



FACULTADE DE MEDICINA  
E ODONTOLOXÍA

TRABAJO DE  
FIN DE  
GRADO

Análise da calidade ósea na planificación de  
implantes

Estudo CBCT en maxilar e mandíbula

Análisis de la calidad ósea en la planificación  
implantológica

Estudio mediante CBCT en maxilar y mandíbula

Analysis of bone quality in implant planning

CBCT study in maxilla and mandible

**Autor:** Osama Ahmed Nazzal Abu-Taha

**Tutora:** Noelia Fernández Formoso

**Cotutora:** Laura Lago González

**Departamento:** Cirugía y especialidades  
médico-quirúrgicas

Junio 2023



## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de alguna manera a la realización de este Trabajo de Fin de Grado.

A mi tutora, la Dra. Noelia Fernández Formoso, y a mi cotutora, la Dra. Laura Lago González, por su guía, apoyo y orientación a lo largo de todo el proceso.

Al Dr. José Luis da Silva Domínguez y al Dr. Benito Rilo Pousa por su ayuda. Su experiencia y conocimientos han sido fundamentales para el desarrollo y la calidad de este trabajo.

Por último, quiero expresar mi gratitud a todos los participantes del estudio que han proporcionado los datos y la información necesaria para llevar a cabo este trabajo.

## ÍNDICE

1. RESUMEN
  - 1.1. Castellano
  - 1.2. Gallego
  - 1.3. Inglés
2. INTRODUCCIÓN
3. OBJETIVOS
4. MATERIAL Y MÉTODOS
  - 4.1. Criterios de inclusión
  - 4.2. Criterios de exclusión
  - 4.3. Método de medición
  - 4.4. Análisis estadístico
5. RESULTADOS
6. DISCUSIÓN
7. CONCLUSIONES
8. REFERENCIAS

# 1. RESUMEN

## 1.1. Castellano

La determinación precisa de la calidad y cantidad ósea es un aspecto esencial en la rehabilitación mediante implantes. Existen diversos métodos disponibles para evaluar el tejido óseo, pero el enfoque más utilizado y eficaz implica la cuantificación a través de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), seguido de la clasificación según Lekholm y Zarb (1985) en Unidades Hounsfield (UH). El tejido óseo tanto en el maxilar como en la mandíbula, presenta variaciones estructurales que definen su calidad en función de la zona anatómica. Puede oscilar desde un hueso tipo I, predominantemente cortical, hasta un hueso tipo IV, predominantemente trabecular. La comprensión de esta información resulta crucial al seleccionar el protocolo quirúrgico y los implantes adecuados. La estabilidad primaria del implante es un requisito fundamental para el éxito de la osteointegración, y se ve influenciada por la densidad ósea tanto en el hueso cortical como en el trabecular. En el presente trabajo, hemos cuantificado la densidad ósea a nivel cortical, trabecular y en ambos, con el objetivo de identificar las posibles diferencias entre las áreas anatómicas analizadas y determinar la medida más apropiada para lograr una estabilidad primaria adecuada que permita una correcta osteointegración.

## 1.2. Gallego

A determinación precisa da calidade e cantidade ósea é un aspecto esencial na rehabilitación mediante implantes. Existen diversos métodos dispoñibles para avaliar o tecido óseo, pero o enfoque máis utilizado e eficaz implica a cuantificación a través de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), seguido da clasificación segundo Lekholm e Zarb (1985) en Unidades Hounsfield (UH). O tecido óseo tanto no maxilar como na mandíbula presenta variacións estruturais que definen a súa calidade en función da zona anatómica. Pode oscilar dende un óso tipo I, predominantemente cortical, ata un óso tipo IV, predominantemente trabecular. A comprensión desta información resulta crucial ao seleccionar o protocolo cirúrxico e os implantes adecuados. A estabilidade primaria do implante é un requisito fundamental para o éxito da osteointegración, e vese influenciada pola densidade ósea tanto no óso cortical como no trabecular. No presente traballo, cuantificamos a densidade ósea a nivel cortical, trabecular e en ambos, co obxectivo de identificar as posibles

diferencias entre as áreas anatómicas analizadas e determinar a medida máis apropiada para lograr unha estabilidade primaria adecuada que permita unha correcta osteointegración.

### **1.3. Inglés**

The precise determination of bone quality and quantity is an essential aspect in implant rehabilitation. There are various methods available to evaluate bone tissue, but the most commonly used and effective approach involves quantification through cone beam computed tomography (CBCT), followed by classification according to Lekholm and Zarb (1985) in Hounsfield Units (HU). Bone tissue in both the maxilla and mandible exhibits structural variations that define its quality based on the anatomical zone. It can range from a type I bone, predominantly cortical, to a type IV bone, predominantly trabecular. Understanding this information is crucial when selecting the appropriate surgical protocol and implants. Primary implant stability is a fundamental requirement for the success of osseointegration and is influenced by bone density in both cortical and trabecular bone. In this study, we quantified bone density at the cortical, trabecular, and combined levels, aiming to identify potential differences between the analyzed anatomical areas and determine the most appropriate measurement to achieve adequate primary stability that allows for proper osseointegration.

## 2. INTRODUCCIÓN

La odontología es una rama de las ciencias de la salud que se encarga del estudio, diagnóstico, prevención y tratamiento de las enfermedades de los dientes y, en general, de aquellas que afectan al aparato estomatognático, atendiendo siempre la singularidad de cada paciente. La restauración de los dientes perdidos es un problema que ha afectado a los seres humanos desde la antigüedad. Aunque la tecnología y las técnicas han evolucionado con el tiempo, la preocupación por reemplazar los dientes perdidos ha persistido en la historia de la humanidad. Se han utilizado diversos materiales para la realización de prótesis dentales y el reemplazo de dientes desde tiempos antiguos, incluyendo huesos de animales, piedras preciosas y metales. En el siglo XVIII, se introdujeron los primeros implantes de oro y platino, pero estos eran inestables y se descomponían en la boca, lo que limitaba su efectividad. En el siglo XIX, el desarrollo de la anestesia y las técnicas quirúrgicas permitió un mayor progreso en la realización de implantes dentales. En 1886, el primer implante dental exitoso de titanio fue realizado por el cirujano sueco Dr. Per-Ingvar Brånemark, quien descubrió que el titanio podía unirse firmemente al hueso vivo en un proceso que llamó "osteointegración". Desde entonces, los implantes dentales han experimentado una gran evolución en términos de diseño, materiales y técnicas quirúrgicas. Actualmente, los implantes dentales de titanio y sus aleaciones son los más utilizados debido a su alta tasa de éxito y durabilidad [1].

La historia de los implantes dentales es larga y compleja, y ha evolucionado con los avances científicos y tecnológicos. Los implantes dentales modernos se basan en la comprensión de la osteointegración, que es la capacidad del hueso de fusionarse con materiales artificiales. Este conocimiento permitió el desarrollo de los implantes dentales de titanio, que se han convertido en la opción preferida para la restauración dental debido a su alta tasa de éxito y su durabilidad [2].

En conclusión, la preocupación por la restauración de los dientes perdidos ha sido una constante en la historia de la humanidad. Desde los implantes dentales primitivos hasta los implantes modernos de titanio, la restauración de los dientes perdidos ha evolucionado con los avances en la ciencia y la tecnología. Actualmente, los implantes dentales son una opción predecible para la restauración dental, permitiendo que las personas recuperen su estética y su capacidad de masticar de manera adecuada.

La implantología es una disciplina que se ha desarrollado de manera notable en las últimas décadas, gracias al avance de la tecnología y a la investigación científica en el campo de la odontología. La evolución de esta disciplina se ha visto influenciada por una serie de factores, como el desarrollo de la profesión, los aspectos socioeconómicos y culturales, y las concepciones ideológicas de cada época. Por un largo tiempo, se ha pensado que cualquier falta de dientes, sin importar su origen, debe ser tratada con algún procedimiento de restauración dental. Esto se debe a que para que la función masticatoria sea satisfactoria, el aparato estomatognático requiere una dentición completa y sana. Sin embargo, la localización de las ausencias dentales es un factor clave en la determinación del enfoque terapéutico que se debe tomar [3].

Cuando un diente se extrae, el proceso alveolar comienza a remodelarse y disminuye su volumen. Este proceso puede ser más pronunciado en el maxilar superior debido a la menor densidad ósea y la presencia de senos maxilares y otras estructuras anatómicas. La remodelación del proceso alveolar después de la extracción dental puede ser un factor crítico en la colocación de implantes dentales o en la planificación de la rehabilitación oral. La comprensión de los mecanismos de la cicatrización del alveolo dental es importante para predecir los cambios volumétricos y las alteraciones óseas que ocurren después de la extracción dental [4] [5]. Cuando se produce la pérdida de un diente, se producen cambios significativos en los tejidos óseos y blandos que pueden influir en la forma en que se aborda cualquier tratamiento de rehabilitación. La reabsorción ósea que ocurre en la zona edéntula puede provocar una serie de problemas clínicos, como la inestabilidad de los implantes y la necesidad de técnicas quirúrgicas más complejas. Afortunadamente, la implantología ha avanzado significativamente en las últimas décadas y ha permitido la rehabilitación de la función masticatoria con implantes dentales, incluso en casos de reabsorción ósea significativa [6].

Esto se debe a que los implantes dentales pueden ser colocados en el hueso alveolar, independientemente de su volumen y forma, siempre y cuando se lleve a cabo un tratamiento adecuado para garantizar la estabilidad del implante y su osteointegración en el hueso alveolar [7]. En definitiva, la implantología se ha convertido en una opción terapéutica de gran importancia en la odontología moderna, y su evolución continua permitirá seguir mejorando los tratamientos y alcanzar resultados cada vez más satisfactorios para los pacientes.

En el pasado, la evaluación de la calidad ósea se realizaba durante la cirugía de colocación del implante dental, a través de la percepción táctil del cirujano en función de la resistencia que ofrecía el hueso al ser preparado [8] [9] [10]. Sin embargo, esta metodología subjetiva puede no ser precisa y puede depender de la habilidad y experiencia del cirujano, lo que puede llevar a una evaluación inexacta de la calidad ósea y, por lo tanto, a una selección inadecuada del implante y de los procedimientos quirúrgicos necesarios. Los métodos actuales de evaluación para determinar la calidad y cantidad ósea incluyen la ultrasonografía, la absorciometría de rayos X de doble energía, la radiografía panorámica dental y la radiografía periapical [11] [12] [13]. Sin embargo, todos estos métodos presentan inconvenientes como la incapacidad de medir la calidad ósea de manera precisa, información en 2D en lugar de 3D y una precisión relativamente baja [12] [14], lo que reduce su aplicabilidad para evaluar la calidad y cantidad del hueso mandibular. En los últimos años, la tomografía computarizada (TC) y la tomografía computarizada de haz cónico dental (CBCT) se han utilizado cada vez más en evaluaciones preoperatorias de la calidad y cantidad del hueso mandibular [12]. El CBCT proporciona evaluación tridimensional y multidireccional del esqueleto maxilofacial y la capacidad de reconstruir el volumen de imagen en virtualmente cualquier plano. Para el tratamiento prequirúrgico de implantes, el CBCT se utiliza para evaluar tanto la cantidad como la calidad del hueso. A diferencia de las radiografías periapicales y panorámicas convencionales, las imágenes de CBCT están libres de cualquier distorsión o magnificación geométrica. Por lo tanto, el clínico puede medir con precisión la altura y el ancho del hueso alveolar residual, detectar cualquier variación anatómica y determinar la proximidad a estructuras vitales, como el seno maxilar y los canales neurovasculares. El CBCT también permite la evaluación de la cantidad de hueso proporcionando una evaluación del grosor de las placas corticales y la radiodensidad y arquitectura del hueso trabecular en el sitio potencial del implante. Además de proporcionar

una evaluación subjetiva de estas características morfológicas, el CBCT también proporciona una medida cuantitativa de la calidad del hueso en el sitio potencial del implante. La mayoría de los programas de software de CBCT permiten a los clínicos medir los valores de gris de los voxels de imagen dentro de una región de interés delineada (ROI). Estos valores de gris se presentan en unidades de Hounsfield (UH) [15]. Generalmente, la calidad y cantidad del hueso mandibular pueden determinarse por el grosor del hueso cortical de la capa exterior y la densidad del hueso esponjoso, respectivamente [16] [17] [18] [19].

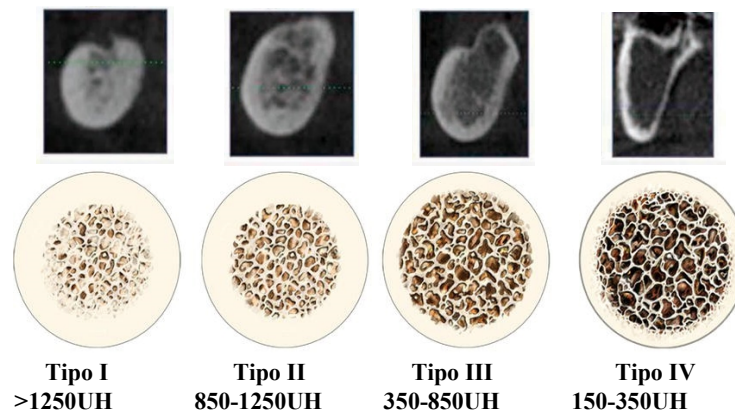
Las técnicas de diagnóstico por imagen permiten el análisis de la cantidad y calidad del hueso disponible mejorando la precisión en la planificación y la colocación de implantes dentales y ayudando a prevenir complicaciones durante la cirugía de implante dental y mejorar el resultado a largo plazo del tratamiento. La estabilidad primaria del implante ha sido identificada como un criterio esencial para lograr y mantener la osteointegración [20]. Para determinar objetivamente dicha estabilidad y reducir el índice de fracaso se han desarrollado diferentes herramientas de medición y así evaluar y cuantificar la estabilidad del implante. Entre ellas, el Osstell Mentors (RFA) que consiste en enviar una señal de onda sinusoidal a través de un smartpeg de aluminio colocado en la parte superior del implante y medir la frecuencia de resonancia del peg [21]. Los resultados numéricos obtenidos están en una escala del 1 al 100 y proporcionan información sobre la estabilidad primaria del implante. El RFA se considera una técnica no invasiva, de rápida visualización y con alta reproducibilidad. El Periotest, que se trata de un dispositivo inicialmente diseñado para medir la movilidad dental, ha demostrado que también es útil para evaluar la rigidez del implante en el hueso y la capacidad de amortiguación en la interfaz implante-hueso [22].

La estabilidad primaria juega un papel importante en la osteointegración exitosa de los implantes dentales y en varios estudios ha sido relacionada con la cantidad y la calidad ósea y con el pronóstico del implante a corto y largo plazo [23] [24] [25]. El término cantidad ósea se refiere a la altura y anchura del hueso alveolar residual. La calidad ósea depende del grosor del hueso cortical, la abundancia de hueso trabecular y el grado general de mineralización. Es importante destacar que la calidad local del hueso es un factor clave que influye en la osteointegración exitosa. La estabilidad primaria es la ausencia de movilidad en el lecho óseo después de la colocación del implante. Las características de los implantes (diseños, diámetros y longitudes) están asociadas con su estabilidad primaria [26] [27] [28]. También depende de

la técnica utilizada para insertar el dispositivo [26] y de la calidad y cantidad de hueso en el sitio receptor [26] [29] [30] [31]. Por lo tanto, la estabilidad de los implantes dentales está intrínsecamente ligada a la calidad del hueso, que incluye tanto el grosor de la capa cortical como las características del patrón trabecular óseo. Esta estabilidad también está estrechamente relacionada con la calidad ósea, lo que la convierte en un factor crucial que influye en el éxito de la osteointegración. Por lo tanto, es esencial realizar una evaluación precisa tanto de la cantidad como de la calidad ósea antes de cualquier intervención con implantes.

Existen múltiples clasificaciones descritas en la literatura que ayudan a identificar la densidad ósea [29] [32] [33] [34] [35]. Actualmente, la clasificación de densidad ósea de Lekholm y Zarb es la más utilizada en implantología dental. Es una clasificación simple y fácil de aplicar en la práctica clínica que divide el hueso en cuatro categorías basadas en la calidad y la cantidad de hueso. En cuanto a la clasificación cuantitativa acorde a Norton y Gamble el tipo 1 se refiere al hueso de alta densidad con una estructura compacta, un hueso cortical grueso y una densidad ósea mayor a 850 UH. El tipo 2 se refiere al hueso denso, pero con una estructura trabecular y una densidad ósea que varía entre 500-850 UH. El tipo 3 se refiere al hueso cortical delgado y con una cantidad significativa de hueso trabecular y una densidad ósea entre 0-500 UH. Finalmente, el tipo 4 se refiere al hueso esponjoso, con una densidad ósea menor a 0 UH. Sin embargo, la clasificación de Misch también es ampliamente utilizada en la práctica clínica y establece cuatro tipos de hueso basados en la densidad ósea y la calidad. El tipo I se refiere al hueso denso y cortical con una alta resistencia y una densidad ósea mayor a 1250 UH. El tipo II se refiere al hueso denso-esponjoso, que es una combinación de hueso compacto y esponjoso, y la densidad ósea varía entre 850-1250 UH. El tipo III se refiere al hueso cortical delgado-esponjoso, que es un hueso cortical más delgado y menos denso que el tipo I, con una mayor cantidad de hueso esponjoso y una densidad ósea entre 350-850 UH. Finalmente, el tipo IV se refiere al hueso esponjoso, que es el tipo de hueso menos denso y resistente con una estructura más porosa y una densidad ósea entre 150-350 UH (Figura 1).

**Figura 1. Clasificación de la densidad ósea de acuerdo con Lekholm & Zarb, así como los valores de las UH asociadas a cada biotipo óseo.**



La calidad del hueso y la cantidad ósea son factores importantes a considerar en la supervivencia de los implantes dentales, ya que colocar implantes en hueso de baja calidad, como el tipo IV, puede aumentar el riesgo de fracaso en comparación con los otros tipos de hueso.

Han sido creadas diversas técnicas para mejorar la estabilidad primaria en hueso de baja calidad. [36]. Uno de ellos es realizar una preparación subdimensionada en la que se coloca un implante dental de menor diámetro que el tamaño del lecho óseo previamente preparado, lo que mejora la retención y, por ende, la estabilidad primaria del implante, lo que es crucial para la osteointegración exitosa [37]. Se ha desarrollado una técnica alternativa conocida como osteotomía que permite mejorar la estabilidad del implante sin tener que remover exceso de hueso adicional. Se cree que esta técnica también puede mejorar la cicatrización ósea [38]. La técnica es menos invasiva y, por lo tanto, puede tener menos efectos secundarios y tiempos de recuperación más cortos. De igual manera, la oseodensificación se asemeja a la osteotomía, pero utiliza fresas diseñadas específicamente para este propósito, mejora el contacto inicial hueso-implante y la estabilidad primaria inicial. Esta técnica implica la expansión del hueso alrededor del sitio de inserción del implante, lo que aumenta la densidad ósea y mejora la estabilidad del implante [39]. Además, la cirugía piezo-eléctrica, una técnica relativamente reciente, es una alternativa al fresado convencional, debido a su mayor precisión y menor potencial traumático en los tejidos blandos y óseos. Esta técnica utiliza energía ultrasónica para

cortar el hueso y preparar el sitio de inserción del implante, y puede tener menos efectos secundarios que el fresado convencional [40]. En general, estas técnicas pueden ser útiles para mejorar la estabilidad primaria de los implantes en huesos de baja calidad y aumentar las posibilidades de una osteointegración exitosa. Es esencial tener conocimiento de la densidad ósea para determinar la técnica correcta que asegure una fijación del implante estable y óptima. En general, la calidad de hueso se puede considerar equivalente a la densidad mineral ósea [41].

En resumen, la tomografía computarizada (TC) en combinación con la clasificación de Lekholm y Zarb, y la correlación de Misch, ha demostrado ser una herramienta útil para evaluar la calidad ósea y su relación con el pronóstico del implante dental. Además, esta técnica también puede ayudar a predecir la tasa de éxito de los implantes según la zona anatómica donde se coloquen. Sin embargo, aún existen algunas incertidumbres en cuanto a la metodología adecuada para la medición de la densidad ósea y la variación en diferentes regiones anatómicas. Asimismo, no hay un consenso claro en cuanto a si la calidad ósea debería evaluarse sólo en el hueso cortical, en el hueso trabecular o en ambos. Sin embargo, una evaluación precisa de la calidad ósea es esencial para elegir el tipo de implante y los protocolos quirúrgicos adecuados, lo que puede mejorar significativamente el resultado del tratamiento dental implantológico.

### **3. OBJETIVOS**

1.- Establecer un rango cuantitativo en unidades Hounsfield para las cuatro regiones quirúrgicas: mandíbula anterior, maxilar anterior, mandíbula posterior, maxilar posterior y también correlacionar estos resultados con las cuatro calidades óseas establecidas, según Misch.

2.- Analizar si existen diferencias en cada una de las cuatro áreas establecidas al realizar la medición de exclusivamente cortical, exclusivamente trabecular o medir área trabecular y cortical

## **4. MATERIAL Y MÉTODOS**

El presente estudio fue llevado a cabo en la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Santiago de Compostela. Se analizaron CBCTs de pacientes registrados en la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Santiago de Compostela, que acudieron a la Unidad de Prosthodontia y Oclusión para recibir tratamiento con implantes. La calidad ósea se determinó a través del software IS i-Cat Vison®, 17-19 (Imaging Sciences International) y la recogida de los datos se llevó a cabo desde septiembre de 2022 hasta abril de 2023.

### **3.1 Criterios de inclusión**

- Pacientes en rango entre 20- 80 años.
- Pacientes que necesitasen rehabilitación de sus ausencias dentarias mediante prótesis fija implantosoportada.
- Hayan transcurrido, al menos, 6 meses desde la pérdida dentaria.
- Áreas de dimensiones volumétricas que permitiesen colocar un implante de medidas, en diámetro y longitud respectivamente de 4,1×10mm, con un margen mínimo de seguridad de 1mm alrededor del implante.
- Zonas edéntulas que no precisasen técnicas de regeneración ósea y/o elevación de seno para la colocación del implante.

### **3.2 Criterios de exclusión**

- Áreas libres de artefactos debidos a restos de amalgama de plata, fijaciones de osteosíntesis, tornillos ortodónticos o cualquier otro elemento metálico.

- Áreas de dimensiones volumétricas inferiores que no permitiesen colocar un implante de medidas, en diámetro y longitud respectivamente de 4,1×10mm, con un margen mínimo de seguridad de 1mm alrededor del implante.
- Áreas que exigieran técnicas de regeneración ósea y/o elevación de seno para la colocación del implante.
- Pacientes con enfermedades sistémicas y/o pacientes que estuviesen recibiendo tratamiento farmacológico que pudiese influir en el metabolismo óseo.
- Pacientes que no aceptasen el tratamiento de sus datos para la realización de este estudio.

### **3.3 Método de medición**

En cada CBCT se seleccionó el área edéntula que potencialmente podría recibir una fijación osteointegrada, independientemente del tipo de restauración protética (prótesis fija, de una o más unidades, sobredentadura o híbrida). Se estableció un área para la ubicación del implante sin involucrar los dientes adyacentes, ni la cortical inferior mandibular. Una vez diseñadas las secciones anteriores en los lugares correspondientes, se recogieron tres medidas cualitativas del hueso, determinadas en UH: sólo en cortical (C), sólo en trabecular (T) y una medición conjunta de toda el área (CT).

Cada valor se relacionó con un tipo de hueso según la clasificación de Misch: hueso tipo I (>1250 UH), tipo II (850-1250 UH), tipo III (350-850 UH) o tipo IV (150-350 UH).

Con el fin de salvaguardar la identidad de cada sujeto, un investigador (LL), de manera independiente, otorgó un valor numérico antes de la apertura de cada estudio radiológico; otro investigador (NFF), también de manera independiente, estableció el área edéntula de medición, candidata a recibir implantes, y un tercer investigador (O), con acceso exclusivo a esa área edéntula, realizó las mediciones. Los datos numéricos obtenidos de las diferentes mediciones fueron registrados en una tabla de Microsoft Excel<sup>®</sup> (2016 Microsoft. One Microsoft Way, Redmond, WA 98052-6399, EEUU).

### **3.4 Análisis Estadístico**

Se ha realizado un análisis descriptivo de los resultados, obteniendo promedios, desviaciones estándar y porcentajes de los tipos óseos, y densidades en UH.

Para estudiar las diferencias de las cuatro áreas anatómicas en las mediciones de cortical, trabecular y de cortical-trabecular, para cada medición, se ha realizado un análisis de igualdad de varianzas entre grupos. De este modo en la medición Cortical se asume igualdad de varianzas, mientras que en la Trabecular y Cortical/Trabecular se asumen varianzas distintas. Cuando se asume igualdad de varianzas se realiza un ANOVA seguido de comparaciones múltiples para métricas, mientras que en caso de varianzas distintas se emplean test no paramétricos: Kurskal Wallis y U de Mann Whitney para las comparaciones múltiples.

## 5. RESULTADOS

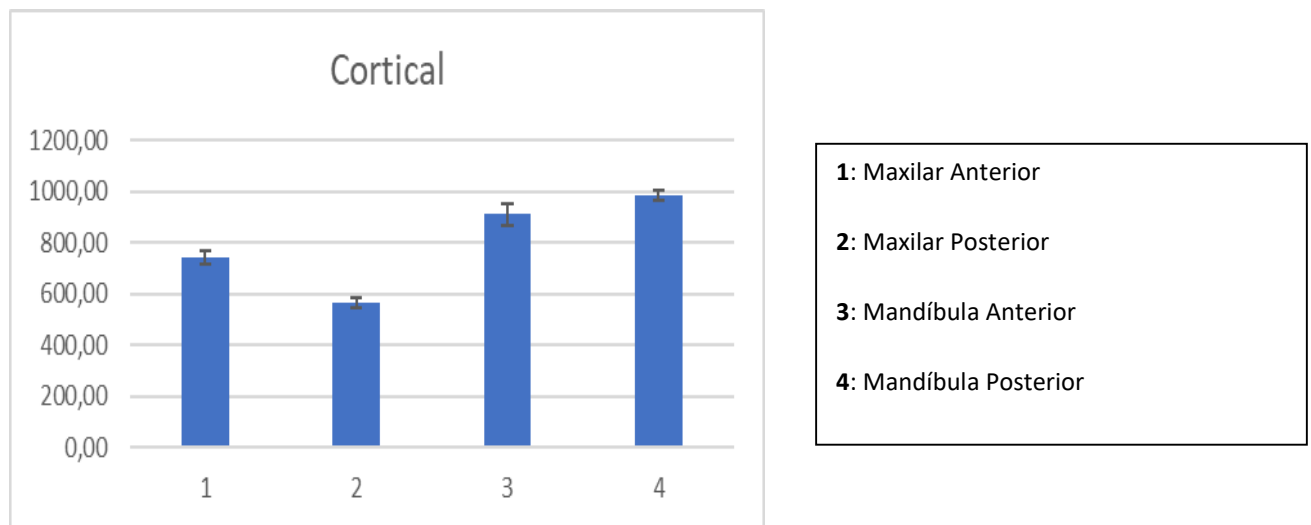
Los datos fueron recopilados de 135 pacientes, con un total de 1566 mediciones. Se midieron las UH de densidad ósea mediante tomografía computarizada en las localizaciones de colocación de los implantes, en cortical (C), trabecular (T) y ambas (C+T).

En cuanto a la valoración CORTICAL de las UH en los cuatro sectores del maxilar y la mandíbula se obtuvo unos valores mínimos de 130 UH y máximos de 1390 UH y una media de 745,06 UH para el sector maxilar anterior (n=86), y unos valores mínimos de 114 UH y máximos de 1176 UH y una media de 566,40 UH para el sector maxilar posterior (n=144), y unos valores mínimos de 510 UH y máximos de 1575 UH y una media de 912,42 UH para el sector mandibular anterior (n=36), y unos valores mínimos de 154 UH y máximos de 1703 UH y una media de 986,23 UH para el sector mandibular posterior (n=256) tal y como se muestra en la Tabla 1 y Figura 2.

**Tabla 1. Representación de los valores de densidad ósea (UH) CORTICAL en el sector anterior y posterior tanto maxilar como mandibular, respectivamente.**

Grupo		N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Maxilar Anterior	CORTICAL (UH)	86	130	1390	745,06	231,323
Maxilar Posterior	CORTICAL (UH)	144	114	1176	566,40	216,537
Mandíbula Anterior	CORTICAL (UH)	36	510	1575	912,42	256,318
Mandíbula Posterior	CORTICAL (UH)	256	154	1703	986,23	276,350

**Figura 2. Representación gráfica de los valores de densidad ósea (UH) CORTICAL en el sector anterior y posterior tanto maxilar como mandibular.**

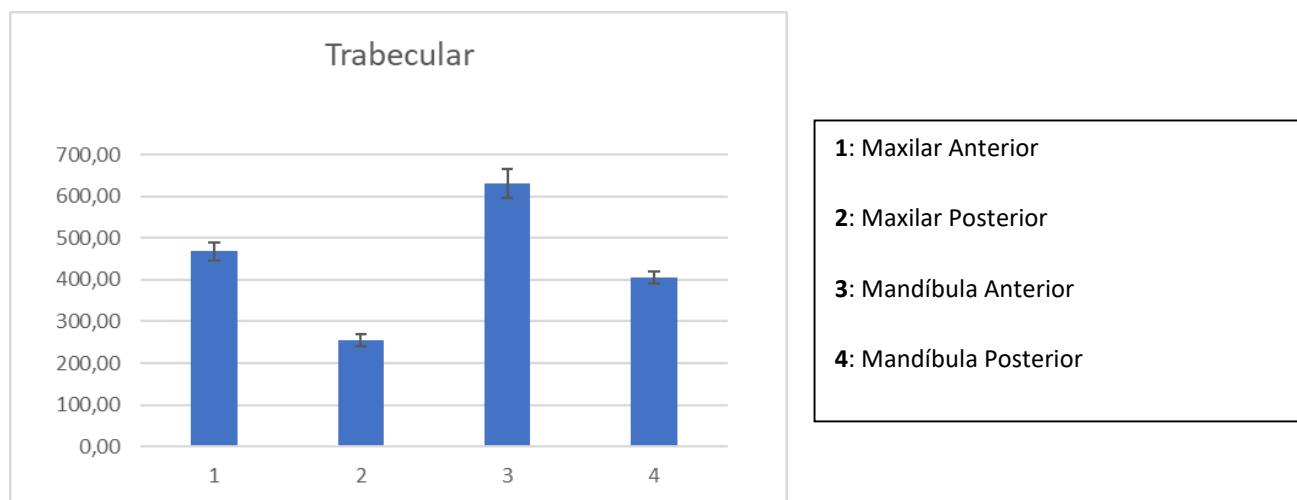


En cuanto a la valoración TRABECULAR de las UH en los cuatro sectores del maxilar y la mandíbula se obtuvo unos valores mínimos de 68 UH y máximos de 943 UH y una media de 467,92 UH para el sector maxilar anterior (n=86), y unos valores mínimos de 11 UH y máximos de 934 UH y una media de 256,00 UH para el sector maxilar posterior (n=144), y unos valores mínimos de 199 UH y máximos de 1064 UH y una media de 631,19 UH para el sector mandibular anterior (n=36), y unos valores mínimos de 16 UH y máximos de 1190 UH y una media de 406,66 UH para el sector mandibular posterior (n=256) tal y como se muestra en la Tabla 2 y Figura 3.

**Tabla 2. Representación de los valores de densidad ósea (UH) TRABECULAR en el sector anterior y posterior tanto maxilar como mandibular, respectivamente.**

Grupo		N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Maxilar Anterior	TRABECULAR (UH)	86	68	943	467,92	204,276
Maxilar Posterior	TRABECULAR (UH)	144	11	934	256,00	177,862
Mandíbula Anterior	TRABECULAR (UH)	36	199	1064	631,19	205,205
Mandíbula Posterior	TRABECULAR (UH)	256	16	1190	406,66	233,582

**Figura 3. Representación gráfica de los valores de densidad ósea (UH) TRABECULAR en el sector anterior y posterior tanto maxilar como mandibular.**

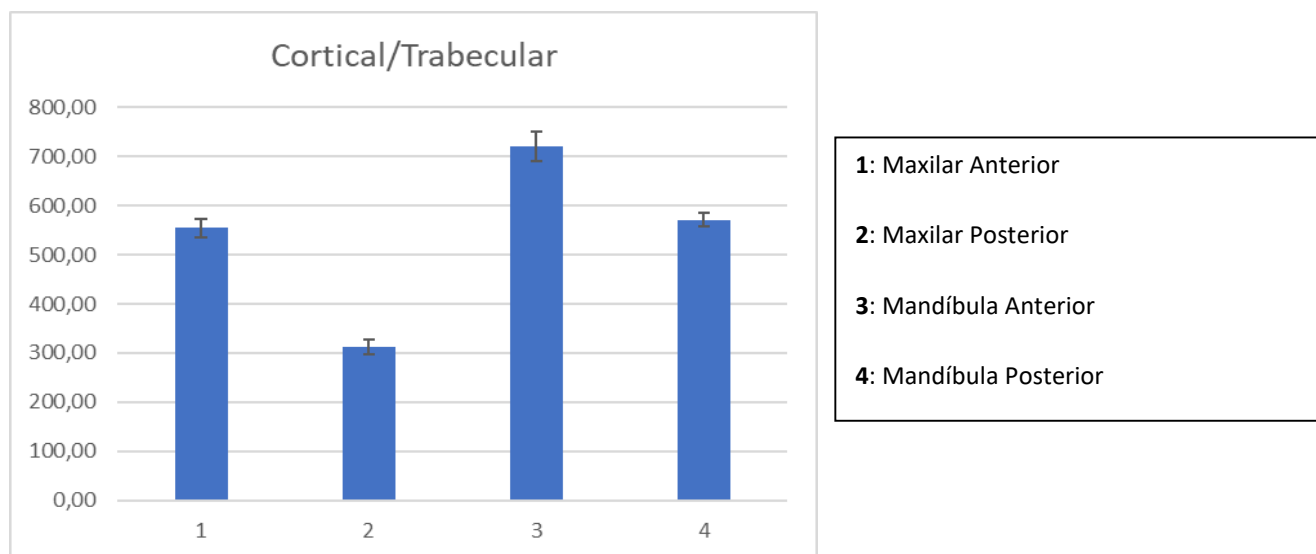


En cuanto a la valoración CORTICAL/TRABECULAR de las UH en los cuatro sectores del maxilar y la mandíbula se obtuvo unos valores mínimos de 29 UH y máximos de 912 UH y una media de 554,19 UH para el sector maxilar anterior (n=86), y unos valores mínimos de 12 UH y máximos de 898 UH y una media de 312,69 UH para el sector maxilar posterior (n=144), y unos valores mínimos de 341 UH y máximos de 1158 UH y una media de 719,97 UH para el sector mandibular anterior (n=36), y unos valores mínimos de 164 UH y máximos de 1231 UH y una media de 571,07 UH para el sector mandibular posterior (n=256) tal y como se muestra en la Tabla 3 y Figura 4.

**Tabla 3. Representación de los valores de densidad ósea (UH) CORTICAL Y TRABECULAR en el sector anterior y posterior tanto maxilar como mandibular, respectivamente.**

Grupo		N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Maxilar Anterior	CORTICAL/TRABECULAR (UH)	86	29	912	554,19	175,322
Maxilar Posterior	CORTICAL/TRABECULAR (UH)	144	12	898	312,69	182,945
Mandíbula Anterior	CORTICAL/TRABECULAR (UH)	36	341	1158	719,97	178,458
Mandíbula Posterior	CORTICAL/TRABECULAR (UH)	256	164	1231	571,07	224,059

**Figura 4. Representación gráfica de los valores de densidad ósea (UH) CORTICAL Y TRABECULAR en el sector anterior y posterior tanto maxilar como mandibular.**

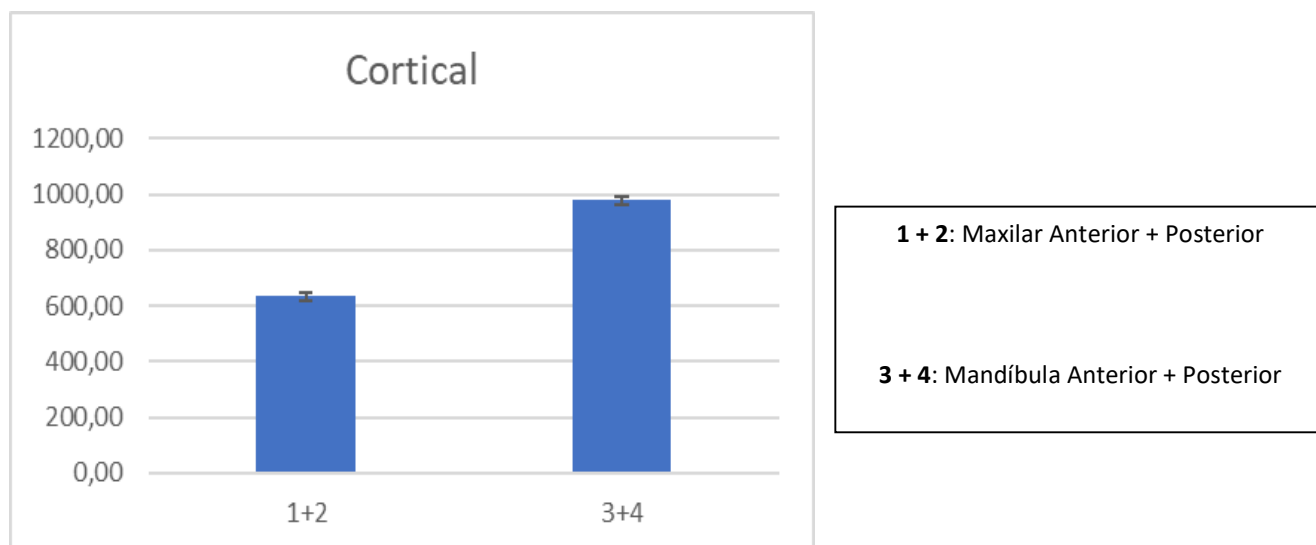


En cuanto a la valoración CORTICAL de las UH en el maxilar y la mandíbula se obtuvo unos valores mínimos de 114 UH y máximos de 1390 UH y una media de 633,20 UH para el maxilar anterior y posterior (n=230), y unos valores mínimos de 154 UH y máximos de 1703 UH y una media de 977,13 UH para el sector maxilar posterior (n=292) tal y como se muestra en la Tabla 4 y Figura 5.

**Tabla 4. Representación de los valores de densidad ósea (UH) CORTICAL en el maxilar y la mandíbula, respectivamente.**

Grupo		N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Maxilar Anterior + Posterior	CORTICAL (UH)	230	114	1390	633,20	238,006
Mandíbula Anterior + Posterior	CORTICAL (UH)	292	154	1703	977,13	274,617

**Figura 5. Representación gráfica de los valores de densidad ósea (UH) CORTICAL en el maxilar y la mandíbula.**

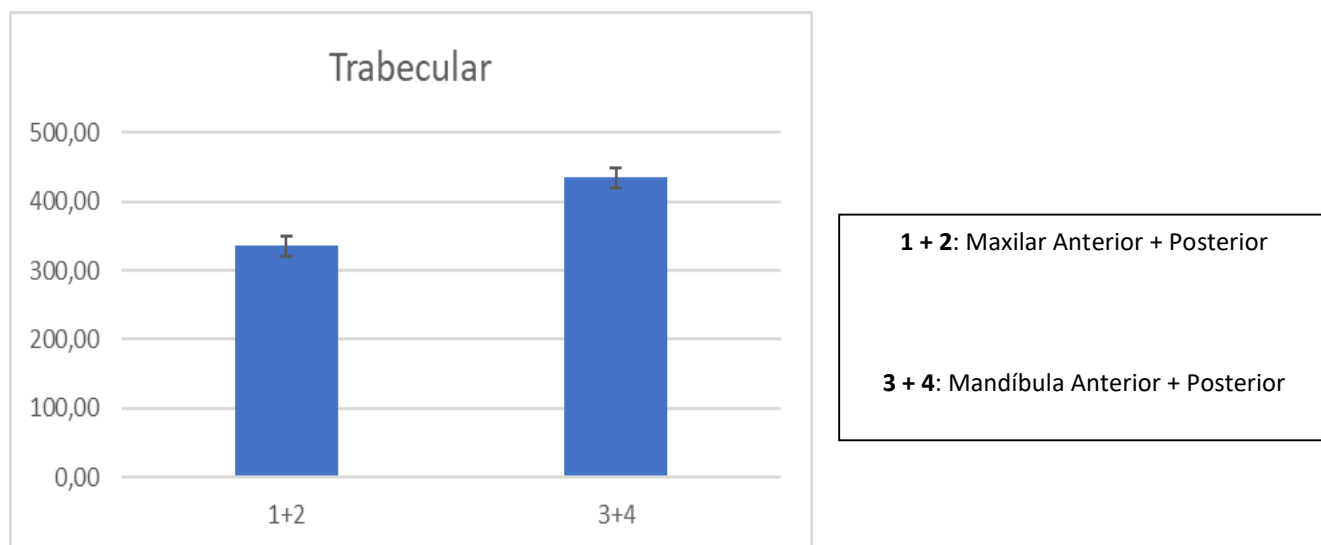


En cuanto a la valoración TRABECULAR de las UH en el maxilar y la mandíbula se obtuvo unos valores mínimos de 11 UH y máximos de 943 UH y una media de 335,24 UH para el maxilar anterior y posterior (n=230), y unos valores mínimos de 16 UH y máximos de 1190 UH y una media de 434,35 UH para el sector maxilar posterior (n=292) tal y como se muestra en la Tabla 5 y Figura 6.

**Tabla 5. Representación de los valores de densidad ósea (UH) TRABECULAR en el maxilar y la mandíbula, respectivamente.**

Grupo		N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Maxilar Anterior + Posterior	TRABECULAR(UH)	230	11	943	335,24	214,016
Mandíbula Anterior + Posterior	TRABECULAR(UH)	292	16	1190	434,35	241,543

**Figura 6. Representación gráfica de los valores de densidad ósea (UH) TRABECULAR en el maxilar y la mandíbula.**

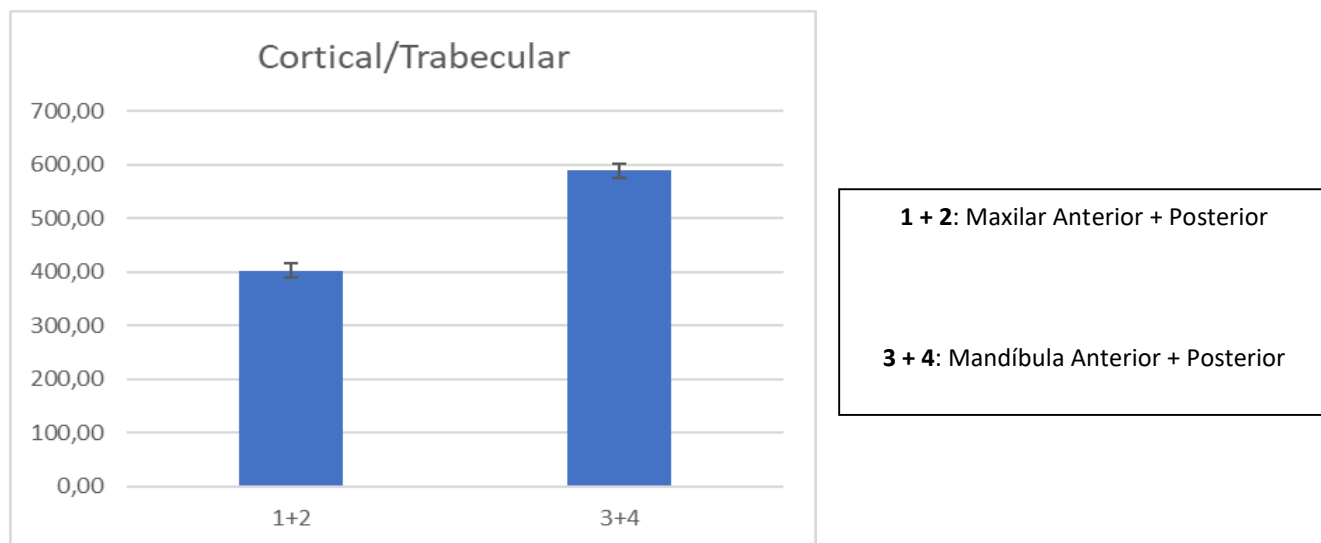


En cuanto a la valoración CORTICAL/TRABECULAR de las UH en el maxilar y la mandíbula se obtuvo unos valores mínimos de 12 UH y máximos de 912 UH y una media de 402,99 UH para el maxilar anterior y posterior (n=230), y unos valores mínimos de 164 UH y máximos de 1231 UH y una media de 589,43 UH para el sector maxilar posterior (n=292) tal y como se muestra en la Tabla 6 y Figura 7.

**Tabla 6. Representación de los valores de densidad ósea (UH) CORTICAL Y TRABECULAR en el maxilar y la mandíbula, respectivamente.**

Grupo		N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Maxilar Anterior + Posterior	CORTICAL/TRABECULAR (UH)	230	12	912	402,99	214,527
Mandíbula Anterior + Posterior	CORTICAL/TRABECULAR (UH)	292	164	1231	589,43	224,114

**Figura 7. Representación gráfica de los valores de densidad ósea (UH) CORTICAL Y TRABECULAR en el maxilar y la mandíbula.**



El análisis comparativo de las diferencias entre el maxilar y la mandíbula se obtiene un t en CORTICAL de -15,054, en TRABECULAR la t es de -4,891 y en CORTICAL/TRABECULAR su valor es de -9,615.

**Tabla 7. Análisis comparativo de las diferencias entre el maxilar y la mandíbula.**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias					
		F	Sig.	t	df	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	Intervalo de confianza del 95% de la diferencia	
								Inferior	Superior
CORTICAL (UH)	Varianzas iguales asumidas	1,576	,210	-15,054	520	-343,927	22,846	-388,808	-299,046
TRABECULAR(UH)	Varianzas iguales asumidas	3,402	,066	-4,891	520	-99,107	20,262	-138,912	-59,301
CORTICAL/TRABECULAR (UH)	Varianzas iguales asumidas	,390	,533	-9,615	520	-186,445	19,391	-224,538	-148,351

## 6. DISCUSIÓN

Muchos trabajos en la literatura establecen la importancia de la estabilidad primaria como factor clave para una correcta osteointegración. La técnica de fresado, la morfología del implante y su tamaño y la cantidad y calidad ósea son de gran relevancia en la planificación de la rehabilitación. Se ha descrito que la estabilidad primaria puede variar dependiendo de la densidad del hueso donde se coloque el implante [42], y en general, la estabilidad es mayor en hueso tipo I que en el resto de las densidades. Una dificultad aparece al revisar la literatura científica al respecto y es la metodología usada. Muchos trabajos exponen los valores de densidad ósea, sin embargo, se utilizan zonas o áreas de medición diferentes, en la siguiente tabla se exponen los más relevantes (Tabla 8). A veces se mide la zona correspondiente a la futura situación del implante, pero otras la medición es puntual o únicamente en la parte esponjosa o citan exactamente la zona de medición. Ello es un impedimento para poder realizar una comparativa entre este trabajo y otros de la literatura. En la mayoría de los estudios publicados no se considera importante la medición únicamente en cortical ya que no lo consideran como un factor determinante que pueda brindar información valiosa en la planificación. No obstante, es importante señalar que la medición exclusiva de la cortical es una indicación general de las características del fresado, como se ha mencionado previamente, y además, la densidad medida al combinar el hueso cortical y trabecular puede estar significativamente influenciada por el grosor cortical [43].

**Tabla 8. Valores de densidad ósea cuantificadas en diferentes áreas acorde a cada autor.**

<b>AUTORES</b>	<b>REGIÓN</b>	<b>SECTOR ANTERIOR</b>	<b>SECTOR POSTERIOR</b>
<b>Fuh et al. (2010)</b>	Mandíbula	530UH	359UH
<b>Fuh et al. (2010)</b>	Maxilar	516 UH	332UH
<b>Turkyilmaz et al. (2008)</b>	Mandíbula	927UH	721UH
<b>Turkyilmaz et al. (2008)</b>	Maxilar	708UH	505UH
<b>Shapurian et al. (2006)</b>	Mandíbula	559UH	321UH
<b>Shapurian et al. (2006)</b>	Maxilar	517UH	333UH
<b>Turkyilmaz &amp; McGlumphy (2008b)</b>	Mandíbula	846UH	526UH
<b>Turkyilmaz &amp; McGlumphy (2008b)</b>	Maxilar	591UH	403UH
<b>Este trabajo</b>	Mandíbula	719,97UH	571,07UH
<b>Este trabajo</b>	Maxilar	554,19UH	312,69UH

En este trabajo se realizaron 1566 mediciones en 135 pacientes de cortical, trabecular y cortical-trabecular, tanto en maxilar superior como en mandíbula.

El simple análisis de los datos descriptivos permite señalar que existen diferencias considerables en la densidad ósea entre el maxilar superior posterior (566, tipo III) y la mandíbula posterior (986, tipo II) si medimos exclusivamente cortical. Estas diferencias se mantienen si realizamos la medición de trabecular entre maxilar posterosuperior (256) y mandíbula anterior (631) e igualmente, si medimos conjuntamente cortical y trabecular (312 vs 719). Es decir, los valores difieren dependiendo de si la medición es de cortical, trabecular o ambas. En cambio, debemos destacar que estos valores de densidad ósea resultan muy diferentes en función de si se analiza la cortical y la trabécula por separado o ambas conjuntamente. En este sentido analizando la parte trabecular y cortical por separado encontramos que los valores de la cortical son bastante superiores a los valores trabeculares y que estos valores analizándolos conjuntamente se compensan. En general podemos exponer que cuando se mide únicamente trabecular obtenemos los valores más bajos y cuando medimos exclusivamente cortical aparecen los valores más altos, al medir conjuntamente ambas áreas los valores se compensan. Esto está de acuerdo con trabajos

descritos en la literatura como Norton MR, Gamble, [44]. La densidad medida por la suma del hueso cortical y trabecular puede estar fuertemente influenciada por el grosor cortical [43].

Todos estos análisis indican que hay diferencias significativas entre las diferentes áreas anatómicas. En concreto entre todas las áreas excepto entre maxilar anterior y mandíbula posterior cuando medimos Cortical y Cortical/Mandibular. Esto quiere decir que hay variaciones si medimos C, T o C+T y los comparamos con las distintas áreas anatómicas.

Es importante destacar que, al restringir el análisis a los tipos óseos para facilitar su manejo, se observa que cuando se realiza la medición solo en la zona cortical, los tipos más comunes son el tipo I, el tipo II y el tipo III. Por otro lado, cuando se realiza la medición en el hueso trabecular o en ambos, cortical y trabecular, los tipos más frecuentes son el tipo III y el tipo IV, lo cual es lógico debido a la densidad de la cortical en comparación con la zona trabecular. Otro dato importante que se debe destacar del análisis de este estudio es la utilidad de la medición del hueso cortical, ya que se ha observado su importancia tanto en la estabilidad primaria como en los protocolos de fresado. Por lo tanto, en cuanto a qué área se debe medir, la respuesta sería al menos dos áreas: la zona cortical junto con la zona trabecular o cortical/ trabecular. Contar con información de ambas zonas mejora la predictividad e incluso puede ayudar en la toma de decisiones para la preparación y elección del implante más adecuado.

Otro aspecto, no muy frecuente, pero interesante es que, en 33 ocasiones, mayoritariamente en mandíbula, la valoración de cortical es de tipo I y la valoración de trabecular y cortical + trabecular pasa a un hueso mucho menos denso tipo III o IV. Esto implica que existe una gran diferencia en densidades entre la cortical y la parte trabecular. Este hecho podría tener implicaciones clínicas a la hora de la preparación del lecho óseo, quizás sería necesario usar protocolos de fresado diferentes para cada una de las zonas.

## **7. CONCLUSIONES**

1.- Los valores de densidad ósea cortical y trabecular mostraron variaciones significativas entre las diferentes regiones quirúrgicas, tanto en el maxilar como en la mandíbula. Se encontraron diferencias significativas en las mediciones de densidad ósea exclusivamente en cortical, exclusivamente en trabecular o trabecular y cortical entre las cuatro áreas establecidas.

2.- Estas diferencias en las mediciones indican la importancia de evaluar tanto la cortical como la trabecular al determinar la densidad ósea de una región quirúrgica.

## 8. REFERENCIAS

- [1] Abraham CM. A brief historical perspective on dental implants, their surface coatings and treatments. *Open Dent J.* 2014 May 16;8:50-5. PMID: 24894638; PMCID: PMC4040928.
- [2] Branemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1977;16(Suppl): 1-132. PMID: 356184.
- [3] Müller F, Naharro M, Carlsson GE. What are the prevalence and incidence of tooth loss in the adult and elderly population in Europe? *Clin Oral Implants Res.* 2007 Jun;18 Suppl 3:2-14. PMID: 17594365.
- [4] Araújo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol.* 2005 Feb;32(2):212-8. PMID: 15691354.
- [5] Araújo MG, Silva CO, Misawa M, Sukekava F. Alveolar socket healing: what can we learn? *Periodontol 2000.* 2015 Jun;68(1):122-34. PMID: 25867983.
- [6] Misch CE. *Contemporary implant dentistry.* 3<sup>rd</sup> ed. St Louis Mosby, Inc. 1999. 3-400.
- [7] Tada S, Stegaroiu R, Kitamura E, Miyakawa O, Kusakari H. Influence of implant design and bone quality on stress/strain distribution in bone around implants: a 3-dimensional finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2003 May-Jun;18(3):357-68. PMID: 12814310.
- [8] Rokn A, Rasouli Ghahroudi AA, Daneshmonfared M, Menasheof R, Shamshiri AR. Tactile sense of the surgeon in determining bone density when placing dental implant. *Implant Dent.* 2014 Dec;23(6):697-703. PMID: 25347271.

- [9] Herekar M, Sethi M, Ahmad T, Fernandes AS, Patil V, Kulkarni H. A correlation between bone (B), insertion torque (IT), and implant stability (S): BITS score. *J Prosthet Dent.* 2014 Oct;112(4):805-10. PMID: 24726588.
- [10] Wada M, Suganami T, Sogo M, Maeda Y. Can we predict the insertion torque using the bone density around the implant? *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2016 Feb;45(2):221-5. PMID: 26482639.
- [11] Al Haffar I, Padilla F, Nefussi R, Kolta S, Foucart JM, Laugier P. Experimental evaluation of bone quality measuring speed of sound in cadaver mandibles. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006 Dec;102(6):782-91. PMID: 17138182.
- [12] Alamri HM, Sadrameli M, Alshalhoob MA, Sadrameli M, Alshehri MA. Applications of CBCT in dental practice: a review of the literature. *Gen Dent.* 2012 Sep-Oct;60(5):390-400; quiz 401-2. PMID: 23032226.
- [13] Drage NA, Palmer RM, Blake G, Wilson R, Crane F, Fogelman I. A comparison of bone mineral density in the spine, hip and jaws of edentulous subjects. *Clin Oral Implants Res.* 2007 Aug;18(4):496-500. PMID: 17517057.
- [14] Frederiksen NL. Diagnostic imaging in dental implantology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995 Nov;80(5):540-54. PMID: 8556464.
- [15] Angelopoulos C, Aghaloo T. Imaging technology in implant diagnosis. *Dent Clin North Am.* 2011 Jan;55(1):141-58. PMID: 21094723; PMCID: PMC5348923.
- [16] de Oliveira RC, Leles CR, Normanha LM, Lindh C, Ribeiro-Rotta RF. Assessments of trabecular bone density at implant sites on CT images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008 Feb;105(2):231-8. PMID: 18230392.
- [17] Fuh LJ, Huang HL, Chen CS, Fu KL, Shen YW, Tu MG, Shen WC, Hsu JT. Variations in bone density at dental implant sites in different regions of the jawbone. *J Oral Rehabil.* 2010 May 1;37(5):346-51. PMID: 20113389.
- [18] Shapurian T, Damoulis PD, Reiser GM, Griffin TJ, Rand WM. Quantitative evaluation of bone density using the Hounsfield index. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2006 Mar-Apr;21(2):290-7. PMID: 16634501.

- [19] Turkyilmaz I, Tözüm TF, Tumer C. Bone density assessments of oral implant sites using computerized tomography. *J Oral Rehabil.* 2007 Apr;34(4):267-72. PMID: 17371564.
- [20] Cochran DL. A comparison of endosseous dental implant surfaces. *J Periodontol.* 1999 Dec;70(12):1523-39. PMID: 10632528.
- [21] Oh JS, Kim SG. Clinical study of the relationship between implant stability measurements using Periotest and Osstell mentor and bone quality assessment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2012 Mar;113(3):35-40. PMID: 22669155.
- [22] Bilhan H, Cilingir A, Bural C, Bilmenoglu C, Sakar O, Geckili O. The Evaluation of the Reliability of Periotest for Implant Stability Measurements: An In Vitro Study. *J Oral Implantol.* 2015 Aug;41(4):90-5. PMID: 24593232
- [23] Javed F, Ahmed HB, Crespi R, Romanos GE. Role of primary stability for successful osseointegration of dental implants: Factors of influence and evaluation. *Interv Med Appl Sci.* 2013 Dec;5(4):162-7. PMID: 24381734; PMCID: PMC3873594.
- [24] Karl M, Grobecker-Karl T. Effect of bone quality, implant design, and surgical technique on primary implant stability. *Quintessence Int.* 2018 Jan 22:189-198. PMID: 29363678.
- [25] Azcarate-Velázquez F, Castillo-Oyagüe R, Oliveros-López LG, Torres-Lagares D, Martínez-González ÁJ, Pérez-Velasco A, Lynch CD, Gutiérrez-Pérez JL, Serrera-Figallo MÁ. Influence of bone quality on the mechanical interaction between implant and bone: A finite element analysis. *J Dent.* 2019 Sep;88:103161. PMID: 31255639.
- [26] Wilmes B, Rademacher C, Olthoff G, Drescher D. Parameters affecting primary stability of orthodontic mini-implants. *J Orofac Orthop.* 2006 May;67(3):162-74. English, German. PMID: 16736117.
- [27] Song YY, Cha JY, Hwang CJ. Mechanical characteristics of various orthodontic mini-screws in relation to artificial cortical bone thickness. *Angle Orthod.* 2007 Nov;77(6):979-85. PMID: 18004915.
- [28] Javed F, Romanos GE. The role of primary stability for successful immediate loading of dental implants. A literature review. *J Dent.* 2010 Aug;38(8):612-20. PMID: 20546821.

- [29] Trisi P, Rao W, Rebaudi A. A histometric comparison of smooth and rough titanium implants in human low-density jawbone. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1999 Sep-Oct;14(5):689-98. PMID: 10531741.
- [30] Freudenthaler JW, Haas R, Bantleon HP. Bicortical titanium screws for critical orthodontic anchorage in the mandible: a preliminary report on clinical applications. *Clin Oral Implants Res*. 2001 Aug;12(4):358-63. English, French, German. PMID: 11488865.
- [31] Cheng SJ, Tseng IY, Lee JJ, Kok SH. A prospective study of the risk factors associated with failure of mini-implants used for orthodontic anchorage. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2004 Jan-Feb;19(1):100-6. PMID: 14982362.
- [32] Bahat O. Brånemark system implants in the posterior maxilla: clinical study of 660 implants followed for 5 to 12 years. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2000 Sep-Oct;15(5):646-53. PMID: 11055131.
- [33] Atwood DA. Some clinical factors related to rate of resorption of residual ridges. 1962. *J Prosthet Dent*. 2001 Aug;86(2):119-25. PMID: 11514795.
- [34] Kent JN, Quinn JH, Zide MF, Finger IM, Jarcho M, Rothstein SS. Correction of alveolar ridge deficiencies with nonresorbable hydroxylapatite. *J Am Dent Assoc*. 1982 Dec;105(6):993-1001. PMID: 6296212.
- [35] Misch CE, Judy KW. Classification of partially edentulous arches for implant dentistry. *Int J Oral Implantol*. 1987;4(2):7-13. PMID: 3269839.
- [36] Lozano-Carrascal N, Salomó-Coll O, Gilabert-Cerdà M, Farré-Pagés N, Gargallo-Albiol J, Hernández-Alfaro F. Effect of implant macro-design on primary stability: A prospective clinical study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2016 Mar 1;21(2):214-21. PMID: 26827067; PMCID: PMC4788802.
- [37] Stocchero M, Toia M, Cecchinato D, Becktor JP, Coelho PG, Jimbo R. Biomechanical, Biologic, and Clinical Outcomes of Undersized Implant Surgical Preparation: A Systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2016 Nov/Dec;31(6):1247-63. PMID: 27861649.
- [38] Călin C, Petre A, Drafta S. Osteotome-mediated sinus floor elevation: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014 May-Jun;29(3):558-76. PMID: 24818194.

- [39] Padhye NM, Padhye AM, Bhatavadekar NB. Osseodensification -- A systematic review and qualitative analysis of published literature. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2020 Jan-Mar;10(1):375-80. PMID: 31737477; PMCID: PMC6849357.
- [40] Atieh MA, Alsabeeha NHM, Tawse-Smith A, Duncan WJ. Piezoelectric versus conventional implant site preparation: A systematic review and meta-analysis. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2018 Apr;20(2):261-70. PMID: 29148161.
- [41] Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. Bone Quality and Quantity and Dental Implant Failure: A Systematic Review and Meta-analysis. *Int J Prosthodont.* 2017 May/June;30(3):219–37. PMID: 28319206.
- [42] Farré-Pagés N, Augé-Castro ML, Alaejos-Algarra F, Mareque-Bueno J, Ferrés-Padró E, Hernández-Alfaro F. Relation between bone density and primary implant stability. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2011 Jan 1;16(1):62-7. PMID: 20711163.
- [43] Marquezan M, Osório A, Sant'Anna E, Souza MM, Maia L. Does bone mineral density influence the primary stability of dental implants? A systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2012 Jul;23(7):767-74. PMID: 21635560.
- [44] Norton MR, Gamble C. Bone classification: an objective scale of bone density using the computerized tomography scan. *Clin Oral Implants Res.* 2001 Feb;12(1):79-84. PMID: 11168274.