



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

REHABILITACIÓN MEDIANTE CARGA PROGRESIVA Y SU EFECTO EN LA OSTEOINTEGRACIÓN DE LOS IMPLANTES

Virginia Gil Sánchez

Tutor: Ibrahim Dib Zaitun

Máster en Implanto-Prótesis 2016-2017



TÍTULO PROPIO **Máster en
Implanto-Prótesis**
VNiVERSiDAD D SALAMANCA

INDICE

| | |
|-----------------------|----|
| 1. Resumen..... | 3 |
| 2. Abstract | 4 |
| 3. Introducción | 5 |
| 4. Objetivos | 9 |
| 5. Metodología | 10 |
| 6. Resultados | 11 |
| 7. Discusión..... | 18 |
| 8. Conclusiones | 23 |
| 9. Bibliografía | 24 |

1. Resumen

Introducción. En la década de los ochenta, Carl E. Misch [1] describió una técnica que intentaría aunar la remodelación fisiológica ósea en respuesta a las fuerzas biomecánicas que sufre el hueso, y de cómo podríamos aprovecharlo en beneficio de la integración y del posterior éxito funcional de nuestros implantes dentales, principalmente en los casos en los que las características biomecánicas óseas no sean favorables. Este protocolo pasaría a denominarse “Carga Progresiva”. Desde entonces, han sido varios los autores que han ido analizando los cambios estructurales producidos en el hueso tras la realización de esta práctica, intentando establecer las posibles ventajas.

Objetivo. El objetivo principal de esta revisión bibliográfica es conocer las últimas aportaciones realizadas en la literatura sobre la Carga Progresiva en prótesis sobre implantes, así como los posibles cambios producidos en el hueso peri-implantario al llevar a cabo esta práctica.

Metodología. Se realizaron búsquedas bibliográficas en la base de datos “Pubmed” durante el periodo de tiempo comprendido entre febrero y marzo del año 2017. Los artículos seleccionados son los publicados desde el año 2000.

Resultados. Se han hallado en la literatura artículos publicados en los que se realiza rehabilitación protésica mediante protocolo de Carga Progresiva, así como estudios en los que se observan los cambios fisiológicos producidos en el hueso peri-implantario tras la inserción del implante y de cómo este se ve afectado por la aplicación de diversas fuerzas.

Discusión. Se realiza una comparación entre los diferentes protocolos rehabilitadores llevados a cabo mediante Carga Progresiva. Son analizadas las posibles variables que pueden afectar al complejo hueso-implante.

Conclusiones. La zona cresta es la más favorecida ante la Carga Progresiva, se produce una menor reabsorción y un aumento de su densidad ósea. Puede favorecer especialmente a huesos tipo D3-D4. No se ha hallado un protocolo unificado para la carga progresiva que no sea el descrito por Carl E. Misch. Hay pocos estudios realizados en los que se rehabilite mediante Carga Progresiva.

Palabras clave: *dental, implant, progressive, loading.*

2. Abstract

Introduction. In the 1980s, Carl E. Misch [1] described a technique that would attempt to combine bone physiological remodeling in response to the biomechanical forces of bone, and how to take advantage of it for integration and subsequent functional success of our dental implants, mainly in cases in which the biomechanical bony characteristics are not favorable. This protocol would be called "Progressive Loading". Since then, several authors have been analyzing the structural changes produced in bone after performing this practice, trying to establish the possible advantages.

Objective. The aim of this review was to know the latest contributions made in the literature on the Progressive Loading on implants, as well as the possible changes produced in the peri-implant bone when carrying out this practice.

Methodology. Between February and March 2017, researches have been made at Pubmed database. The articles selected are those published since 2000.

Results. Published articles in which prosthetic rehabilitation by means of a Progressive Loading protocol have been found in the literature, as well as studies in which the physiological changes produced in the peri-implant bone have been observed after implant insertion and how it have been affected by the application of different forces.

Discussion. A comparison have been made between the different rehabilitation protocols carried out using Progressive Loading. Variables that can affect bone-implant complex have been analysed.

Conclusions. Crestal bone area is the most favored with the Progressive Loading protocol because of its less resorption and an increase of its bone density. It may particularly favor bone type D3-D4. A unified protocol for progressive loading, other than the described by Carl E. Misch, has not been found. There are few studies of rehabilitation by Progressive Loading.

Key words: *dental, implant, progressive, loading.*

3. Introducción

Hoy en día tenemos a nuestra disposición diferentes protocolos protésicos a la hora de rehabilitar los implantes orales osteointegrados, como son la carga inmediata, la carga temprana, la carga convencional, la carga progresiva y la carga tardía.

De todos ellos se han realizado estudios para poder obtener protocolos basados en la evidencia científica y conseguir una mayor predictibilidad a la hora de llevarlos a cabo, así como conocer en las ocasiones en las que es más favorable aplicar uno u otro dependiendo de múltiples variables como la localización en la arcada, la cantidad de implantes a rehabilitar, la calidad ósea o las características sistémicas propias del paciente.

A la hora de establecer un protocolo de actuación en la rehabilitación oral en prótesis sobre implantes, es conveniente conocer el tipo de hueso sobre el que se trabaja ya sea basándose en la localización o, preferiblemente, mediante técnicas radiográficas (TC o CBCT). Una de las clasificaciones de las que se dispone es la descrita por Carl E. Misch [1] la cual diferencia cuatro densidades óseas en función de la cantidad de hueso cortical y trabecular presente (figura 1).

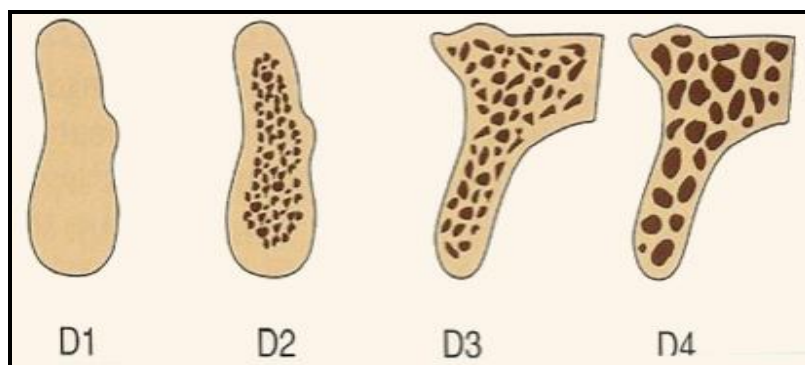


Figura 1. Clasificación de las diferentes densidades óseas realizada por Carl E. Misch. D1 cortical denso; D2 cortical poroso y trabecular grueso; D3 cortical poroso (fino) y trabecular fino; D4 trabecular fino.

La morfología estructural del hueso es un equilibrio entre las fuerzas que actúan sobre él, y su adaptación a las mismas [2, 3, 4]. En la década de los ochenta, Carl E. Misch [1] describió una técnica que intentaría aunar la remodelación fisiológica ósea

en respuesta a las fuerzas biomecánicas que sufre el hueso, y de cómo podríamos aprovecharlo en beneficio de la integración y del posterior éxito funcional de nuestros implantes dentales, principalmente en los casos en los que las características biomecánicas óseas no sean favorables [1]. Este protocolo pasaría a denominarse “Carga Progresiva”.

El protocolo seguido por Carl E. Misch dependerá principalmente del tipo de hueso presente en la zona a implantar. Sus características principales son las siguientes;

- confección de prótesis provisionales cementadas. En prótesis con más de un implante ferulizado a rehabilitar, para evitar alteraciones de ajuste derivadas de la pasividad que puedan alterar la magnitud y la dirección de las fuerzas que se desea transmitir a los implantes.
- Individualización de los tiempos entre las citas de la fase protésicas en función de la densidad ósea.
- Control de la dieta durante la fase protésica, pasando desde una dieta muy blanda a una dieta normal al finalizar el tratamiento. El fin de este control es la prevención de una posible sobrecarga en las primeras etapas rehabilitadoras.
- Control del material oclusal usado en las sesiones protésicas. Inicialmente se aconseja usar acrílico en las prótesis provisionales para una disminución de impactos sobre la rehabilitación. Para la prótesis definitiva es posible usar tanto cerámica como metal.
- Aumento gradual de la oclusión. Inicialmente se parte de anoclusión y gradualmente se intensificarán los contactos en las posteriores citas. No deberá haber contactos oclusales en las primeras fases en zonas de voladizos.
- Control del diseño de la prótesis. Relacionado con el aumento gradual de la oclusión.

Desde entonces, han sido varios los autores que han ido analizando los cambios estructurales producidos en el hueso tras la realización de esta práctica, intentando establecer las posibles ventajas.

En el momento en el que se coloca el implante intraóseo en el paciente, se producen una serie de mecanismos de modificación del entorno que tienen como objetivo la “curación” de la herida producida. Se genera una respuesta biológica a la presencia del implante que llevará deseablemente, como fin último, la integración del mismo en el medio. Uno de los fenómenos que se ha observado en la osteo-integración de los implantes es la pérdida ósea producida a nivel crestal. Dicha pérdida ósea es interpretada, según algunos autores, como una respuesta fisiológica ante la presencia de un cuerpo extraño, la cual es mayor en el primer año tras la implantación y podría verse aumentada por la presencia de otros factores, como por ejemplo el estado sistémico del huésped [5] o el hábito tabáquico [6,7]. Por otra parte, hay estudios que indican que la reabsorción marginal producida de manera fisiológica en el primer año de función, no significa necesariamente un peor pronóstico del implante [8].

Un estudio llevado a cabo por Anitua et al. [9] en el que se relacionan las características del implante relativas a su diámetro, longitud y geometría, con la distribución de fuerzas transmitidas por el complejo hueso-implante, pone de manifiesto que la zona del implante que se ve más afectada son las seis primeras espiras. Así mismo, otros estudios defienden que un aumento en el diámetro del implante disminuiría más el estrés sufrido en la zona crestal en comparación con un aumento en la longitud del implante [10, 11].

Otro concepto a tener en cuenta a la hora de hablar de osteointegración del implante es el CHI (BIC en inglés). Dichas siglas hacen referencia al porcentaje de hueso que está en contacto directo con el implante [1]. En el estudio realizado por Yun et al. [12] en 2014, en el que son analizados diferentes protocolos de carga, observaron que a mayor porcentaje de CHI, el estrés producido sobre el hueso peri-implantario era menor y más homogéneo y afirmaron que la carga progresiva sobre el implante favorecía en mayor medida la remodelación ósea que una carga constante desde el inicio de la rehabilitación.

Según el estudio publicado en 2011 por Wiskott et al. [13], existe un incremento estadísticamente significativo en CHI al realizar la carga protésica sobre los implantes, aumentando este de un 13 a un 21%. Los resultados obtenidos en otro estudio, en el que CHI aumenta al aumentar la función con el tiempo en la

rehabilitación, sugieren que la formación ósea alrededor del implante continúa con posterioridad a la “completa integración” del mismo. [14].

Objetivos

El objetivo principal de esta revisión bibliográfica es conocer las últimas aportaciones realizadas en la literatura sobre la carga progresiva en prótesis sobre implantes, así como los posibles cambios producidos en el hueso peri-implantario al llevar a cabo esta práctica.

Para la elaboración del guión de análisis se han formulado las siguientes preguntas PICO;

- En la rehabilitación oral mediante prótesis sobre implantes con protocolo de carga progresiva;
 - ¿Cuáles son las características de los pacientes en las que se ha llevado a cabo? ¿Se ha realizado en maxilar o mandíbula? ¿Posición anterior o posterior? ¿Unitarios o múltiples?
 - ¿Cuál es el efecto observado en la osteointegración de los implantes ante la carga progresiva en prótesis sobre implantes?

4. Metodología

Se realizaron búsquedas bibliográficas en la base de datos “Pubmed” (figura 2) durante el periodo de tiempo comprendido entre febrero y marzo del año 2017 con las palabras clave “*dental, implant, progressive, loading*”.

Inicialmente se relacionaron los términos en la búsqueda de la siguiente manera; “*dental implant*” AND “*progressive loading*” tras lo que se obtuvieron 17 artículos aplicando el filtro de año de publicación (2000-2017) de los cuales se aprovecharon 6.

Se han realizado más búsquedas paralelamente para recopilar información referente a la osteointegración general de los implantes y a los efectos producidos en el complejo implante-hueso tras la aplicación de las diversas fuerzas.

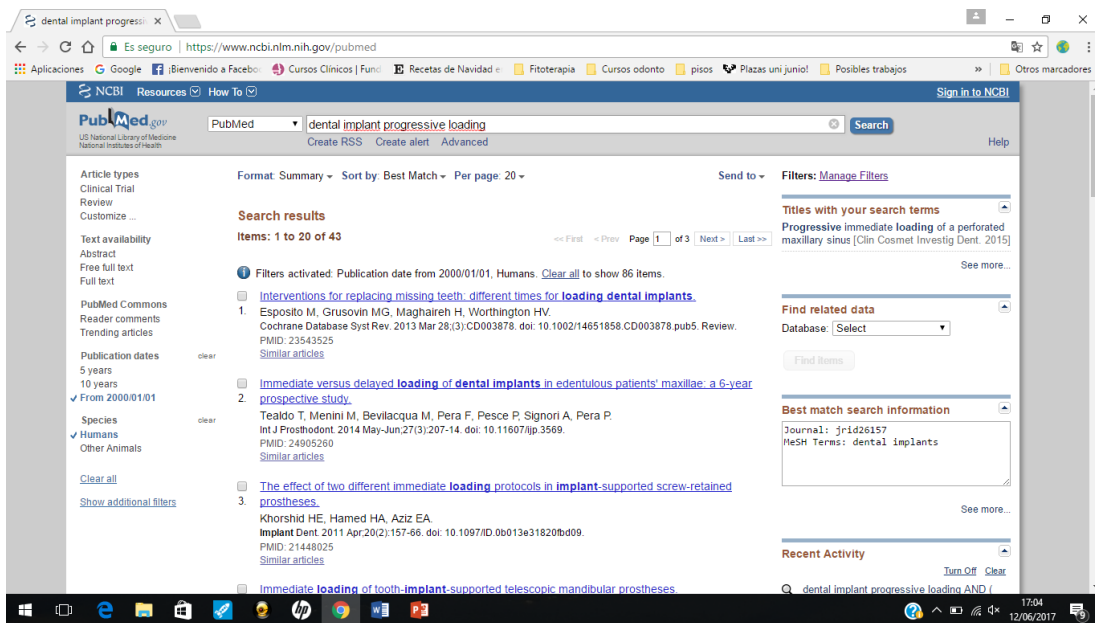


Figura 2: Visión de la página web correspondiente a la base de datos con url <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>

5. Resultados

A continuación se reflejan los resultados obtenidos en las búsquedas realizadas.

El primer protocolo que describe la carga progresiva en implantología oral es el de Carl E Misch. Los tiempos que marcan los diferentes intervalos entre las fases, dependerán principalmente del tipo de hueso presente en la zona implantada. De este modo, el tiempo transcurrido para llevar a cabo la segunda cirugía, dependerá del tipo de hueso que se haya encontrado en la primera, así se dejará transcurrir 3 meses para un hueso D1, 4 meses para D2, 5 meses para D3 y 6 meses o más para D4. El tiempo entre las diferentes citas protésicas para la carga progresiva dependerá nuevamente del tipo de hueso, siendo estas de 1 semana para el hueso D1, 2 semanas para D2, 3 semanas para D3 y 4 semanas para D4 [1].

En el año 2013, Ghoveizi et al. [15] publican los resultados de un estudio prospectivo randomizado realizado a un total de 10 pacientes. El objetivo era comparar los registros radiográficos obtenidos a lo largo de los 12 primeros meses tras la primera cirugía, en la cual se le realizó a cada paciente una rehabilitación unitaria con carga progresiva y otra mediante carga convencional en maxilar. Las características principales del estudio se muestran en la **tabla 1**:

| | |
|--|---|
| Nº de implantes colocados | 22 (2 excluidos en el proceso) → 20 IOI |
| Nº de implantes por paciente | 2 |
| Nº IOI | |
| Carga Progresiva/Carga convencional | 10/10 |
| Localización | Maxilar superior/Área premolar |
| Antagonista | Dientes naturales o prótesis fija dentosoportada |
| Tiempo hasta la 2ª cirugía | 4 semanas |

| | |
|--|---|
| Unitarios/Múltiples | Unitarios |
| Tipo de implante/Marca | 4,5x11mm MicroThread Osseo Speed Astra |
| Cementado/Atornillado | No especificado |
| Elemento usado para controlar la oclusión | Lámina de aluminio |

Tabla 1: características clínicas del protocolo llevado a cabo por Ghoveizi et al

El grupo control rehabilitado mediante carga convencional, fue cargado con prótesis metalo-cerámica a las 8 semanas de haber realizado la primera cirugía. El protocolo llevado a cabo en el grupo experimental fue el siguiente:

1. Segunda cirugía a las 4 semanas.
2. Pasados dos meses tras la primera cirugía, colocación de las coronas acrílicas iniciales con 2 mm de infraclusión. Dieta blanda.
3. Cuatro meses tras la cirugía infraclusión de 40 μ en coronas acrílicas. Dieta firme.
4. Seis meses tras la cirugía oclusión completa en coronas acrílicas. Dieta normal.
5. Ocho meses tras la cirugía colocación de coronas metalo-cerámicas con contacto oclusal completo.

Los resultados obtenidos muestran:

- Menor pérdida ósea en el área crestal de los implantes rehabilitados mediante carga progresiva (0,36 mm de media en el grupo de carga convencional y 0,19 mm en el grupo de carga progresiva a los 12 meses de rehabilitación).
- Incremento óseo alrededor del implante en el seguimiento realizado en los 12 primeros meses en el grupo de carga progresiva, aunque no se puede considerar estadísticamente significativo ($P>0.05$).

Appleton et al. [16] publicaron en 2004 los resultados de un estudio *in vivo* prospectivo randomizado en el que se pretendía evaluar los cambios producidos en la densidad ósea peri-implantaria y los cambios óseos peri-crestales que sufría el hueso bajo las cargas producidas por rehabilitación progresiva. Las características del estudio se resumen a continuación en la **tabla 2**:

| | |
|--|--|
| Nº de implantes colocados | 23 (3 excluidos en el proceso) → 20 IOI |
| Nº de implantes por paciente | 17 pacientes con 1 IOI 3 pacientes con 2 IOI |
| Nº IOI | |
| Carga Progresiva/Carga convencional | No especificado |
| Localización | Maxilar superior/Área premolar |
| Antagonista | Dientes naturales o prótesis fija dentosoportada |
| Tiempo hasta la 2ª cirugía | 5 meses (20 semanas) |
| Unitarios/Múltiples | Unitarios |
| Tipo de Implante/Marca | Con superficie de HA/Omniloc® o Threadloc® |
| Cementado/Atornillado | Atornillado |
| Elemento usado para controlar la oclusión | Material de relleno plástico |

Tabla 2: protocolo llevado a cabo por Appleton et al.

El protocolo de carga progresiva llevado a cabo por Appleton et al. fue el siguiente:

- Segunda cirugía a los 5 meses (20 semanas) de la colocación de los IOI.
- Las etapas protésicas son modificadas cada 2 meses.

- Se realiza restauración con corona acrílica en infraoclusión de 0,015mm (15 μ) sin ningún contacto. Dieta blanda. Se mantiene por 2 meses.
- En la siguiente fase se vuelve a ajustar la oclusión por otro periodo de dos meses. Se mantienen los 0,015mm de infraoclusión pero se generan ligeros contactos en el material plástico interpuesto usado. Dieta firme.
- Durante los siguientes 2 meses se vuelve a ajustar y se le da una oclusión completa. Contactos axiales directos. Dieta normal.
- Pasados 2 meses desde la etapa anterior, se procede a la restauración con corona metalocerámica.

Fueron tomadas radiografías estandarizadas en cada fase. Los resultados que obtuvieron en el estudio fueron los siguientes:

- Menor pérdida de altura ósea crestral en el grupo experimental ($0,2 \pm 0,27$ mm) que el grupo control ($0,59 \pm 0,32$ mm) a los 12 meses del inicio del protocolo de carga.
- La densidad ósea se midió en los puntos crestral, subcrestal, cuerpo medio del implante, área apicolateral y área apical.
 - o En el área crestral se observó mayor densidad ósea.
 - o En el área subcrestal se observó mayor densidad ósea pero estadísticamente no significativa.
 - o En las áreas media y apicolateral hubo ligeros cambios.
 - o En el área apical se observó una mayor densidad ósea en el grupo control.

Un informe clínico de Appleton et al. refleja que “los implantes unitarios colocados en la región del primer premolar de seres humanos y sometidos a cargas progresivas aumentaban más de densidad en la mitad crestral de la interfase y experimentaban menos pérdida ósea marginal que otros implantes colocados en la misma región mandibular y no sometidos a cargas progresivas, e incluso en el lado contralateral de un mismo paciente”.

En 2014 se publicó un estudio realizado por Turner et al. [17] en el que hubo como objetivo valorar el comportamiento óseo ante carga progresiva y carga convencional en huesos de buena y de mala calidad, mediante el uso de Periotest®. El estudio contiene los siguientes puntos clave reflejados en la **tabla 3**:

| | |
|--|---|
| Nº de implantes colocados | 25 |
| Nº de implantes por paciente | No especificado |
| Nº IOI | |
| Carga Progresiva/Carga convencional | 14/11 |
| Localización | Maxilar y mandíbula |
| Antagonista | No especificado |
| Tiempo hasta la 2ª cirugía | 3 meses |
| Unitarios/Múltiples | No especificado |
| Tipo de Implante/Marca | 3,5-4,5x8-14mm/Ankylos (granallado y grabado térmico ácido de superficie) |
| Cementado/Atornillado | Cementado |
| Elemento usado para controlar la oclusión | Papel de articular de 100µ |

Tabla 3: características clínicas llevadas a cabo en el estudio de Turner et al.

El protocolo seguido para la carga progresiva por Turner et al. se describe a continuación:

- Periodo de integración hasta la segunda cirugía de 3 meses.
- Confección de coronas acrílicas cementadas para el grupo de experimentación. Se deja un espacio interoclusal de 100 µ durante 45 días.
- Dieta blanda. Se toman registros con Periotest® antes de colocar las coronas acrílicas y una vez pasados los 45 días.

La conclusión a la que llegaron tras analizar los resultados obtenidos en ambas mediciones, fue que en hueso poco denso se obtiene una mejora en la calidad ósea con resultados estadísticamente significativos ($P = 0,00026$), así como en un hueso de buena calidad ($P = 0,014$) tras la rehabilitación mediante carga progresiva.

Al-Juboori [18] reporta un caso en el que tras perforación sinusal durante la cirugía implantaria, posteriormente se rehabilitó mediante carga progresiva introduciendo una variación. Dicha variación es la rehabilitación de forma “inmediata”. La conclusión a la que llegan es que un protocolo de carga progresiva “inmediata” puede mejorar la estabilidad del implante durante el periodo de cicatrización.

Numerosos estudios muestran la presencia de cambios estructurales producidos alrededor de los implantes debido a la influencia de las diferentes fuerzas que actúan sobre ellos [19, 20, 21, 22] teniendo en cuenta tanto la dirección, duración y la uniformidad en el reparto de las mismas [19].

Se han encontrado evidencias en la literatura que señalan la importancia de la forma del implante a la hora del remodelado y redistribución de la densidad ósea en el proceso de osteointegración [23], mientras que otros autores sugieren que los parámetros de diseño del implante, así como las variables clínicas dependientes de su localización en la arcada, no están específicamente relacionadas con el aumento de la integración o el tiempo de carga funcional [14].

Diversos artículos sugieren que una tensión media ejercida sobre el hueso produce aposición ósea. Si es ejercida una tensión mayor se pueden producir microfracturas con posible reabsorción ósea, mientras que una tensión menor puede tener efectos osteógenos [24, 25]. Els De Smet et al. [26] concluyen en su artículo que la aplicación de fuerzas controladas en el implante durante su periodo de integración, puede tener efectos beneficiosos sobre la misma. Hsieh and Turner [27] encuentran que “la frecuencia de carga modula el efecto anabólico sobre el tejido óseo”.

Adicionalmente, se han hallado en la literatura artículos que reflejan la falta de evidencias para determinar que la sobrecarga ejercida sobre el implante osteointegrado pueda generar por sí sola una reabsorción de la cresta ósea [28].

Debido a la falta de estudios realizados en humanos respecto al protocolo rehabilitador mediante carga progresiva, se han analizado también algunos artículos

en los que el estudio ha sido realizado sobre animales de experimentación con el fin de recopilar la máxima información posible referente al tema que nos compete.

Podaropoulos [29] realizó un estudio en que evaluó la cantidad de hueso en contacto con el implante (BIC- bone to implant) entre un grupo control (sin carga) y un grupo de estudio con carga progresiva (en perros Beagle). Tras finalizar el estudio a las 9 semanas, en el grupo de experimentación se halló un BIC de media de 49,73%, mientras que en el grupo control el BIC fue de 32,85% ($P = 0,018$) por lo que la densidad ósea fue mayor y estadísticamente significativa en el grupo sometido a carga progresiva. En 2012 fue publicado un estudio realizado por Joon-Ho Yoon et al. [30] en el cual se analizan los resultados obtenidos por un dispositivo colocado en implantes osteointegrados en animales de experimentación. El resultado obtenido fue que las cargas transmitidas al implante eran las correctas, no así la dirección de las mismas. Existen otros métodos de estudio para reproducir las fuerzas transmitidas al complejo implante-hueso en animales de experimentación, como electroestimulación creciente en frecuencia Hz [26].

6. Discusión

Con el fin de discutir de una forma más clara los resultados hallados en los estudios clínicos que se han encontrado, se han elaborado dos tablas explicativas.

En la **tabla 4** se procede a comparar las características clínicas de los 3 artículos en los que se ha realizado carga progresiva sobre humanos. En la **tabla 5** se realiza una comparación con las características del protocolo llevado a cabo entre los estudios analizados y el protocolo descrito por Carl E. Misch.

| | Rahab Ghozeizi et al. 2013 | Appleton et al. 2004 | Porus S. Turner et al. |
|---|--|--|---|
| Nº de implantes colocados | 22 (2 excluidos en el proceso) → 20 IOI | 23 (3 excluidos en el proceso) → 20 IOI | 25 |
| Nº de implantes por paciente | 2 | 17 pacientes con 1 IOI 3 pacientes con 2 IOI | No especificado |
| Nº IOI Carga Progresiva/Carga convencional | 10/10 | No especificado | 14/11 |
| Localización | Maxilar superior/Área premolar | Maxilar superior/Área premolar | Maxilar superior y mandíbula |
| Antagonista | Dientes naturales o prótesis fija dentosoportada | Dientes naturales o prótesis fija dentosoportada | Diente natural o prótesis fija dentosoportada |

| Unitarios/Múltiples | Unitarios | Unitarios | No especificado |
|------------------------|---|--|----------------------------|
| Tipo de Implante/Marca | 4,5x11mm Micro Thread OsseoSpeed Astra | Con superficie de HA/Omniloc® o Threadloc® | 3,5-4,5x8- 14mm/Ankylos |

Tabla 4. Comparación de los 3 estudios clínicos realizados sobre humanos.

A través de la **tabla 4**, es fácil apreciar que los implantes se han colocado principalmente en maxilar superior y en localización posterior, salvo en el estudio de Turner et al. en el que también se han colocado en mandíbula ya que su estudio realiza también una comparativa de cambios óseos observados entre diferentes tipos de hueso.

Los tres estudios coinciden en el tipo de antagonista, siendo este diente natural o prótesis fija dentosoportada. Nuevamente los estudios coinciden en que el tipo de rehabilitación realizada es en unitarios, salvo Turner et al. los cuales no lo especifican estrictamente.

En cuanto al tipo de implante empleado, no se puede discutir sobre ello debido al escaso número de implantes colocados y a que en los tres estudios analizados las características clínicas tienen diferencias entre sí que pueden derivar en sesgos.

| | Misch (Hueso D3- D4) | Ghoveizi et al. | Appleton et al. | Turner et al. |
|--|---|---|---|--|
| Tipo de hueso/ Segunda cirugía | Hueso D3- D4 5-6 meses | Hueso D3-D4 4 semanas | Hueso D3-D4 5 meses | Hueso D2-D4 3 meses |
| 1ª prótesis provisional /Dieta/Oclusión | 3-4 semanas /Blanda /Anoclusión | 2 meses /Blanda /2mm infraoclusión | 2 meses /Blanda /0,015mm infraoclusión | 45 días /Blanda /100µ infraoclusión |
| 2ª prótesis provisional /Dieta/Oclusión | 3-4 semanas /Blanda /Oclusión ligera | 2 meses /Firme Infraoclusión 40µ | 2 meses /Firme /0,015mm | ----- |

| | | | | |
|---|---|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| 3ª prótesis provisional /Dieta/Oclusión | ----- | 2 meses /Normal Infraoclusión 12 μ | 2 meses /Normal /Oclusión completa | ----- |
| Prótesis definitiva /Dieta/Oclusión | Dieta firme, normal tras control /Oclusión completa | Dieta normal /Oclusión completa | Dieta normal /Oclusión completa | Dieta normal /Oclusión completa |
| Material oclusal de la prótesis provisional/definitiva | Acrílico /Metal o cerámica | Acrílico /Corona metal cerámica | Acrílico /Superficie oclusal metálica | Acrílico /Corona metal cerámica |
| Cementado/Atornillado | Cementado | No especificado | Atornillado | Cementado |
| Control de la oclusión | Papel de articular | Lámina de aluminio | Material de relleno de plástico | Papel de articular de 100μ |

Tabla 5. Comparación de las características protocolarias de los estudios clínicos realizados, con el protocolo descrito por Carl E. Misch.

En la **tabla 5** se expresan las características del protocolo llevadas a cabo por los tres estudios realizados sobre humanos, comparándolos con el protocolo inicial descrito por Carl E. Misch.

A simple vista se pueden apreciar las diferencias existentes entre los protocolos descritos:

- Misch y Appleton son los que más tiempo dejan de integración ósea antes de realizar la segunda cirugía (5-6 meses) mientras que Ghozeizi deja tan solo 4 semanas.
- Hay una amplia variación en el tiempo entre las citas protésicas, pasando de las 3-4 semanas de Carl E. Misch para huesos D3-D4, hasta los 2 meses de intervalo de Appleton y Ghozeizi.
- En el número de citas protésicas también hay variación. Turner et al. sólo realizan una prótesis provisional antes de colocar la definitiva, Carl E. Misch realiza dos, y Appleton et al. y Ghozeizi confeccionan un total de tres prótesis provisionales.

- Difieren también en el mecanismo usado para poder controlar el nivel de oclusión que se quiere dar en cada fase protésica.
- El protocolo descrito por Carl E. Misch habla del uso de prótesis cementadas en carga progresiva, aunque Appleton et al. lo realizan con prótesis atornillada. Misch lo describe de esta manera para evitar alteraciones en la pasividad de la estructura, y que dichas alteraciones puedan alterar de forma no deseada a las fuerzas transmitidas a la interfase hueso-implante. El estudio realizado por Appleton et al. al tratarse de rehabilitaciones unitarias, no se ve afectado en gran medida por la pasividad necesaria en prótesis múltiples cementadas.

En cuanto a las semejanzas de sus protocolos, principalmente se encuentran:

- Tipo de dieta similar en todos dependiendo de la fase. En las fases iniciales se aconseja una dieta blanda, mientras que en la fase final se ha llegado a una dieta firme-normal paulatinamente.
- Tipo de oclusión similar dependiendo de la fase en la que se encuentre.
- Mismo tipo de material de las prótesis provisionales (acrílico). Todos los estudios reflejan una superficie oclusal acrílica en las rehabilitaciones provisionales.
- Mismo tipo de material de las prótesis definitivas (metal-cerámica). Todos los estudios reflejan como material utilizado en la rehabilitación mediante prótesis definitiva, una superficie cerámica o metálica.

Referente a los posibles cambios observados en el hueso peri-implantario, existen evidencias en la literatura científica que muestran cambios óseos debidos a aplicación de fuerzas en el complejo hueso-implante [19, 20, 26]. En base a ello, una tensión media ejercida sobre el hueso y la aplicación de fuerzas controladas podrían propiciar un mayor aumento en la densidad ósea.

El aumento de CHI (BIC) alrededor de los implantes sujetos a carga progresiva reflejado en el estudio de Podaropoulos [29], implicaría según Yun et al. [12] un estrés menor y más homogéneo en la interfase.

Appleton et al. [16] observan una menor pérdida de altura crestal ($0,2 \pm 0,27\text{mm}$) en el grupo rehabilitado mediante carga progresiva, que en el grupo control ($0,59 \pm 0,32\text{mm}$), apreciándose también una mayor densidad ósea en dicha zona. En el estudio realizado por Ghomeizi et al. [15] se han hallado resultados que también reflejan una menor pérdida ósea a nivel crestal en el grupo de protocolo de carga progresiva (0,19 mm de media en pérdida de altura a los 12 meses de rehabilitación) en comparación con el grupo control rehabilitado mediante carga convencional (0,36 mm de media de pérdida de altura a los 12 meses de rehabilitación).

Existen evidencias estadísticamente significativas obtenidas del estudio de Turner et al. [17] ($P=0,00026$) que ante un hueso poco denso se obtiene una mejora de la calidad ósea con un protocolo de carga progresiva.

7. Conclusiones

- Dado que la zona crestal es la más afectada por las fuerzas derivadas de la función protésica, un aumento de densidad ósea y una menor reabsorción de la zona podría beneficiar sobre todo a rehabilitaciones realizadas en huesos tipo D3-D4, favoreciendo así la integridad de los implantes y el éxito protésico.
- En los estudios clínicos encontrados que han realizado carga progresiva no existe un protocolo claro unificado que no sea el de Carl E. Misch.
- El aumento de CHI (BIC) beneficiaría sobre todo a los implantes situados en áreas de poca densidad ósea.
- Existen pocos artículos publicados en los que se realice carga progresiva sobre los implantes dentales y se estudien las posibles repercusiones biológicas.

8. Bibliografía

1. Carl E. Misch. *Prótesis Dental Sobre Implantes*. 2ª ed. Barcelona: ed. Elsevier; 2015.
2. Frost HM. Skeletal structural adaptations to mechanical usage (SATMU): 2. Redefining Wolff's law: the remodelling problem. *Anat Rec*. 1990; 226: 414-422
3. Huiskes R, Ruimerman R, van Lenthe GH, Janssen JD. Effect of mechanical forces on maintenance and adaptation of form in trabecular bone. *Nature*. 2000; 405: 704-706
4. LaMothe JM, Hamilton NH, Zernicke RF. Strain rate influences periosteal adaptation in mature bone. *Med Eng Phys*. 2005; 27: 277-284
5. Albrektsson T, Dahlin C, Jemt T, Sennerby L, Turri A, Wennerberg A. Is marginal bone loss around oral implants the result of provoked foreign body reaction? *Clin Implant Dent Relat Res*. 2014; 16: 155-165
6. Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. The impact of smoking on failure rates, postoperative infection and marginal bone loss of dental implants. *J Dent*. 2015; 43: 487-498
7. Moraschini V, Barboza ESP. Success of dental implants in smokers and non-smokers: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2016; 45: 205-215
8. Pilkner SS, Gröndahl K. Radiographic analyses of "advanced" marginal bone loss around Brånemark dental implants. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2009; 11: 120-133
9. Anitua E, Tapia R, Luzuriaga F, Orive G. Influence of implant length, diameter, and geometry on stress distribution a finite element analysis. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2010;30:89-95
10. Himmlová L, Dostálová T, Kácovský A, Konvičková S. Influence of implant length and diameter on stress distribution: a finite element analysis. *J Prosthet Dent*. 2004; 91: 20-25

11. Graves et al. The Role of Occlusion in the Dental Implant and Peri-implant Condition: A review. *Open Dent J.* 2016; 10: 594-601
12. Han JY, Hou JX, Zhou G, Wang C, Fan YB. A histological and biomedical study of bone stress and bone remodelling around immediately loaded implants. *Sci China Life Sci.* 2014; 57: 618-626
13. Wiskott HWA et al. Implementation of the “loaded implant” model on the rat using a miniaturized setup – description of the method and first results. *Clin Oral Imp Res.* 2012; 23 (12): 1352-1359
14. Gil LF, et al. Progressive plateau root form dental implant osseointegration: A human retrieval study. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2015; 103 (6): 1328-1332
15. Ghozeizi R, Alikhasi M, Siadat MR, Sorouri M. A radiographic comparison of progressive and conventional loading on crestal bone loss and density in single dental implants: a randomized controlled trial study. *J Dent (Tehran).* 2013; 10(2): 155-163
16. Appleton RS, Nummikoski PV, Pigno MA, Cronin RJ, Chung KH. A radiographic assessment of progressive loading on bone around single osseointegrated implants in the posterior maxilla. *Clin Oral Impl Res.* 2005; 16: 161-167
17. Turner PS, Netwig GH. Evaluation of the value of bone training (progressive bone loading) by using the Periotest: A clinical study. 2014; 5 (4): 461-465
18. Al-Juboori MJ. Progressive immediate loading of a perforated maxillary sinus dental implant: a case report. *Clin Cosmet Investing Dent.* 2015; 29: 25-31.
19. Koyama et al. Changes in Bone Metabolism Around Osseointegrated Implants Under Loading. *Implant Dentistry.* 2011; 203-218.
20. Zachetti G, Wiskott A, Cugnoli J, Botsis J, Ammann P. External Mechanical Microstimuli Modulate the Osseointegration of Titanium Implants in Rat Tibiae. *Biomed Res Int.* 2013; ID 234093.
21. Wazen RM et al. Micromotion-induced strain fields influences early stages of repair at bone-implant interfaces. *Acta Biomater.* 2013; 9: 6663-6674

22. Halldin A et al. The effect of static bone strain on implant stability and bone remodelling. *Bone*. 2011; 49: 783-789
23. Chou H-Y, Jagodnik JJ, Müftü S. Predictions of bone remodelling around dental implant systems. *J Biomech*. 2008; 41: 1365-1373
24. Isidor F. Influence of forces on peri-implant bone. *Clin. Oral Imp. Res.* 2006; 17(2): 8-18
25. Torcasio A, Van Lenthe GH, Van Oosterwyck H. The importance of loading frequency, rate and vibration for enhancing bone adaptation and implant osseointegration. *Eur Cell Mater*. 2008: 16; 56-68
26. De Smet E, Jaecques S, Vandamme K, Vander Sloten J, Naert I. Positive effect of early loading on implant stability in the bi-cortical guinea-pig model. *Clin Oral Implant Res*. 2005; 16: 402-407
27. Hsieh YF, Turner CH. Effects of loading frequency on mechanically induced bone formation. *J Bone Miner Res*. 2001; 16 (5): 918-924
28. Qian J, Wennerberg A, Albrektsson T. Reasons for marginal bone loss around oral implants. *Clin Implant Dental Relat Res*. 2012; 14: 792-807
29. Podaropoulos L, Veis AA, Trisi P, Papadimitriou S, Alexandridis C, Kalyvas D. Bone reactions around dental implants subjected to progressive static load: an experimental study in dogs. *Clin Oral Impl Res*. 2016; 27 (7): 910-917
30. Yoon J-H et al. Development of implant loading device for animal study about various loading protocol: a pilot study. *J Adv Prosthodont*. 2012; 4: 227-234