



Artículo original/Original article

Influencia del ácido ascórbico en pruebas biomecánicas de implantes dentales. Estudio experimental en conejos

Influence of ascorbic acid in biomechanical tests of dental implants. Experimental study in rabbits

Caniglia Romina G¹, Marengo Hugo¹, Sezin Mario^{1,2}, Juan Carlos Ibáñez¹.

¹ Carrera de Especialización en Implantología Oral. Facultad de Medicina. Universidad Católica de Córdoba. Círculo Odontológico de Córdoba. Córdoba. Argentina.

² Departamento de Rehabilitación Bucal. Facultad de Odontología. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba. Argentina.

*Correspondencia a/Corresponding to:

Dr. Mario Sezin

Facultad de Odontología. Universidad Nacional de Córdoba.

Pabellón Argentina, Ciudad Universitaria, 5000 Córdoba, Argentina.

Correo electrónico/e-mail: mariosezin@hotmail.com

DOI: 10.25014/revfacodont271.2023.33.3.6

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/RevFacOdonto>

Received 31 March 2023; Received in revised form 13 June 2023 Accepted 15 November 2023

Citation: Caniglia RG, Marengo H, Sezin M, Ibáñez JC. Influencia del ácido ascórbico en pruebas biomecánicas de implantes dentales. Estudio experimental en Conejos. Rev Fac Odont (UNC). 2023; 33(3):6-12.

Abstract

Objective: To compare, through biomechanical torque tests and resonance frequency analysis, Oxalife surface titanium implants, without and with vitamin C, placed in rabbit femurs. **Methods:** 17 Tree-Oss Rapid surface Oxalife implants of 7 mm in length and 3.3 mm in diameter with external hexagon connection were used, placed in the femur of 8 hybrid breed rabbits. Following the drilling sequence indicated by the manufacturer. Insertion torque and resonance frequency analysis were recorded to measure the initial stability coefficient. Euthanasia was performed at 60 days; then the implants were exposed to measure the final or biological stability coefficient through resonance frequency analysis (Osstell) and removal torque (Mark-10 Gauge). The data were subjected to parametric contrast Student test. Results in Ncm: Mean insertion torque value for the experimental group 16.5 ± 3.7 and for the control group 23.3 ± 4.2 , with a significant difference ($p < 0.01$). Mean removal torque for the experimental group 69.3 ± 17.4 , and control group 87.2 ± 24.9 without significant differences ($p = 0.14$). Average initial ISQ for the experimental group 40.2 ± 7.8 and for the control group 44.7 ± 6.9 ($p = 0.24$). Final ISQ average for the experimental group 50.8 ± 1.1 and for the control 50.5 ± 2.0 ($p = 0.77$) without differences in both measurements. **Conclusion:** The addition of vitamin C on the surface of the implant would not have a significant effect regarding the stability values during osseointegration.

Key words: Ascorbic acid, dental implant, resonance frequency analysis, removal torque.

Resumen

Objetivo: Comparar mediante pruebas biomecánicas de torque y análisis de frecuencia de resonancia implantes de titanio superficie Oxalife, sin y con vitamina C, colocados en fémures de conejos. **Métodos:** Se emplearon 17 implantes Tree-Oss Rapid superficie Oxalife de 7 mm de longitud y 3,3 mm de diámetro conexión hexágono externo, colocados en fémur de 8 conejos de raza híbrida. Siguiendo la secuencia de fresado indicada por el fabricante. Se registró el torque de inserción y análisis de frecuencia de resonancia para medir el coeficiente de estabilidad inicial. Se realizó la eutanasia a los 60 días para medir el coeficiente de estabilidad final o biológica a través de análisis de frecuencia de resonancia (Osstell) y torque de remoción (Mark-10 Gauge). Los datos fueron sometidos a la prueba de contraste paramétrica de Student. **Resultados en Ncm:** Valor medio torque de inserción para grupo experimental $16,5 \pm 3,7$ y para grupo control $23,3 \pm 4,2$, con diferencia significativa ($p < 0,01$). Media en torque de remoción para grupo experimental $69,3 \pm 17,4$, y grupo control $87,2 \pm 24,9$ sin diferencias significativas ($p = 0,14$). Media de ISQ inicial para grupo experimental $40,2 \pm 7,8$ y para grupo control $44,7 \pm 6,9$ ($p = 0,24$). Media de ISQ final para grupo experimental $50,8 \pm 1,1$ y para control $50,5 \pm 2,0$ ($p = 0,77$) sin diferencias en ambas mediciones. **Conclusión:** El agregado de vitamina C en la superficie del implante no tendría un efecto significativo respecto a los valores de estabilidad durante oseointegración.

Palabras clave: Ácido ascórbico, implante dental, análisis de frecuencia de resonancia, torque de remoción.

Introducción

La implantología oral ha revolucionado a la odontología demostrando que la rehabilitación de los pacientes con pérdidas dentales unitarias, múltiples o totales con implantes es un tratamiento predecible y con una elevada tasa de éxito¹. Las características físicas y químicas de las superficies de los implantes pueden influir en el desarrollo de una mejor respuesta tisular del huésped, es decir en la cicatrización tisular del lecho implantario y como consecuencia en la oseointegración. La energía, carga y composición de la superficie se modificaron con ese objetivo². El éxito del tratamiento con implantes se debe al logro de la osteointegración, la cual se manifiesta clínicamente con la ausencia de movilidad en el implante. La estabilidad inicial alcanzada en su colocación es el resultado de la conexión mecánica entre el implante y el hueso. Dos términos permiten estudiar el proceso de osteointegración. Uno es la estabilidad primaria, ausencia de la movilidad del implante en el lecho óseo en el momento de la colocación. Para que este fenómeno ocurra son factores determinantes la cantidad y calidad ósea, la técnica quirúrgica y las características del implante. El otro es la estabilidad secundaria que se refiere al proceso de formación y remodelación ósea que ocurre en la interfase implante/hueso y la maduración del tejido blando alrededor del implante durante el periodo de cicatrización post-quirúrgico³. La vitamina C o ácido ascórbico se ha relacionado tanto con la

densidad mineral ósea como con el riesgo de fracturas. La vitamina C es hidrosoluble e impide la excesiva acumulación extracelular de piridinolina, lo que reduciría la elasticidad del hueso⁴. Estimula la actividad de la fosfatasa alcalina y es necesaria para la formación de matriz de colágeno tipo I en tejidos animales y humanos, así como para la expresión de marcadores osteoblásticos y mineralización⁵. Se ha demostrado que la adición de vitamina C a las células cultivadas similares a las de los osteoblastos estimula el depósito inicial de una matriz extracelular de colágeno, seguida de la inducción de genes específicos asociados con el fenotipo de osteoblastos, como la fosfatasa alcalina y osteocalcina⁶. Además, en las líneas celulares pre-osteoblásticas y osteoblásticas promueve la colagenogénesis y actúa a través del factor de crecimiento transformador beta para estimular la diferenciación de los osteoblastos y la neoformación ósea^{4,7}. La acción del ácido ascórbico estimula la formación de fibras colágenas e interviene en la actividad del sistema inmune⁸. La vitamina C es un elemento imprescindible en la formación y mantenimiento de los tejidos que conforman el cuerpo humano, debido a su papel fundamental en la síntesis de colágeno. Para comparar el comportamiento de los implantes es necesario realizar ensayos in vivo; la valoración de la oseointegración se logra realizar mediante métodos como el torque de inserción y de remoción⁹ y el análisis de la frecuencia de resonancia inicial y final¹⁰. Por lo

antes expuesto se propone comparar mediante pruebas biomecánicas de torque y análisis de frecuencia de resonancia implantes de titanio de superficie Oxalife colocados en fémures de conejos sin y con vitamina C, colocados en fémures de conejo.

Métodos

Se colocaron en fémur de 8 conejos raza híbrida (albinos de Nueva Zelanda, Californiano y Flandes) con un peso aproximado entre 3,5 a 4,5 kg y con edad entre los 12 a 14 meses, 17 implantes Tree-Oss Rapid superficie Oxalife (Buenos Aires, Argentina) de 7 mm de longitud y 3,3 mm de diámetro conexión hexágono externo distribuidos de la siguiente manera: grupo experimental constituido por 10 implantes embebidos con vitamina C (n=10) y grupo control con 7 implantes sin vitamina C (n=7). El ácido ascórbico se utilizó en solución de vitamina C inyectable con una concentración de 0,5 g/cc presentación frasco ampolla estéril. Transportada a través de jeringas estériles al envase de cada implante antes de ser colocados. La cantidad fue de 1 cm³ y durante 5 minutos previos a su colocación en el fémur de conejo. El día anterior a la cirugía los animales fueron pesados y se calculó las dosis correspondientes del anestésico. Se administró como medicación preoperatoria y anestésica Xilacina (0,7 mg/kg) y Ketamina (25 mg/kg), por vía intramuscular. Luego de la sedación de los especímenes, se administró por vía endovenosa suero (10 ml/kg/hora) durante todo el procedimiento quirúrgico. Se administró oxígeno con máscara con un flujo de 4 l/min, y Enrofloxacin (5 mg/kg) por vía intramuscular para terapia antimicrobiana prequirúrgica. Se desinfectó la zona a intervenir con Iodopovidona 10%. Se afeitó la zona a intervenir, incisión con mango de bisturí Bard Parker con hoja número 12 y decolado de los tejidos blandos hasta acceder al tejido óseo. Se realizaron las trepanaciones con contrángulo Anthogyr 20:1 (Francia) accionado con un fisiodispenser 3i DU 1000 (Florida, USA) utilizando fresas correspondientes al sistema de implantes Treeoss (Buenos Aires, Argentina), con la secuencia indicada por los fabricantes. Se colocaron 2 implantes en cada fémur, con un total de 4 implantes por cada espécimen. Al colocar los implantes se registraron medidas de torque de inserción con torquímetro manual y una vez instalados los

implantes se realizó análisis de frecuencia de resonancia para medir el coeficiente de estabilidad inicial o mecánica (ISQ inicial) con el dispositivo Osstell (Göteborg, Sweden). Luego se reposicionaron los colgajos y se suturaron por planos separados. Finalizado el procedimiento, los animales fueron monitoreados hasta que pudieran mantenerse en decúbito esternal. La medicación postquirúrgica se realizó con Tramadol (3 mg/kg; c/12 horas) y Meloxicam (0,1 mg/kg; c/24 horas) por vía intramuscular durante 3-5 días. La antibioticoterapia fue Enrofloxacin (5 mg/kg; c/12 horas) durante 7 días. Transcurridos los 60 días se realizó la eutanasia de los animales, según los protocolos y normas indicados para dicho procedimiento, anestesiando a los animales con Xilacina al 0,7 mg/kg más Ketamina 25 mg/kg. Una vez anestesiados los animales se les colocó Pentobarbital sódico al 40% y Difenilhidantoina al 5% (Euthanyle 1 ml cada 10kg). Luego se realizó la exposición de los implantes mediante disección por plano hasta ubicar las articulaciones y proceder con la remoción del fémur. Se midió el coeficiente de estabilidad final o biológica de los implantes a través de análisis de frecuencia de resonancia (Osstell) y también se midió el torque de remoción de los implantes con un torquímetro de precisión digital (Mark-10 Gauge NY, USA). De los 17 implantes colocados, en 2 implantes no se pudo obtener mediciones finales debido a fracturas en dichas zonas. Las cirugías fueron realizadas y supervisadas conjuntamente con médicos veterinarios (anestesta y cirujano) del Hospital Veterinario de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UCC. El protocolo fue aprobado por la Secretaría de Posgrado, Investigación y Vinculación tecnológica y el director del Hospital Veterinario M.V. Eduardo Villada de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Católica de Córdoba. La investigación fue llevada a cabo respetando el protocolo de cuidado de animales de experimentación del Institute of Laboratory Animal Research y del Council for International Organizations of Medical Sciences (CIOMS). Los datos obtenidos fueron sometidos a estadística descriptiva, estableciendo la diferencia entre medias y significación de contraste estadístico mediante el Test paramétrico de Student para muestras independientes.

Resultados

Estabilidad del implante

En la etapa inicial, la estabilidad de los implantes del grupo experimental resultó algo menor que el grupo control, en la etapa final los valores fueron muy parecidos entre ambos grupos y con poca dispersión (rango de ISQ: 48 a 53). El contraste de los grupos en ambas etapas resultó no significativas las diferencias de los valores de ISQ (etapa inicial $p=0,24$) (etapa final: $p=0,77$). Tabla N° 1.

Tabla 1. ISQ según grupo y etapa: Recuento de casos (n); Media \pm Desviación estándar y significación de la prueba de contraste (T-test; p-valor).

Grupo	ISQ mecánico	p	ISQ biológico		P
Vitamina C n=10	40,2 \pm 7,8	0,24	Vitamina C n=8	50,8 \pm 1,1	0,77
Control n=7	44,7 \pm 6,9		Control n=7	50,5 \pm 2,0	

Torque del implante

Se obtuvo similitud entre grupos tanto en la etapa de inserción como de remoción, con valores algo menores en el grupo experimental en ambas etapas. En el contraste resultó que en la etapa de inserción se verificaron diferencias estadísticamente significativas ($p<0,01$), con valores más altos en el grupo control. En la etapa de torque de remoción, transcurridos 60 días desde la colocación de los implantes, las diferencias entre grupos no resultaron significativas ($p=0,14$) (Tabla 2).

Tabla 2. Torque según grupo y etapa: Recuento de casos (n); Media \pm Desviación estándar y significación de la prueba de contraste (T-test; p-valor).

Grupo	Torque de inserción (Nem)		p	Torque de remoción (Nem)		p
Vitamina C	n=10	16,5 \pm 3,7	0,003	n=7	69,3 \pm 17,4	0,14
Control	n=7	23,3 \pm 4,2		n=7	87,2 \pm 24,9	

Discusión

Los valores obtenidos en este ensayo experimental de estabilidad inicial y estabilidad final en conejos, no presentaron diferencias significativas en los dos grupos analizados. Las características óseas del fémur de conejo presentan una cortical de alta densidad y el tejido medular óseo de baja densidad mineral semejante al hueso tipo IV en humanos¹¹. En relación al efecto del ácido ascórbico durante el proceso de oseointegración en implantes de titanio, no se encontraron investigaciones respaldatorias. Sin embargo, indicaron el uso favorable de vitamina C por vía oral en relación a movimientos de ortodoncia y remodelación ósea¹². El uso de vitamina D reportará efectos positivos sobre la diferenciación de osteoblastos *in vitro*¹³. También, la aplicación de melatonina durante la cirugía de implantes dentales como agente biomimético endoóseo aumenta la formación en ancho y longitud del hueso cortical, en etapas tempranas¹⁴. Se describe que el aumento del área de contacto entre el hueso y el implante fue significativo cuando se comparó el grupo de animales tratados con parathormona y el grupo de animales control¹⁵. En relación a las características anatómicas de los implantes, la longitud y el diámetro, tienen influencia en la distribución de tensiones en la interfase hueso-implante, así como en las tasas de éxito. Se afirmó que los implantes más largos garantizan mejores tasas de éxito y el pronóstico; y que los implantes más cortos tienen tasas de éxito estadísticamente más bajas debido a la estabilidad reducida, lo cual puede explicarse en términos de menos hueso al contacto con el implante. El diámetro del implante se mide desde el punto de una espira hasta el punto opuesto en la zona del implante más ancha y típicamente oscila entre 3 y 7 mm¹⁶⁻²⁰. En otros estudios encontraron coincidencias solo en relación al diámetro en algunos de los grupos analizados^{21,22}. Los torques de remoción de la presente investigación tanto del grupo experimental como del grupo control fueron similares a los de Bustos Malberti²³. Se encontraron correlaciones estadísticamente significativas entre la densidad ósea y los valores de torque de inserción, entre la densidad ósea y los valores ISQ y entre los valores de torque de inserción y los de ISQ²⁴. Se sugiere que comparar el ISQ de diferentes implantes una vez integrados, podría expresar una correlación con el porcentaje de contacto implante/hueso de la

superficie de los implantes²⁵. Para implantes con superficie tratada con ácido en distintas concentraciones, Sungam, obtuvieron en tibia de conejo a las 12 semanas una media de torque de remoción de 35,9 Ncm. Hoffmann, tuvieron un torque de remoción de 51,9 Ncm. Klokkevold, con implantes Osseotite a los 2 meses publica valores de torque de remoción de 20,5 Ncm. Sul, a las 6 semanas de cicatrización ósea reportan una media de torque de remoción de 21,5 Ncm. Klokkevold, a los 3 meses y a los 2 meses consiguen una media de torque de remoción de 27,51 Ncm. Banchemo, para implantes fulloseotite obtuvieron a los 90 días un torque de remoción de 50,83 Ncm. Cordioli, a las 5 semanas de cicatrización obtuvieron una media de torque de remoción de 40,85 Ncm. Queiroz, a 60 y 90 días logran media de torque de remoción de 66 Ncm. Calvo Guirado, obtuvieron a los 56 días de oseointegración con implantes un torque de remoción de 29,5 Ncm²⁶⁻³². Para superficie con arenado más grabado ácido, Kan, obtuvieron a las 6 semanas un torque de remoción de 52,7 Ncm. Koh, a las 4 semanas un torque de remoción de 42,5 Ncm. Sohn, a las 4 semanas alcanzaron un torque de remoción de 32,2 Ncm. Banchemo, obtienen con implantes Tree-Oss oxacid a los 90 días un torque de remoción de 50 Ncm. Calvo Guirado, a los 56 días de oseointegración publica torque de remoción de 38,5 Ncm^{21,32-35}. La gran variedad de diseños de implantes, impulsados por hallazgos científicos y estudios de investigación, reflejan los intentos de los investigadores para incorporar con éxito una estructura artificial dentro de un sistema biológico³⁶. Actualmente, la tendencia de las modificaciones en la superficie del implante se está orientando hacia cambios en la química de la superficie, ejemplificados en implantes oxidados electroquímicamente, implantes tratados con flúor e implantes hidrofílicos tratados con cloruro de sodio, arenado y grabados con ácido²⁹. En futuro, con una mejor comprensión de biología molecular y ciencia de biomateriales se podrán generar implantes dentales con propiedades y características que proporcionarán una mejor y pronta respuesta biológica.

Conclusión

Bajo las condiciones del estudio, los implantes de superficie Oxalife embebidos en vitamina C, no presentaron diferencias estadísticamente

significativas en los valores de torque de remoción y en los de ISQ final en comparación con el grupo control. Si se observó diferencias significativas para torque de inserción e ISQ inicial, entre ambos grupos. El agregado de vitamina C en la superficie del implante no tendría un efecto significativo respecto a los valores de estabilidad durante oseointegración. Estos resultados permiten continuar realizando futuras investigaciones sobre alternativas de tratamientos químicos en las superficies de los implantes.

Conflicto de intereses/Conflict of interest

Todos los autores declaran que no existen conflictos potenciales de interés con respecto a la autoría y / o publicación de este artículo.

All authors declare no potential conflicts of interest with respect to the authorship and/or publication of this article.

Referencias

1. Blanco López P, Monsalve Guil L, Matos Garrido N, Moreno Muñoz J, Nuñez Márquez E, Velasco Ortega E. La oseointegración de implantes de titanio con diferentes superficies rugosas. *Av Odontostomatol* 2018; 34 (3).
2. Velasco E, Pato J, Segura JJ, Medel R, Poyato M, Lorrio JM. (2009) La investigación experimental y la experiencia clínica de las superficies de los implantes dentales (I). *Dentum* 2009;9(1):36-42.
3. Mateos Moreno B, Herrero Climent M, Lázaro Calvo P, Mas Bermejo C, Sanz Alonso, M. Métodos clínicos para valoración de la estabilidad de la interfase implante-hueso. *Monográfico de Osteointegración. Periodoncia y Oseointegración* 2001; 11 (4) 5:323-336.
4. Martínez-Ramírez MJ, Palma S, Delgado-Martínez AD, Martínez-González MA, De la fuente C, Delgado-Rodríguez M. Vitamina C y riesgo de fractura osteoporótica en mujeres ancianas no fumadoras. Un estudio de casos y controles. *Endocrinología y Nutrición* 2007; 54(8):408-13.
5. Ahmadi H, Arabi A. Vitamins and bone health: beyond calcium and vitamin D. *Nutrition Reviews* 2011;69(10):584-598.
6. Choi HK, Kim GJ, Yoo HS, Song DH, Chung KH, Lee KJ. Vitamin C Activates Osteoblastogenesis and Inhibits Osteoclastogenesis via Wnt/ β -Catenin/ATF4 Signaling Pathways. *Nutrients* 2019; 11(3):506.
7. Maggio D, Barabani M, Pierandrei M, Polidori MC, Catani M, Mecocci P. Marked Decrease in Plasma Antioxidants in Aged Osteoporotic Women: Results of

- a Cross-Sectional Study. *J Clin Endocrinol Metab* 2003;88(4):1523–7.
8. Jariwalla RJ, Harakeh S. Antiviral and immunomodulatory activities of ascorbic acid. In: Harris JR, ed. *Subcellular Biochemistry*. Vol. 25. *Ascorbic Acid: Biochemistry and Biomedical Cell Biology*. Plenum Press 1996; 25:213-31.
 9. Sullivan DY, Sherwood RL, Collins TA, Krogh PH. The reverse-torque test: a clinical report. *Int J Oral Maxillo-fac Implants* 1996; 11(2):179-85.
 10. Meredith N, Alleyne D, Cawley P. Quantitative determination of the stability of the implant-tissue interface using resonance frequency analysis. *Clin Oral Implants Res* 1996; 7:261-7.
 11. Cattaneo G, Maureira A, Flores E, Oróstegui C, Oyarzún A. Oseointegración de implantes de titanio en fémur de conejo. *Avances en Ciencias Veterinarias* 2002; 17: 24-27.
 12. Bonilla A, Cabrera A. Requerimiento de Vitamina C durante el tratamiento de ortodoncia. *Acta Odontológica Venezolana* 2010; 48 (2).
 13. Satué M, Petzold C, Córdoba A, Ramis JM, Monjo M. UV Photoactivation of 7-dehydrocholesterol on titanium implants enhances osteoblast differentiation and decreases Rankl gene expression. *Acta Biomaterialia* 2013; 9(3):5759-70.
 14. Calvo-Guirado JL, Ramírez-Fernández MP, Gómez-Moreno G, Maté- Sánchez JE, Delgado-Ruiz R, Guardia J. Melatonin stimulates the growth of new bone around implants in the tibia of rabbits. *J Pineal Res* 2010; 49:356–363.
 15. Almagro Fernández MI. Efecto de diferentes tratamientos antiosteoporóticos sobre la osteointegración de implantes dentales en un modelo experimental en conejos. *E-prints Complutense UCM Tesis* 2010. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/11521/>
 16. Manzano G, Montero J, Martín-Vallejo J, Del Fabbro M, Bravo M, Testori T. Risk Factors in Early Implant Failure: A Meta-Analysis. *Implant Dent* 2016; 25(2):272-80.
 17. Grant B-TN, Pancko FX, Kraut RA. Outcomes of placing short dental implants in the posterior mandible: a retrospective study of 124 cases. *J Oral Maxillofac Surg* 2009; 67(4):713-7.
 18. Misch CE, Steingra J, Barboza E, Misch-Dietsh F, Cianciola LJ, Kazor C. Short dental implants in posterior partial edentulism: a multicenter retrospective 6-year case series study. *J Periodontol* 2006; 77(8):1340-7.
 19. Olate S, Negreiros Lyrio MC, De Moraes M, Mazzonetto R, Fernandez Moreira RW. Influence of diameter and length of implant on early dental implant failure. *J Oral Maxillofac Surg* 2010; 68(2):414-9.
 20. Renouard F, Nisand D. Impact of implant length and diameter on survival rates. *Clin Oral Implants Res* 2006; 17 (2):35-51.
 21. Banchemo R, Conterno. FCVUNLP, INTI. Evaluación in vivo del torque de extracción de implantes dentales con diferentes tratamientos de superficie. 2019. https://tree-oss.com/2019/wp-content/uploads/2019/02/Estudio_OXALIFE.pdf
 22. Klokkevold PR, Johnson P, Dadgostari S, Caputo A, Davies JE, Nishimura RD. Early endosseous integration enhanced by dual acid etching of titanium: a torque removal study in the rabbit. *Clin. Oral Impl. Res* 2001; 2(4):350-7.
 23. Bustos Malberti S, Correa Patiño D, Crespo I, Juaneda MA, Ibáñez MC, Ibáñez JC. Evaluación de torque de remoción en implantes dentales 3i, B&W y Tree-oss. Estudio experimental en conejos. *Rev Asoc Odontol Argent* 2016;104: 150-159.
 24. Turkyilmaz I, Sennerby L, Mc Glumphy EA, Tözüm TF. Biomechanical aspects of primary implant stability: a human cadaver study. *Clin Implant Dent and Relat Res* 2009; 11(2):113-9.
 25. Scarano A, Degidi M, Iezzi G, Petrone G, Piattelli A. (2006) Correlation between implant stability quotient and bone-implant contact: a retrospective histological and histomorphometrical study of seven titanium implants retrieved from humans. *Clin Implant Dent Relat Res* 8(4): 218-22.
 26. Cho SA, Park KT. The removal torque of titanium screw inserted in rabbit tibia treated by dual acid etching. *Biomaterials* 2003; 24(20) 3611-7.
 27. Hoffmann O, Angelov N, Zafiropoulos GG, Andreana S. Osseointegration of Zirconia Implants with Different Surface Characteristics: An Evaluation in Rabbits, *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012; 27(2):352-8.
 28. Klokkevold PR, Nishimura RD, Adachi M, Caputo A. Osseointegration enhanced by chemical etching of the titanium surface: A torque removal study in the rabbit. *Clin Oral Impl Res* 1997; 8:442-447.
 29. Sul YT, Johansson C, Albrektsson T. Which Surface Properties Enhance Bone Response to Implants? Comparison of Oxidized Magnesium, TiUnite, and Osseotite Implant Surfaces. *Int J Prosthodont* 2006; 19(4): 319-28.
 30. Cordioli G, Majzoub Z, Piattelli A, Scarano A. Removal Torque and Histomorphometric Investigation of 4 Different Titanium Surfaces: An Experimental Study in the Rabbit Tibia. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000; 15(5):668-74.
 31. Queiroz TP, Souza FÁ, Guastaldi AC, Margonar R, Garcia IR Jr., Hochuli-Vieira E. Commercially pure titanium implants with surfaces modified by laser beam with and without chemical deposition of apatite. Biomechanical and topographical analysis in rabbits. *Clin Oral Implants Res* 2013; 24(8):896-903.
 32. Calvo-Guirado JL, Satorres M, Negri B, Ramírez-Fernández P, Maté-Sánchez JE, Delgado-Ruiz R, Gómez-Moreno G, Abboud M, Romanos GE. Biomechanical and histological evaluation of four different titanium implant surface modifications: an experimental study in the rabbit tibia. *Clin Oral Invest* 2014; 18:1495–1505.

33. Kang NS, Li LJ, Cho SA. Comparison of removal torques between laser treated and SLA-treated implant surfaces in rabbit tibiae. *J Adv Prosthodont* 2014; 6(4):302-8.
34. Koh JW, Yang JH, Han JS, Lee JB, Kim SH. Biomechanical evaluation of dental implants with different surfaces: Removal torque and resonance frequency analysis in rabbits. *J Adv Prosthodont* 2009;1(2):107-12.
35. Sohn SH, Cho SA. Comparison of Removal Torques for Implants with Hydroxyapatite-Blasted and Sandblasted and Acid-Etched Surfaces. *Implant Dent* 2016; 25(5):581-7.
36. Sykaras N, Iacopino AM, Marker VA, Triplett RG, Woody RD. Implant Materials, Designs, and Surface Topographies: Their Effect on Osseointegration. A Literature Review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15(5):675-90.



Publisher's Note: This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution(CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)