single teeth. *Int. J. Oral Maxillofac. Implant.* **2015**, *30*, 622–632. [[CrossRef](#)]
30. 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 Implant. Res.* **2016**, *27*, e47–e56. [[CrossRef](#)]
31. Romanos, G.E.; Malmstrom, H.; Feng, C.; Ercoli, C.; Caton, J. Immediately loaded platform-switched implants in the anterior mandible with fixed prostheses: A randomized, split-mouth, masked prospective trial. *Clin. Implant Dent. Relat. Res.* **2014**, *16*, 884–892. [[CrossRef](#)]
32. Romanos, G.E.; Biltucci, M.T.; Kokaras, A.; Paster, B.J. Bacterial Composition at the Implant-Abutment Connection under Loading in vivo. *Clin. Implant Dent. Relat. Res.* **2016**, *18*, 138–145. [[CrossRef](#)]
33. Arnhart, C.; Kielbassa, A.M.; Martinez-de Fuentes, R.; Goldstein, M.; Jackowski, J.; Lorenzoni, M.; Maiorana, C.; Mericske-Stern, R.; Pozzi, A.; Rompen, E.; 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.
34. Kaminaka, A.; Nakano, T.; Ono, S.; Kato, T.; Yatani, H. Cone-Beam Computed Tomography Evaluation of Horizontal and Vertical Dimensional Changes in Buccal Peri-Implant Alveolar Bone and Soft Tissue: A 1-Year Prospective Clinical Study. *Clin. Implant Dent. Relat. Res.* **2015**, *17* (Suppl. 2), e576–e585. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
35. Lombardi, T.; Berton, F.; Salgarello, S.; Barbalonga, E.; Rapani, A.; Piovesana, F.; Gregorio, C.; Barbati, G.; Di Lenarda, R.; Stacchi, C. Factors Influencing Early Marginal Bone Loss around Dental Implants Positioned Subcrestally: A Multicenter Prospective Clinical Study. *J. Clin. Med.* **2019**, *8*, 1168. [[CrossRef](#)]
36. Piattelli, A.; Vrespa, G.; Petrone, G.; Iezzi, G.; Annibali, S.; Scarano, A. Role of the microgap between implant and abutment: A retrospective histologic evaluation in monkeys. *J. Periodontol.* **2003**, *74*, 346–352. [[CrossRef](#)]
37. 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 Implant. Res.* **2015**, *26*, 426–434. [[CrossRef](#)]
38. Larrucea, C.; Conrado, A.; Olivares, D.; Padilla, C.; Barrera, A.; Lobos, O. Bacterial microleakage at the abutment-implant interface, in vitro study. *Clin. Implant Dent. Relat. Res.* **2018**, *20*, 360–367. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
39. D’Ercole, S.; Scarano, A.; Perrotti, V.; Mulatino, J.; Piattelli, A.; Iezzi, G.; Tripodi, D. Implants with internal hexagon and conical implant-abutment connections: An in vitro study of the bacterial contamination. *J. Oral Implantol.* **2014**, *40*, 30–36. [[CrossRef](#)]
40. Renouard, F.; Nisand, D. Impact of implant length and diameter on survival rates. *Clin. Oral Implant. Res.* **2006**, *17* (Suppl. 2), 35–51. [[CrossRef](#)]
41. Hansson, S. The implant neck: Smooth or provided with retention elements. A biomechanical approach. *Clin. Oral Implant. Res.* **1999**, *10*, 394–405. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
42. Hansson, S. A conical implant-abutment interface at the level of the marginal bone improves the distribution of stresses in the supporting bone. An axisymmetric finite element analysis. *Clin. Oral Implant. Res.* **2003**, *14*, 286–293. [[CrossRef](#)]
43. Hung, H.-C.; Huang, C.-S.; Pan, Y.-H. The compressive strength of implant-abutment complex with different connection designs. *J. Dent. Sci.* **2019**, *14*, 318–324. [[CrossRef](#)]
44. Assenza, B.; Tripodi, D.; Scarano, A.; Perrotti, V.; Piattelli, A.; Iezzi, G.; D’Ercole, S. Bacterial leakage in implants with different implant-abutment connections: An in vitro study. *J. Periodontol.* **2012**, *83*, 491–497. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
45. Fretwurst, T.; Buzanich, G.; Nahles, S.; Woelber, J.P.; Riesemeier, H.; Nelson, K. Metal elements in tissue with dental peri-implantitis: A pilot study. *Clin. Oral Implant. Res.* **2016**, *27*, 1178–1186. [[CrossRef](#)]
46. Blum, K.; Wiest, W.; Fella, C.; Balles, A.; Dittmann, J.; Rack, A.; Maier, D.; Thomann, R.; Spies, B.C.; Kohal, R.J.; et al. Fatigue induced changes in conical implant-abutment connections. *Dent. Mater. Off. Publ. Acad. Dent. Mater.* **2015**, *31*, 1415–1426. [[CrossRef](#)]
47. Zipprich, H.; Weigl, P.; Ratka, C.; Lange, B.; Lauer, H.-C. The micromechanical behavior of implant-abutment connections under a dynamic load protocol. *Clin. Implant Dent. Relat. Res.* **2018**, *20*, 814–823. [[CrossRef](#)]

48. Vélez, J.; Peláez, J.; López-Suárez, C.; Agustín-Panadero, R.; Tobar, C.; Suárez, M.J. Influence of Implant Connection, Abutment Design and Screw Insertion Torque on Implant-Abutment Misfit. *J. Clin. Med.* **2020**, *9*, 2365. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
49. Wittneben, J.-G.; Joda, T.; Weber, H.-P.; Brägger, U. Screw retained vs. cement retained implant-supported fixed dental prosthesis. *Periodontol. 2000* **2017**, *73*, 141–151. [[CrossRef](#)]
50. Shin, Y.-G.; Cho, W.-T.; Lim, H.-K.; Hwang, S.-H.; Bae, J.-H.; Bae, G.-H.; Lee, J.-Y.; Huh, J.-B. Influence of an Implant Fixture including a Freely Removable Micro-Locking Implant Prosthesis on Peri-Implant Tissues and Implant Prostheses: A Prospective Clinical Study. *J. Clin. Med.* **2021**, *10*, 3321. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
51. Sailer, I.; Mühlemann, S.; Zwahlen, M.; Hammerle, C.H.F.; Schneider, D. Cemented and screw-retained implant reconstructions: A systematic review of the survival and complication rates. *Clin. Oral Implant. Res.* **2012**, *23*, 163–201. [[CrossRef](#)]
52. Scarano, A.; Murmura, G.; Sinjiari, B.; Sollazzo, V.; Spinelli, G.; Carinci, F. Analysis and structural examination of screw loosening in oral implants. *Int. J. Immunopathol. Pharmacol.* **2011**, *24*, 77–81. [[CrossRef](#)]
53. Mello, C.C.; Lemos, C.A.A.; de Luna Gomes, J.M.; Verri, F.R.; Pellizzer, E.P. CAD/CAM vs. Conventional Technique for Fabrication of Implant-Supported Frameworks: A Systematic Review and Meta-analysis of In Vitro Studies. *Int. J. Prosthodont.* **2019**, *32*, 182–192. [[CrossRef](#)]
54. Molinero-Mourelle, P.; Cascos-Sanchez, R.; Yilmaz, B.; Lam, W.Y.H.; Pow, E.H.N.; Del Río Highsmith, J.; Gómez-Polo, M. Effect of Fabrication Technique on the Microgap of CAD/CAM Cobalt-Chrome and Zirconia Abutments on a Conical Connection Implant: An In Vitro Study. *Mater. Basel Switz.* **2021**, *14*, 2348. [[CrossRef](#)]
55. Montero, J. A Review of the Major Prosthetic Factors Influencing the Prognosis of Implant Prosthodontics. *J. Clin. Med.* **2021**, *10*, 816. [[CrossRef](#)]
56. Fernández, M.; Delgado, L.; Molmeneu, M.; García, D.; Rodríguez, D. Analysis of the misfit of dental implant-supported prostheses made with three manufacturing processes. *J. Prosthet. Dent.* **2014**, *111*, 116–123. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
57. Vetromilla, B.M.; Brondani, L.P.; Pereira-Cenci, T.; Bergoli, C.D. Influence of different implant-abutment connection designs on the mechanical and biological behavior of single-tooth implants in the maxillary esthetic zone: A systematic review. *J. Prosthet. Dent.* **2019**, *121*, 398–403.e3. [[CrossRef](#)]