

# Electroterapia para la Regeneración Ósea de Implantes Dentales

## Electrotherapy for Bone Regeneration in Dental Implants

Edmur Buzzá<sup>\*</sup>; Sergio Olate<sup>\*\*</sup>; Leandro Pozzer<sup>\*</sup> & José Ricardo de Albergaria-Barbosa<sup>\*</sup>

**BUZZÁ, E.; OLATE, S.; POZZER, L. & ALBERGARIA-BARBOSA, J. R.** Electroterapia para la regeneración ósea de implantes dentales. *Int. J. Morphol.*, 32(2):684-689, 2014.

**RESUMEN:** La oseointegración se ha optimizado favorablemente en los últimos años y tecnologías variadas se han aplicado para mejorar esta condición. El objetivo de esta investigación fue conocer la relación entre la aplicación de cargas eléctricas y su capacidad de mejorar la oseointegración en un modelo animal. 16 conejos de raza New Zealand, de 3 a 6 meses, fueron divididos en dos grupos. En ambos se realizó la instalación de 4 implantes de titanio especialmente diseñados para esta investigación, dos en cada tibia, utilizando técnicas de compresión. En el grupo experimental se aplicó cargas eléctricas a nivel de extremidades inferiores durante 30 minutos por día mientras duraba el tiempo previo a la eutanasia de los animales realizada finalmente a los 21 y 42 días, momento en el cual fue realizada la prueba de torque de retiro con un torquímetro manual; posteriormente, los bloques con los implantes fueron retirados y se procesaron con técnicas histológicas de rutina para la tinción de Hematoxilina y Eosina; se realizó una observación descriptiva mediante microscopía óptica y los resultados numéricos fueron analizados con el análisis de varianza y posteriormente utilizando el test F con un nivel de significancia de 5%. Los resultados mostraron diferencias significativas en el torque de retiro de implantes a los 21 días y a los 42 días; no se observaron diferencias significativas entre el grupo control y el grupo experimental; histológicamente, no se observaron diferencias en el patrón de osificación, la disposición de elementos u otras condiciones histológicas de la reparación. Se puede concluir que la administración de cargas eléctricas en este modelo experimental no contribuye a la formación de tejido óseo perimplantar.

**KEY WORDS:** Oseointegración; Regeneración ósea; Implante dental.

## INTRODUCCIÓN

El fenómeno de la oseointegración en implantología oral se ha modificado en los últimos años gracias a la tecnología involucrada en el tratamiento de superficie y también por la modificación en los diseños de implantes (Tomsia *et al.*, 2013); otras tecnologías han influenciado en el estudio de la regeneración ósea en otras disciplinas (Tian *et al.*, 2013), lo cual ha generado observaciones y consideraciones que podrían ser empleadas en la oseointegración de implantes dentales.

Los elementos físicos como el ultrasonido, electricidad y cavitación han sido aplicados como herramientas para mejorar la reparación ósea, donde las técnicas que aplican electricidad han demostrado algunas opciones que podrían influenciar positivamente en la reparación ósea y la consecuente oseointegración (Ginnunzio *et al.*, 2008).

Dergin *et al.* (2013) utilizaron un modelo de instalación de implantes dentales en la tibia de ovejas con eutana-

sia a las 4, 8 y 12 semanas, utilizando un grupo control y un grupo experimental con aplicación de cargas eléctricas; los autores no presentaron diferencias significativas en la relación de contacto entre hueso e implante, y tampoco en la actividad osteoblástica o en la formación de nuevo hueso. Por otra parte, Song *et al.* (2009) presentaron un estudio en modelo canino, utilizando implantes dentales con aplicación de electricidad en uno de los grupos; los autores observaron mayor relación de contacto entre hueso e implante y mayor actividad osteoblástica en animales sometidos a la terapia eléctrica, siendo todos ellos considerados estadísticamente significativos.

El objetivo de esta investigación fue determinar la influencia de un sistema de conducción eléctrica en la integración de implantes de titanio utilizando técnicas de torque de retiro e histología descriptiva para el análisis de resultados.

\* División de Cirugía Oral y Maxilofacial, Universidad Estadual de Campinas, Brasil.

\*\* División de Cirugía Oral y Maxilofacial & Grupo CIMA, Facultad de Odontología, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

\*\*\* Centro de Investigación en Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Chile, Temuco, Chile.

## MATERIAL Y MÉTODO

Fueron utilizados 12 conejos albinos, raza New Zealand, hembras con edad aproximada de 3 a 6 meses. Durante la investigación se mantuvieron con alimentación solida y agua “ad libitum”.

Se utilizaron implantes cilíndricos (titanio grado II, superficie maquinada) de presión con tres surcos regulares, presentando un diámetro de 2,6 mm y un largo de 6 mm (INP – Sistema de Implantes Nacionais e Próteses Comercios Ltda., Sao Paulo, Brasil); la esterilidad de los implantes se realizo bajo rayos gamma de acuerdo a procedimientos de rutina.

**Procedimiento quirúrgico.** Para realizar los procedimientos quirúrgicos se utilizo la técnica anestésica de rutina con clorhidrato de 2-(2,6-xilidino)-5,6-dihidro-4H-1,3 tiazina, en dosis de 2 mg/kg de peso corporal junto al clorhidrato de ketamina en dosis de 10mg/kg de peso; también fue utilizado sulfato de atropina (0,05 mg/kg) para disminuir los riesgos respiratorios intraoperatorios.

Inicialmente se realizó la tricotomía de ambos miembros inferiores y posteriormente se aplico solución antiséptica de povidona yodada al 10%; luego se realizó una incisión de 4 cm con bisturí de hoja No 15 y posterior división hasta llegar a tejido óseo en la tibia. En ambas tibias se instalaron 2 implantes con una distancia mínima de 5mm entre ellos.

Los implantes fueron instalados utilizando un motor a una velocidad de 16:1 con una velocidad de trabajo de 1000 rpm a 1500 rpm y abundante irrigación externa de suero fisiológico. La secuencia de perforación fue mediante la fresa lanza de 1,8 mm de diámetro, luego una fresa de 2,5 mm de diámetro con velocidad de 1500 rpm y finalmente la instalación del implante de forma manual, utilizando un martillo quirúrgico para instalar los implantes bajo presión. Para terminar se realizó una adecuada limpieza e irrigación junto a la sutura en planos iniciando desde el periostio hasta la superficie dérmicas. A todos los animales se les administro una dosis única de pentabiotico (1 ml vía intramuscular).

Los animales fueron divididos en grupos control y experimental, considerando dos grupos de eutanasia en periodos distintos: el grupo 1 presento 21 días de postoperatorio mientras que el grupo 2 presento 42 días, donde cada sub grupo presentaba 4 animales.

Para el grupo experimental de 8 animales y después de 24 h de finalizada la cirugía se inicio con la estimulación electromagnética de los implantes instalados en ambas ti-

bias, aplicando carga eléctrica durante 30 minutos para cada animal, una vez al día (cada 24 h), durante toda la etapa experimental.

**Estimulador eléctrico.** Para esta etapa, los animales fueron sentados en una caja de madera especialmente diseñada para la investigación, donde los electrodos emisores eran instalados en la base de la caja lo cual permitía que las tibias del animal se encontraran próximos al centro emisor. La caja de madera presentaba dimensiones de 40cm de largo, 20 cm de ancho y 20 cm de alto, siendo suficiente para mantener al animal inmovilizado con las extremidades inferiores contactando la base de la caja (con los electrodos). La abertura frontal permitía al animal una adecuada respiración y los movimientos cervicales sin restricciones; en el sector posterior de la caja ingresaban los electrodos que se posicionaban en la base de la misma para la administración de las ondas electromagnéticas. El grupo control no fue sometido a ningún tipo de carga electromagnética.

Se utilizó el aparato Healtec Celular (Healtec Electromedicina Ltda.) con una gama de frecuencia de 20 Mc con espacios máximos de 1 Mc; los impulsos fueron de 85 microsegundos con salida de 80 Vpp, pausas regulares en 80, 160, 320 y 640 ciclos, con dos salidas monitoreadas independientes, con profundidad de acción de 25cm, potencia de irradiación de 1 W, con alimentación eléctrica de 110 o 220 V. La pausa fue utilizada de 160 ciclos.

**Análisis de torque de retiro.** Para realizar esta etapa, los animales fueron anestesiados con tiazina y ketamina; el procedimiento quirúrgico para el acceso a los implantes fue igual al utilizado para realizar la inserción de los mismos.

Se utilizó un torquímetro de llave manual adaptado sobre la cabeza del implante para realizar el giro en sentido horario que permitiese visualizar la extensión del giro y con ello obtener la medición de torque de retiro, definido como la fuerza necesaria para romper la interface entre implante y hueso. El torque de retiro fue registrado en una tabla de análisis para luego ser sometido a comparación de datos.

Una vez cumplidas esta etapa, se realizó la eutanasia de los animales con sobredosis de anestésico para posterior captura del bloque óseo con el implante contenido dentro de él; para esto se utilizó una fresa cilíndrica con distancia mínima de 5 mm desde el margen del implante, trabajando con motor de baja velocidad.

**Análisis histológico.** Las piezas obtenidas fueron fijadas en solución de formol al 4% durante 48 h a temperatura ambiente, luego lavadas en agua corriente por 24 h y posteriormente descalcificadas en solución de Morse. Luego de la

descalcificación, las piezas fueron seccionadas longitudinalmente pasando a través del área que dejó la posición del implante (luego del retiro del implante). Posteriormente, fueron confeccionadas láminas con tinción de Hematoxilina y Eosina de acuerdo a técnicas de rutina y finalmente fue realizada la observación mediante microscopía óptica.

Los análisis de datos se realizaron a través del análisis de varianza y posteriormente utilizando el test F con un nivel de significancia de 5%.

## RESULTADOS

**A. Análisis de protocolo y torque de retiro.** El protocolo de manejo de los animales y los procedimientos quirúrgicos se realizaron sin complicaciones, aunque en la fase de análisis de torque, un implante correspondiente al animal No8 fue observado con falta de oseointegración y fue considerado como perdido. El análisis estadístico mostró que el tiempo fue significativo en el aumento de torque de retiro ( $p=0,000$ ); por otra parte, el factor de aplicación de estimulación eléctrica no presentó influencias significativas en el torque de retiro ( $p=0,941$ ). Los resultados obtenidos para cada implante pueden ser observados en la tabla I.

### B. Análisis histológico descriptivo

Grupo 1 (Eutanasia 21 días)

Grupo Control

Región de Periostio: Se observó tejido óseo en aposición sobre la cortical preexistente, próximo al área cervical del implante. Se observó tejido óseo inmaduro vascularizado y altamente celular con osteocitos dispuestos en patrón lineal.

Hueso Cortical: Se observó crecimiento óseo aposicional con presencia de tejido osteoide junto a espacios lacunares, sistema de Harvers con láminas concéntricas y matriz ósea de coloración uniforme.

Hueso Esponjoso: Se observó actividad proliferativa y una área de mayor volumen en etapa de neoformación ósea con presencia de trabéculas con tejido conectivo; se observaron vasos sanguíneos y centros de osificación definidos.

Grupo Experimental

Región de Periostio: Se observó un crecimiento de la línea osteogénica con formación de tejido óseo inmaduro en las proximidades del cuello del implante. Se observó trabeculado óseo neoformado mezclado con tejido conectivo.

Hueso Cortical: Se observó una región bien vascularizada con patrón compacto, sistema de Harvers y láminas concéntricas; el hueso preexistente presentó coloración uniforme con limitados espacios lacunares.

Hueso Esponjoso: Se observó un proceso de osteogénesis acentuado en la periferia del implante, aunque coexistía tejido óseo neoformado con tejido conectivo; mientras más se alejaba del implante, mayor cantidad de células adiposas y menor cantidad de células óseas eran observadas.

Grupo 2 (Eutanasia 42 días):

Grupo Control

Región de Periostio: No se observó ningún patrón establecido u homogéneo para la distribución de lacunas de osteocitos. En el área cervical del implante se observó tejido óseo neoformado aunque aun era clara la diferencia entre el tejido preexistente y el tejido neoformado.

Tabla I. Valores de torque (Ncm) de retiro de los implantes instalados en tibias de conejos del grupo control y del grupo experimental en ambos periodos de análisis.

Muestra	Control		Experimental	
	21 días	42 días	21 días	42 días
1	8,0	10,0	9,0	17,0
2	9,0	13,0	11,0	13,5
3	9,0	17,0	10,0	11,0
4	8,0	10,0	8,0	13,0
5	9,0	16,0	9,0	11,0
6	10,0	19,0	8,0	13,0
7	9,0	18,0	11,0	17,5
8	9,0	11,0	-	12,0
Promedio	8,75	14,25	9,63	13,5

**Hueso Cortical:** Se observó mayor organización celular aunque aun era visible la relación entre el tejido conectivo y tejido óseo neoformado con la superficie del implante. Se observó una adecuada vascularización.

**Hueso Esponjoso:** Se observó tejido óseo neoformado con buena organización y con características semejantes entre el hueso preexistente y el hueso neoformado; se observó mayor cantidad de tejido óseo al compararlo con el grupo de 21 días.

#### Grupo Experimental

**Región de Periostio:** Se observan diferencias entre

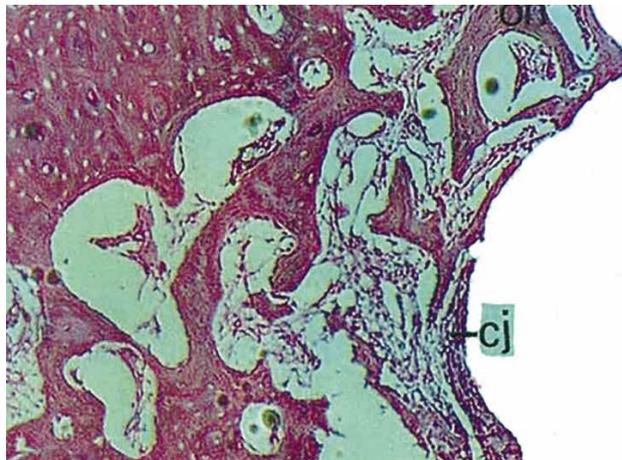


Fig. 1. Grupo control, 21 días (125x): región de hueso cortical con crecimiento aposicional de tejido óseo neoformado (ON), con presencia de tejido conectivo (CJ) en la interface.

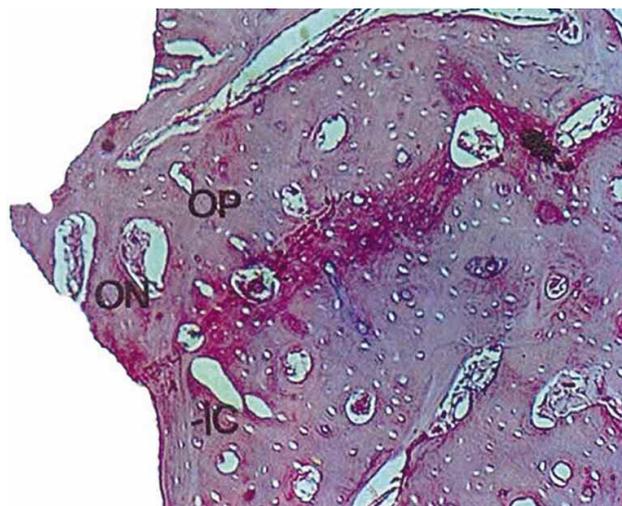


Fig. 2. Grupo experimental, 21 días (125x): región de hueso cortical donde se observa el hueso preexistente (OP) con patrón de hueso cortical; el hueso neoformado (ON) se observa mezclado con tejido conectivo (CJ).

el hueso nuevo y el hueso antiguo; se aprecia una vascularización y organización aumentada al compararlo con el grupo de 21 días.

**Hueso Cortical:** Se observó un hueso nuevo con mayor madurez y organización al compararlo con el grupo de 21 días, aunque aun se apreciaba la diferencia entre el hueso nuevo y el antiguo.

**Hueso Esponjoso:** Se apreció un proceso de osteoformación bien acentuado aunque en algunos surcos del implante se observó tejido conectivo y en otras, áreas de osificación. Cualitativamente no se observaban diferencias al compararlo con el grupo control.

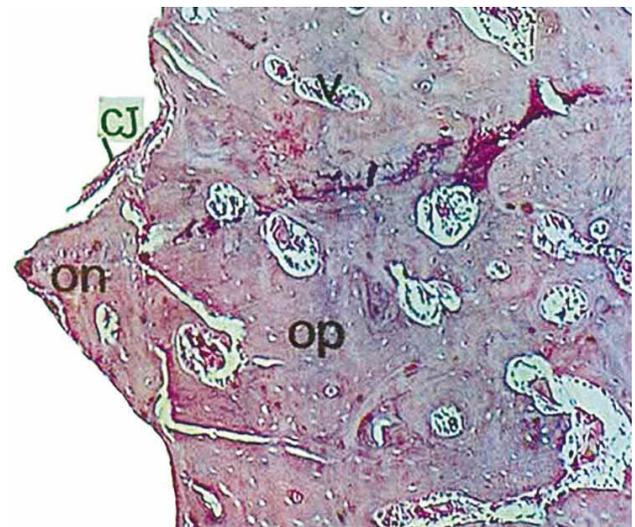


Fig. 3. Grupo control, 42 días (125x): región de hueso cortical donde se observa el hueso preexistente (OP), con presencia de tejido óseo neoformado (ON), vasos sanguíneos (V) y tejido conectivo (CJ).

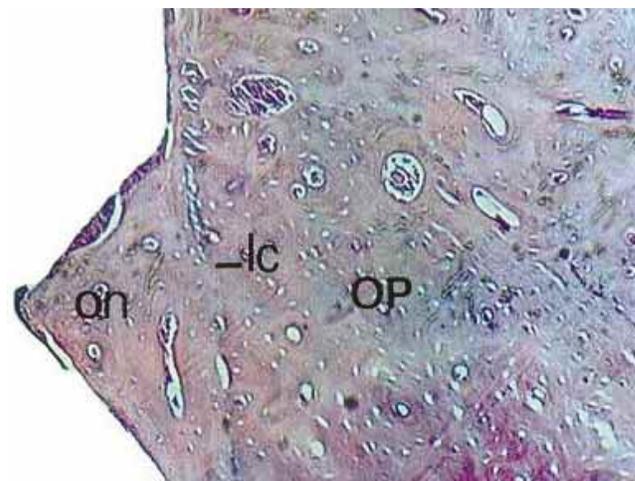


Fig. 4. Grupo experimental, 42 días (125x): región de hueso cortical, donde se observan aun las diferencias entre hueso preexistente (OP) y el hueso neoformado (ON).

## DISCUSIÓN

Se han propuesto algunas técnicas para alterar y aumentar el crecimiento óseo en la interface con implantes, destacando la estimulación eléctrica (Park *et al.*, 1978), estimulación con ultrasonido (Duarte, 1983), hormonas de crecimiento (Wittibjer *et al.*, 1983) entre otros.

En este sentido, Lavine & Grodzinsky (1987) señalaron tres modalidades de estimulación eléctrica: implantación de electrodos, corrientes inducidas o capacitores acoplados. Utilizando el segundo método, Steiner & Ramp (1990) describieron el éxito de las aplicaciones de la electricidad en la recuperación ósea de implantes y fracturas, mientras que Brighton *et al.* (1981) obtuvieron resultados positivos en el 70% de los casos tratados por pseudoartrosis cuando se manejaron en conjunto con estimulación eléctrica.

Turner (2001) tipificaron la secuencia de remodelado óseo en sitios de oseointegración para conejos, perros y seres humanos en base a 4 fases: 1) fase de activación ósea, 2) reabsorción ósea, 3) fase de reposo, 4) y fase de formación ósea; señalaron que en conejos, estas 4 fases están alcanzando las 6 semanas. En los implantes estudiados se observó una limitada respuesta inflamatoria; el tejido conectivo presente en la interface del implante en la etapa de 21 días fue disminuyendo hasta la etapa de 42 días, lo cual podría relacionar una consecuentemente disminución del tejido conectivo en favor de la formación ósea en la periferia del implante en tiempos posteriores a los 42 días (Calvo-Guirado *et al.*, 2014).

Giannunzio *et al.*, estudiaron el efecto de las cargas eléctricas en tejido preimplantar en ratas concluyendo que la aplicación de estas cargas podría aumentar la formación ósea, especialmente de hueso esponjoso. En términos de contacto óseo con implante, Shayesteh *et al.* (2007), pre-

sentaron un estudio en canes donde observaron que la estimulación eléctrica constante aumenta la cantidad de hueso en contacto con la superficie del implante y también podría disminuir el tiempo de oseointegración; sin embargo, la aplicación clínica es controversial en esta investigación.

Nuestros resultados demostraron ausencia de relación estadística entre la aplicación de electroterapia con la mayor formación ósea; Kaynak *et al.* (2005), señalaron una respuesta altamente favorable al realizar aplicación de frecuencia eléctrica durante 14h en la regeneración ósea de defectos periodontales. Estas diferencias con nuestros resultados pueden estar asociado al dispositivo utilizado en la aplicación de la carga y al tiempo en que esta fue aplicada.

Por otra parte, la calidad del tejido óseo pudo haber influenciado en los resultados; el hueso de tibia es preferentemente más corticalizado y menos irrigado, próximo a un hueso tipo I o II según la relación hueso cortical/hueso esponjoso, de forma que la ausencia de diferencias encontradas entre los grupos control y experimental pueden estar asociados a la baja irrigación que existe en este tipo de hueso así como también a la limitada cantidad de trabéculas observadas en este tipo de hueso (Marquezan *et al.*, 2012).

A pesar de la existencia de estudios favorables en modelo animal, persisten las dudas en términos de la cantidad de electricidad necesaria para potenciar formación ósea y la dosificación de la misma; también existen dudas en términos del sistema que debe ser utilizado para la aplicación eléctrica (Narkhede, 1998) de forma que los resultados negativos de nuestra investigación responden también a estas interrogantes no resueltas aun.

Podemos concluir que la aplicación de frecuencia eléctrica en este modelo experimental con se asocia positivamente a la formación ósea perimplantar.

---

BUZZÁ, E.; OLATE, S.; POZZER, L. & ALBERGARIA-BARBOSA, J. R. Electrotherapy for bone regeneration in dental implants. *Int. J. Morphol.*, 32(2):684-689, 2014.

**SUMMARY:** Osseointegration has been optimized in the last years; different technologies have been applied to improve this condition. The aim of this research is to understand the relationship between the application of electric charges and their ability to improve osseointegration in an animal model. Sixteen New Zealand white male rabbits, 3 to 6 months of age, were divided into two groups. In both was inserted a 4 titanium implants designed for this research, two on each tibia; compression techniques was conducted for to install the implant. In the experimental group electric charges at the level of lower limbs was applied for 30 minutes per day; the euthanasia of the animals was performed at 21 and 42 days, at which time was obtained the measurement of the retirement torque with a manual torque wrench; subsequently, the blocks with implants were removed and processed with routine histological techniques with hematoxylin and eosin; a descriptive observation was performed by optical microscopy and the numerical results were analyzed by analysis of variance and then using the F test with a significance level of 5%. The results showed significant differences in removal torque of implants at 21 and 42 days; no significant differences between the control group and the experimental group were observed; Histologically, no differences in elements disposition or other histological repair conditions were observed. It can be concluded that the administration of electric charges in this experimental model does not contribute to the formation of perimplant bone tissue.

**KEY WORDS:** Osseointegration; Bone regeneration; Dental implant.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brighton, C. T.; Friedenber, Z. B.; Black, J.; Esterhal, J. L. Jr.; Mitchell, J. E. & Montique, F. Jr. Electrically induced osteogenesis: relationship between charge, current density, and the amount of bone formed: introduction of a new cathode concept. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, (161):122-32, 1981.
- Calvo-Guirado, J. L.; Satorres-Nieto, M.; Aguilar-Salvatierra, A.; Delgado-Ruiz, R. A.; Maté-Sánchez de Val, J. E.; Gargallo-Albiol, J.; Gómez-Moreno, G. & Romanos, G. E. Influence of surface treatment on osseointegration of dental implants: histological, histomorphometric and radiological analysis in vivo. *Clin. Oral Investig.*, DOI: 10.1007/s00784-014-1241-2 (In Press), 2014.
- Dergin, G.; Akta, M.; Gürsoy, B.; Devecioglu, Y.; Kürkcü, M. & Benlidayl, E. Direct current stimulation in implant osseointegration: and experimental animal study with sheep. *J. Oral Implantol.*, 39(6):671-9, 2013.
- Duarte, L. R. The stimulation of bone growth by ultrasound. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 101(3):153-9, 1983.
- Giannunzio, G. A.; Speerli, R. C. & Guglielmotti, M B. Electrical field effect on peri-implant osteogenesis: a histologic and histomorphometric study. *Implant Dent.*, 17(1):118-26, 2008.
- Kaynak, D.; Meffert, R.; Günhan, M. & Günhan, O. A histopathologic investigation on the effects of electrical stimulation on periodontal tissue regeneration in experimental bony defects in dogs. *J. Periodontol.*, 76(12):2194-204, 2005.
- Lavine, L. S. & Grodzinsky, A. J. Electrical stimulation of repair of bone. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 69(4):626-30, 1987.
- Markezan, 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.*, 23(7):767-74, 2012.
- Narkhede, P. R. A histologic evaluation of the effect of electrical stimulation on osteogenic changes following placement of blade-vent implants in the mandible of rabbits. *J. Oral Implantol.*, 24(4):185-95, 1998.
- Park, J. B.; Young, S. O.; Kenner, G. H.; von Recum, A. F.; Myers, B. R. & Moore, R. R. Dental implant fixation by electrically mediated process. II. Tissue ingrowth. *Biomater. Med. Devices Artif. Organs*, 6(4):291-303, 1978.
- Shayesteh, Y. S.; Eslami, B.; Dehghan, M. M.; Vaziri, H.; Alkhassi, M.; Mangoli, A. & Khojasteh, A. The effect of a constant electrical field on osseointegration after immediate implantation in dog mandibles: a preliminary study. *J. Prosthodont.*, 16(5):337-42, 2007.
- Song, J. K.; Cho, T. H.; Pan, H.; Song, Y. M.; Kim, I. S. ; Lee, T. H.; Hwang, S. J. & Kim, S. J. An electronic device for accelerating bone formation in tissues surrounding dental implant. *Bioelectromagnetics*, 30(5):374-84, 2009.
- Steiner, M. & Ramp, W. K. Electrical stimulation of bone and its implications for endosseous dental implantation. *J. Oral Implantol.*, 16(1):20-7, 1990.
- Tian, N. F.; Wu, Y. S.; Zhang, X. L.; Mao, F. M.; Xu, H. Z. & Chi, Y. L. Efficacy of electrical stimulation for spinal fusion: a meta-analysis of fusion rate. *Spine J.*, 13(10):1238-43, 2013.
- Tomsia, A. P.; Lee, J. S.; Wegst, U. G. & Saiz, E. Nanotechnology for dental implants. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 28(6):e535-46, 2013.
- Turner, A. S. Animal models of osteoporosis – Necessity and limitations. *Eur. Cells Mat.*, 1:66-81, 2001.
- Wittbjer, J.; Rohlin, M. & Thorngren, K. G. Bone formation in demineralized bone transplants treated with biosynthetic human growth hormone. *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.*, 17(2):109-17, 1983.

Dirección para Correspondencia:  
Prof. Dr. Sergio Olate  
Claro Solar 115, Oficina 414-A  
División de Cirugía Oral & Maxilofacial  
Universidad de La Frontera  
CHILE

Email: sergio.olate@ufrontera.cl

Recibido : 21-12-2013

Aceptado: 04-05-2014