

Medidas para preservar la cresta alveolar en extracciones previas a la colocación de implantes

Daniel Rothamel, Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent., Mauricio Herrera, Dr. med. dent., Thea Lingohr, Dr. med. dent., Viktor E. Karapetian, Dr. med. dent., Tim Fienitz, Cand. med., Robert Mischkowski, Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent., Dirk Duddeck, Dr. med. dent., y Joachim E. Zöller, Prof. Dr. med. Dr. med. dent.

En el transcurso de los procesos de cicatrización que siguen a una extracción dentaria se observa normalmente una pérdida de volumen de la cresta alveolar. Esta pérdida puede comprometer el lecho de tejido duro y de tejido blando para las implantaciones posteriores, pero también puede influir en el resultado estético del tratamiento con puentes. Para evitar los procesos de reabsorción, se han desarrollado en los últimos años diversos procedimientos destinados a preservar el hueso maxilar. Además del relleno de los alvéolos con material de sustitución ósea y de la cobertura con membranas o injertos de mucosa, se han estudiado numerosas técnicas destinadas a optimizar el lecho de tejido duro y de tejido blando para los tratamientos posteriores. Sin embargo, todos estos procedimientos interfieren en el proceso de cicatrización fisiológico del organismo, un hecho que hay que tener presente en el momento de planificar e implantar medidas encaminadas a la preservación de los alvéolos.

(Quintessenz. 2010;61(11):1379-89)

Clínica y Policlínica de Cirugía oral, Cirugía maxilofacial y Cirugía plástica y Policlínica interdisciplinaria de Cirugía oral e Implantología (Director: Prof. Dr. Dr. J. E. Zöller). Alemania.

Correspondencia: D. Rothamel.
Clínica Universitaria de Köl.
Kerpener Straße 62. 50937 Colonia, Alemania.
Correo electrónico: daniel.rothamel@uk-koeln.de

Antecedentes

En la implantología moderna, el posicionamiento tridimensional correcto de un implante es una condición importante para mantener la estabilidad funcional y estética a largo plazo²⁹. Colocar un implante excesivamente hacia vestibular favorece la aparición de recesiones estéticamente desfavorables en la mucosa vestibular o que el cuerpo de titanio trasluzca a través de la mucosa como consecuencia de la delgadez de la tabla ósea vestibular. Una inserción excesivamente hacia palatino o lingual puede complicar el tratamiento protésico posterior. Pero, en determinadas circunstancias, la altura del hueso mesial y distal adyacente al implante puede repercutir considerablemente en la estética blanca y roja por la influencia de la papila⁵². Estos y otros factores ponen de relieve la importancia crucial de disponer de un lecho óseo suficiente para el tratamiento con implantes.

El tejido óseo está sometido a un proceso de remodelación continuo durante el que las trabéculas óseas se reorientan en función de distintas situaciones de carga. Los aumentos crecientes de la carga fisiológica se acompañan de un incremento de la densidad o de la masa ósea. En cambio, las disminuciones de carga progresivas hasta llegar a la inactividad se asocian a una pérdida de tejido óseo⁵². Además, algunos procesos que afectan sobre todo al hueso del maxilar como periodontitis crónicas, quistes de gran tamaño, inflamaciones o también masas tumorales provocan pérdidas importantes de hueso de la cresta alveolar.

En diversos estudios clínicos se demostró que la pérdida significativa de tejido óseo durante el período de cicatrización postextracción era un fenómeno habitual⁵³. Esto sugiere la necesidad de abordar de forma preventiva ya en el momento de la extracción las reabsorciones

óseas asociadas a esta sobre todo en las distintas alternativas de rehabilitación con implantes.

Cicatrización del alvéolo de extracción

Antes de reflexionar sobre las técnicas para la preservación de los alvéolos de extracción se debe estudiar el mecanismo que hace posible la cicatrización del tejido óseo y del tejido blando después de la extracción dental. La bibliografía recoge diversos estudios en animales de experimentación en los que se confeccionaron preparaciones histológicas a partir de segmentos maxilares extraídos en distintas fases de la cicatrización^{3,17,18}. Estos estudios se complementan con estudios clínicos observacionales diseñados habitualmente como estudios longitudinales^{1,2,12,48,53}. De estos estudios se ha derivado una secuencia cronológica dividida en cinco etapas de cicatrización histológica:

- 1) Formación y maduración de un coágulo sanguíneo.
- 2) Organización del coágulo por neoformación de vasos sanguíneos y fibroblastos (4 a 5 días).
- 3) Formación de una matriz provisional (14 a 16 días).
- 4) Organización ósea de la matriz provisional y recubrimiento de los alvéolos con tejido epitelial (hasta 6 semanas).
- 5) Remodelación ósea/remodelación^{1,2,12} (5 a 10 semanas).

El seguimiento de los cambios dimensionales del hueso después de la extracción permite demostrar una pérdida del volumen óseo original tanto en sentido vertical como en sentido horizontal. En relación con este proceso se ha demostrado el predominio de reabsorciones en la pared ósea alveolar vestibular del maxilar^{3,40}. Este fenómeno se manifiesta con menor intensidad en la mandíbula, lo que se atribuye a una cortical ósea más gruesa en comparación con la del maxilar. La reabsorción de predominio vestibular provoca indefectiblemente un desplazamiento de la apófisis alveolar central en sentido lingual⁴⁰. La intensidad de la atrofia parece ser máxima durante los primeros 3 a 6 meses después de la extracción dental⁴⁸, mostró grandes diferencias en función de la región⁴⁸ y se vio influida por factores como el número de dientes extraídos, el tamaño del defecto y la composición del hueso^{7,51}. En resumen, tanto en estudios clínicos como en estudios preclínicos se pudieron observar reabsorciones sistemáticas de hasta 2 mm en sentido vertical y de hasta 4 mm en sentido horizontal en el primer año después de la intervención^{3,16,31,36,37,48,53}.

Método de extracción

Existen evidencias de que el propio procedimiento quirúrgico de la extracción ya influye notablemente en la pérdida de tejido óseo prevista en relación con la extracción dental. Se trata por una parte de prevenir con un procedimiento lo más atraumático posible una posible fractura de la pared alveolar vestibular, que a menudo es extremadamente delgada (figs. 1 a 4). Asimismo se dispone de sistemas de extracción especiales cuyo uso consecuente proporciona una luxación menos traumática. En el mercado existen, además de peristótomas, elevadores y fórceps especiales de formas diferentes, sistemas sofisticados que suelen basarse en la fijación de la raíz y en la aplicación controlada de fuerzas exclusivamente verticales.

En dientes con grandes lesiones de caries o con fracturas radiculares intraoperatorias se deben evitar exposiciones u osteotomías amplias desde vestibular debido a la especial tendencia de la cresta alveolar a la reabsorción en esta localización³. En un estudio en animales de experimentación, el despegamiento del mucoperiostio se asoció ya de por sí a un aumento de la pérdida de tejido óseo²⁶. Los elevadores de raíces con formas específicas o abordajes en mesial o distal de la raíz pueden contribuir a preservar la integridad de la tabla vestibular. Como procedimiento alternativo en presencia de porciones radiculares de menor tamaño se puede utilizar un abordaje similar al de las apicectomías. También en este caso hay que tener en cuenta que el despegamiento del mucoperiostio ya conlleva una pérdida de tejido óseo²⁶.

Esponjas de colágeno

Un método sencillo para llenar el alvéolo es aplicar una esponja de colágeno en la herida de extracción (figs. 5 a 12). En estudios propios hemos observado que los colágenos dentales disponibles actualmente son capaces de activar las plaquetas y de favorecer la coagulación a través de las mismas incluso después de procesar el material de origen animal⁴⁶. Como se sabe por las membranas de colágeno es imprescindible asegurar una elevada biocompatibilidad y naturalidad del colágeno utilizado. Si bien los colágenos reticulados se reabsorben con mayor lentitud, pueden favorecer complicaciones cicatriciales y reabsorciones óseas debido a su tendencia a reabsorberse con un componente inflamatorio^{8,44,45}. Según los resultados de un estudio reciente, la presencia de fibroblastos del ligamento periodontal no parece influir en la regeneración ósea¹⁷. Sin embargo, en este estudio se observó una presencia significativamente mayor de teji-



Figura 1. Extracción del diente 21 con fractura horizontal en el tercio medio de la raíz como consecuencia de un traumatismo en el sector anterior en una paciente de 31 años.

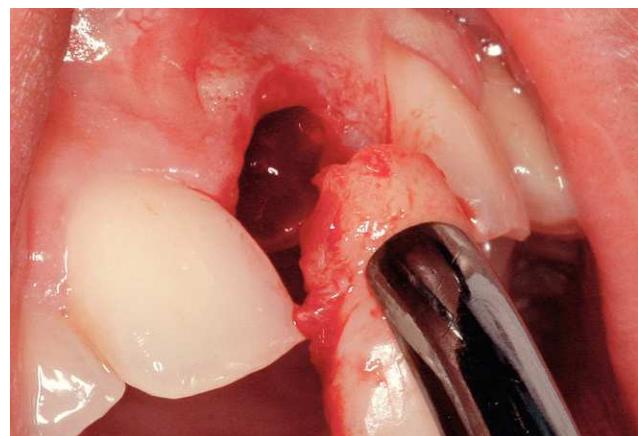


Figura 2. Extracción atraumática del fragmento coronal después de separar el periodonto con periostótomas.

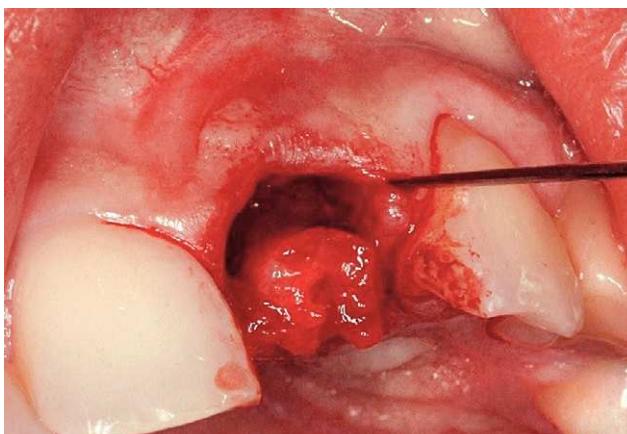


Figura 3. Extracción del fragmento apical sin osteotomía por medio de una luxación cuidadosa.



Figura 4. Se comprueba la integridad de los fragmentos extraídos.

do mineralizado después de la aplicación de esponja de colágeno que en alvéolos control no tratados, lo que sugiere una cierta ventaja a favor del uso de esponjas de colágeno¹⁷.

Técnica de membrana y sellado alveolar

La cobertura de alvéolos postextracción con membranas de PTFE dio lugar a una alteración dimensional de la cresta alveolar significativamente menor en comparación con alvéolos de control no tratados³⁷. Se obtuvieron resultados comparables con el uso de membranas de PLA/PGA³⁶. Sin embargo, la exposición precoz de la membrana de PTFE dio lugar a un empeoramiento significativo de los resultados³⁷. Para conseguir

la integración sumergida de la membrana sin colgajo de desplazamiento coronal, Chen y Dahlin²⁰ recomendaron cubrir el alvéolo postextracción y la membrana con un injerto de tejido conjuntivo libre. Esta técnica permitió la integración de 22 de un total de 24 membranas durante un período de 6 meses sin problemas de exposición²⁰. Jung et al³² también obtuvieron buenos resultados con esta técnica. El injerto de tejido conjuntivo procede habitualmente del paladar. El defecto generado cura por segunda intención con formación de tejido de granulación (figs. 6 y 7). Con el sellado del alvéolo postextracción se proporciona soporte al tejido blando, de modo que la menor contracción de la herida facilita el manejo posterior del tejido blando. Con medidas protésicas se puede conseguir un efecto similar:



Figura 5. Aplicación de una esponja de colágeno nativo (BEGO Collagen Fleece, BEGO Implant Systems, Bremen) para la estabilización del coágulo sanguíneo y la estimulación de la regeneración ósea.

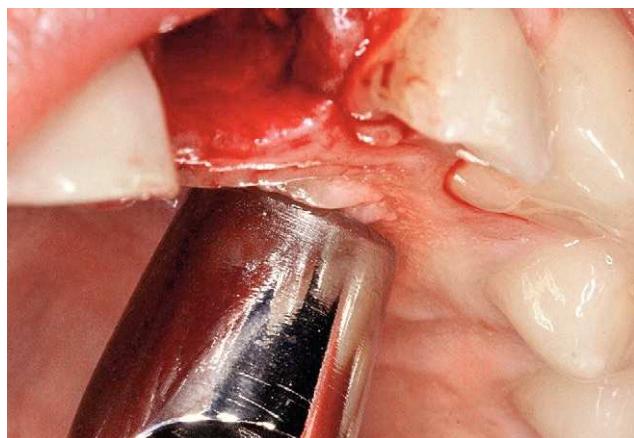


Figura 6. Extracción de un injerto de mucosa libre del paladar.

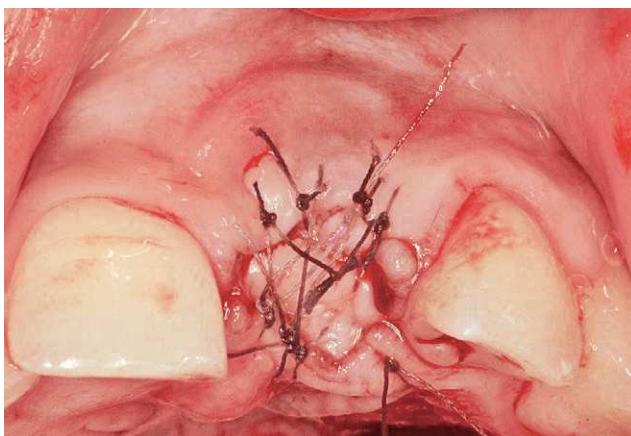


Figura 7. Fijación del injerto de mucosa en la herida de extracción de acuerdo con la técnica de «socket seal».

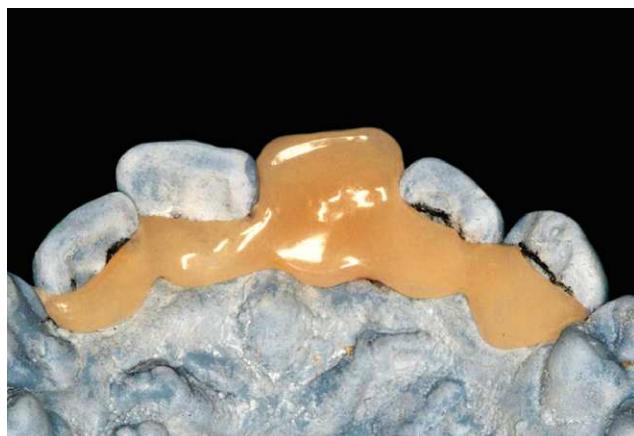


Figura 8. Rehabilitación provisional con un puente Maryland de resina.

inmediatamente después de la extracción se coloca un pónico que se extiende por debajo del margen gingival.

Un método relativamente nuevo consiste en aplicar una membrana de colágeno en vestibular por dentro y por encima del alvéolo, tras lo que se produce la granulación libre de la encía sobre la membrana (figs. 13 a 21). Hay que tener en cuenta que los colágenos expuestos a la cavidad oral se reabsorben de forma notablemente más rápida que las matrices con integración sumergida. Se responsabiliza de este fenómeno a distintos gérmenes marcadores periodontopatógenos, los cuales tienen la capacidad, igual que los macrófagos y los fibroblastos, de sintetizar colagenas^{15,49}. Se debería prescindir de la cobertura plástica completa de cara a un futuro manejo del tejido blando especialmente en la zona estética. Todas las técnicas con

membrana se pueden complementar con el uso de material de sustitución ósea para proporcionar un plus de estabilidad al alvéolo.

Implantes análogos a la raíz

En un estudio con animales de experimentación la implantación infracrestal de conos de hidroxiapatita con forma de raíz prefabricados y no reabsorbibles permitió reducir la atrofia vertical de la cresta alveolar en comparación con los alvéolos postextracción no tratados^{24,41,47}. Sin embargo, estas estructuras implantarias sólidas mostraron en condiciones clínicas una tasa de fracaso elevada³⁴ especialmente en comparación con la hidroxiapatita particulada²². Se puede llevar a cabo un relleno análogo



Figura 9. Situación estable del tejido blando en la visita de control realizada al cabo de 8 semanas.



Figura 10. Evidencia del buen resultado del injerto de tejido blando después de la retirada del puente.



Figura 11. Situación del tejido blando después de la exposición y nuevo tratamiento provisional con un puente Maryland.



Figura 12. Buena estética roja y blanca con preservación de ambas papillas 6 meses después de la colocación de la prótesis provisional.

al defecto del alvéolo postextracción utilizando gránulos de β -fosfato tricálcico (β -TCP) que se conforman adecuadamente mediante poliláctidos (PLA)/poliglicolídos (PLG) después de la toma de impresión de la raíz del diente exodonciado^{38,39}. Aunque se ha demostrado histológicamente que los gránulos de β -TCP se reabsorben en un período de 60 semanas, parecía que la regeneración de los alvéolos postextracción era más dilatada en el tiempo en comparación con el grupo control no tratado³⁸. Se describió un caso clínico en el que la implantación de una réplica de raíz de poliláctido permitió preservar las dimensiones de la apófisis alveolar durante un período de observación de 21 meses⁵⁰. Sin embargo, no se lograron confirmar estos resultados en estudios en animales de experimentación propios⁴².

Materiales de sustitución ósea

Se ha investigado en diversos estudios la influencia positiva del relleno adicional del alvéolo postextracción con materiales que ofrecen soporte a la membrana (figs. 22 a 27). Dies et al²⁵ mostraron que una membrana de PTFE con y sin aplicación de material de sustitución ósea alogénico o xenogénico propició la regeneración de defectos de dehiscencia vestibulares en el alvéolo postextracción después de un período de 6 a 9 meses. Sin embargo, la calidad histológica del hueso regenerado fue mejor en el grupo control en el que no se utilizó material de sustitución ósea²⁵. Carmagnola et al¹⁹ obtuvieron resultados comparables, dado que el uso de material de sustitución ósea xenogénico dio lugar a una cicatriza-



Figura 13. Paciente de 65 años antes de la extracción atraumática del diente 46.

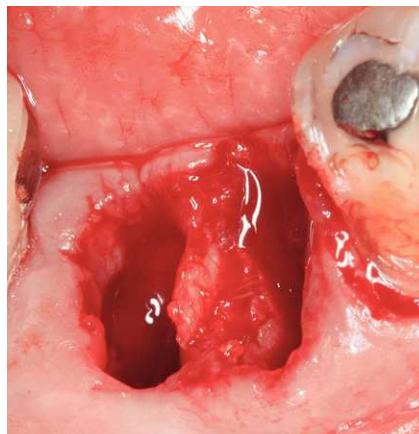


Figura 14. Curetaje cuidadoso del alvéolo después de la extracción.

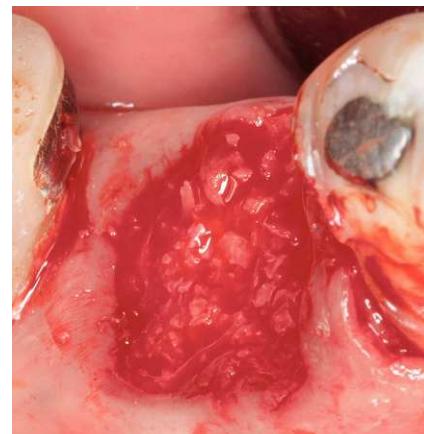


Figura 15. Relleno del alvéolo con un aloinjerto granular (Maxgraft, Botiss dental, Berlín).



Figura 16. Aplicación de una membrana pericárdica nativa (BEGO Collagen Membrane, BEGO Implant Systems) para el recubrimiento del material de sustitución ósea.

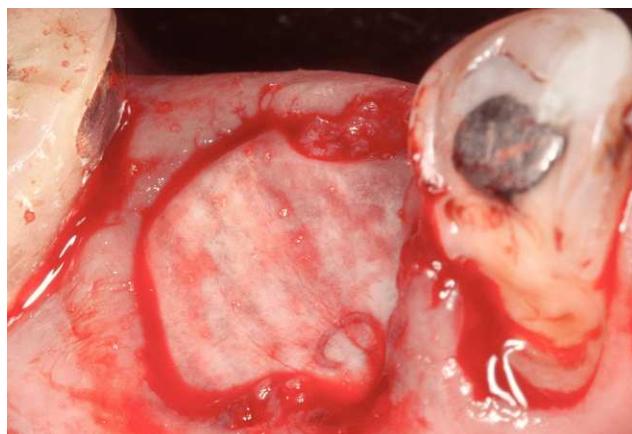


Figura 17. Situación después de colocar la membrana debajo de los bordes del margen gingival circundante.

ción sobre todo a expensas de tejido conjuntivo en la zona del alvéolo postextracción. Por otro lado, el uso exclusivo de una membrana de colágeno nativo proporcionó una calidad de hueso similar a la observada en el grupo control no tratado¹⁹.

Aunque en otras descripciones de casos clínicos el material de sustitución ósea alogénico, xenogénico y aloplástico influyó positivamente en la regeneración ósea en la zona del alvéolo postextracción, en muchos casos no se logró demostrar su capacidad de reabsorción en el período de observación correspondiente^{5,6,14,54,55}. Al contrario, Becker et al¹⁰ observaron que los injertos óseos alogénicos, xenogénicos y autógenos provocaron

en la misma medida un retraso en la cicatrización alveolar. La aplicación de una hidroxiapatita nanocrystalina en forma de pasta se asoció a la permanencia de una cantidad residual importante de material en los alvéolos después de 6 meses en algunos casos, mientras que en el grupo control la cicatrización evolucionó con normalidad⁴³. Tampoco se observaron ventajas en relación con los cambios de dimensión. No obstante, se pudo constatar que por medio del uso de materiales de sustitución ósea y de membranas era posible influir positivamente en la reabsorción ósea postextracción en la zona de la cresta alveolar en comparación con grupos control no tratados²³.



Figura 18. Sutura de adaptación para la fijación de la membrana.

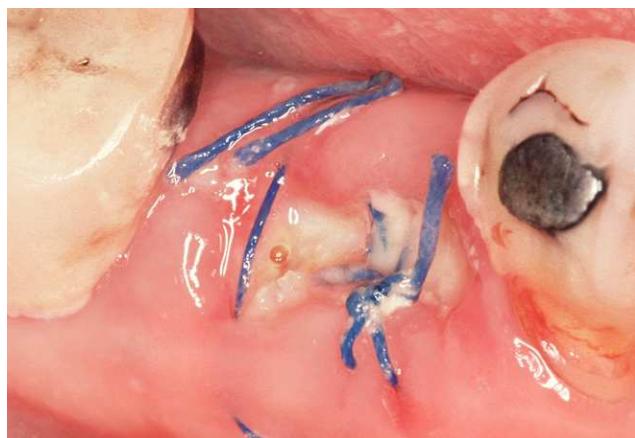


Figura 19. Evidencia de una situación estable del tejido blando después de retirar los puntos de sutura al cabo de 10 días con reabsorción claramente acelerada de la membrana debido a que la integración es abierta.

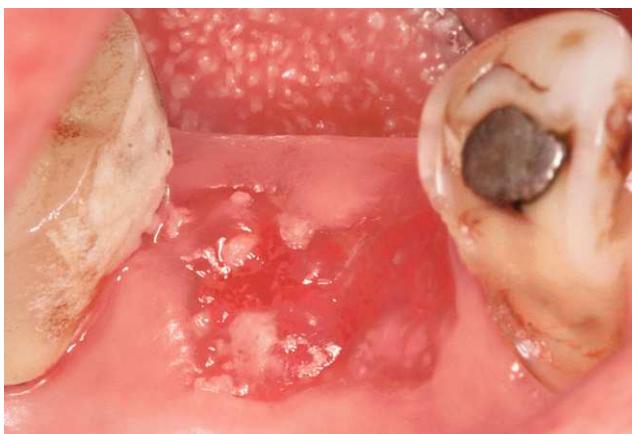


Figura 20. Granulación superficial del material de aumento una semana después de la retirada de los puntos de sutura. No se observan restos de membrana.

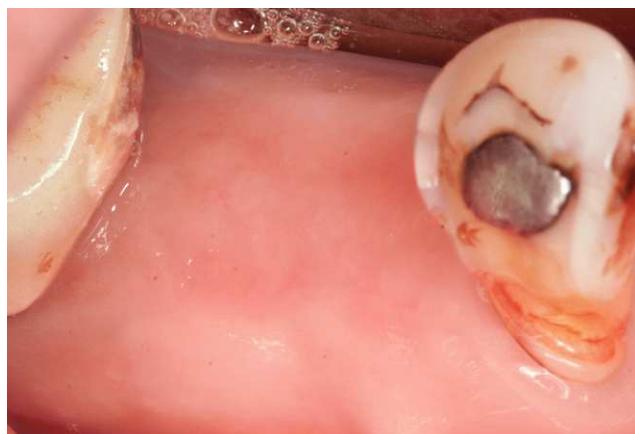


Figura 21. Regeneración completa del alvéolo seis semanas después de la extracción. Al prescindir de la cobertura plástica se observan unas condiciones ideales en el tejido duro y blando para la colocación del implante.

Implantes inmediatos

Los implantes inmediatos^{9,13,21,27,35,28} se colocan en el alvéolo inmediatamente después de la extracción del diente. Es conveniente que el implante se coloque en una posición orientada más hacia palatino. En general, los espacios periimplantarios curan sin complicaciones y sólo requieren llenarse con un material adecuado los espacios de grandes dimensiones¹¹. En un estudio en animales de experimentación no se consiguió compensar los procesos de reabsorción de la cortical ósea vestibular mediante la implantación inmediata de un implante de titanio roscado⁴. Hay que recalcar, sin embargo, que

en este estudio se había efectuado una desperiostización del lugar de extracción, un procedimiento que ya de por sí se acompaña de una pérdida ósea²⁶. Happe³⁰ parte de la base de que el implante inmediato puede proporcionar resultados estables a largo plazo y estéticamente satisfactorios en pacientes con un biotipo gingival grueso y un alvéolo intacto. En los procedimientos de carga en dos tiempos y aumento simultáneo se pueden utilizar injertos pediculados de tejido conjuntivo palatino para cubrir con un tejido vital los defectos previamente llenados³³. La conexión de la corona provisional en el procedimiento de carga inmediata favorece el soporte del tejido blando inmediatamente después de la intervención.

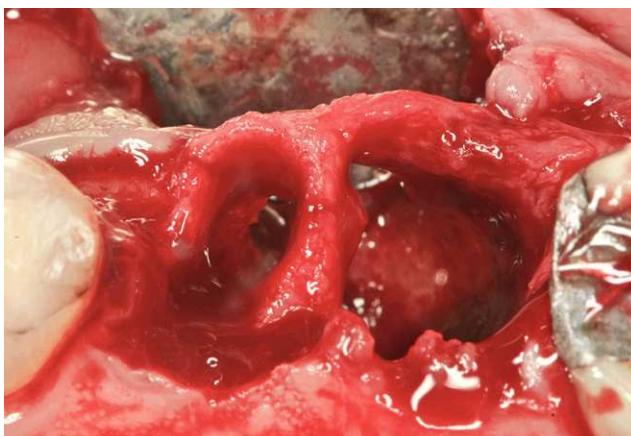


Figura 22. Situación en paciente de 52 años después de la extracción atraumática de los dientes 25 y 26 irrecuperables con conservación de la tabla ósea vestibular.

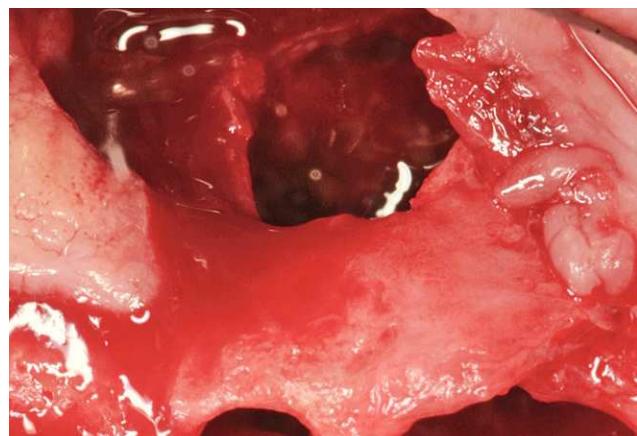


Figura 23. Después de la preparación mucoperióstica aparece un gran defecto de fenestración en la zona apical del diente 26 causado por una periodontitis apical crónica.

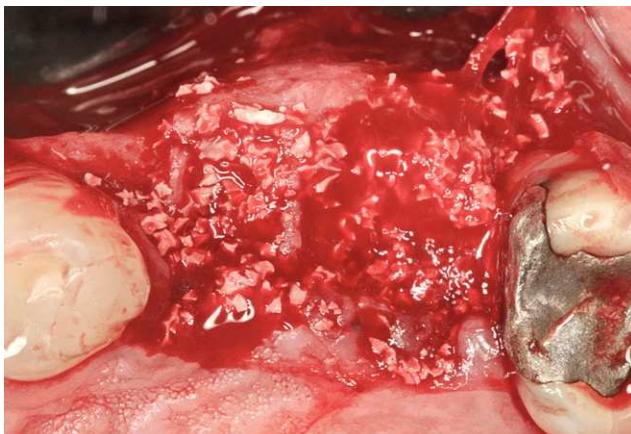


Figura 24. Relleno completo de los alvéolos con un material de sustitución ósea bovino de volumen estable (BEGO OSS, BEGO Implant Systems).

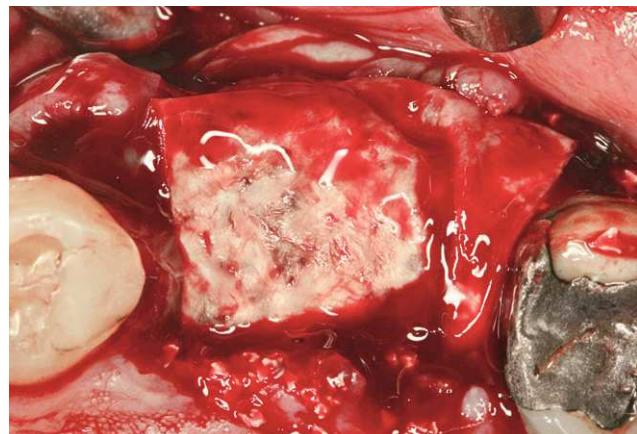


Figura 25. Cobertura de las superficies vestibular y cristal con una membrana de colágeno porcino (BEGO Collagen Membrane).

Evaluación crítica de distintas técnicas

En un estudio de revisión actual se identificaron mediante una búsqueda en Medline 135 estudios publicados entre 1999 y 2008 sobre el tema del acondicionamiento alveolar y se evaluó su nivel de evidencia científica⁵³. Los autores llegaron a la conclusión siguiente después de seleccionar 37 estudios en humanos: existen diversas técnicas quirúrgicas capaces de disminuir las pérdidas de dimensión en sentido horizontal y en sentido vertical después de una extracción dentaria. Los resultados difieren sobre todo en relación con el alcance de la regeneración ósea y con la presencia de restos de material de sustitución ósea en los alvéolos. A pesar de que ninguna de las técnicas

destaca por encima de las demás, se pudo mostrar que la cobertura completa del alvéolo con tejido blando no parece ser imprescindible. Por ahora, los datos disponibles no han permitido llegar a conclusiones basadas en la evidencia relativas al resultado estético del tratamiento, la estabilidad a largo plazo o la tasa de supervivencia de los implantes⁵³. Los distintos procedimientos no parecieron influir de forma significativa en la posibilidad general de colocar implantes posteriormente.

Conclusión

En general, se puede afirmar que, junto con una técnica de extracción atraumática, el procedimiento de la preser-



Figura 26. Buena cicatrización del tejido blando al cabo de sólo dos meses con una encía queratinizada suficientemente ancha a pesar de la existencia de zonas de integración abierta.

vaciación alveolar («socket preservation») con uso de material de sustitución ósea y membranas o injertos de tejido mucoso es un tratamiento de eficacia probada sobre todo en la zona estética. Pero por otra parte hay que tener presente que toda manipulación supone una interferencia en los procesos de cicatrización fisiológicos del alvéolo post-extracción. Esta posibilidad puede incrementar la tasa de complicaciones y fracasos especialmente en relación con la falta de experiencia de los terapeutas. Aunque a veces el material de sustitución ósea introducido sólo es rodeado por tejido conjuntivo, se prevé que gracias al soporte del tejido blando se logrará preservar su contorno sobre todo en el caso de material resistente a la reabsorción. De este modo durante la colocación del implante se facilita la reconstrucción de posibles defectos óseos.

Bibliografía

1. Amler MH. The time sequence of tissue regeneration in human extraction wounds. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1969;27:309-318.
2. Amler MH, Johnson PL, Salman I. Histological and histochemical investigation of human alveolar socket healing in undisturbed extraction wounds. *J Am Dent Assoc* 1960;61:32-44.
3. Araujo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;32:212-218.
4. Araujo 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;32:645-652.
5. 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;21:395-405.
6. Artzi Z, Tal H, Dayan D. Porous bovine bone mineral in healing of human extraction sockets: 2. Histochemical observations at 9 months. *J Periodontol* 2001;72:152-159.
7. Atwood DA. Some clinical factors related to rate of resorption of residual ridges. 1962. *J Prosthet Dent* 2001;86:119-125.
8. Becker J, Al-Nawas B, Klein MO, Schliephake H, Terheyden H, Schwarz F. Use of a new cross-linked collagen membrane for the treatment of dehiscence-type defects at titanium implants: a prospective, randomized-controlled double-blinded clinical multicenter study. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:742-749.
9. Becker W, Becker BE. Guided tissue regeneration for implants placed into extraction sockets and for implant dehiscences: surgical techniques and case report. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1990;10:376-391.
10. Becker W, Clokie C, Sennerby L, Urist MR, Becker BE. Histologic findings after implantation and evaluation of different grafting materials and titanium micro screws into extraction sockets: case reports. *J Periodontol* 1998;69:414-421.
11. Botticelli D, Berglundh T, Buser D, Lindhe J. The jumping distance revisited: An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:35-42.
12. Boyne PJ. Osseous repair of the postextraction alveolus in man. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1966;21:805-813.
13. Brägger U, Hämerle CH, Lang NP. Immediate transmucosal implants using the principle of guided tissue regeneration (II). A cross-sectional study comparing the clinical outcome 1 year after immediate to standard implant placement. *Clin Oral Implants Res* 1996;7:268-276.
14. Brugnami F, Then PR, Moroi H, Leone CW. Histologic evaluation of human extraction sockets treated with demineralized freeze-dried bone allograft (DFDBA) and cell occlusive membrane. *J Periodontol* 1996;67:821-825.
15. Bunyaratavej P, Wang HL. Collagen membranes: a review. *J Periodontol* 2001;72:215-229.
16. Camargo PM, Lekovic V, Weinlaender M et al. Influence of bioactive glass on changes in alveolar process dimensions after exodontia. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000;90:581-586.
17. Cardaropoli G, Araujo M, Hayacibara R, Sukekava F, Lindhe J. Healing of extraction sockets and surgically produced – augmented and non-augmented – defects in the alveolar ridge. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;32:435-440.
18. Cardaropoli G, Araujo M, Lindhe J. Dynamics of bone tissue formation in tooth extraction sites. An experimental study in dogs. *J Clin Periodontol* 2003;30:809-818.
19. Carmagnola D, Adriaens P, Berglundh T. Healing of human extraction sockets filled with Bio-Oss. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:137-143.
20. Chen ST, Dahlin C. Connective tissue grafting for primary closure of extraction sockets treated with an osteopromotive membrane te-

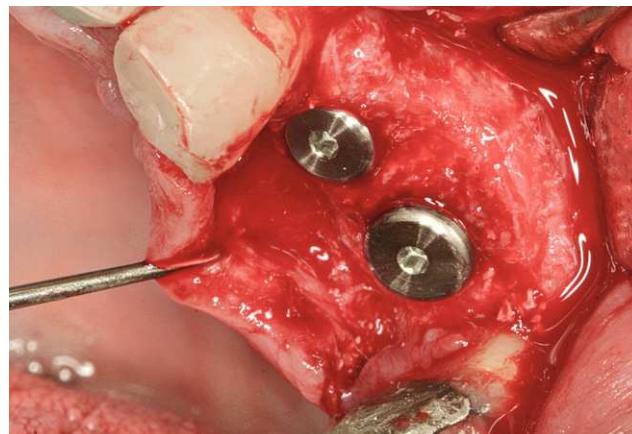


Figura 27. La reapertura al cabo de cuatro meses muestra un maxilar de dimensiones conservadas, lo que permite colocar sin problemas los implantes previstos.

- chnique: surgical technique and clinical results. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1996;16:348-355.
- 21. Cochran DL, Douglas HB. Augmentation of osseous tissue around nonsubmerged endosseous dental implants. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1993;13:506-519.
 - 22. Cranin AN, Ronen E, Shpuntov R, Tobin G, Dibling JB. Hydroxylapatite (H/A) particulate versus cones as post-extraction implants in humans. Parts I & II. *J Biomed Mater Res* 1988;22:1165-1180.
 - 23. Darby I, Chen ST, Buser D. Ridge preservation techniques for implant therapy. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24 (Suppl):260-271.
 - 24. Denissen HW, de Groot K. Immediate dental root implants from synthetic dense calcium hydroxylapatite. *J Prosthet Dent* 1979; 42:551-556.
 - 25. Dies F, Etienne D, Abboud NB, Ouhayoun JP. Bone regeneration in extraction sites after immediate placement of an e-PTFE membrane with or without a biomaterial. A report on 12 consecutive cases. *Clin Oral Implants Res* 1996;7:277-285.
 - 26. Fickl S, Zuer 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;35:356-363.
 - 27. Gotfredsen K, Nimb L, Buser D, Hjorting-Hansen E. Evaluation of guided bone generation around implants placed into fresh extraction sockets: an experimental study in dogs. *J Oral Maxillofac Surg* 1993;51:879-884; discussion 885-876.
 - 28. Hämmmerle CH, Brägger U, Schmid B, Lang NP. Successful bone formation at immediate transmucosal implants: a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;13:522-530.
 - 29. Handelman M. Surgical guidelines for dental implant placement. *Br Dent J* 2006;201:139-152.
 - 30. Happe A. Strukturhalt durch Socket Preservation oder Ridge Preservation. *Dent Implantol* 2007;11:336-340.
 - 31. Iasella JM, Greenwell H, Miller RL 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;74:990-999.
 - 32. Jung RE, Siegenthaler DW, Hämmmerle CH. Postextraction tissue management: a soft tissue punch technique. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2004;24:545-553.
 - 33. Khouri F, Happe A. The palatal subepithelial connective tissue flap method for soft tissue management to cover maxillary defects: a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:415-418.
 - 34. Kwon HJ, el Deeb M, Morstad T, Waite D. Alveolar ridge maintenance with hydroxylapatite ceramic cones in humans. *J Oral Maxillofac Surg* 1986;44:503-508.
 - 35. Lang NP, Brägger U, Hämmmerle CH, Sutter F. Immediate transmucosal implants using the principle of guided tissue regeneration. I. Rationale, clinical procedures and 30-month results. *Clin Oral Implants Res* 1994;5:154-163.
 - 36. Lekovic V, Camargo PM, Klokkevold PR et al. Preservation of alveolar bone in extraction sockets using bioabsorbable membranes. *J Periodontol* 1998;69:1044-1049.
 - 37. Lekovic V, Kenney EB, Weinlaender M et al. A bone regenerative approach to alveolar ridge maintenance following tooth extraction. Report of 10 cases. *J Periodontol* 1997;68:563-570.
 - 38. Nair PN, Luder HU, Maspero FA, Fischer JH, Schug J. Biocompatibility of Beta-tricalcium phosphate root replicas in porcine tooth extraction sockets – a correlative histological, ultrastructural, and x-ray microanalytical pilot study. *J Biomater Appl* 2006;20:307-324.
 - 39. Nair PN, Schug J. Observations on healing of human tooth extraction sockets implanted with bioabsorbable polylactic-polyglycolic acids (PLGA) copolymer root replicas: a clinical, radiographic, and histologic follow-up report of 8 cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004;97:559-569.
 - 40. Pietrokowski J, Massler M. Alveolar ridge resorption following tooth extraction. *J Prosthet Dent* 1967;17:21-27.
 - 41. Quinn JH, Kent JN. Alveolar ridge maintenance with solid nonporous hydroxylapatite root implants. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984;58:511-521.
 - 42. Rothamel D, Schwarz F, Herten M et al. Kieferkammveränderungen nach Versorgung frischer Extraktionsalveolen mit polylactid-vernetzten β -TCP Wurzelreplikaten – eine histomorphometrische Tierstudie. *Mund Kiefer Gesichtschir* 2007;11:89-97.
 - 43. Rothamel D, Schwarz F, Herten M et al. Dimensional ridge alterations following socket preservation using a nanocrystalline hydroxylapatite paste: a histomorphometrical study in dogs. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2008;37:741-747.
 - 44. Rothamel D, Schwarz F, Sager M, Herten M, Sculean A, Becker J. Biodegradation of differently cross-linked collagen membranes: an experimental study in the rat. *Clin Oral Implants Res* 2005;16:369-378.
 - 45. Rothamel D, Schwarz F, Sculean A, Herten M, Scherbaum W, Becker J. Biocompatibility of various collagen membranes in cultures of human PDL fibroblasts and human osteoblast-like cells. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:443-449.
 - 46. Rothamel D, Schwarz F, Stoldt V, Herten M, Kotthaus C, Becker J. In-vitro-Testung der Thrombozytenaggregation an zahnärztlich verwendeten kollagenen Hämostyptika. *Mund Kiefer Gesichtschir* 2006;10:148-154.
 - 47. Sattayasanskul W, Brook IM, Lamb DJ. Dense hydroxyapatite root replica implantation: measurement of mandibular ridge preservation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988;3:203-207.
 - 48. 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;23:313-323.
 - 49. Sela MN, Steinberg D, Klinger A, Krausz AA, Kohavi D. Adherence of periodontopathic bacteria to bioabsorbable and non-absorbable barrier membranes in vitro. *Clin Oral Implants Res* 1999;10:445-452.
 - 50. Suhonen JT, Meyer BJ. Polylactic acid (PLA) root replica in ridge maintenance after loss of a vertically fractured incisor. *Endod Dent Traumatol* 1996;12:155-160.
 - 51. Tallgren A. The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers: a mixed-longitudinal study covering 25 years. 1972. *J Prosthet Dent* 2003;89:427-435.
 - 52. Tarnow DP, Magner AW, Fletcher P. The effect of the distance from the contact point to the crest of bone on the presence or absence of the interproximal dental papilla. *J Periodontol* 1992;63:995-996.
 - 53. Van der Weijden F, Dell'Acqua F, Slot DE. Alveolar bone dimensional changes of post-extraction sockets in humans: a systematic review. *J Clin Periodontol* 2009;36:1048-1058.
 - 54. Wiesen M, Kitzis R. Preservation of the alveolar ridge at implant sites. *Periodontal Clin Investig* 1998;20:17-20.
 - 55. Yang J, Lee HM, Vernino A. Ridge preservation of dentition with severe periodontitis. *Compend Contin Educ Dent* 2000;21:579-583.