



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**  
**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**TÍTULO:**

**“CUANTIFICACIÓN DE LA CARGA OCLUSAL DE IMPLANTES OSTEO-  
INTEGRADOS. ESTUDIO CLÍNICO”**

**2016/2017**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**JUDITH RODRÍGUEZ GARCÉS**

**TUTOR:**

**Prof-Dr. D. DIEGO CAÑADAS RODRÍGUEZ**

**COTUTOR:**

**Dr. D. EUGENIO M<sup>a</sup> CORDERO ACOSTA**



## AGRADECIMIENTOS

*En primer lugar, me gustaría agradecer especialmente a las personas que han hecho posible este trabajo, el Prof-Dr. D. Diego Cañadas Rodríguez y el Dr. D. Eugenio Cordero Acosta, por su gran atención, paciencia, ayuda y dedicación, así como a la Dra. Belén Ruiz Navarro por su asesoramiento en la elaboración de gráficos y análisis estadístico.*

*En segundo lugar, al resto de profesores que han confiado en mí durante estos 5 años y me han hecho comprender, en los buenos y en los malos momentos, lo que es amar esta profesión, además de darme un buen ejemplo al ver la entrega que ponen muchos de ellos en todo lo que hacen.*

*Agradecer, por supuesto, a mi padre Miguel Ángel Rodríguez Hernández, a mi madre Pilar Garcés Gómez y a mi hermana M<sup>a</sup> Yeray Rodríguez Garcés, por su apoyo en los momentos difíciles, el gran esfuerzo y el sacrificio que han tenido que hacer para que se cumpliera un sueño ajeno. Ellos han confiado en mí todo este tiempo como nunca nadie lo ha hecho y me han enseñado a luchar siempre por lo que una quiere, cueste lo que cueste, a pesar de las dificultades que a veces la vida te plantea.*

*A mi familia, por su ayuda y su ánimo para que siguiera adelante y consiguiese mi objetivo y mis sueños.*

*Agradecer a mis compañeras de clase, de piso, y mejores amigas Olesya Hay y Carolina Caravaca Vázquez, por enseñarme a ver las cosas desde otro punto de vista, por su amistad, por su comprensión en las cosas del día a día, y por su gran ayuda en los momentos difíciles y en las complicaciones que han ido surgiendo a lo largo de estos años.*

*Para terminar, quiero dar las gracias a todas y cada una de las personas que han sido más que compañeros de clase y amigos en Sevilla, han sido mi segunda familia, estando presente en los buenos y, sobre todo, en los malos momentos, haciendo que las cosas fueran más fáciles y más llevaderas. Han sido mi alegría cada día que pasaba y uno de mis motivos de peso por los que siempre sacaba fuerzas y decidía continuar en momentos de debilidad. Sin cada uno de ellos esto no habría sido lo mismo.*

*Se acaba una maravillosa etapa, para dar comienzo a otra nueva que vendrá cargada de grandes ilusiones y experiencias, pero sin olvidar que todo esto ha sido posible gracias a todas estas personas a las cuales les estaré eternamente agradecida y guardaré en mi memoria y en mi corazón.*

*Muchas Gracias.*

# ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>2</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
1.1 Conceptos generales: sobrecarga oclusal y osteointegración.....	3
1.2 La controversia de la sobrecarga como factor de riesgo en la viabilidad del implante.....	4
1.3 Procedimientos rutinarios de ajuste oclusal.....	8
1.4 El sistema de análisis oclusal "T-Scan".....	10
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....</b>	<b>17</b>
<b>3. MATERIAL Y MÉTODO.....</b>	<b>18</b>
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>20</b>
<b>5. DISCUSIÓN.....</b>	<b>22</b>
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>23</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>24</b>

## **RESUMEN**

**OBJETIVO:** Mediante este estudio se pretende determinar los niveles de carga oclusal en estructuras implanto-soportadas en pacientes parcialmente desdentados rehabilitados mediante implantes oseo-integrados cargados con coronas unitarias o ferulizados mediante estructuras de dos o más coronas.

**MATERIAL Y MÉTODO:** Este estudio se ha llevado a cabo sobre una muestra de 104 implantes correspondientes a 25 pacientes en los que se tomaron registros de máxima intecuspidación mediante T Scan. La fuerza relativa soportada por los implantes se clasificó en tres niveles (supraoclusión, normoclusión e infraoclusión) y se realizó un estudio descriptivo. La unidad de estudio fue el implante.

**RESULTADOS:** En nuestra muestra el 38,46% de los implantes se encontraban en normoclusión, un 31,73 % estaban en supraoclusión (sobrecargados), un 26,92% en infraoclusión y, por último, un 2,88% fuera de oclusión (detectada mediante exploración clínica)

**CONCLUSIONES:** En nuestra muestra, la mayoría de los implantes no ejercen sobre la tabla oclusal unos niveles de fuerza dentro del mismo rango que los dientes naturales. El análisis de la oclusión mediante T Scan suministra información objetiva y precisa sobre los niveles de carga de los implantes osteo-integrados.

## **ABSTRACT**

**OBJECTIVE:** The aim of this study is to determine the occlusal load withstood by osteointegrated implants in patients wearing either free standing restorations or two or more implants linked by a rigid structure

**MATERIAL AND METHOD:** T Scan records were obtained from 25 implant patients. Relative occlusal force was analyzed in 104 osteointegrated implants. Level of force withstood by implants was classified according to occlusal force intensity into three levels: overload, normal load and underload. A descriptive study was performed.

**RESULTS:** In our sample, 38,46 per cent of implants were under normal occlusal forces, 31,73 per cent were overloaded and 26,9 % underloaded. 2,88 per cent of implants were out of occlusion as determined by clinical inspection.

**CONCLUSIONS:** Most implant restorations do not exert the same level of force as natural teeth. T Scan system for digital analysis of occlusion gives precise and objective information on the level of force withstood by osteo-integrated implants.

# **1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1 CONCEPTOS GENERALES: SOBRECARGA OCLUSAL Y OSTEOINTEGRACIÓN**

La sobrecarga oclusal, según el Glosario de Implantes Oral y Maxilofacial, es la “aplicación de la Carga Oclusal mediante función o parafunción, en exceso, más allá de lo que el componente del implante, la interfaz osteointegrada o la prótesis son capaces de soportar”<sup>1</sup>. Es la principal causa de complicaciones biomecánicas de un implante.

La perfecta función de un implante oral endoóseo, viene determinado por el vínculo íntimo que existe entre la superficie del implante y el hueso circundante. Este vínculo se denomina “osteointegración”, y se trata de una conexión funcional entre el hueso vivo y la superficie de un implante de titanio<sup>1</sup>.

Branemark (1977), define el concepto de osteointegración, como la deposición ósea directa en superficies de implantes a nivel microscópico.

Si se encuentra bien distribuida funcionalmente la carga del implante, se establece una correcta osteointegración, pero esta relación es muy delicada<sup>2</sup>, ya que pueden existir una serie de factores, tales como contactos prematuros, interferencias oclusales, prótesis con diseño deficiente, posicionamiento no ideal del implante y hábitos parafuncionales que pueden contribuir a la “sobrecarga oclusal” del implante, provocar una pérdida en la osteointegración, y, por ello, crear un daño estructural y biológico irreversible. Esto ocurre por la falta de adaptación de los tejidos a las fuerzas excesivas que son aplicadas al implante, por lo que este esfuerzo se transmite a la interfase implante-hueso.

Los signos clínicos que se observan incluyen recesiones gingivales y profundidad de sangrado al sondaje, siendo el más significativo la movilidad del implante<sup>3</sup> debido a la interrupción del vínculo que existe entre la superficie del implante y el hueso vivo y conduce a la pérdida de hueso y al fracaso del implante. El mecanismo por el que la sobrecarga produce esta pérdida de hueso, es un proceso complejo, ya que intervienen varios factores como la frecuencia de carga, la calidad del hueso, el diseño del implante y de la prótesis y la posición del implante.

Es importante tener en cuenta la diferencia que existe entre el concepto de carga temprana del implante y sobrecarga oclusal. La carga temprana, consiste en aplicar fuerzas oclusales sobre un implante. Se produce antes de las 48 horas y no se prolonga más de 3 meses tras la colocación del implante. Puede interferir con la osteointegración. La sobrecarga oclusal en un implante<sup>4</sup> se manifiesta cuando se ha perdido la osteointegración, tanto sobre el tejido periimplantario como en los tejidos blandos. Para prevenirla es necesario realizar exámenes exhaustivos, una correcta planificación del tratamiento, precisas ejecuciones en los tratamientos quirúrgicos y protésicos y llevar a cabo un mantenimiento regular.

Si aparece sobrecarga oclusal en un implante, con diversas complicaciones como las enunciadas anteriormente, se requerirán tratamientos quirúrgicos y protésicos, incluyendo equilibrado oclusal, reparación y reemplazo de los componentes protésicos defectuosos, además de tratamiento quirúrgico de los cráteres óseos.

## **1.2 LA CONTROVERSIA DE LA SOBRECARGA COMO FACTOR DE RIESGO EN LA VIABILIDAD DEL IMPLANTE.**

Una vez desarrollado el concepto de sobrecarga y osteointegración, las posibles consecuencias, la prevención y el tratamiento a llevar a cabo, es importante saber que la sobrecarga oclusal de las prótesis implanto-soportadas y su relación con posibles fallos de osteo-integración es una cuestión controvertida. La literatura no es concluyente; como veremos a continuación muchos trabajos y estudios defienden la importancia de la sobrecarga oclusal y otros, en cambio, se posicionan en sentido contrario.

En los años 90, se pensaba de forma general que la sobrecarga era una de las principales razones por las que fallaba un implante. Por tanto, se diseñaron investigaciones para analizar el papel de la carga mecánica en el establecimiento y el mantenimiento de la osteointegración, habiéndose obtenido resultados y conclusiones diversas.



La tendencia en la literatura disponible parece establecer que la sobrecarga no compromete el establecimiento de la osteointegración, aunque sí es un factor bastante importante la estabilidad primaria<sup>5,6</sup>.

Distintas publicaciones, incluyendo revisiones sistemáticas<sup>7-13</sup>, indican que la sobrecarga oclusal se relaciona positivamente con la pérdida de hueso marginal peri-implantario, pero ponen de manifiesto que los hábitos higiénicos deficientes juegan un papel muy importante como factor causante. Según Isidor<sup>14</sup>, la higiene bucal óptima y una adecuada oclusión son factores considerados críticos y necesarios para el éxito a largo plazo en implantes.

Un estudio sobre animales de experimentación<sup>15</sup>, analizó el efecto de la sobrecarga en el tejido peri-implantario; se sometieron 10 implantes a una carga excesiva durante 15 meses y se comprobó que 8 implantes perdieron osteointegración y se volvieron móviles. Los dos implantes restantes sufrieron una pérdida de hueso muy significativa. En otro ensayo clínico desarrollado en monos por Heckmann<sup>16</sup>, en el cual se evaluaron 80 implantes, se encontraron resultados similares.

Otros estudios experimentales en animales<sup>17-20</sup>, indican que con la sobrecarga se compromete el establecimiento de la osteointegración del implante, produciendo una pérdida ósea marginal y, por todo ello, corroboran de esta forma la importancia de una suficiente estabilidad primaria para el pronóstico del implante. Se constata, por tanto, en estos estudios, el efecto perjudicial de la carga excesiva sobre el hueso peri-implantario después de la osteointegración<sup>21,22</sup>, pero según Isidor<sup>23</sup>, no se ha demostrado una relación entre las condiciones de carga y la pérdida ósea marginal.

Una dificultad sobreañadida la constituye el hecho de la falta de estudios en humanos, ya que por objeciones éticas no es posible realizar investigaciones clínicas comparativas en las cuales se determine si la sobrecarga puede conducir a la pérdida del hueso peri-implantario y al fracaso del tratamiento. No disponemos, por tanto, de evidencia científica sobre el posible efecto perjudicial que podría producir la sobrecarga. Se dispone de revisiones clínicas<sup>24</sup> que sugieren que la sobrecarga es el factor principal que podría causar pérdida ósea periimplantaria y eventualmente fracaso del implante.

De acuerdo a la bibliografía disponible<sup>25,26,27,28</sup>, el aumento de las fuerzas de oclusión causada por el propio paciente podría guardar relación con la pérdida de hueso peri-implantario, aunque su verificación experimental no es posible en humanos por los condicionantes éticos ya aludidos.

El objetivo de otro estudio experimental controlado en perros realizado por Heitz-Mayfield<sup>29</sup>, fue evaluar el efecto de una excesiva carga oclusal durante un periodo de 8 meses. Esta sobrecarga no produjo pérdida de osteointegración o de hueso marginal al compararlos con implantes no cargados.

Otros estudios experimentales<sup>30</sup> en los que se utilizaron modelos animales, han demostrado que la sobrecarga no causa pérdida ósea peri-implantaria en ausencia de infección alrededor del implante. Sin embargo, Heckmann, Linke, y Graef<sup>31</sup> sugieren que existe reabsorción ósea alrededor de los implantes causada por el trauma oclusal, incluso cuando no hay inflamación en tejido peri-implantario.

Por otro lado, Miyata y Kobayashi<sup>32</sup>, concluyeron que, la combinación de la sobrecarga oclusal y la inflamación podría ser causante de una pérdida significativa del hueso marginal peri-implante. Por esta razón, se realizaron estudios<sup>33,34</sup> separados para poder evaluar el efecto de la sobrecarga en implantes endo-óseos en ausencia de inflamación, y se demostró también, que la sobrecarga producía igualmente una pérdida irreversible del hueso marginal. Aunque existe controversia entre la relación que hay entre la sobrecarga oclusal y la pérdida de tejido peri-implantario, de lo que no hay duda, según autores como Heitz-Mayfield, Chambrone y Daniele<sup>35,36</sup> es de que la sobrecarga provoca efectos en el tejido peri-implantario inflamado.

Isidor<sup>37</sup>, observó que tras colocar una prótesis removible inestable sobre 3 implantes que estaban bien integrados y que habían permanecido estables durante 9 años, se producía una pérdida ósea notable después de 6 meses. Tras la eliminación de la situación de oclusión traumática, se produce la reversión de esta situación y una notable curación del tejido peri-implante.

Kinsel<sup>38</sup>, realizó otro ensayo clínico dirigido a completar los datos disponibles sobre la etiología y la gestión de las complicaciones biomecánicas del tratamiento de

implantes (este análisis reveló una deficiencia en el número de ensayos clínicos realizados en el campo de oclusión de implantes); se concluyó que la sobrecarga oclusal era el factor etiológico primario de las complicaciones en el tratamiento con implantes, provocando pérdida de hueso, fractura de los componentes protésicos, aflojamiento o fractura de pilar de tornillos y fracaso del implante.

Estudios experimentales, realizados en animales<sup>39</sup> suministran información contradictoria sobre el impacto que provoca la carga en el proceso de osteointegración; en algunos casos se ha descrito la transferencia de fuerza entre el implante y los tejidos circundantes podría incluso estimular los tejidos peri-implantarios y, por tanto, la osteointegración.

La sobrecarga parece estar asociada con hábitos parafuncionales como el bruxismo<sup>40</sup>. Se ha sugerido que estos hábitos podrían estar relacionados con déficits neuro-sensoriales aún no completamente comprendidos. En pacientes rehabilitados mediante prótesis implanto-soportada<sup>41</sup>, se ha demostrado que el umbral mínimo para la percepción de fuerzas oclusales es significativamente más alto que en pacientes dentados, es decir, en pacientes rehabilitados es necesario un nivel de fuerza mayor para percibir sensibilidad táctil (concepto denominado óseo-percepción).

Un ensayo clínico realizado por Hammerle<sup>41</sup>, sobre una muestra de 62 sujetos cuyos implantes se oponían a dientes naturales determinó que era necesaria una fuerza nueve veces mayor a la habitual para obtener una percepción alrededor de los implantes similar a la captada por dientes naturales. En una revisión sistemática de la literatura<sup>42</sup>, se llega a la conclusión de que parece poco probable que el bruxismo sea un factor de riesgo para complicaciones biológicas alrededor del implante. Se sugiere que podría llegar a ser un factor de riesgo de complicaciones mecánicas.

Actualmente, no parece existir evidencia concluyente con respecto al efecto que presenta la supraclusión en la patogénesis de las complicaciones peri-implantarias ni en la pérdida ósea marginal en humanos, si bien esta es una afirmación que debe ser efectuada no sin reservas, ya que no es posible por cuestiones éticas llevar a cabo ensayos clínicos para estudiar esta posible asociación, y ha de tenerse en cuenta que muchas publicaciones sostienen lo contrario. En ausencia de evidencia, el razonamiento lógico

parece recomendar la realización de prácticas clínicas de control de riesgo, evitando las condiciones que conduzcan a la sobrecarga oclusal.

### 1.3 PROCEDIMIENTOS CLÍNICOS RUTINARIOS DE AJUSTE OCLUSAL

El requisito previo para la prevención de las consecuencias de la sobrecarga oclusal es la detección, medición y cuantificación de la misma, tanto en dientes naturales como en estructuras implanto-soportadas.

Los métodos convencionales para el control y ajuste de la oclusión incluyen papeles, telas y vinilos de articular, así como tiras de shimstock; el espesor de estos materiales para uso clínico varía entre los 8 y los 40 micrómetros, utilizándose espesores de hasta 200 micrómetros en trabajos de laboratorio.



Los procedimientos clínicos de ajuste oclusal consisten en utilizar los materiales ya descritos y además el operador se guía por la sensibilidad propioceptiva del paciente, a quien se pregunta si nota unos contactos más intensos que otros al ocluir. Frecuentemente, estos contactos son los que se identifican con el papel de articular y se tallan selectivamente, con la finalidad de conseguir una oclusión en la que, se supone, que las cargas estarán correctamente repartidas, es decir, los contactos son simultáneos y simétricos.

El problema es que, mediante estos procedimientos, la información que se obtiene sobre la carga oclusal está sujeta a la experiencia del operador y a la percepción subjetiva del paciente, la cual es imprecisa puesto que los receptores están sometidos a procesos de

adaptación. Estos métodos permiten la localización de los contactos, suministrando información sobre el número y la distribución de los mismos, pero no evalúan la secuencia en que aparecen durante el procedimiento de cierre ni la intensidad de los mismos<sup>43</sup>.

Carey et al.<sup>44</sup>, llevaron a cabo un estudio in vitro cuyos resultados no permitieron establecer una relación lineal entre el tamaño de la marca del papel de articular ni su intensidad y la fuerza incidente.

Utilizando una metodología similar, Sarah, Robert, Qadeer et al.<sup>45</sup> estudiaron los contactos oclusales en una muestra de 30 sujetos dentados, observando un bajo coeficiente de determinación entre la intensidad de los contactos (determinada mediante T Scan) y el área de los mismos, es decir, éstas son indicadores poco fiable, por lo que debe cuestionarse su utilización en procedimientos de ajuste oclusal.

Kerstein,<sup>46</sup> llevó a cabo un estudio con la participación de 200 facultativos que debían relacionar un conjunto de marcas de papel de articular con la fuerza incidente, habiendo encontrado puntuaciones muy bajas en la correlación entre la interpretación subjetiva y la fuerza relativa de los contactos, determinada mediante T Scan. En otras palabras, los clínicos no son capaces de asociar de forma fiable el tamaño, intensidad y apariencia de las marcas y la fuerza que representan y por tanto esta práctica debería ser sustituida por un procedimiento objetivo basado en la medición de las fuerzas oclusales.

Por otro lado, Carey et al.<sup>47</sup> realizaron un estudio en el que se simulaba la fuerza masticatoria, con la ayuda de un dispositivo que provocaba impactos de dos modelos de epoxi resina, con una magnitud entre 25 y 450 Nw los cuales corresponden con los valores normales de fuerza desarrollados durante la masticación humana. Las marcas producidas por el papel articular se analizaron y se llegó a la conclusión que no existía una relación lineal entre el tamaño y/o la intensidad de la marca dejada por el papel articular y la fuerza incidente; por lo tanto, no debe admitirse que, si la marca es mayor, es porque existe una mayor fuerza de oclusión. En este estudio, sólo se constató un 21 % de coincidencia entre estos factores, y, además, debe destacarse que se daban marcas del mismo tamaño que se correspondían con niveles de fuerzas distintos. Por tanto, la superficie y la intensidad de

las marcas no traducen con fiabilidad la carga transmitida, al contrario de lo que habitualmente se admite.

Maness<sup>48</sup>, en un estudio de laboratorio para la detección de interferencias oclusales, evaluó la fiabilidad de tres métodos: el papel articular (Accufilm™), tiras de acero laminado de 8 µm (Shim Stock) y T-Scan. El T-Scan resultó ser el método más fiable, sobre todo si los contactos eran numerosos y simultáneos.

En uno de los escasos estudios realizados mediante T Scan en pacientes con implantes osteointegrados, Dario<sup>49</sup> analizó la oclusión de 100 pacientes portadores de implantes realizando registros con T-Scan y observó que la oclusión de una prótesis sobre implantes puede cambiar significativamente en los primeros 18 meses tras su colocación ya que casi la mitad de los pacientes necesitaron ajuste oclusal durante el periodo de observación (18 meses).

#### **1.4 EL SISTEMA DE ANÁLISIS OCLUSAL "T-SCAN"**

Para un análisis preciso de la oclusión, se requieren dispositivos y procedimientos que suministren información objetiva. Esta información debe incluir, al menos, la localización de los contactos y la cuantificación de fuerza incidente, expresada en unidades absolutas o relativas. Tanto los dispositivos como los procedimientos deben ser fiables, no costosos y de fácil ejecución clínica.

##### **1.4.1 Generalidades**

Los dispositivos basados en la tecnología electrónica, útiles para medir las fuerzas oclusales, se han venido utilizando desde hace más de 40 años. La mayor parte de estos instrumentos, se utilizaron en el ámbito experimental. Se trataba de transductores telemétricos<sup>50,51,52</sup>, transductores miniaturizados sensibles a la presión<sup>53,54</sup>, sensores basados en tecnología de semiconductores<sup>55</sup>, galgas extensiométricas o sensores piezoeléctricos<sup>56</sup>.

A lo largo de estos años, también se han utilizado otro tipo de indicadores con propiedades colorimétricas, que se adaptan a la forma de las arcadas, y para su empleo son necesarios instrumentos lectores, que se basan en la fotodensitometría o en análisis con luz polarizada.

Todos estos métodos resultaron ser bastante costosos y/o de complicado manejo clínico, por lo que eran poco prácticos para el uso rutinario.

## **1.4.2 El sistema de análisis oclusal dinámico "T-Scan"**

### **1.4.2.1 - Descripción**

El sistema de análisis oclusal T Scan, se introdujo en 1984 por Maness<sup>57</sup>, y presenta notables ventajas sobre los dispositivos y procedimientos mencionados, ya que, permite el estudio de la oclusión desde una perspectiva dinámico-funcional.

Desde su versión inicial, T-Scan I, se ha desarrollado hasta el T-Scan III, ofreciendo información de localización, secuencia de aparición e intensidad relativa de los contactos oclusales. Constituye un sistema de diagnóstico y tratamiento para analizar de forma dinámica la oclusión.

Se trata de un dispositivo digital, capaz de procesar señales procedentes de un sensor de presión (basado en el fenómeno de la piezo-resistividad), el cual está introducido en un instrumento de soporte y diseñado para su utilización en boca, ubicándolo entre ambos arcos dentarios. Este dispositivo de soporte lee los registros oclusales obtenidos por el sensor y transfiere la información ordenador en formato digital. La función de este ordenador es la de representar los datos de la aparición, la evolución y la intensidad de los contactos oclusales a lo largo del tiempo en modo numérico y gráfico.



*Figuras 1: El sistema de análisis oclusal T Scan III*



*Figura 2: Sensores piezoresistivos*

*Figura 3: Sensor introducido en instrumento de soporte*

El sensor está fabricado con dos láminas de mylar (ftalato de polietileno) selladas periféricamente en cuyo interior se contiene el material piezoresistivo distribuido en líneas verticales y horizontales, formando una cuadrícula. Las variaciones de presión que provocan los contactos dentarios inducen variaciones en el voltaje, creando la señal de entrada en el dispositivo. Esta señal es la que se procesa y se trata mediante un software específico que presenta la información en modo gráfico y numérico.



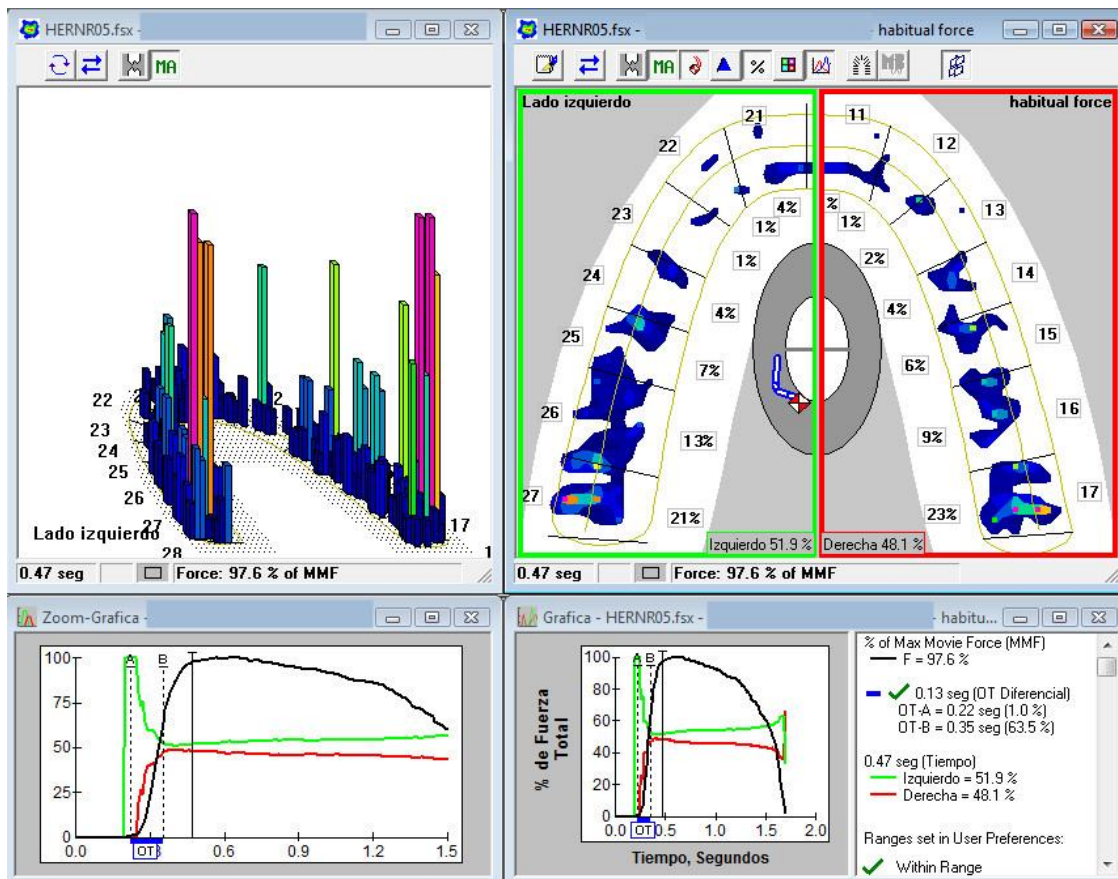


Figura 4: Interfaz del programa T Scan III

La interfaz principal del programa muestra la siguiente información:

Superior izquierda: Diagrama de barras en tres dimensiones, las cuales traducen la intensidad de las fuerzas relativas incidentes sobre la tabla oclusal en cada zona, según su color y altura.

Superior derecha: Imagen en dos dimensiones que muestra la tabla oclusal donde se observan los contactos oclusales, representando en código de colores la intensidad de fuerzas relativas y mostrándose los porcentajes de fuerza de cada diente y la suma del porcentaje de fuerzas que caen en cada hemiarcada siendo deseable un equilibrio entre ambos lados de 50%-50%. Se trata de un símil de papel articular electrónico.

En la parte inferior: gráfico en el que se muestra en un eje de coordenadas la intensidad de las fuerzas (eje Y) con respecto al tiempo transcurrido desde que se detecta el primer contacto (eje X).

#### 1.4.2.2 - Fundamentos biológicos y justificación.

La existencia de contactos oclusales bilaterales, simultáneos y simétricos y la distribución de la carga oclusal de forma equilibrada a ambos lados del plano sagital medio son características comunes a todas las teorías y escuelas de oclusión<sup>58,59,60</sup>, y se consideran integrantes de la oclusión fisiológica.

La existencia de marcas de papel de articular bilaterales y simétricas no asegura que la carga oclusal también sea simétrica. Por otra parte, dichas marcas constituyen un registro estático y no permiten conocer el orden en que dichos contactos han ido apareciendo a medida que ambos arcos dentarios entran en oclusión en caso de que no sean simultáneos<sup>48</sup>.

Por el contrario, la capacidad de registro del sistema de análisis oclusal T-Scan, es capaz de detectar la esta secuencia, ofreciendo al operador la posibilidad de eliminar aquellos contactos que impiden conseguir el objetivo de simultaneidad para conseguir el equilibrado en el caso de que la dentición esté integrada únicamente por dientes naturales, y un patrón de no simultaneidad en los casos de rehabilitación mediante prótesis implantosoportada, ya que debido a la diferente depresibilidad de estas estructuras en comparación con los dientes naturales, deben entrar en contacto una vez que éstos se hayan deprimido en el interior del alveolo. Si el patrón de contactos en estos casos es simultáneo, las estructuras artificiales resultarán sobrecargadas.

Disponer de esta información objetiva elimina posibles sesgos derivados de la interpretación subjetiva de los datos visuales o táctiles a que tiene acceso el operador obtenidos a partir de la utilización del papel de articular o del shimstock, así como de la sensación propioceptiva del paciente, sujeta a factores tales como la propia subjetividad, la acomodación de los propioceptores o el cansancio acumulado a lo largo de la sesión clínica.

Durante un ciclo masticatorio los niveles de fuerza incidente sobre la tabla pueden ser representados mediante una gráfica con tres tramos (figura 5): fase ascendente, a

medida que se establecen los contactos; estacionaria, una vez que se alcanza el máximo nivel de fuerza y descendente, coincidiendo con la separación de los arcos dentarios.

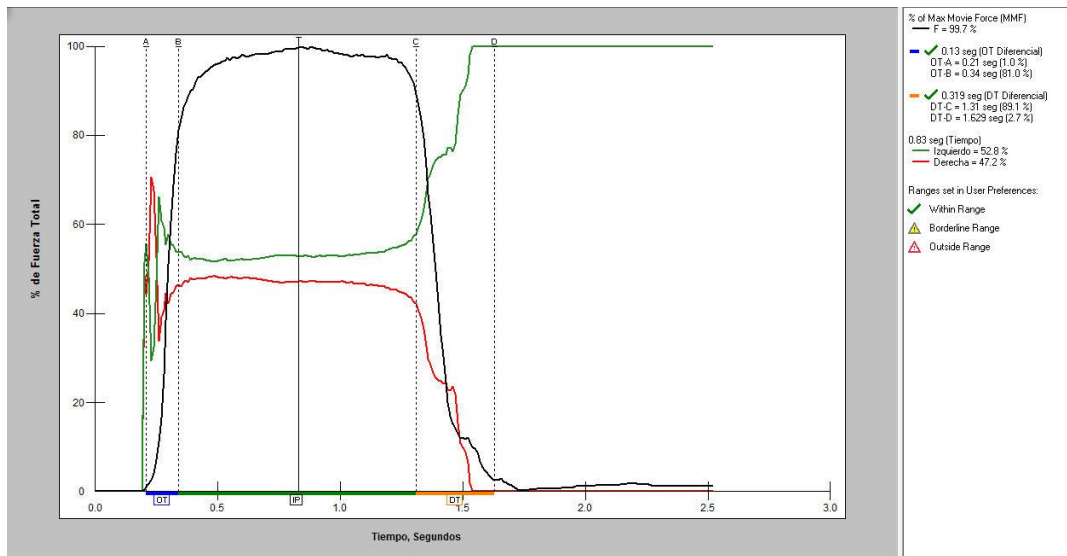


Figura 5. Curva de carga de la tabla oclusal: Se distingue la fase ascendente, desde el inicio de los contactos hasta que se alcanza la máxima fuerza 100%; fase de meseta, mientras se mantiene la máxima intercuspación; fase descendente, el paciente separa los arcos dentarios.

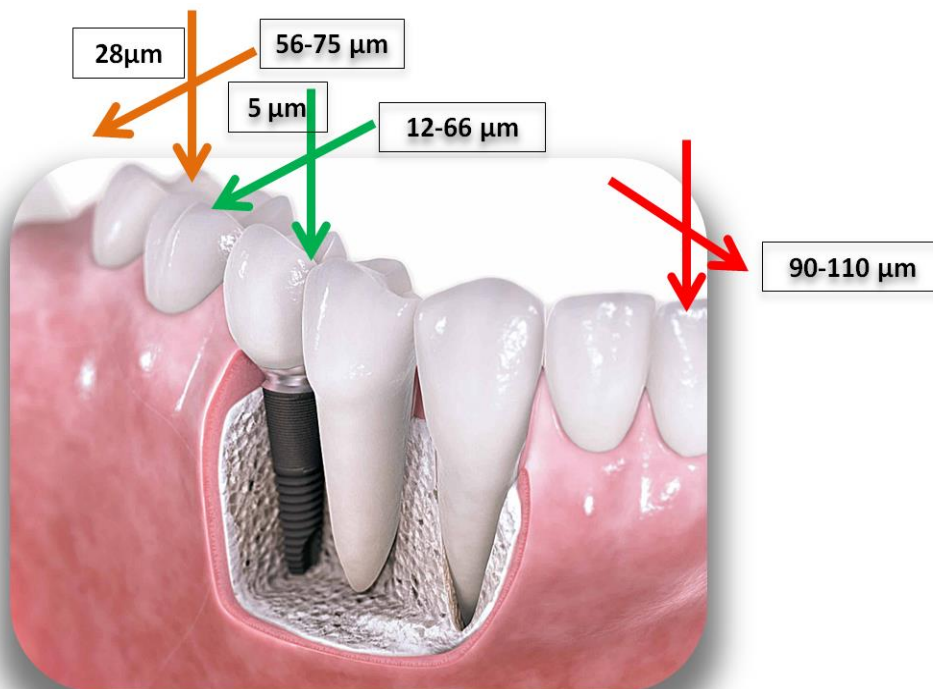


Figura 6: Valores de los micromovimientos en dientes naturales e implantes osteointegrados

Durante la fase ascendente, los dientes naturales se deprimen en sus alveolos debido a las propiedades hidráulicas y viscoelásticas de los tejidos perirradiculares (figura 6), siendo el rango de movimiento del orden de 28 micrómetros en sentido ocluso-apical y de 56 a 75 en sentido vestibulo-lingual. El valor de esta depresión es considerablemente menor en las estructuras implanto-soportadas. Tal como se ha apuntado anteriormente, si en un paciente rehabilitado en el que coexistan dientes naturales e implantes los contactos se establecen al mismo tiempo, seguramente éstos resultarán sobrecargados una vez que se alcance la depresión de los dientes naturales. Con los métodos convencionales de ajuste oclusal no es posible medir ni los niveles de fuerza, ni el momento de la fase ascendente en que comienza la posible sobrecarga. Por tanto, será difícil realizar un ajuste de tal modo que las estructuras artificiales establezcan contacto una vez completado el recorrido hacia apical de los dientes naturales.

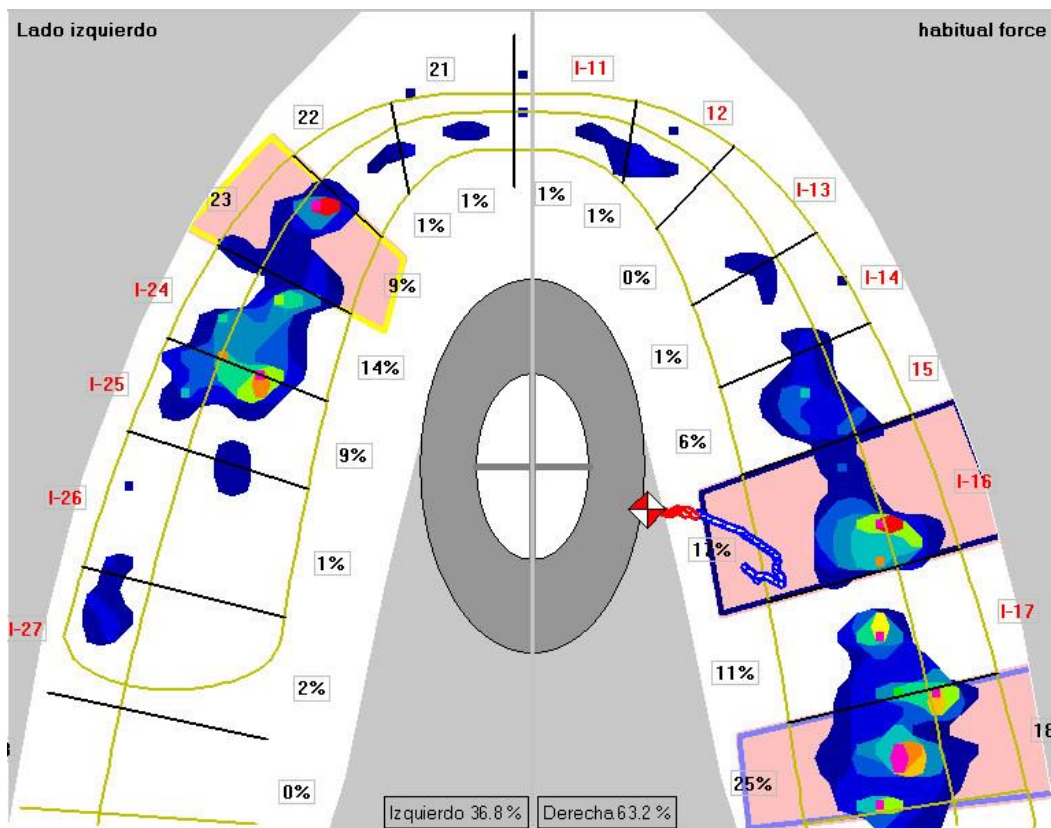


Figura 7. Registro de T-Scan de un paciente en el que existe sobrecarga oclusal en los dientes 18, 16, 23 y en menor medida en 25.

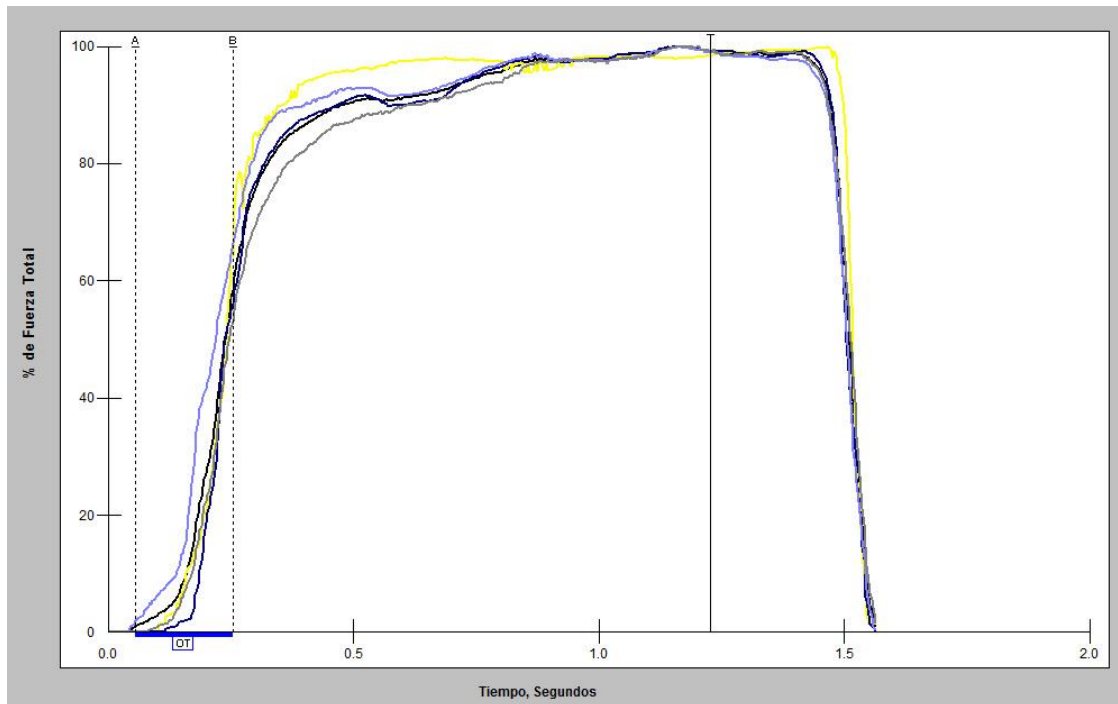


Figura 8. Curva de carga de la tabla oclusal desagregada para el paciente de la figura anterior. La línea de color negro representa el promedio de la curva de carga y, las líneas de colores que distan del centro hacen referencia a dientes individuales. En esta imagen se distinguen los dientes sobrecargados (líneas de colores que quedan por fuera de la curva promedio de carga representada en color negro).

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

Existen muy escasos estudios que analicen los niveles de carga a que están sometidos los implantes oseo-integrados mediante dispositivos detectores de presión y por tanto especifiquen de manera objetiva y precisa las unidades de presión que inciden sobre ellos. Tras una búsqueda bibliográfica sólo se ha encontrado un trabajo<sup>49</sup>. Mediante este estudio se pretende conocer y describir los niveles de carga oclusal en estructuras implanto-soportadas en pacientes rehabilitados mediante implantes que coexistan con dientes naturales, es decir, pacientes parcialmente desdentados rehabilitados mediante implantes. Se trata por tanto de un estudio retrospectivo, descriptivo y transversal sobre una muestra de 25 pacientes aleatoriamente elegidos entre una población de sujetos tratados en la unidad docente de Prótesis Estomatológica y una clínica privada, (un total de 104 implantes) con los siguientes propósitos:

Objetivo general- Determinar los niveles de carga de las estructuras implanto-soportadas sometidas a estudio.

Objetivos operativos

1) Determinar la proporción de unidades implanto-soportadas cuyo nivel de carga está dentro de la media, en términos de fuerza relativa.

2) Determinar la proporción de unidades implanto-soportadas en condiciones de supra-oclusión.

3) Determinar la proporción de unidades implanto-soportadas en condiciones de infra-oclusión.

### **3. MATERIAL Y MÉTODO**

Para la configuración de la muestra objeto de este estudio, se llevó a cabo una selección aleatoria de historias clínicas de pacientes tratados en el título propio de la unidad de Prótesis Estomatológica de la facultad de Odontología de Sevilla y, de una clínica privada, correspondientes a pacientes parcialmente desdentados rehabilitados mediante implantes. Los criterios de inclusión del presente estudio fueron los siguientes:

- Parcialmente desdentados
- Rehabilitados con al menos un implante indistintamente de su ubicación
- Tiempo de carga no inferior a un año
- Haber acudido con periodicidad a las revisiones
- No haber tenido incidencias ni pérdidas de las fijaciones durante y después del procedimiento rehabilitador
- No encontrarse en tratamiento por ninguna enfermedad sistémica grave

El rango de edad de los pacientes tratados para el estudio fue de entre 40 y 65 años.

Una vez aplicados los criterios, se configuró una muestra compuesta por 12 pacientes de la Facultad de Odontología, y 13 pacientes de la clínica privada.

Los pacientes se citaron para una revisión rutinaria y se les informó del propósito de la exploración, obteniendo su consentimiento.

Se estableció el siguiente protocolo de actuación:

1) Estudio previo de la historia clínica y revisión del material radiográfico, identificando las estructuras implanto-soportadas.

2) Exploración clínica de la dentición, con especial atención a las estructuras implantosoportadas.

3) Evaluación de la oclusión mediante papel de articular y determinación de los dientes artificiales fuera de oclusión.

4) Medición de la anchura de la arcada del paciente con la horquilla portadora del sensor introducida en boca, selección del sensor piezoresistivo adecuado según las características morfológicas de la arcada.

5) Apertura de la ficha del paciente en el programa "T Scan III"

6) Toma de al menos 3 registros de máxima intercuspidadación pidiendo al paciente que mordiera firmemente en el sensor.

7) Estudio de los registros y selección de los datos para el estudio estadístico.

Los registros fueron tomados por el mismo operador y dando a todos los pacientes las mismas instrucciones. Se emplearon sensores HD, seleccionando el modelo 2001 ó 2501 según se adecuaban más a las características morfológicas de las arcadas de cada paciente.

Previamente a la toma de registros definitivos, los pacientes ensayaron con un primer sensor (que no se utilizó posteriormente) para tener la seguridad de que comprendían y podían ejecutar las instrucciones. Se sentaron en el sillón dental en posición vertical con el plano de Francfort paralelo al suelo. Todos los registros se iniciaban desde la posición de reposo mandibular, teniendo cuidado de no tocar el sensor con los dientes inferiores. Se situó la horquilla portadora del sensor ubicando el marcador de línea media entre los incisivos centrales y desde posición de reposo se pidió al paciente morder firmemente manteniendo la máxima intercuspidadación entre 1 y 2 segundos, hasta

recibir la instrucción de "abrir la boca". Se descartaron y repitieron los registros no satisfactorios.

Los registros obtenidos se estudiaron, determinando la localización de los implantes. Para ello se utilizó la información recogida clínicamente así como la de los registros radiográficos. Se verificó el nivel de carga que recaía en cada uno de ellos y se clasificó dependiendo de su intensidad, en uno de estos tres niveles: supra-oclusión, normo-oclusión e infra-oclusión y para ello se atendió al código de colores utilizado por el programa T Scan 3: los colores magenta, rojo y anaranjado se consideraron supra-oclusión; los colores amarillo, verde y azul claro, normo-oclusión, y el color azul oscuro así como la ausencia de contacto, infra-oclusión. Además, se anotaron aquellos implantes que en la exploración clínica estaban fuera de oclusión.

#### 4. RESULTADOS

De un total de 104 implantes, un 38,46% (40 implantes) presentaban normooclusión, un 31,73% (33 implantes) estaban sobrecargados, el 26,92% (28 implantes) en infraoclusión, y, por último, un 2,88% (3 implantes) se encontraban en fuera de oclusión, según observación clínica (figura 9).

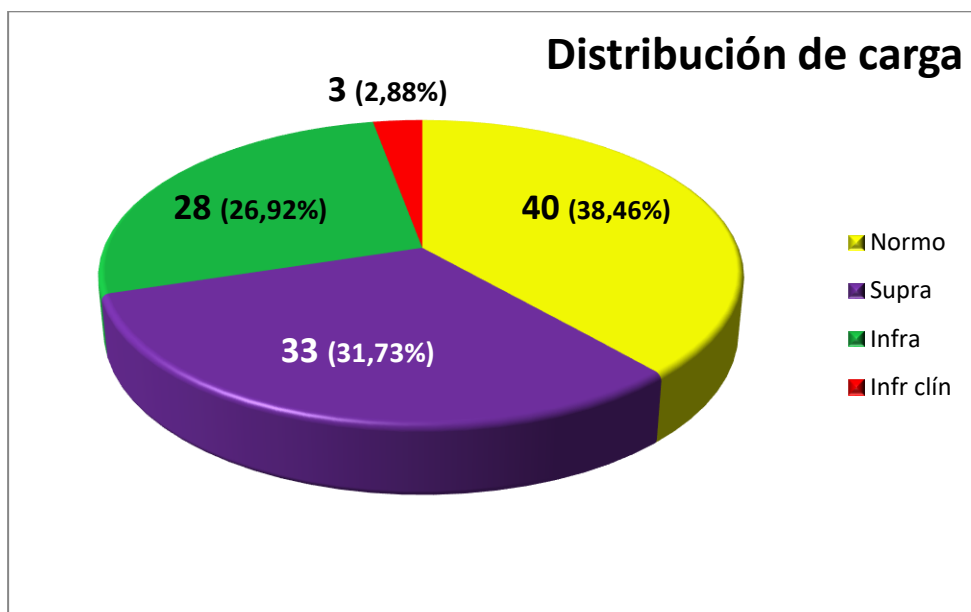


Figura 9



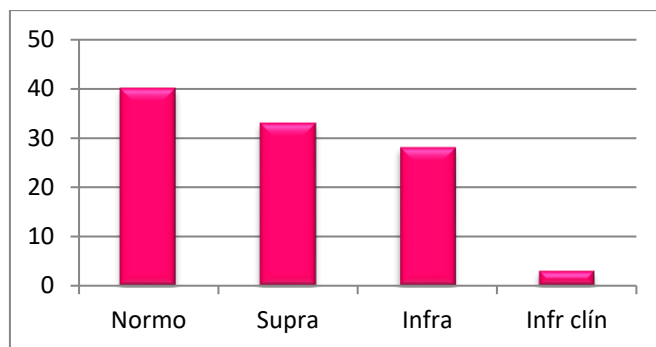


Figura 10

Por tanto la mayor proporción de implantes (61,53 %) se hallan en situación de supra o de infraoclusión (figura 10).

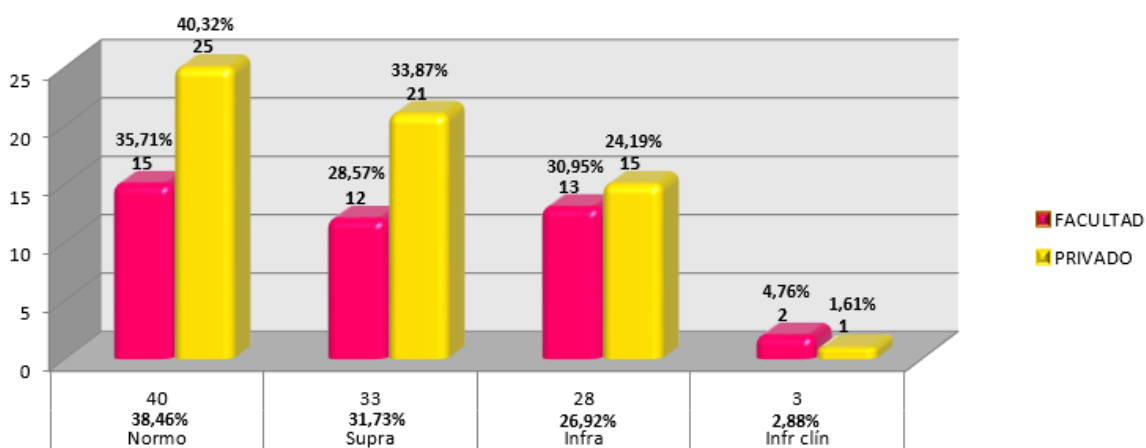


Figura 11

Haciendo un estudio comparativo entre la situación que presentan los implantes estudiados en la facultad de Odontología de Sevilla y la Clínica Privada (figura 11), hemos obtenido que, de los 40 implantes que se encuentran en normoclusión, 15 de ellos corresponden a la Facultad de Odontología (35,71%) y 25 implantes (40,32%) son de la Clínica Privada. En cuanto a los 33 implantes que presentan supraoclusión y que, por tanto, están sobrecargados, 12 implantes (28,57%) pertenecen a la Facultad y 21 implantes (33,87%) a la Clínica Privada. Por otro lado, de los 28 implantes que se encuentran en infraoclusión, 13 de ellos (30,95%) son de los estudiados en la Facultad y 15 implantes (24,19%) de la Clínica Privada. Por último, 2 de los 3 implantes que presentan infraoclusión clínica, es decir un 4,76% corresponde a la Facultad de Odontología y 1 implante (1,61%) corresponde a la Clínica Privada. Los porcentajes se corresponden con el total de la Facultad y de la Clínica privada respectivamente.

Hay un mayor porcentaje de implantes colocados en normoclusión, supraoclusión e infraoclusión por parte de los profesionales, en cambio, los implantes colocados en inoclusión son más frecuentes en la Facultad de Odontología de Sevilla.

## **5. DISCUSIÓN**

No se han encontrado trabajos similares al presente en la literatura consultada, exceptuando el ya referido de Dario<sup>49</sup>, cuyo propósito fue observar la oclusión de implantes post-inserción mediante el Sistema de Análisis T-Scan, con el objetivo de observar cambios en la distribución de fuerzas oclusales relativas a lo largo del tiempo y poder realizar ajustes oclusales para ecualizar las fuerzas sobre la tabla oclusal. El autor registró la oclusión en 100 pacientes estudiando un total de 571 implantes. El periodo de estudio fue de 18 meses en intervalos de 3 meses, habiendo observado que, la oclusión en una prótesis sobre implantes puede cambiar significativamente en los primeros 18 meses. Casi la mitad (46%) de los implantes estudiados presentaban sobrecarga oclusal bien en máxima intercuspidad o bien prematuridades o interferencias. Ha de reseñarse que el estudio fue realizado mediante un T Scan II y no mediante sensores HD, puesto que éstos son posteriores a los de la fecha de realización del estudio.

En el presente estudio el 31,73 % de los implantes muestran sobrecarga en contraste con el 46 % de los del trabajo referido, en el cual no se especifican cuántos de los implantes sobrecargados lo estaban en oclusión habitual y cuántos eran interferencias o prematuridades. Si no se hubiesen registrado éstos últimos, probablemente los resultados de ambos estudios estarían más cerca. Dado que en el estudio no se especifican cuántos implantes estaban en infraoclusión ni en nomo-oclusión, no podemos establecer comparaciones. En nuestro estudio no se han podido realizar ajustes periódicos durante un periodo de seguimiento de 18 meses, debido a la naturaleza del mismo.

El sistema de análisis oclusal T Scan III permite conocer nivel de carga sobre la tabla oclusal, el equilibrio de fuerzas y las fuerzas relativas que inciden sobre las unidades dentarias naturales y artificiales, suministrando información independiente del operador y del paciente. Dado que de acuerdo con la literatura disponible la sobrecarga oclusal parece estar en relación con complicaciones e incidencias en implantología parece

recomendable adoptar una conducta de control de riesgos que incluya la utilización de métodos de control oclusal que suministre información fiable y objetiva.

## **6. CONCLUSIONES**

Dentro de las limitaciones del presente estudio, podemos obtener las siguientes conclusiones:

1. La cuestión de la sobrecarga oclusal y su relación causal con la perdurabilidad de los implantes oseo-integrados son una cuestión no resuelta en la literatura a fecha de hoy.
2. En nuestra muestra sobre un total de 104 implantes, más de la mitad de las fijaciones estaban en situación de supra o de infraoclusión.
3. Desagregados los datos por ámbito clínico (Facultad de Odontología y Clínica Privada), no se observan diferencias importantes (28,57% de los implantes de la Facultad y el 33,87% de la Clínica Privada)
4. Los registros mediante T-Scan, son fáciles de realizar, económicos, pueden conservarse y permiten conocer la carga incidente sobre los implantes óseo-integrados.
5. Estos hallazgos sugieren la necesidad de controlar rigurosamente la oclusión de las estructuras implanto-soportadas debido a la posible relación entre el trauma oclusal y el fracaso del tratamiento con implantes.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

1. Laney W. Glossary of oral and maxillofacial implants. Berlin: Quintessenz. 2007.
2. Berglundh T, Abrahamsson I, Lindhe J. Bone reactions to longstanding functional load at implants: an experimental study in dogs. *J Clin Periodontol* 2005;32:925-932.
3. Faggion C, Jr., Listl S, Tu Y. Assessment of endpoints in studies on peri-implantitis treatment--a systematic review. *J Dent* 2010;38:443-450.
4. Goodacre C, Bernal G, Rungcharassaeng K, Kan J. Clinical complications with implants and implant prostheses. *J Prosthet Dent* 2003;90:121-132.
5. Cochran D, Morton D, Weber H. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding loading protocols for endosseous dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:109-113.
6. Isidor F. Influence of Forces on Bone Osseo. *Clin Oral Implants Res.*2006;17(Suppl.2):8–18.
7. Quirynen M, Naert I, van Steenberghe D. Fixture design and overload influence marginal bone loss and fixture success in the Brånemark system. *Clin Oral Implants Res* 1992;3:104-111.
8. Lindquist L, Rockler B, Carlsson G. Bone resorption around fixtures in edentulous patients treated with mandibular fixed tissue-integrated prostheses. *J Prosthet Dent* 1988;59:59-63.
9. Heckmann S, Linke J, Graef F, Foitzik C, Wichmann M, Weber H. Stress and inflammation as a detrimental combination for peri-implant bone loss. *J Dent Res* 2006;85:711-716.
10. Rangert B, Krogh P, Langer B, Van Roekel N. Bending overload and implant fracture: a retrospective clinical analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:326-334.
11. Lindquist L, Carlsson G, Jemt T. A prospective 15-year follow-up study of mandibular fixed prostheses supported by osseointegrated implants. Clinical results and marginal bone loss. *Clin Oral Implants Res* 1996;7:329-336.
12. Esposito M, Thomsen P, Ericson L, Sennerby L, Lekholm U. Histopathologic observations on late oral implant failures. *Clin Implant Dent Relat Res* 2000;2:18-32.

13. Serino G, Turri A. Extent and location of bone loss at dental implants in patients with peri-implantitis. *J Biomech* 2011;44:267-271.
14. Isidor F. Influence of Forces on Bone Osseo. *Clin Oral Implants Res.* 2006;17(Suppl.2):8–18.
15. Esposito M, Thomsen P, Ericson L, Lekholm U. Histopathologic observations on early oral implant failures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:798-810.
16. Heckmann S, Linke J, Graef F, Foitzik C, Wichmann M, Weber H. Stress and inflammation as a detrimental combination for peri-implant bone loss. *J Dent Res* 2006;85:711-716.
17. Vandamme K, Naert I, Geris L, Vander Sloten J, Puers R, Duyck J. Histodynamics of bone tissue formation around immediately loaded cylindrical implants in the rabbit. *Clin Oral Implants Res.* 2007;18:471–480.
18. Vandamme K, Naert I, Geris L, Vander Sloten J, Puers R, Duyck J. Influence of controlled immediate loading and implant design on peri-implant bone formation. *J Clin Periodontol.* 2007;34:172–181.
19. Duyck J, Vandamme K, Geris L, Van Oosterwyck H, De Cooman M, Vandersloten J et al. The influence of micromotion on the tissue differentiation around immediately loaded cylindrical turned titanium implants. *Arch Oral Biol.* 2006;51:1–9.
20. Vandamme K, Naert I, Vander Sloten J, Puers R, Duyck J. Effect of implant surface roughness and loading on periimplant bone formation. *J Periodontol.* 2008;79:150–157.
21. Hoshaw S, Brunski J, Cochran G. Mechanical loading of Brånemark implants affects interfacial bone modelling and remodelling. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1994;9:345–360.
22. Duyck J, Rønold H, Van Oosterwyck H, Naert I, Vander Sloten J, Ellingsen J. The influence of static and dynamic loading on marginal bone reactions around osseointegrated implants: an animal experimental study. *Clin Oral Implants Res.* 2001;12:207–218.
23. Isidor F. Influence of forces on peri-implant bone. *Clin. Oral Imp. Res.* 17 Suppl. 2, 2006; 8–18.
24. Heckmann S, Linke J, Graef F, Foitzik C, Wichmann M, Weber H. Stress and inflammation as a detrimental combination for peri-implant bone loss. *J Dent Res* 2006;85:711-716.

25. Miyata T, Kobayashi Y, Araki H, Ohto T, Shin K. The influence of controlled occlusal overload on peri-implant tissue. part 4: a histologic study in monkeys. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002;17:384-390.
26. Miyata T, Kobayashi Y, Araki H, Ohto T, Shin K. The influence of controlled occlusal overload on peri-implant tissue. Part 3: A histologic study in monkeys. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:425-431.
27. Heitz-Mayfield L, Schmid B, Weigel C, Gerber S, Bosshardt D, Jönsson J, Lang N, Jönsson J. Does excessive occlusal load affect osseointegration? An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:259-268.
28. Isidor F. Influence of Forces on Bone Osseo. *Clin Oral Implants Res*. 2006;17(Suppl.2):8–18.
29. Heitz-Mayfield L, Schmid B, Weigel C, Gerber S, Bosshardt D, Jönsson J, Lang N, Jönsson J. Does excessive occlusal load affect osseointegration? An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:259-268.
30. Nakatsu S, Yoshinaga Y, Kuramoto A, Nagano F, Ichimura I, Oshino K, et al. Occlusal trauma accelerates attachment loss at the onset of experimental periodontitis in rats. *J Periodontal Res*. 2014;49(3):314–22.
31. Heckmann S, Linke J, Graef F, Foitzik C, Wichmann M, Weber H. Stress and inflammation as a detrimental combination for peri-implant bone loss. *J Dent Res* 2006;85:711-716.
32. Miyata T, Kobayashi Y, Araki H, Ohto T, Shin K. The influence of controlled occlusal overload on peri-implant tissue. part 4: a histologic study in monkeys. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002;17:384-390.
33. Miyata T, Kobayashi Y, Araki H, Ohto T, Shin K. The influence of controlled occlusal overload on peri-implant tissue. Part 3: A histologic study in monkeys. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:425-431.
34. Heitz-Mayfield L, Schmid B, Weigel C, Gerber S, Bosshardt D, Jönsson J, Lang N, Jönsson J. Does excessive occlusal load affect osseointegration? An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:259-268.
35. Chambrone L, Lima L. Effects of occlusal overload on peri-implant tissue health: a systematic review of animal-model studies. *J Periodontol* 2010;81:1367-1378.
36. Daniele M, Carlo E, Poggio, Frank L. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, Volume 16, Number 3, 2014.

37. Isidor F. Influence of forces on peri-implant bone. *Clin. Oral Imp. Res.* 17 (Suppl. 2), 2006;8-18 Daniele M, Carlo E. Poggio, Frank L. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, Volume 16, Number 3, 2014.
38. Kinsel R, Lin D. Retrospective analysis of porcelain failures of metal ceramic crowns and fixed partial dentures supported by 729 implants in 152 patients: patient-specific and implant-specific predictors of ceramic failure. *J Prosthet Dent* 2009;101:388-394.
39. Mericske-Stern R, Assal P, Mericske E, Bürgin W. Occlusal force and oral tactile sensibility measured in partially edentulous patients with ITI implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:345-353.
40. Schulte W. Implants and the periodontium. *Int Dent J* 1995;45:16-26.
41. Hammerle C, Wagner D, Bragger U, Lussi A, Karayiannis A, Joss A, Lang N. Threshold of tactile sensitivity perceived with dental endosseous implants and natural teeth. *Clin Oral Implants Res* 1995;6:83-90.
42. Chang M, Chronopoulos V, Mattheos N. Impact of excessive occlusal load on successfully-osseointegrated dental implants: a literature review. *J Investig Clin Dent.* 2013;4(3):142–50.
43. Kerstein R, Radke J. Clinician accuracy when subjectively interpreting articulating paper markings. 2014;32(1):13–23.
44. Carey JP, Craig M, Kerstein RB, Radke J. Determining a relationship between applied occlusal load and articulating paper mark area. *Open Dent J.* 2007;1:1–7.
45. Qadeer S, Kerstein R, Kim RJY, Huh J-B, Shin S-W. Relationship between articulation paper mark size and percentage of force measured with computerized occlusal analysis. *J Adv Prosthodont.* 2012;4(1):7–12.
46. Kerstein R, Radke J. Clinician accuracy when subjectively interpreting articulating paper markings. 2014;32(1):13–23.
47. Carey J, Craig M, Kerstein RB, Radke J. Determining a relationship between applied occlusal load and articulating paper mark area. *Op Dent J.* 2007;1:1.
48. Maness W. Laboratory comparison of three occlusal registration methods for identification of induced interceptive contacts. *J Prosthet Dent.* 1991;65(4):483-87.
49. Dario L. How occlusal forces change in implant patients: A clinical research report. *J Am Dent Assoc.* 1995;126(8):1130–3.

50. De Boever JA, McCall WD, Holden S, Ash MM. Functional occlusal forces: an investigation by telemetry. 1978;40(3):326-33.
51. Nyquist G, Owall B. Masticatory load registrations during function. A methodological study. *Odontol. revy.* 1968;19(1):45-54.
52. Franke K. Physiologic pressure transducers. *Stat Methods Med Res.* 1966; 11:13761.
53. Kirkebo A, Hognestad H, Serck-Hanssen F. Miniature pressure transducers for physiological measurements. *J Appl Physiol.* 1970;28(1):98-99.
54. Fløystrand F, Kleven E, Øilo G. A novel miniature bite force recorder and its clinical application. *Acta Odontol Scand.* 1982;40(4):209-1.
55. Waltimo A, Könönen R. A novel bite force recorder and maximal isometric bite force values for healthy young adults. *Scand J Dent Res.* 1993;101(3):171-5.
56. Carey J, Craig M, Kerstein RB, Radke J. Determining a relationship between applied occlusal load and articulating paper mark area. *Op Dent J.* 2007;1:1.
57. Maness W, Benjamin M, Podooff R, Bobick A, Golden R. Computerized occlusal analysis: a new technology. *Quintessence Int.* 1987;18:287-292.
58. Okeson J. *Fundamentals of occlusion and temporomandibular disorders.* 1st ed. St. Louis: Mosby, 1985; p. 106
59. Dawson F. *Evaluation diagnosis and treatment of occlusal problems.* 2nd ed. St. Louis; Mosby, 1989; 31-47.
60. Carranza F. *Glickman's Clinical Periodontology.* 5th ed. Philadelphia: Saunders, 1979; 951.