

CAPACIDAD PREDICTIVA DE LA ESTABILIDAD PRIMARIA DE IMPLANTES MEDIANTE ESTUDIO RADIOLÓGICO

CAPACIDAD PREDICTIVA DE LA ESTABILIDAD PRIMARIA DE IMPLANTES MEDIANTE ESTUDIO RADIOLÓGICO

JOAQUÍN DE ELÍO OLIVEROS, ALEJANDRA DEL CANTO DIAZ, MARIANO DEL CANTO DÍAZ, MARIANO DEL CANTO PINGARRÓN, MIGUEL ÁNGEL ALOBERA GRACIA, JESÚS SECO CALVO

RESUMEN

Introducción: La estabilidad primaria de los implantes dentales está condicionada por numerosos factores, pero fundamentalmente depende de la técnica quirúrgica, el diseño del implante y las características del hueso receptor. Hoy en día los estudios radiográficos que con mayor frecuencia se realizan como herramienta diagnóstica para la colocación de implantes son los CBCT, y la densidad ósea se cuantifica en unidades Hounsfield (UH). El presente estudio tiene como objetivo determinar la relación entre la densidad ósea del reborde alveolar medida mediante CBCT y la estabilidad primaria de un implante de diseño cilíndrico de diferentes anchuras y longitudes medida mediante análisis de frecuencia de resonancia (AFR) y torque de inserción (TI).

Material y método: 100 implantes fueron colocados en 28 pacientes. A todos los pacientes se les realizó un CBCT con férula radiológico-quirúrgica y se analizó la densidad ósea de los tramos edéntulos. Se recogieron valores de estabilidad primaria en “implant stability quotient” (ISQ) y TI.

Resultados: En las tres variables de densidad ósea en UH analizadas se encontraron diferencias altamente significativas ($p < .001$) que nos permiten admitir que existe una relación entre ellas y los niveles de TI de los implantes. Existe una correlación significativa ($p < .01$) entre valores UH y valores ISQ. Los rebordes alveolares estrechos se asocian a valores de TI mayores a 50 Ncm ($p < .05$). Se encontró una relación altamente significativa ($p < .01$) entre los valores ISQ y TI.

Conclusiones: La estabilidad primaria medida en ISQ y TI es proporcional a la densidad ósea del reborde alveolar edéntulo y por tanto predecible mediante un estudio radiográfico CBCT. Los rebordes alveolares de menor anchura podrían generar mayores torques de inserción al quedar más próximas las corticales vestibular y lingual/palatina a la superficie del implante. Son necesarios más estudios para determinar un valor de estabilidad primaria predecible mediante CBCT a los diferentes diseños de implantes existentes.

Palabras clave: Bone density; Hounsfield units; Alveolar bone; Bone thickness; Implant primary stability; Implant design; Insertion torque; Resonance frequency analysis; ISQ.

Joaquín de Elío Oliveros (1)
Alejandra del Canto Díaz (2)
Mariano del Canto Díaz (3)
Mariano del Canto Pingarrón (4),
Miguel Ángel Alobera Gracia (4)
Jesús Seco Calvo (5)

(1) DDS, PHD. Profesor del Máster de Cirugía Bucal, Implantología y Periodoncia de la Universidad de León, España.

(2) DDS, MSc. Máster en Ciencias Odontológicas del la Universidad Complutense de Madrid. Alumna del Máster de Cirugía Bucal, Implantología y Periodoncia de la Universidad de León, España.

(3) DDS. Práctica privada en Clínica del Canto. Madrid. España.

(4) MD, DDS, PHD. Director del Máster de Cirugía Bucal, Implantología y Periodoncia de la Universidad de León, España.

(5) MD, PT, PHD. Instituto de Biomedicina (IBIOMED), Universidad de León, España. Investigador invitado y profesor de la Universidad de País Vasco, España.

CORRESPONDENCIA :

Mariano del Canto Pingarrón .
Pza. del Ferrocarril 12, bajo. 28290,
Las Matas (Madrid).
Email: mcantop@telefonica.net

SUMMARY

Purpose: Implant primary stability is conditioned by many factors, but mainly depends on the surgical technique, the implant design and the recipient bone characteristics. Nowadays CBCT are the radiographic studies most frequently performed as a diagnostic tool for implant placement and bone density is quantified in Hounsfield units (HU). The present study aims to determine the relationship between bone density of the alveolar ridge measured by CBCT and the primary stability of a cylindrical implant of different diameters and lengths measured by resonance frequency analysis (RFA) and insertion torque (IT).

Materials and methods: 100 implants were placed in 28 patients. All patients underwent a CBCT with radiological and surgical splint and the bone density of the edentulous ridges was analyzed. Primary stability values were collected in implant stability quotient (ISQ) and IT.

Results: 100 implants were placed in 28 patients. All patients underwent a CBCT with radiological and surgical splint and the bone density of the edentulous ridges was analyzed. Primary stability values were collected in implant stability quotient (ISQ) and IT. In the three variables of the bone density in HU analyzed were found highly significant differences ($p < .001$) that allow us to admit that there is a relationship between them and the IT levels of the implants. There is a significant correlation ($p < .01$) between HU and ISQ values. Narrow alveolar ridges are associated with IT values greater than 50 Ncm ($p < .05$). A highly significant relationship ($p < .01$) was found between ISQ and IT values.

Conclusions: Implant primary stability measured in ISQ and IT is proportional to the bone density of the edentulous alveolar ridge and therefore predictable by a radiographic CBCT study. The lesser width of the alveolar ridge could lead to higher IT as the vestibular and lingual/palatal cortical bone become closer to the surface of the implant. More studies are needed to determine a predictable primary stability value by CBCT for different implant designs.

Key words: Bone density; Hounsfield units; Alveolar bone; Bone thickness; Implant primary stability; Implant design; Insertion torque; Resonance frequency analysis; ISQ.

INTRODUCCIÓN

La estabilidad de un implante es la ausencia de movilidad clínica. La estabilidad primaria corresponde al íntimo contacto de la superficie de un implante con el hueso que lo rodea en el momento posterior a su colocación.¹ Una insuficiente estabilidad primaria incrementaría el riesgo de que el implante sufra micromovimientos dentro del lecho óseo receptor, afectando a la interfase hueso-implante durante el proceso de cicatrización, produciéndose así una encapsulación del implante en tejido blando y el fracaso de la osteointegración.^{2,3} Así mismo, conseguir una adecuada estabilidad primaria reduce el riesgo de fracaso en tratamientos implantológicos de carga inmediata y provisionalización inmediata,^{4,5} y de esta forma permite realizar tratamientos rehabilitadores disminuyendo el tiempo desde la cirugía de implantes hasta la colocación de la prótesis que devuelve la estética y función masticatoria a los pacientes. En consecuencia, podemos afirmar que conseguir estabilidad primaria en una cirugía de

colocación de implantes se considera hoy en día un factor fundamental para alcanzar el éxito en la osteointegración del implante en el hueso alveolar receptor.⁶

Diferentes dispositivos y técnicas permiten cuantificar de forma objetiva la estabilidad de los implantes dentales: test de percusión (Periotest®, Siemens AG, Bensheim, Alemania), análisis de frecuencia de resonancia (AFR) y torque de inserción (TI) mediante motor de implantes o llave de inserción dinamométrica. Aún así, hoy en día ninguno de estos métodos se considera el “gold standard” para medir la estabilidad de un implante en su momento de inserción o para realizar controles posteriores.⁷

La estabilidad primaria está condicionada por numerosos factores, pero fundamentalmente depende de la técnica quirúrgica, el diseño del implante y las características del hueso receptor.⁸ Por lo tanto, es fundamental tener en cuenta la cantidad de tejido óseo disponible en el área de colocación de los implantes (volumen óseo) y calidad del reborde alveolar (densidad ósea). Durante años, numerosos estudios han demostrado tasas de éxito mayores en implantes colocados en huesos de mayor calidad y tasas de éxito menores en implantes colocados en huesos de calidad más baja.⁹ En 1985 Lekholm y Zarb establecieron una clasificación de la calidad ósea del proceso alveolar basada, entre otras cosas, en el análisis subjetivo de la resistencia al fresado del hueso durante el acto quirúrgico de colocación del implante.¹⁰ Con la llegada de la tomografía volumétrica de haz de cono se produce un avance importante en el estudio radiológico de los maxilares para diagnóstico en implantología, principalmente debido a la menor dosis de radiación necesaria y menor costo. Los estudios radiográficos que con mayor frecuencia se realizan como herramienta diagnóstica para la colocación de implantes son los CBCT, y la densidad ósea se cuantifica en unidades Hounsfield (UH).

Kirkos y Misch establecieron una correlación entre los valores densitométricos en UH y las diferentes densidades óseas según la clasificación de Misch.⁹ Norton y Gamble también encontraron una relación positiva entre los valores UH y las diferentes calidades de hueso según la clasificación de Lekholm y Zarb.¹¹

Considerando que la densidad ósea del área receptora de un implante afecta a la estabilidad primaria del mismo, esta relación ha sido motivo de estudio. Aunque se ha encontrado una asociación positiva, la evidencia científica que apoya esta relación es de débil a moderada debido a la calidad y gran diferencia metodológica de los estudios.¹² Así mismo, es objeto de estudio la forma en la que el diseño macroscópico y microscópico de los implantes afecta a su estabilidad. Los implantes de diseño cónico adquieren mayor estabilidad medida en ISQ y torque de inserción frente a implantes de diseño cilíndrico.^{13,14,15} Existe una enorme cantidad de diseños macroscópicos y microscópicos de implantes. Sería

razonable pensar que cada diseño debería tener asociado un valor predecible de estabilidad primaria en función de la densidad ósea de la zona de colocación del implante tras respetar el protocolo quirúrgico de fresado marcado por el fabricante.

El presente estudio tiene como objetivo determinar la relación entre la anchura y densidad ósea en UH del reborde alveolar edéntulo medidas mediante CBCT y la estabilidad primaria en valores ISQ y TI de un implante de diseño cilíndrico de diferentes anchuras y longitudes.

MATERIAL Y MÉTODO

Recursos humanos

Este estudio clínico ha sido aprobado por el comité ético de la Universidad de León. Se reclutaron pacientes del Centro de Formación Continuada del Colegio Oficial de Odontólogos y Estomatólogos de León candidatos para rehabilitar tramos edéntulos mediante implantes dentales en maxilar y mandíbula. Todas las cirugías fueron realizadas por diferentes clínicos. Los criterios de inclusión y exclusión de los pacientes fueron los siguientes:

Criterios de inclusión

- Pacientes adultos mayores de 18 años sanos.
- Pacientes que precisen un tratamiento implantológico para reponer las piezas dentales perdidas.
- Pacientes que acepten las condiciones del estudio, firmen un consentimiento informado y se comprometan a acudir a las citas.

Criterios de exclusión

- Pacientes con enfermedades endocrino-metabólicas que puedan afectar al proceso de osteointegración.
- Pacientes con procesos agudos o crónicos generales o locales.
- Pacientes que sufran patologías que puedan verse influidas por la cirugía en sí o por los fármacos a utilizar intraoperatoriamente o postoperatoriamente.
- Antecedentes de toma de bifosfonatos.
- Pacientes fumadores de más de 10 cigarrillos/día.
- Necesidad de regularización del reborde alveolar.
- Alveolos postextracción.
- Implantes inmediatos.
- Zonas regeneradas con biomateriales.
- Estudios radiográficos de más de 3 meses de antigüedad.

Instrumental

Se empleó un único diseño de implante cilíndrico: BEGO Semados® S-Line (BEGO Implant Systems GmbH & Co. KG, Bremen, Alemania) de diferentes diámetros y longitudes. Se utilizó anestesia local, instrumental quirúrgico, micromotor de implantes XO® OSSEO (Sweden&Martina S. p. A., Padua, Italia), llave dinamométrica BEGO Semados® con par de apriete 10-50 Ncm y Osstell ISQ® (Osstell AB, Göteborg, Suecia) con SmartPeg™ (Osstell AB, Göteborg, Suecia) tipo 26.

Material para estudio por la imagen

A todos los pacientes se les realizó un CBCT (Carestream 9300; Carestream Health, Rochester, Nueva York) con férula radiológico-quirúrgica. La dosis de radiación fue de 591 mGy.cm² en pacientes de talla pequeña, 685 mGy.cm² en pacientes de talla mediana y 856 mGy.cm² en pacientes de talla grande. Se analizó la densidad ósea y anchura de los tramos edéntulos mediante el programa informático BTI Scan 3® (BTI Biototechnology Institute SL, Miñano, Álava).

Método de medición de anchura del hueso alveolar

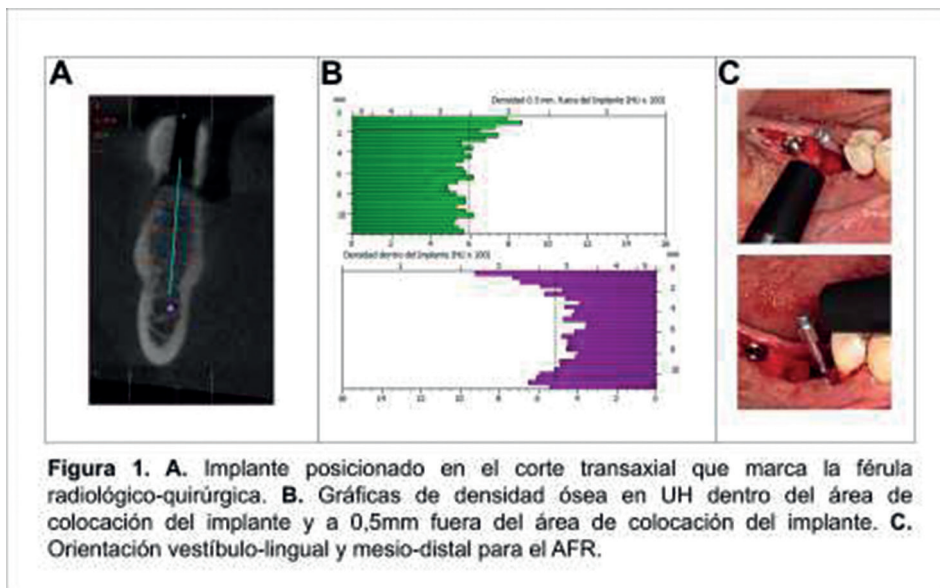
Se buscó el corte transversal de la cresta ósea alveolar correspondiente al lugar de colocación del implante marcado por la férula radiológico-quirúrgica, y se colocó el implante elegido de la base de datos de implantes sobre el corte transversal, con la inclinación adecuada. Posteriormente se trazaron 3 distancias en mm perpendiculares al eje axial del implante desde la cortical ósea vestibular hasta la cortical ósea lingual:

- Distancia coronal de anchura de cresta alveolar: inferior al cuello del implante.
- Distancia media de anchura de cresta alveolar: a la mitad del implante.
- Distancia apical de anchura de cresta alveolar: inferior al ápice del implante. (**Figura 1A**)

Método de medición de densidad ósea

Utilizando las gráficas densitométricas, se obtuvieron valores numéricos para las distintas variables del estudio:

- UH dentro del implante.
- Tipo de hueso dentro del implante.
- UH 0,5mm fuera del implante.
- Tipo de hueso 0,5mm fuera del implante.



- UH en los 3 primeros milímetros coronales dentro del implante: Se determinó el valor medio en UH de los 3 primeros milímetros de la longitud del implante. (Figura 1B)

Una con orientación vestibulolingual/palatino del transductor, perpendicular al SmartPeg™, la otra con orientación mesiodistal también perpendicular al SmartPeg™. (Figura 1C)

Método de fresado del hueso alveolar

Se respetó el protocolo de fresado para implantes BEGO Semados® S-Line, utilizando todas las fresas sin excepción y hasta la longitud del implante seleccionado hasta la que correspondiera al diámetro del implante:

- Fresas de profundidad: 800 rpm con irrigación.
- Fresas avellanadoras: 800 rpm con irrigación.
- Inserción de implante: 15 rpm.

Método de medición del TI

Se introdujo el implante en el lecho implantológico y se determinó el TI final con la carraca dinamométrica, asignando este valor a uno de los siguientes grupos:

- TI <30 Ncm.
- TI comprendido entre 30 y 50 Ncm.
- TI >50 Ncm.

Método de medición de la estabilidad primaria mediante AFR

De forma inmediata tras a colocación de los implantes se realizó el AFR con el sistema Osstell ISQ atornillando al implante el SmartPeg™ tipo 26. Se efectuaron 2 mediciones:

Análisis estadístico

Se utilizó el programa estadístico SPSS® Statistics v22.0. Se realizó un cruce bivariado entre pares de variables con los procedimientos estadísticos necesarios al tipo de datos de cada una de las variables intervinientes en cada par. Cuando se cruzaba una cuantitativa con una categórica: test de diferencia de medias con estimación del tamaño del efecto mediante R2 (escala 0-100%). Cuando ambas eran cuantitativas: diagrama de dispersión y coeficiente de correlación Pearson y Spearman. Cuando ambas han sido categóricas: test Chi-cuadrado de independencia, con residuos estandarizados corregidos como medio de detección de la asociación entre categorías; la intensidad de la asociación se estimó con el coeficiente de Contingencia.

RESULTADOS

100 implantes Bego fueron colocados en 28 pacientes, casi equilibrados en cuanto al género: 56 en hombres y 44 en mujeres. La edad media de los pacientes fue de 50 años, dentro del rango de 31 a 64 años. La mitad de los implantes fueron colocados en zona mandibular posterior, 28 en maxilar posterior, 12 en mandíbula anterior y 10 en maxilar anterior. La descripción de la muestra queda reflejada en la **Tabla 1**.

TABLA 1. Descripción de la muestra

Variable		Hombres 56 (56.0%)	Mujeres 44 (44.0%)	Total 100 (100%)
Edad	Años: Media (d.e.)	50.11 (9.98)	49.93 (7.15)	50.03 (8.81)
Fumador	Sí	41 (73.2%)	24 (54.5%)	65 (65.0%)
	No	15 (26.8%)	20 (45.5%)	35 (35.0%)
Zona	Maxilar Posterior	18 (32.1%)	10 (22.7%)	28 (28.0%)
	Maxilar Anterior	9 (16.1%)	1 (2.3%)	10 (10.0%)
	Mandibular Posterior	25 (44.6%)	25 (56.8%)	50 (50.0%)
	Mandibular Anterior	4 (7.1%)	8 (18.2%)	12 (12.0%)
Tipo Hueso Dentro	1	7 (12.5%)	14 (31.8%)	21 (21.0%)
	2	28 (50.0%)	17 (38.6%)	45 (45.0%)
	3	17 (30.4%)	11 (25.0%)	28 (28.0%)
	4	4 (7.1%)	2 (4.5%)	6 (6.0%)
Tipo Hueso 0,5mm Fuera	1	17 (30.4%)	22 (50.0%)	39 (39.0%)
	2	29 (51.8%)	14 (31.8%)	43 (43.0%)
	3	7 (12.5%)	8 (18.8%)	15 (15.0%)
	4	3 (5.4%)	0 (—)	3 (3.0%)
TI	<30	13 (23.2%)	13 (29.5%)	26 (26.0%)
	30-50	8 (14.3%)	4 (9.1%)	12 (12.0%)
	>50	35 (62.5%)	27 (61.4%)	62 (62.0%)

TABLA 2A. Análisis Inferencial: Diferencia de medias. Valores HU asociados a la región anatómica

	Máxilar Post. (28)	Máxilar Ant. (10)	Mandib. Post. (50)	Mandib. Ant. (12)	ANOVA		Tamaño del efecto: R ²
Variable	Media (D.E.)	Media (D.E.)	Media (D.E.)	Media (D.E.)	Valor	p-valor	
UH dentro	548.21 (208.82)	850.00 (152.75)	745.00 (291.94)	1116.67 (123.09)	15.93	.000**	.332
UH fuera	642.86 (210.69)	1000.00 (131.23)	883.00 (293.92)	1233.33 (176.24)	17.31	.000**	.351

** = Altamente significativo al 1% (p<.01)

TABLA 2B. Análisis Inferencial: Diferencia de medias.

	<30 Ncm (26)	30 - 50 Ncm (12)	>50 Ncm (62)	ANOVA		Tamaño del efecto: R ²
Variable	Media (D.E.)	Media (D.E.)	Media (D.E.)	Valor	p-valor	
An. Coronal	7.36 (1.29)	7.55 (1.78)	6.88 (1.38)	1.76	.177 ^{NS}	.035
An. Media	9.95 (2.02)	10.24 (2.11)	8.97 (1.73)	4.03	.021 *	.077
An. Apical	11.82 (2.44)	11.68 (1.87)	10.67 (1.99)	3.27	.042 *	.063

N.S. = NO significativo (p>.05) * = Significativo al 5% (p<.05)

Relación de la región anatómica con la densidad ósea

Se encontró una relación altamente significativa para p<.001 tal que según nuestros datos la media de UH dentro y a 0,5mm fuera del área que debería ocupar el implante es notablemente más elevada en el caso de la región mandibular anterior (1116,67 y 1233,33 respectivamente) que en todas las demás regiones anatómicas. A la par estas medias han sido las meno-

res de todas en el caso de la región maxilar posterior (548,21 dentro y 642,86 a 0,5mm fuera del área que debería ocupar el implante). El tamaño del efecto es elevado (tabla 2A).

Relación de la anchura del reborde alveolar con la estabilidad primaria

Parece haber asociación de TI >50 Ncm con rebordes alveolares estrechos en tercio medio y apical. Aunque hay significa-

ción ($p < .05$) los tamaños del efecto son bastante leves (**tabla 2B**). Así mismo los rebordes alveolares estrechos se asocian a mayores valores UH 0,5mm fuera del implante ($p < .001$) al quedar más próximas las corticales vestibular y lingual/palatina al implante. Existe una relación directa entre los valores ISQ y la anchura media (Pearson=.269; Spearman=.324) y apical (Pearson=.324; Spearman=.257) del reborde alveolar, es decir, se asocian los valores altos de ambas variables entre sí, a la par que se asocian los valores bajos entre sí. No obstante la intensidad de esta correlación es leve (**figuras 2A y 2B**).

Relación de la densidad ósea con la estabilidad primaria

En las tres variables de UH se han encontrado diferencias altamente significativas ($p < .001$) que nos permiten admitir que existe una relación entre ellas y los niveles de TI de los implantes (**tabla 3**). No obstante en las tres variables, las diferencias de las medias del nivel 30-50 Ncm no llegan a ser estadísticamente distintas ($p > .05$) que las medias de las piezas con TI <30 Ncm y por tanto, la significación apreciada que justifica la relación se debe a que son los implantes con TI >50 Ncm los que tienen valores medios en UH (en las tres variables) más elevados que cualquier otro implante de TI menor. El tamaño del efecto más elevado (37,4%) es en la variable UH 0,5mm fuera del área del implante (**figura 3A**). Los tipos de hueso 1 y 2 se asocian a TI >50 Ncm, mientras

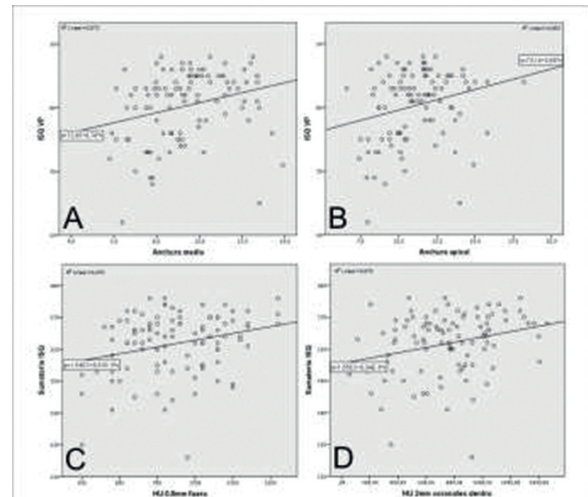


Figura 2. Diagramas de dispersión **A.** Relación ISQ con anchura media de la cresta alveolar. **B.** Relación ISQ con anchura apical de la cresta alveolar. **C.** Relación ISQ con UH 0,5mm fuera del implante. **D.** Relación ISQ con UH 3mm coronales dentro del implante.

que el tipo de hueso 4 se asocia a TI <30 Ncm. La relación ($p < .001$) es altamente significativa (**tabla 4**). En cuanto al estudio de la relación entre valores UH y los valores ISQ, podemos afirmar que existe una correlación significativa ($p < .01$), pero sólo cuando utilizamos las variables UH

TABLA 3. Análisis Inferencial: Diferencia de medias. Valores de UH asociados a TI

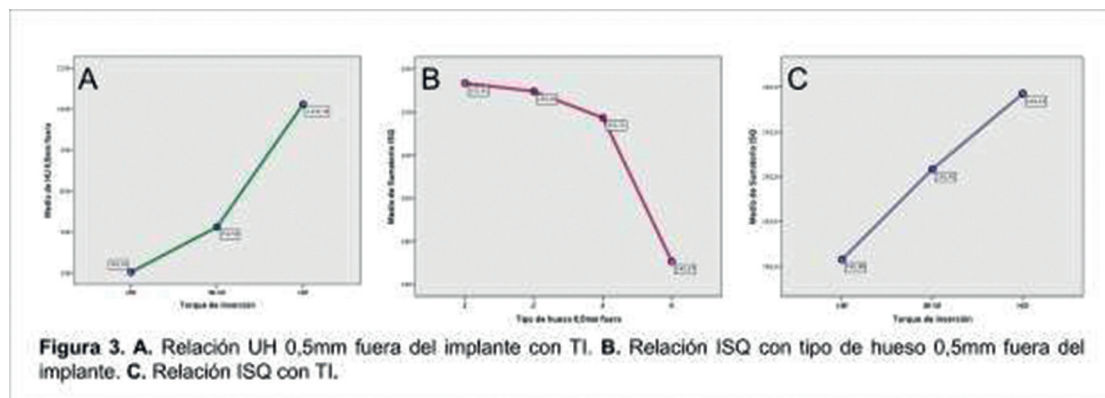
Variable	<30 Ncm (26)	30 - 50 Ncm (12)	>50 Ncm (62)	ANOVA		Tamaño del efecto: R ²
	Media (D.E.)	Media (D.E.)	Media (D.E.)	Valor	p-valor	
UH dentro	498.08 (232.59)	654.17 (226.09)	866.13 (258.43)	21.01	.000**	.302
UH 0.5 mm fuera	601.92 (214.23)	712.50 (212.27)	1012.10 (258.41)	29.00	.000**	.374
UH 3mm dentro	531.21 (262.40)	721.47 (239.31)	852.33 (301.85)	11.65	.000**	.194

** = Altamente significativo al 1% ($p < .01$)

TABLA 4. Test Chi cuadrado. Asociación entre TI y Tipo hueso dentro

TI	Tipo Hueso Dentro			
	1	2	3	4
<30 Ncm	1 (1.0%)	9 (9.0%)	10 (10.0%)	6 (6.0%)
30 - 50 Ncm	1 (1.0%)	6 (6.0%)	5 (5.0%)	0 (-)
>50 Ncm	19 (19.0%)	30 (30.0%)	13 (13.0%)	0 (-)

** = Altamente significativo al 1% ($p < .01$)



0,5mm fuera (Pearson=.264; Spearman=.223) y UH 3mm coronales dentro (Pearson=.223; Spearman=.271) del área de colocación del implante. En ambas la relación es directa y el tamaño del efecto leve (**figuras 2C y 2D**). El tipo de hueso 4 en el área de colocación del implante se asocia a los valores ISQ más bajos registrados, con respecto a cualquiera de los demás tipos de hueso ($p < .01$). Esto lo confirma el test a posteriori de Tukey, como también indican estos test que entre los tipos 1, 2 y 3 de hueso entre sí no difieren de forma significativa ($p > .05$) y por tanto tienen medias de ISQ similares (**figura 3B**).

Relación entre las dos variables de estabilidad primaria (ISQ y TI)

Se ha observado la existencia de una asociación altamente significativa ($p < .01$). Nuestros datos nos permiten deducir la existencia de una relación claramente lineal directa, tal que a mayor TI mayor valor ISQ (**figura 3C**).

DISCUSIÓN

El estudio radiológico del reborde alveolar edéntulo previo a la colocación de implantes aporta información diagnóstica importante de la cantidad y densidad ósea disponibles. Los resultados del presente estudio demuestran que la región anatómica de mayor densidad se asocia a la mandíbula anterior seguida del maxilar anterior, mandíbula posterior y por último maxilar posterior ($p < .001$). Estos resultados coinciden con los de Misch⁹ y Norton y Gamble.¹¹ La densidad ósea condiciona la estabilidad primaria de los implantes. Esta relación ha sido objeto de estudio y la densidad ósea se ha cuantificado con diferentes metodologías, ya sea de forma subjetiva (sensación táctil de la resistencia del hueso al fresado) u objetiva (estudios radiológicos).

Los estudios de Turkyilmaz et al^{16,17} demuestran que esta relación es estadísticamente significativa ($p < .001$) al analizar muestras de 300 y 230 implantes colocados en pacientes, y utilizar estudios CT para medir la densidad ósea del lecho receptor y AFR y TI para medir la estabilidad primaria. Farré-Pagés et al¹⁸ consiguen un resultado similar aunque de efecto menor ($p < .05$) en una muestra de 54 implantes al relacionar la densidad ósea en UH de estudios CT con valores ISQ. Sin embargo, no encuentra relación entre valores UH y valores de TI ($p > .05$).

Hay que tener en cuenta que la forma de obtener los valores densitométricos en los CBCT difiere de los CT médicos originales. La escala cuantitativa que describió Godfrey Newbold Hounsfield mediante los escáneres TC médicos representa la radiodensidad de los tejidos cuyos valores quedan comprendidos entre el blanco total (+1000 UH) y el negro (-1000 UH, densidad aire) siendo 0UH la densidad del agua destilada a 25°C 50% negro y 50% blanco. Esta escala ha sido modificada para su uso en los estudios CBCT. Se ha demostrado en diferentes estudios in vitro que los valores de la escala de grises medidos mediante CBCT pueden ser diferentes a los medidos mediante CT médico y por tanto no se consideran valores absolutos.¹⁹ Una de las fuentes más importantes de imprecisiones es la gran cantidad de radiación dispersa que produce la exploración volumétrica típica de los sistemas CBCT. La radiación dispersa genera más ruido en las imágenes obtenidas y reduce la uniformidad espacial de los valores densitométricos en UH.²⁰ No obstante la calidad ósea de los maxilares puede determinarse preoperatoriamente mediante UH utilizando CBCT o CT médico indistintamente.²¹

El presente estudio demuestra una relación altamente significativa entre valores UH y TI ($p < .001$) y una correlación entre valores UH y ISQ ($p < .01$), al utilizar estudios CBCT para cuantificar la densidad ósea. Fuster-Torres et al²² obtienen resultados significativos únicamente en región anteromandibular al relacionar valores UH medidos mediante

CBCT con valores de TI ($p < .05$) y al relacionar la densidad ósea con valores ISQ sólo en varones ($p < .05$). En un estudio *in vitro* Isoda et al²³ encuentran una relación estadísticamente significativa de efecto elevado ($p < .001$) entre valores UH medidos con CBCT y TI, y valores UH y ISQ. Howashi et al¹³ obtienen los mismos resultados en otro estudio *in vitro* utilizando un CT Helicoidal. Así mismo nuestros resultados coinciden con los de Sennerby et al²⁰ al relacionar de forma estadísticamente significativa valores UH con valores de estabilidad primaria de 155 implantes, tras realizar la validación de un CBCT para tomar mediciones fiables de densidad ósea.

Los resultados del presente estudio muestran una relación altamente significativa entre las variables de estabilidad primaria (ISQ y TI), en concordancia a lo expuesto en los estudios de Filho et al²⁴ y Makary et al.²⁵

El grosor cortical del reborde alveolar parece condicionar la estabilidad primaria de los implantes. Un estudio *in vitro* de Hsu et al²⁶ asocia mayor ISQ y TI a modelos de hueso sintéticos de mayor grosor cortical, y menor estabilidad cuando la cortical es fina ($R^2=0,9$). Marquezan et al²⁷ llegan a la misma conclusión al realizar una revisión sistemática y metaanálisis sobre la influencia del grosor cortical en la estabilidad primaria de microtornillos de ortodoncia. Ohiomoba et al²⁸ afirman que la densidad y el grosor de las corticales del reborde alveolar aumentan en sentido apical. Nuestros resultados sugieren que los rebordes alveolares más estrechos en tercio apical del implante se asocian a TI >50 Ncm ($p < .05$), debido al acercamiento de cortica-

les gruesas vestibular y lingual/palatina a la superficie del implante.

CONCLUSIONES

La estabilidad primaria medida en ISQ y TI es proporcional a la densidad ósea del reborde alveolar edéntulo, y por tanto es predecible mediante un estudio radiográfico CBCT. El presente estudio demuestra que para un implante cilíndrico de ápice redondeado y conexión interna BEGO Semados® S-Line cabe esperar una estabilidad primaria distinta en función del tipo de hueso receptor, cuando se respeta el protocolo de fresado marcado por el fabricante y no se realizan técnicas de compactación ósea o infrafresado del lecho implantológico. Para tipos de hueso de baja densidad (tipo 4 de Misch) cabe esperar un TI <30 Ncm y un valor ISQ inferior en comparación a huesos de mayor densidad. Los rebordes alveolares de menor anchura apical podrían generar mayores TI al quedar más próximas corticales gruesas vestibular y lingual/palatina a la superficie del implante. Estos resultados deben tenerse en consideración al realizar procedimientos de carga inmediata o provisionalización inmediata a fin de disminuir el riesgo de fracaso de la osteointegración del implante. El diseño macroscópico de los implantes también desempeña un papel fundamental en cuanto a la estabilidad primaria se refiere. Son necesarios más estudios para determinar un valor de estabilidad primaria predecible mediante CBCT a los diferentes diseños de implante en el mercado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Sennerby L, Meredith N. Implant stability measurements using resonance frequency analysis: biological and biomechanical aspects and clinical implications. *Periodontol* 2000. 2008; 47: 51-66.
2. Esposito M, Hirsch J M, Lekholm U, Thomsen P. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants. (I). Success criteria and epidemiology. *Eur J Oral Sci*. 1998. 106 (1): 527-51.
3. Esposito M, Hirsch J M, Lekholm U, Thomsen P. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants. (II). Etiopathogenesis. *Eur J Oral Sci*. 1998. 106 (3): 721-64.
4. Bischof M, Nedir R, Szmukler-Moncler S, Bernard J P, Samson J. Implant stability measurement of delayed and immediately loaded implants during healing. *Clin Oral Implants Res*. 2004. 15 (5): 529-39.
5. Glauser R, Sennerby L, Meredith N, Réé A, Lundgren A, Gottlow J, Hämmerle C H. Resonance frequency analysis of implants subjected to immediate or early functional occlusal loading. Successful vs. failing implants. *Clin Oral Implants Res*. 2004. 15 (4): 428-34.
6. Javed F, Ahmed H B, Crespi R, Romanos G E. Role of primary stability for successful osseointegration of dental implants: Factors of influence and evaluation. *Interv Med Appl Sci*. 2013. 5 (4): 162-7.
7. Cehreli M C, Karasoy D, Akca K, Eckert S E. Meta-analysis of methods used to assess implant stability. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009. 24 (6): 1015-32.
8. Ribeiro-Rotta R F, de Oliveira R C, Dias D R, Lindh C, Leles C R. Bone tissue microarchitectural characteristics at dental implant sites part 2: correlation with bone classification and primary stability. *Clin Oral Implants Res*. 2014. 25 (2): e47-53.
9. Misch C E. Bone density: A key determinant for treatment planning.

- In Misch C E, editor: Contemporary implant dentistry, ed 3, St Louis, 2008, Mosby.
10. Lekholm U, Zarb G A. Patient selection and preparation. In Branemark P-I, Zarb G A, Albrektsson T, editors: Tissue integrated prostheses: osseointegration in clinical dentistry, Chicago, 1985, Quintessence.
 11. Norton M R, Gamble C. Bone classification: an objective scale of bone density using the computerized tomography scan. *Clin Oral Implants Res.* 2001. 12 (1): 79-84.
 12. Marquezan M, Osório A, Sant'Anna E, Souza M M, Maia L. Does bone mineral density influence the primary stability of dental implants? A systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2012. 23 (7): 767-74.
 13. Howashi M, Tsukiyama Y, Ayukawa Y, Isoda-Akizuki K, Kihara M, Imai Y, Sogo M, Koyano K. Relationship between the CT value and cortical bone thickness at implant recipient sites and primary implant stability with comparison of different implant types. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2016. 18 (1): 107-16.
 14. Wang T M, Lee M S, Wang J S, Lin L D. The effect of implant design and bone quality on insertion torque, resonance frequency analysis, and insertion energy during implant placement in low or low- to medium- density bone. *Int J Prosthodont.* 2015. 28 (1): 40-7.
 15. 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. 21 (2): e214-21.
 16. Turkyilmaz I, McGlumphy E A. Influence of bone density on implant stability parameters and implant success: a retrospective clinical study. *BMC Oral Health.* 2008. 8: 32.
 17. Turkyilmaz I, Tumer C, Ozbek E N, Tözüm T F. Relations between the bone density values from computerized tomography, and implant stability parameters: a clinical study of 230 regular platform implants. *J Clin Periodontol.* 2007. 34 (8): 716-22.
 18. Farré-Pagés N, Augé-Castro M L, 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. 16 (1): e62-7.
 19. Naitoh M, Hirukawa A, Katsumata A, Ariji E. Evaluation of voxel values in mandibular cancellous bone: relationship between cone-beam computed tomography and multislice helical computed tomography. *Clin Oral Implants Res.* 2009. 20 (5): 503-6.
 20. Sennerby L, Andersson P, Pagliani L, Giani C, Moretti G, Molinari M, Motroni A. Evaluation of a novel cone beam computed tomography scanner for bone density examinations in preoperative 3d reconstructions and correlation with primary stability. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015. 17 (5): 844-53.
 21. Arisan V, Karabuda Z C, Avsever H, Özdemir T. Conventional multi-slice computed tomography (CT) and cone-beam CT (CBCT) for computer-assisted implant placement. Part I: relationship of radiographic gray density and implant stability. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2013. 15 (6): 893-906.
 22. Fuster-Torres M A, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M. Relationships between bone density values from cone beam computed tomography, maximum insertion torque, and resonance frequency analysis at implant placement: a pilot study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2011. 26 (5): 1051-6.
 23. Isoda K, Ayukawa Y, Tsukiyama Y, Sogo M, Matsushita Y, Koyano K. Relationship between the bone density estimated by cone-beam computed tomography and the primary stability of dental implants. *Clin Oral Implants Res.* 2012. 23 (7): 832-6.
 24. Filho L C, Cirano F R, Hayashi F, Feng H S, Conte A, Dib L L, Casati M Z. Assessment of the correlation between insertion torque and resonance frequency analysis of implants placed in bone tissue of different densities. *J Oral Implantol.* 2014. 40 (3): 259-62.
 25. Makary C, Rebaudi A, Sammartino G, Naaman N. Implant primary stability determined by resonance frequency analysis: correlation with insertion torque, histologic bone volumen, and torsional stability at 6 weeks. *Implant Dent.* 2012. 21 (6): 474-80.
 26. Hsu J T, Fuh L J, Tu M G, Li Y F, Chen K T, Huang H L. The effects of cortical bone thickness and trabecular bone strength on noninvasive measures of the implant primary stability using synthetic bone models. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2013. 15 (2): 251-61.
 27. Marquezan M, Mattos C T, Sant'Anna E F, de Souza M M, Maia L C. Does cortical thickness influence the primary stability of miniscrews?: A systematic review and meta-analysis. *Angle Orthod.* 2014. 84 (6): 1093-103.
 28. Ohiomoba H, Sonis A, Yansane A, Friedland B. Quantitative evaluation of maxillary alveolar cortical bone thickness and density using computed tomography imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017. 151(1): 82-91.