

# Alveolar ridge preservation?: Decision making for dental implant placement

## ¿Preservación del reborde alveolar?

### Toma de decisión ante la colocación de implantes dentales

Vanessa Louise Ford-Martinelli,<sup>1</sup> Gianna Hanly,<sup>2</sup> Juliana Valenzuela,<sup>2</sup> Lina Marcela Herrera-Orozco,<sup>3</sup> Sebastián Muñoz-Zapata<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Periodoncista Universidad CES. Medellín. Dirección electrónica: vane.ford@gmail.com. <sup>2</sup>Rehabilitadora Oral. Universidad CES. Medellín. Dirección electrónica: giannahanly@gmail.com, valenzuela.juliana@gmail.com. <sup>3</sup>Periodoncista. Docente Universidad CES. Medellín. Dirección electrónica: linitaho@gmail.com. <sup>4</sup>Rehabilitador Oral. Docente Universidad CES. Medellín. Dirección electrónica: semunzap@une.net.co

Recibido: junio de 2012. Aprobado: diciembre de 2012

#### Abstract

Bone resorption is a physiological consequence of tooth loss that could be a significant functional and an esthetic risk for dental implants. The dimensional changes of the alveolar ridge could be managed with different graft materials and surgical techniques that have been reported in the scientific literature. The purpose of this review is to explore the indications and present actual techniques to help prevent residual ridge resorption, as much as possible, guaranteeing the success of Prosthodontic rehabilitation with implants.

#### Key words:

Alveolar ridge preservation, Alveolar ridge resorption, Tooth extraction, Bone grafting, Dental implants.

#### Resumen

La reabsorción ósea es una consecuencia fisiológica de la pérdida dental que puede convertirse en un riesgo funcional y estético significativo para la colocación de implantes dentales. Los cambios dimensionales del reborde alveolar pueden ser manejados con diferentes materiales de injerto y procedimientos quirúrgicos reportados en la literatura. El propósito de esta revisión es presentar las indicaciones y técnicas actuales utilizadas para ayudar a prevenir, en lo posible, la reabsorción del reborde residual asegurando el éxito de la rehabilitación sobre implantes.

#### Palabras clave:

Preservación del reborde alveolar, Reabsorción ósea, Extracción dental, Injerto óseo, Implantes dentales.

Forma de citar: Ford-Martinelli VL, Hanly G, Valenzuela J, Herrera-Orozco LM, Muñoz-Zapata S. ¿Preservación del reborde alveolar? Toma de decisión ante la colocación de implantes dentales. Rev. CES Odont. 2012; 25(2) 44-53

## Introducción

Uno de los mayores problemas para el periodoncista, cirujano, y/o rehabilitador a la hora de colocar un implante dental es no tener el volumen óseo suficiente para lograr estabilidad primaria y una posición adecuada del mismo.

Según el Consenso de la Tercera Conferencia de ITI (International Team for Implantology), podemos colocar el implante inmediato (mismo acto quirúrgico de la extracción), mediató temprano (4-8 semanas de cicatrización), mediató tardío (12-16 semanas de cicatrización) o tardío (más de 6 meses luego de la extracción).<sup>1</sup>

Los procedimientos de preservación de reborde alveolar se realizan cuando no es posible la colocación inmediata de implantes, ya sea por pérdida ósea luego de la exodoncia, pacientes jóvenes que estén en etapa de crecimiento activo o cuando el paciente no tiene el presupuesto suficiente para una pronta colocación del implante.<sup>2</sup>

Está documentado que sin técnicas de preservación, se puede perder hasta 40 % en altura y 60 % en espesor del reborde<sup>3</sup> durante los primeros 6 meses post-extracción,<sup>4</sup> y luego entre 0,5-1,0% anualmente limitando el pronóstico estético y funcional de una prótesis implanto-retenida.

Los cambios dimensionales de los sitios post-extracción<sup>5,6</sup> pueden ser manejados con diferentes materiales de injerto y procedimientos quirúrgicos de preservación o regeneración según el número y grosor de paredes óseas remanentes.

Debemos tomarnos el tiempo de estudiar las condiciones específicas de cada paciente y el tratamiento protésico a seguir, para poder decidir qué técnica y materiales vamos a utilizar. Es importante ser cuidadoso porque los criterios de éxito actuales, no solo buscan la supervivencia de los implantes, sino además una estética adecuada,

función y aceptación por parte del paciente.<sup>1,7,8</sup>

Hasta la última parte del siglo 20 había poca preocupación acerca de la reabsorción del reborde post-extracción. Los esfuerzos iniciales para prevenirla se enfocaban en técnicas protésicas y diferentes patrones en el uso de dentaduras.<sup>3,9</sup>

Un método propuesto para mantener los contornos óseos fue la retención radicular no vital basada en la observación de que la reabsorción ósea no ocurría alrededor de dientes retenidos. Esta idea fue abandonada debido a complicaciones en tejidos blandos.<sup>9,10</sup> Utilizando un concepto similar en los 80's, la preservación de reborde fue hecha utilizando conos de hidroxiapatita (HA) en forma de raíces y partículas colocadas en los alvéolos.<sup>11</sup>

Actualmente, la colocación de implantes debe ser guiada protésicamente con una correcta posición tridimensional que permita un soporte óptimo y estabilidad de los tejidos duros y blandos circundantes. Ante esto, el objetivo de este artículo de revisión es describir las técnicas y materiales de preservación de reborde disponibles actualmente para la colocación exitosa de implantes endóseos.

## Cicatrización del alvéolo post-extracción y cambios dimensionales del reborde alveolar

Se ha reportado que durante los 3 primeros meses post-extracción se producen los mayores cambios dimensionales en sentido horizontal y vertical del reborde alveolar;<sup>12</sup> dos tercios de la reabsorción ósea total.<sup>13</sup> En el Consenso de Osteología de 2011, se describe que el reborde alveolar sufre de una reducción horizontal promedio de 3,8 mm (29-63%) y una reducción vertical de 1,24 mm (11-22%) a los 6 primeros meses post-extracción.<sup>14</sup>

Todos estos cambios estructurales en el hueso se producen a través de procesos osteoclásticos y osteoblásticos, deposición de colágeno y posterior

mineralización de la matriz colágena.<sup>9</sup> Primero se produce una hemorragia, seguida por la formación de un coágulo sanguíneo.<sup>5</sup> La reacción inflamatoria producida estimula el reclutamiento de células para formar tejido de granulación.

Durante los primeros 4 días, el epitelio prolifera a través de la periferia del alvéolo y se evidencia tejido conectivo inmaduro. Después de 7 días, el coágulo ha sido reemplazado completamente por tejido de granulación. En esta etapa, se evidencia tejido osteoide en la base del alvéolo. En las siguientes 2 a 3 semanas luego de la extracción, comienza la mineralización desde la base hacia la parte coronal. Este proceso es acompañado por una continua re-epitelialización, cubriendo el alvéolo completamente después de la sexta semana post-extracción. La máxima densidad radiográfica se observa alrededor de 100 días.<sup>15</sup>

Una serie de estudios en perros entre el 2003 y 2008 fueron fundamentales para la comprensión de los procesos de cicatrización post-extracción. Araújo y Lindhe demostraron que dentro de las primeras 8 semanas hay marcada actividad osteoclástica, resultando en reabsorción de las paredes óseas en la región crestal, especialmente en la altura de la pared vestibular.<sup>12</sup>

Es importante comprender los eventos antes mencionados para así prevenir, en lo posible, la reabsorción del reborde residual. Si las dimensiones del alvéolo son mantenidas, se podría reducir la necesidad de futuros procedimientos quirúrgicos de aumento de reborde, y así simplificar la posterior colocación de implantes.<sup>11</sup>

### **Indicaciones para la preservación del reborde alveolar**

Entre las indicaciones para procedimientos de preservación de reborde se tienen:<sup>12,16</sup>

- Sitios donde la pared vestibular sea menor a 1,5-2 mm de espesor, y en sitios donde esté perdida o hayan sido dañadas una o más paredes alveolares.

- Cuando sea crucial mantener el volumen óseo para así disminuir el riesgo de comprometer estructuras anatómicas (seno maxilar, nervio dentario inferior) luego de que ocurra la reabsorción ósea.

- En sitios con alta demanda estética para mantener, dentro de lo posible, los contornos de los tejidos duros y blandos.

- En pacientes donde van a ser extraídos múltiples dientes y sea necesaria una futura rehabilitación ya sea con implantes o con prótesis parcial fija.

### **Materiales utilizados para técnicas de preservación del reborde alveolar**

Los materiales que se han utilizado para intentar preservar el reborde alveolar son los mismos empleados para regeneración ósea o tisular guiada.<sup>17</sup> Estos incluyen: injertos óseos autólogos, alogénicos y xenogénicos, membranas, esponjas e implantes dentales como preservadores de reborde.

Estos biomateriales presentan ventajas y desventajas y dependiendo de su estructura y composición bioquímica, pueden ser reabsorbibles y no reabsorbibles. El clínico debe conocer las propiedades biológicas, las características de los materiales, las técnicas de obtención y sus aplicaciones clínicas, para así poder escoger el más adecuado.

### **Injertos óseos**

Entre las diferentes opciones de injertos óseos disponibles se encuentran:

- Injertos autólogos o autógenos (cortical, esponjoso o córtico-esponjoso)<sup>18</sup> En cuanto a sus propiedades

biológicas, se considera el *Gold Standard* ya que es el único que posee las 3 propiedades de osteogénesis, osteoinducción y osteoconducción. Posee nula capacidad antigénica por obtenerse del mismo individuo. Se pueden obtener de diferentes zonas donantes intraorales (mentón, tuberosidad maxilar, rama mandibular, rebordes edéntulos o torus), o extraorales (cresta ilíaca, tibia, calota). Las últimas se utilizan en forma de injertos en bloque en casos de pérdidas óseas avanzadas, pero su inconveniente es que requieren de anestesia general para su obtención. Otra desventaja de los injertos autólogos es su rápida tasa de reabsorción, por lo que en ocasiones se combinan con aloinjertos o xenoinjertos para mejorar esta propiedad. Hay diferencias en cuanto a la reabsorción vertical según los sitios extraorales donantes: cresta ilíaca 12-60% y calota 0-15%. La reabsorción horizontal de los injertos en bloque autólogos se ha reportado entre el 10-50%.<sup>19,20</sup>

- Injertos alogénicos o aloinjertos (corticales, esponjosos o córtico-esponjosos). Son procedentes de otro individuo de la misma especie. Hay dos principales: mineralizados congelados-secados (FDDBA) y desmineralizados congelados-secados (DFDBA). La desmineralización podría exponer las proteínas morfogenéticas óseas (BMPs) para estimular la diferenciación de células pluripotenciales indiferenciadas hacia osteoblastos (osteoinducción).<sup>21</sup> Los aloinjertos necesitan un procesamiento especial para eliminar su capacidad antigénica.<sup>22,23</sup>

- Injertos heterólogos o xenoinjertos (corticales o esponjosos). Su fuente de procedencia es un animal de otra especie diferente a humanos.<sup>24</sup> Dentro de este grupo de injertos tenemos el Bio-Oss®<sup>25</sup> y Bio-Oss Collagen®<sup>26,27</sup> de la casa comercial Geistlich Pharma. Se ha observado que luego de 4 meses de realizada la técnica de preservación de reborde alveolar con Bio-Oss®, el recambio

óseo es de un 25-38% en defectos infraóseos de 3 paredes. Por otra parte, en defectos de 1 ó 2 paredes, se recomienda esperar 6 meses antes de la colocación de implantes (Ackermann 2011). Son osteoconduktivios.

- Injertos aloplásticos o sintéticos. Son materiales biocompatibles, sintéticos e inorgánicos que funcionan como material de relleno y no de regeneración para futura colocación de implantes.<sup>28,29</sup> Estos proveen un andamiaje para la osteoconducción de las células formadoras de hueso. Su principal ventaja es que obvian la necesidad de un sitio donante del propio sujeto. Los más utilizados son la hidroxiapatita y el fosfato tricálcico.

## Membranas

Un factor importante a considerar en las técnicas de preservación de reborde, es mantener el injerto óseo en su posición y evitar que los tejidos blandos interfieran en la cicatrización ósea. Durante las primeras fases de cicatrización, se produce una competencia entre el tejido óseo y el blando para rellenar el alvéolo, debido a que la formación de este último es más rápida. Las membranas han demostrado ser eficaces en proteger el material de injerto del medio ambiente oral mediante un efecto barrera, previniendo el rápido crecimiento de los tejidos blandos.<sup>30</sup>

Los estudios clínicos muestran que los alvéolos post-extracción tratados con el uso de membranas, con o sin injertos óseos, tienen mayores dimensiones del reborde comparados con los sitios que no son tratados con estos materiales.<sup>31</sup>

Diferentes tipos de membranas han sido probadas para realizar preservaciones de reborde,<sup>4,32</sup> pero las más comúnmente utilizadas y que han dado mejores resultados son las de colágeno.<sup>33,34</sup>

Algunos problemas documentados con las membranas incluyen: dehiscencias de tejidos blandos, exposiciones, desplazamientos y colapsos de las mismas. Se pueden comportar como cuerpos extraños y pueden dar lugar a infección y retrasos en la cicatrización. Si tuvieran que ser retiradas precozmente, la regeneración ósea sería menos predecible.<sup>35</sup>

Se debe tener en cuenta que el empleo rutinario de membranas e injertos óseos no garantiza el éxito del tratamiento de preservación de reborde, ya que estos no evitan la reabsorción del *bundle bone* aunque (hueso dependiente del ligamento periodontal) sí la pueden llegar a compensar.<sup>36</sup>

### Otros “materiales de relleno” – esponjas

Otros materiales colocados en alvéolos post-extracción son las esponjas de ácido poliláctico/ poliglicólico (PL/PG) o de colágeno.<sup>37</sup> Las más utilizadas son las de colágeno. Actúan como un andamiaje para el transporte de diferentes factores como la proteína morfogenética recombinante humana-2 (rhBMP-2),<sup>38,39</sup> el factor de crecimiento/ diferenciación recombinante humano-5<sup>40</sup> o para el péptido sintético de unión celular P-15 (*synthetic cell-binding peptide P-15*).<sup>41</sup> Además, ayudan a controlar el sangrado (hemostáticas) al mismo tiempo que estabilizan el coágulo sanguíneo, y atraen células necesarias para la cicatrización (quimiotácticas).<sup>42</sup> Otra función de estas esponjas de colágeno, y que muchas veces no se toma en cuenta, es que pueden proteger al injerto óseo durante la primera fase de cicatrización.

### Implantes como preservadores de reborde

Anteriormente se pensaba que la colocación de implantes inmediatos, era un método para preservar la tabla ósea vestibular.<sup>43,44</sup> Actualmente estos conceptos han sido reevaluados.

Botticelli et al.<sup>43</sup> reportaron que después de la colocación de implantes inmediatos, ocurre una

reabsorción ósea sustancial desde la parte exterior del reborde alveolar. Este hecho fue corroborado por Araújo et al.,<sup>5</sup> quienes encontraron que los implantes no previenen el remodelado del alvéolo post-extracción. A los 3 meses, la altura ósea en sitios con implantes fue similar a la de los sitios edéntulos. Ellos sugirieron que esto se puede deber, en parte, a la desaparición temprana del *bundle bone* y además, a la interrupción del aporte sanguíneo en bucal debido a la elevación del colgajo. El proceso de remodelado del hueso alveolar continúa incluso luego de la oseointegración de implantes. De hecho, parte del hueso que está “integrado” sobre la superficie del implante, se pierde a las 8 semanas de cicatrización en el aspecto bucal.<sup>45</sup>

Debido a esto, se concluye que ni la colocación ni la carga inmediata de implantes se consideran como técnicas de preservación de reborde alveolar.<sup>25</sup>

### Procedimientos utilizados para preservación del reborde alveolar

La técnica más sencilla de realizar una preservación de reborde alveolar es a través de la exodoncia atraumática y lograr el cierre primario del mismo para permitir una cicatrización biológica del alvéolo. Otros métodos descritos por Darby et al. comúnmente utilizados son.<sup>7</sup>

1. Injerto colocado en el alvéolo cubierto con membrana, y colgajo desplazado para lograr cierre primario parcial o completo de la herida.
2. Cubrimiento del injerto por colgajo rotacional o desplazado coronal, pero sin membrana.
3. Membranas solas sobre el alvéolo, con cubrimiento parcial o total utilizando tejidos blandos.

Actualmente los procedimientos de preservación de reborde están encaminados a ser menos invasivos con técnicas flapless (sin elevar colgajo).

Los resultados de los estudios son controversiales al comparar estas técnicas con las convencionales. Fickl et al. en 2008 reportan menor remodelado óseo con técnicas de preservación sin elevar colgajo.<sup>17</sup> Sin embargo, los resultados de la revisión sistemática del 2012<sup>37</sup> muestran que la técnica con colgajo demostró significativamente menos reabsorción horizontal cuando se comparaba con la *flapless* (IC: 95% [1,01; 3,51]; p = 0,003). Esto se adjudicó a la importancia de adquirir cierre primario de la herida, principalmente cuando colocamos injertos óseos y membranas.

Algunas recomendaciones dadas en el Consenso de Osteología 2012 acerca de la preservación de alvéolo son:<sup>14</sup>

- Levantar colgajo y colocar un biomaterial.
- Cierre primario de la herida.
- Materiales con baja tasa de reabsorción y de reemplazo.

### Exodoncia atraumática

Para limitar los daños del sitio de exodoncia debemos tomar en consideración una técnica mínimamente traumática, con instrumentos finos y fuerza limitada.<sup>46,47</sup> Debemos utilizar elevadores delgados especialmente diseñados para exodoncias atraumáticas.

De esta manera, se desinsertan las fibras coronales del ligamento periodontal y se van separando las tablas óseas alveolares evitando alguna fractura para finalmente luxar el diente y extraerlo. En dientes multirradiculares podemos realizar técnicas de odontosección. Además, se pueden perforar las paredes alveolares por medio de la decorticalización para fomentar que el sangrado nutra al injerto óseo.<sup>2</sup>

### Cubrimiento del alvéolo con tejido blando

Se ha propuesto el cubrimiento del alvéolo post-extracción con tejidos blandos para retener,

estabilizar y proteger los materiales de injerto. Varias técnicas han sido sugeridas para lograr estos objetivos: colgajos desplazados coronalmente, rotados o el uso de injertos gingivales libres o de tejido conectivo subepitelial. En el procedimiento descrito como *Soft Tissue Punch Technique*<sup>48</sup> se cubren los alvéolos post-exodoncia con injertos gingivales libres sin la necesidad de elevar colgajos. Esta técnica asegura que el injerto gingival proteja el injerto óseo y la herida fresca luego de la extracción. Además ayuda a conseguir una estructura y espesor de los tejidos blandos óptimos para la posterior colocación de implantes.

Por otro lado, hay procedimientos donde no se cubre el alvéolo post-extracción con tejidos blandos, por el contrario se permite la cicatrización espontánea. La Técnica Bio-Col consiste en la colocación de xenoinjerto bovino (Bio-Oss®) protegido por una esponja de colágeno (Collaplug®) para permitir la epitelialización espontánea del alvéolo debajo de un pónico.<sup>49</sup>

### Resultados y Predictibilidad de los procedimientos de preservación

Las técnicas de preservación, reducen significativamente la pérdida en altura y espesor del reborde alveolar, ofreciendo un mantenimiento más predecible de las dimensiones del alvéolo para posterior colocación de implantes, sin embargo, independientemente de esto, siempre va a haber una reducción dimensional de la cresta ósea.<sup>50</sup>

Los porcentajes de éxito de implantes colocados en alvéolos injertados son iguales a los colocados en alvéolos no injertados con dimensiones adecuadas, por lo tanto, la técnica de preservación de reborde no afecta el éxito de los implantes.<sup>51</sup>

### Conclusiones

La preservación de reborde es una técnica que, según la literatura, ha demostrado

reducir significativamente la reabsorción ósea dimensional que sufre la cresta alveolar después de la extracción dental, facilitando así la futura colocación de implantes. Se debe tener claro que estos procedimientos limitan el proceso de reabsorción, pero no preservan el volumen ni la altura ósea inicial en su totalidad.

Antes de realizar una técnica de preservación de reborde, se debe analizar muy bien el caso del paciente y las condiciones clínicas observadas después de la extracción dental. Una de las condiciones más importantes es el número y grosor de paredes óseas remanentes. Esto va a determinar si se puede realizar un procedimiento

de preservación o si es necesario una técnica regenerativa.

No hay evidencia científica que una técnica de preservación de alvéolo sea superior a otra. Sin embargo, se debe escoger un procedimiento que sea predecible y que se adecúe a las condiciones clínicas y económicas del paciente.

Se necesitan más ensayos clínicos controlados aleatorizados sobre cicatrización de alvéolos sin aplicar técnicas de preservación, y posterior colocación de implantes que ayude en la toma de decisiones clínicas.

## Referencias

1. Lang NP, Pun L, Lau KY, Li KY, Wong MC. A systematic review on survival and success rates of implants placed immediately into fresh extraction sockets after at least 1 year. *Clinical Oral Implants Research*. 2012 Feb;23:39–66.
2. Darby I, Chen S, De Poi R. Ridge preservation: what is it and when should it be considered. *Aust Dent J*. 2008 Mar;53(1):11–21.
3. Tallgren A. The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers: a mixed-longitudinal study covering 25 years. *J Prosthet Dent*. 1972 Feb;27(2):120–32.
4. Lekovic V, Camargo PM, Klokkevold PR, Weinlaender M, Kenney EB, Dimitrijevic B, et al. Preservation of alveolar bone in extraction sockets using bioabsorbable membranes. *J. Periodontol*. 1998 Sep;69(9):1044–1049.
5. Araújo MG, Sukekava F, Wennström JL, Lindhe J. Ridge alterations following implant placement in fresh extraction sockets: an experimental study in the dog. *J. Clin. Periodontol*. 2005 Jun;32(6):645–52.
6. Misch CE, Silc JT. Socket grafting and alveolar ridge preservation. *Dent Today*. 2008 Oct;27(10):146, 148, 150 passim.
7. Darby I, Chen ST, Buser D. Ridge preservation techniques for implant therapy. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009;24 Suppl:260–271.
8. Smith DE, Zarb GA. Criteria for success of osseointegrated endosseous implants. *J Prosthet Dent*. 1989 Nov;62(5):567–572.
9. Bartee BK. Extraction site reconstruction for alveolar ridge preservation. Part 1: rationale and materials selection. *J Oral Implantol*. 2001;27(4):187–193.
10. Von Wowern N, Winther S. Submergence of roots for alveolar ridge preservation. A failure (4-year follow-up study). *Int J Oral Surg*. 1981 Aug;10(4):247–250.
11. Buser D, Martin W, Belser UC. Optimizing esthetics for implant restorations in the anterior maxilla: anatomic and surgical considerations. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2004;19 Suppl:43–61.

12. Araújo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J. Clin. Periodontol.* 2005 Feb;32(2):212–218.
13. Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2003 Aug;23(4):313–323.
14. Hämmerle CHF, Araújo MG, Simion M, On Behalf of the Osteology Consensus Group 2011. Evidence-based knowledge on the biology and treatment of extraction sockets. *Clinical Oral Implants Research.* 2012 Feb;23:80–82.
15. Irinakis T, Tabesh M. Preserving the socket dimensions with bone grafting in single sites: an esthetic surgical approach when planning delayed implant placement. *J Oral Implantol.* 2007;33(3):156–163.
16. Girard B, Baker G, Mock D. Foreign body granuloma following placement of hard tissue replacement material: a case report. *J. Periodontol.* 2000 Mar;71(3):517–520.
17. Fickl S, Zuhr O, Wachtel H, Bolz W, Huerzeler M. Tissue alterations after tooth extraction with and without surgical trauma: a volumetric study in the beagle dog. *J. Clin. Periodontol.* 2008 Apr;35(4):356–363.
18. Infante-Cossío P, Gutiérrez-Pérez JL, Torres-Lagares D. Relleno de cavidades óseas en cirugía maxilofacial con materiales autólogos. *Rev Esp Cir Oral y Maxilofac.* 2007 Feb;29(1):7–19.
19. Chiapasco M, Abati S, Romeo E, Vogel G. Clinical outcome of autogenous bone blocks or guided bone regeneration with e-PTFE membranes for the reconstruction of narrow edentulous ridges. *Clin Oral Implants Res.* 1999 Aug;10(4):278–288.
20. Chiapasco M, Casentini P, Zaniboni M. Bone augmentation procedures in implant dentistry. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009;24 Suppl:237–259.
21. Nasr HF, Aichelmann-Reidy ME, Yukna RA. Bone and bone substitutes. *Periodontol.* 2000. 1999 Feb;19:74–86.
22. Mellonig JT. Autogenous and allogeneic bone grafts in periodontal therapy. *Crit. Rev. Oral Biol. Med.* 1992;3(4):333–352.
23. Mellonig JT, Prewett AB, Moyer MP. HIV inactivation in a bone allograft. *J. Periodontol.* 1992 Dec;63(12):979–983.
24. Artzi Z, Nemcovsky CE, Tal H. Efficacy of porous bovine bone mineral in various types of osseous deficiencies: clinical observations and literature review. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2001 Aug;21(4):395–405.
25. Wang RE, Lang NP. Ridge preservation after tooth extraction. *Clinical Oral Implants Research.* 2012 Oct;23:147–156.
26. Araújo M, Linder E, Wennström J, Lindhe J. The influence of Bio-Oss Collagen on healing of an extraction socket: an experimental study in the dog. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2008 Apr;28(2):123–135.
27. Jung RE, Philipp A, Annen BM, Signorelli L, Thoma DS, Hämmerle CHF, et al. Radiographic evaluation of different techniques for ridge preservation after tooth extraction: a randomized controlled clinical trial. *J Clin Periodontol.* 2013 Jan;40(1):90–98.
28. Zafiropoulos G-GK, Hoffmann O, Kasaj A, Willershausen B, Weiss O, Van Dyke TE. Treatment of intrabony defects using guided tissue regeneration and autogenous spongiosa alone or combined with hydroxyapatite/beta-tricalcium phosphate bone substitute or bovine-derived xenograft. *J. Periodontol.* 2007 Nov;78(11):2216–2225.
29. De Coster P, Browaeys H, De Bruyn H. Healing of extraction sockets filled with BoneCeramic® prior to implant placement: preliminary histological findings. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2011 Mar;13(1):34–45.



30. Spagnoli D, Mazzone R, Marchena J. Clinical procedures currently using bone grafting with guided tissue regeneration techniques. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2001;13:423–436.
31. Amler MH. The time sequence of tissue regeneration in human extraction wounds. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 1969 Mar;27(3):309–318.
32. Simon BI, Von Hagen S, Deasy MJ, Faldu M, Resnansky D. Changes in alveolar bone height and width following ridge augmentation using bone graft and membranes. *J. Periodontol.* 2000 Nov;71(11):1774–1791.
33. Iasella JM, Greenwell H, Miller RL, Hill M, Drisko C, Bohra AA, et al. Ridge preservation with freeze-dried bone allograft and a collagen membrane compared to extraction alone for implant site development: a clinical and histologic study in humans. *J. Periodontol.* 2003 Jul;74(7):990–999.
34. Brkovic BMB, Prasad HS, Rohrer MD, Konandreas G, Agrogiannis G, Antunovic D, et al. Beta-tricalcium phosphate/type I collagen cones with or without a barrier membrane in human extraction socket healing: clinical, histologic, histomorphometric, and immunohistochemical evaluation. *Clin Oral Investig.* 2012 Apr;16(2):581–590.
35. Tatakis DN, Promsudthi A, Wikesjö UM. Devices for periodontal regeneration. *Periodontol.* 2000. 1999 Feb;19:59–73.
36. Horváth A, Mardas N, Mezzomo LA, Needleman IG, Donos N. Alveolar ridge preservation. A systematic review. *Clinical Oral Investigations [Internet].* 2012 Jul 20 [cited 2012 Oct 21]; Available from: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s00784-012-0758-5>
37. Vignoletti F, Matesanz P, Rodrigo D, Figuero E, Martin C, Sanz M. Surgical protocols for ridge preservation after tooth extraction. A systematic review. *Clinical Oral Implants Research.* 2012 Feb;23:22–38.
38. Howell TH, Fiorellini J, Jones A, Alder M, Nummikoski P, Lazaro M, et al. A feasibility study evaluating rhBMP-2/absorbable collagen sponge device for local alveolar ridge preservation or augmentation. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1997 Apr;17(2):124–139.
39. Fiorellini JP, Howell TH, Cochran D, Malmquist J, Lilly LC, Spagnoli D, et al. Randomized study evaluating recombinant human bone morphogenetic protein-2 for extraction socket augmentation. *J. Periodontol.* 2005 Apr;76(4):605–613.
40. Kim Y-T, Wikesjö UM, Jung U-W, Lee J-S, Kim T-G, Kim C-K. Comparison Between a  $\beta$ -Tricalcium Phosphate and an Absorbable Collagen Sponge Carrier Technology for Recombinant Human Growth/Differentiation Factor-5 Stimulated Periodontal Wound Healing/Regeneration. *J Periodontol.* 2012 Aug 16.
41. Neiva RF, Tsao Y-P, Eber R, Shotwell J, Billy E, Wang H-L. Effects of a putty-form hydroxyapatite matrix combined with the synthetic cell-binding peptide P-15 on alveolar ridge preservation. *J. Periodontol.* 2008 Feb;79(2):291–299.
42. Francesko A, Costa DS da, Reis RL, Pashkuleva I, Tzanov T. Functional biopolymer-based matrices for modulation of chronic wound enzyme activities. *Acta Biomaterialia [Internet].* 2012 Oct [cited 2012 Oct 22]; Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1742706112004916>
43. Botticelli D, Renzi A, Lindhe J, Berglundh T. Implants in fresh extraction sockets: a prospective 5-year follow-up clinical study. *Clin Oral Implants Res.* 2008 Dec;19(12):1226–1232.
44. Chen ST, Darby IB, Adams GG, Reynolds EC. A prospective clinical study of bone augmentation techniques at immediate implants. *Clin Oral Implants Res.* 2005 Apr;16(2):176–184.
45. Araújo MG, Wennström JL, Lindhe J. Modeling of the buccal and lingual bone walls of fresh extraction sites following implant installation. *Clin Oral Implants Res.* 2006 Dec;17(6):606–614.

46. Wang H-L, Kiyonobu K, Neiva RF. Socket augmentation: rationale and technique. *Implant Dent*. 2004 Dec;13(4):286–296.
47. Oghli AA, Steveling H. Ridge preservation following tooth extraction: a comparison between atraumatic extraction and socket seal surgery. *Quintessence Int*. 2010 Aug;41(7):605–609.
48. Jung RE, Siegenthaler DW, Hämmerle CHF. Postextraction tissue management: a soft tissue punch technique. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2004 Dec;24(6):545–553.
49. Sclar A. Ridge preservation for optimum esthetics and function. The Bio-Col technique. *Postgrad Dent*. 1999;(6):3–11.
50. Simon BI, Von Hagen S, Deasy MJ, Faldu M, Resnansky D. Changes in alveolar bone height and width following ridge augmentation using bone graft and membranes. *J. Periodontol*. 2000 Nov;71(11):1774–1791.
51. Molina N, Gittler M, Milá R. Preservación del reborde alveolar. Por qué y cuando. *Revista Oficial de la Sociedad Española de Periodoncia*. 2007 Oct;17(4):229–237.

