

Impacto de los injertos óseos no autógenos en el tratamiento ortodóncico

Christoph Reichert, Dr. Med. Dent.^a, Werner Götz, Prof. Dr. med.^a, Ralf Smeets, Dr. Med. Dent.^c,
Mathias Wenghofer, Dr. Med. Dent.^b, y Andreas Jäger, Prof. Dr. Med. Dent.^a

Objetivos: La regeneración ósea guiada con injertos de sustitutos de hueso aloplásticos ha tenido un gran impacto en la odontología quirúrgica de nuestros días. En el futuro, el ortodoncista se enfrentará de forma inevitable a pacientes con estos antecedentes médicos. Se llevó a cabo una revisión de la literatura médica para investigar los materiales que se emplean en la actualidad, sus indicaciones, y las dudas y problemas que se encuentran en el tratamiento interdisciplinario de pacientes con injertos óseos no autógenos.

Método y materiales: Se realizó una búsqueda electrónica por palabras clave en las bases de datos de la literatura, PubMed de la US National Library of Medicine y la Cochrane Library (CENTRAL) de la Cochrane Collaboration. Se revisaron manualmente numerosas publicaciones, y para garantizar que la búsqueda fuera exhaustiva se revisaron también las listas de referencia de todos los artículos relacionados con el asunto. Los resúmenes de las publicaciones identificadas fueron revisados por partida doble por dos revisores independientes. Los criterios de inclusión fueron el uso de un injerto óseo no autógeno seguido por movimiento dentario ortodóncico o por erupción dentaria a través del material de injerto.

Resultados: El número total de publicaciones identificadas fue 37. Estas pudieron dividirse en dos grandes temas, movimiento dentario ortodóncico sobre injertos óseos y erupción dentaria a través de injertos óseos. Las indicaciones para el injerto, además de las razones experimentales, habían sido defectos periodontales, lesiones quísticas, y hendiduras alveolares. Aquí, se emplearon diferentes tipos de injertos óseos. Los movimientos dentarios posteriores fueron poco complicados pero en ocasiones se acompañaron de serios efectos adversos. Los artículos resultantes presentaron un bajo nivel de evidencia y mostraron diversidad en la cuestión, la metodología, y el tipo de publicación. Por esta razón, no fue posible llevar a cabo una revisión con cuantificación. Debido a ello los artículos se van a discutir de forma descriptiva respecto a la materia en cuestión.

Conclusión: Los movimientos dentarios ortodóncicos así como la erupción dentaria a través de injertos óseos no solo son posibles sino que además podrían ofrecer resultados prometedores. Sin embargo, es necesario llevar a cabo más investigaciones sobre este tratamiento interdisciplinario para evitar riesgos y conseguir una mayor seguridad en el tratamiento ortodóncico de estos pacientes.

(Quintessence Int. 2010;41:665-72)

^aDepartamento de Ortodoncia. Clínica Dental. Universidad de Bonn. Bonn, Alemania.

^bDepartamento de Cirugía Oral y Maxilofacial. Hospital Universitario Aachen. Aachen, Alemania.

^cDepartamento de Cirugía Plástica Oral y Maxilofacial. Clínica Dental. Universidad de Bonn. Bonn, Alemania.

Correspondencia: C. Reichert.

Poliklinik für Kieferorthopädie. Universitätsklinik Bonn.

Welschönhausenstrasse 17, 53111 Bonn, Alemania.

Correo electrónico: c_reichert@web.de



Figura 1. Defectos periodontales (flechas), en los cuales sería recomendable realizar injertos óseos.



Figura 3. Hendidura alveolar. El movimiento dentario del incisivo lateral izquierdo y la erupción del canino izquierdo van a tener lugar en la zona injertada.

el hueso autógeno en virtud de su biocompatibilidad, y de su capacidad osetoinductiva y osteoconductora¹⁻⁴. Aunque el hueso autógeno es un material de injerto excelente, tiene ciertas limitaciones como la cirugía, el dolor y la morbilidad de la zona donante⁵.

Para evitar estos riesgos, se han ido desarrollando distintos sustitutos para injerto óseo de diferentes orígenes (alógrafos obtenidos a partir de la misma especie, xenógrafos obtenidos a partir de especies diferentes, y aloplásticos de origen sintético), diferentes propiedades de superficie, y diferentes composiciones químicas^{3,4}.

En los últimos años, los xenógrafos y aloplásticos han alcanzado un papel crucial en la odontología quirúrgica.

Hoy en día, un alto porcentaje de los materiales xenógrafos empleados es hidroxiapatita de origen bovino. Pero

la procedencia puede ser también de corales, cerdos y otros orígenes. La mayoría de los injertos óseos aloplásticos se basan en compuestos de fosfato cálcico como la hidroxiapatita o el fosfato tricálcico (FTC), y en vidrio bioactivo (silicato: SiO_2)^{2,3}. Los desarrollos más recientes se han centrado en los «composites» con diferentes fases químicas que combinan varias de las características de los aloplásticos convencionales.

Teniendo en cuenta el impacto creciente de los injertos óseos en la odontología quirúrgica, los pacientes con antecedentes de injertos óseos no autógenos en su historia clínica van a pasar a formar parte en un futuro próximo de manera habitual de la práctica rutinaria en ortodoncia (fig. 4). Esto plantea algunas cuestiones como, hasta qué punto es posible realizar movimientos dentarios en las zonas regeneradas. Por esta razón, se llevó a cabo una revisión de la literatura sobre el tema, para conocer los materiales empleados, las indicaciones y dudas actuales, y para identificar los posibles problemas de este tratamiento interdisciplinario.

Método y materiales

Búsqueda electrónica

Se realizó una búsqueda electrónica por palabras clave en las bases de datos de la literatura, PubMed de la US National Library of Medicine (www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed) y la Cochrane Library (CENTRAL) de la Cochrane Collaboration. La búsqueda en la literatura se realizó, mediante un ordenador personal, sobre los artículos publicados en



a



b



c

Figura 4a. Paciente con displasia cleidocraneal que presenta gérmenes dentarios supernumerarios (flechas).

Figuras 4b y 4c. Campo operatorio (b, arriba, derecha). Debido al gran defecto óseo, se realizó un injerto con colágeno, seguido de erupción dentaria soportada (c, abajo, derecha).

inglés, francés, y alemán desde el 1 de enero de 1970, hasta el 1 de julio de 2009. Se incluyeron también los artículos disponibles online en forma electrónica antes de su publicación escrita (los denominados epub previos a la edición impresa). La revisión no se limitó por tipo de publicación o estudio.

La búsqueda electrónica se llevó a cabo aplicando los siguientes términos y palabras clave:

- «Orthodontics» AND «periodontology» OR «guided tissue regeneration» OR «guided bone regeneration» OR «bone graft» OR «augmentation» OR «bone cyst AND bone graft» OR «cleft AND bone graft» OR «cleft AND guided bone regeneration».
- «Tooth movement» AND «bone graft» OR «guided bone regeneration».
- «Tooth eruption» AND «bone graft» OR «guided bone regeneration».

Búsqueda manual de revistas

Se revisaron numerosas revistas de manera manual hasta junio de 2009. *American Journal of Orthodontics* (1970-1986); *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* (1987-2009); *Revista Craneofacial de Paladar Hendido* (1990-2009); *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* (1987-2009); *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* (1981-2009); *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* (1982-2009); *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschriffe der Kieferorthopädie* (1970-2009); *Journal of Periodontology* (1999-2009).

tional Journal of Periodontics and Restorative Dentistry (1981-2009); *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* (1982-2009); *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschriffe der Kieferorthopädie* (1970-2009); *Journal of Periodontology* (1999-2009).

Otras fuentes de datos

Se revisaron además las listas de referencias de todos los artículos identificados relacionados con el tema para garantizar que la búsqueda resultara exhaustiva. Así pues trattamos de buscar el número máximo posible de reuniones, talleres y tesis.

Criterios de inclusión y exclusión de los artículos

En la primera fase de selección, dos revisores independientes revisaron por duplicado los resúmenes de todas las publicaciones identificadas. Los criterios de inclusión fueron el empleo de injertos de hueso autógeno seguido de movimiento ortodóncico o erupción dentaria a través del material de injerto. Los criterios de exclusión fueron el uso de injertos de hueso autógeno, los movimientos dentario no activos y la erupción después del implante del material. En la segunda fase, se leyeron los

Tabla 1. Número de artículos resultantes de la búsqueda electrónica en PubMed/Cochrane Library

	Ortodoncia	Erupción dentaria	Movimiento dentario
Periodontology	978/0	—	—
Guided tissue regeneration	73/1	—	—
Guided bone regeneration	50/1	6/0	28/1
Bone graft	460/2	144/2	98/1
Augmentation	153/1	—	—
Bone cyst and bone graft	4/0	—	—
Bone cyst and guided bone regeneration	1/0	—	—
Cleft and bone graft	225/1	—	—
Cleft and guided bone regeneration	3/1	—	—

artículos completos para determinar y garantizar la relevancia de su contenido.

Síntesis de datos

La síntesis de los datos recibidos debía aportar información sobre el diseño o tratamiento del experimento en la publicación, objetivo del tratamiento, duración del tratamiento, tiempo del movimiento dentario a través del injerto óseo, origen del injerto óseo, y efectos adversos.

Resultados

El número total de publicaciones identificadas en la búsqueda electrónica por palabras clave fue de 2.234. Los resultados se muestran en la tabla 1. La exclusión de los artículos repetidos y el análisis de los artículos recibidos de la búsqueda electrónica arrojaron un resultado de 34 publicaciones. El análisis de las referencias por búsqueda manual y otras fuentes de datos condujo a otras tres publicaciones, lo que ofreció un resultado total de 37. Estas se dividieron en dos temas principales: movimiento dentario ortodóncico sobre injerto óseo ($n = 23$) y erupción dentaria a través de injerto óseo ($n = 14$).

Los artículos resultantes mostraron una gran diversidad en la cuestión, la metodología, y el tipo de publicación. Los diferentes tipos de publicación fueron experimentos animales ($n = 16$), presentaciones de casos ($n = 12$), series de casos ($n = 5$), estudios retrospectivos ($n = 1$), y ensayos clínicos ($n = 3$).

Los artículos resultantes presentaron un bajo nivel de evidencia. Además de su pequeño tamaño y heterogeneidad, no permitieron realizar una revisión con cuantificación. Por esta razón, los resultados de las publicaciones

identificadas se resumieron en forma de tabla en función del tipo de movimiento dentario (tablas 2 y 3).

Las indicaciones y problemas por los que se habían realizado los injertos óseos antes de los movimientos ortodóncicos fueron, además de las razones experimentales, las hendiduras alveolares, la enfermedad periodontal, y otras lesiones óseas. A pesar de que los movimientos dentarios se ejecutaron sin problemas, se produjeron reabsorción radicular, inflamación, retención, y malformación.

A continuación se resumen y discuten las publicaciones de acuerdo con los materiales actualmente empleados, de una manera descriptiva respecto al tema en cuestión.

Alógrafos

Los alógrafos para injertos óseos fueron descritos por Maeda et al.¹⁶, Vitkus y Meltzer¹⁰, y Nemcosky et al.⁷. Aquí, los defectos periodontales y los tumores odontogénicos se trataron con este material. El movimiento dentario posterior a través de los injertos transcurrió sin complicaciones. Masón et al.²⁹ y Kraut³³ encontraron resultados similares en alografos. Los injertos óseos no influyeron en la erupción dentaria de forma negativa, consiguieron un hueso clínicamente normal, y aseguraron una erupción dentaria regular.

Biovidrios

La bioactividad de los biovidrios se refiere a su capacidad de activar una corriente de iones cuando los fluidos intersticiales entran en contacto con el injerto óseo. Esta corriente de iones produce un aumento del pH e induce el desarrollo de una capa de fosfato cálcico. La capa tiene el potencial de promover el establecimiento de célu-

Ortodoncia

Tabla 2. Detalles de las publicaciones relativas a movimientos dentarios ortodóncicos en injertos óseos

Trabajo/autor	N.º de casos	Periodo de reevaluación	Razón del tratamiento	Origen del injerto óseo	Efectos adversos para el movimiento dentario
Series de casos					
Enacar et al. ⁶	?	?	Extracción dentaria/quiste	Xenógrafo (coral)	Ninguno
Nemcovsky et al. ⁷	3	?	Defecto periodontal	Alógrafo	Ninguno
Mathews y Kokich ⁸	?	?	?	?	Ninguno
Cardaropoli ⁹	3	4-9 meses	Desplazamiento labial de incisivos	Xenógrafo (bovino)	Ninguno
Presentaciones de casos					
Vitkus y Meltzer ¹⁰	1	4 meses después de la cirugía	Tumor odontogénico adenomatoide	Alógrafo	Ninguno
Yilmaz et al. ¹¹	1	3 años después de la cirugía	Hendidura unilateral	Aoplástico (vidrio)	Ninguno
Ogihara y Marks ¹²	1	9 meses después de la cirugía	Defecto óseo	Aoplástico (vidrio)	Ninguno
Re et al. ¹³	1	12 meses	Periodontitis	Xenógrafo (bovino)	Ninguno
Naaman et al. ¹⁴	1	18 meses después de la cirugía	Defecto iatrogénico	Xenógrafo (bovino)	Ninguno
Cardaropoli y Re ¹⁵	1	?	Periodontitis	Xenógrafo (bovino)	Ninguno
Maeda et al. ¹⁶	1	3 años	Periodontitis	Alógrafo	Ninguno
Ogihara y Marks ¹⁷	1	18 meses después de la cirugía inicial	Defecto óseo	Xenógrafo (bovino)	Ninguno
Proff et al. ¹⁸	1	?	Preservación del alveolo	Aoplástico (composite)	Ninguno
Pinheiro et al. ¹⁹	1	6 meses después de la ortodoncia	Hendidura unilateral	Aoplástico (HA)	Ninguno
Experimentos animales					
Hossain et al. ²⁰	11	8 semanas después de la cirugía	Defecto óseo experimental	Aoplástico (b-TCP)	Ninguno
Schneider y Diedrich ²¹	1	18 meses después de la cirugía	Defecto óseo experimental	Aoplástico (HA)	Reabsorción radicular, estancamiento del movimiento
Sheats et al. ²²	7	9 semanas	Defecto óseo experimental	Aoplástico (b-TCP)	Ninguno
Hossain et al. ²³	3	9-15 semanas después de la cirugía	Defecto óseo experimental	Aoplástico (b-TCP)	Reabsorción Radicular leve
Araujo et al. ²⁴	5	12 meses después de la cirugía	Defecto óseo experimental	Xenógrafo (bovino)	Ninguno
Kawamoto et al. ²⁵	8	6 meses después de la cirugía	Defecto óseo experimental	Aoplástico (PLA) + rhBMP2	Reabsorción radicular leve

(Continúa.)

Tabla 2. Detalles de las publicaciones relativas a movimientos dentarios ortodóncicos en injertos óseos (Continuación)

Trabajo/autor	N.º de casos	Periodo de reevaluación	Razón del tratamiento	Origen del injerto óseo	Efectos adversos para el movimiento dentario
Kawamoto et al. ²⁶	2	6 meses después de la cirugía	Defecto óseo experimental	Alopástico (PLA) + rhBMP2	A bajas dosis de rhBMP2 reabsorción radicular leve; a altas dosis de rhBMP2 mayor reabsorción radicular
Zhang et al. ²⁷	40	22 semanas después de la cirugía	Defecto óseo experimental	Alopástico (vidrio)	Ninguno
Da Silva et al. ²⁸	4	3 meses después de la cirugía	Defecto óseo experimental	Xenógrafo (bovino)	Ninguno

HA: Hidroxiapatita; TCP: fosfato tricálcico; PLA: ácidos poliglicólicos.

las preosteoblásticas y el desarrollo de una matriz osteoblastica⁴, pero desafortunadamente, este mecanismo no siempre se observa *in vivo*. Dos presentaciones de casos y un estudio animal describían el uso de vidrio bioactivo seguido de movimiento dentario activo^{11,12,27} ninguno de ellas reseñaba un resultado negativo. No se ha descrito ninguna erupción dentaria a través de una región aumentada con biovidrios.

Fosfatos de calcio

El grupo de los fosfatos de calcio se divide en HA naturales o sintéticas, TCP, y composites que contienen principalmente fosfatos de calcio.

Una ventaja de las HA xenógenas es su elevado potencial osteoconductor⁴³, sin embargo su procesamiento hace que se pierdan la mayor parte de los ingredientes orgánicos, lo que reduce su osteoinductividad⁴⁴. En bastantes estudios y presentaciones de casos se han introducido movimientos dentarios ortodóncicos en regiones que habían sido aumentadas con HA xenógenas, con resultados alejadores^{9,13-15,17,24,28}. En los cortes histológicos se demostraba una reabsorción completa del material después de los movimientos dentarios^{24,28}. No aparecían signos de reabsorción radicular, y se documentaba clínica y radiologicamente una estabilidad a largo plazo del resultado^{9,24}. En estos casos, parecía que las fuerzas or-

todóncicas habían inducido una degradación activa del material. Por otro lado, Merkx et al.⁴⁰ señalaron que la erupción dentaria no se veía influida por el material. Pero en los cortes histológicos el material no se reabsorbía ni integraba en el hueso alveolar sino que era empujado hacia los tejidos blandos y probablemente eliminado hacia la cavidad oral.

En un experimento animal, Schneider y Diedrich²¹ iniciaron el movimiento dentario en una región que había sido aumentada con HA cerámica. Aunque se pudo descartar la anquilosis del diente movido, se documentó una completa detención del movimiento dentario seguida de reabsorción radicular. Feinberg et al.³⁷ y Holgrave³⁸ reseñaron observaciones similares. Feinberg et al.³⁷ reseñaron un marcado fracaso de la erupción y del desarrollo dentario con injertos de HA cerámica. Estos resultados coinciden con los de los experimentos de Holtgrave³⁸, en los que también fracasó la erupción a través de HA cerámica.

En un ambiente natural, al contacto con el fluido intersticial, el α -TCP se convierte en HA, que es degradada a una tasa muy lenta. En cambio el β -TCP, se reabsorbe completamente y presenta unas características de degradación mejores que la HA o el α -TCP^{45,46}. Todos los informes señalan que con el β -TCP es posible mover dientes dentro de las áreas injertadas^{20,22,23}. Sin embargo, sigue existiendo controversia sobre el tema. Sheats et al.²² y Hossain et al.²⁰ reseñaron que no había efectos negati-

Tabla 3. Detalles de las publicaciones relativas a erupción dentaria a través del injerto óseo

Trabajo/autor	N.º de casos	Periodo de investigación	Razón del tratamiento	Origen del injerto	Efecto adversos sobre la erupción
Maxsón et al. ²⁹	24	20-47 meses después de la cirugía	Hendidura unilateral	Alógrafo	Ninguno
Chin et al. ³⁰	50	6-25 meses de seguimiento después de la cirugía	Hendiduras unilaterales y bilaterales	Aoplástico (ACS) + rhBMP2	Ninguno
Horch et al. ³¹	152	5 años	Quistes, injertos por hendiduras, defectos periodontales. Aumento del suelo sinusal	Aoplástico (β -TCP)	Ninguno
Estudios retrospectivos	?	?	?	?	Ninguno
Weijs et al. ³²	?	?	Hendidura alveolo-palatina	Aoplástico (α - γ -TCP)	Ninguno
Series de casos					
Kraut ³³	5	Hasta el alineamiento dentario	Hendidura unilateral	Alógrafo	Ninguno
Presentaciones de casos	1	3 años después de la cirugía	Hendidura unilateral	Aoplástico (vidrio)	Ninguno
Hibi et al. ³⁴	1	9 meses después de la cirugía	Hendidura unilateral	Injerto autólogo + material osteogenético	Ninguno
Pradel et al. ³⁵	1	18 meses después de la cirugía	Hendidura unilateral	Xenógrafo (bovino) + osteoblastos autólogos	Ninguno
Experimentos animales	1	18 meses después de la cirugía	Defecto iatrogénico	Xenógrafo (bovino)	Ninguno
Feinberg y Vitt ³⁶	40 (10/10/10/10)	1,2,3,4,5 meses después de la cirugía	Extracción de dientes primarios	Injerto autólogo aoplástico (HA cerámica) Aoplástico (β -TCP)	Retención dentaria y dientes malformados por la HS
Feinberg et al. ³⁷	40 (10/10/10/10)	1,2,3,4,5 meses después de la cirugía	Extracción de dientes primarios	Injerto autólogo aoplástico (HA cerámica)	Retención dentaria y dientes malformados por la HA
Holtgrave ³⁸	14	8-9 semanas después de la cirugía	Implantación antes de la erupción	Aoplástico (\leq TCP) Aoplástico (HA cerámica)	Ninguno Retención dentaria y dientes malformados

(Continúa.)

Tabla 3. Detalles de las publicaciones relativas a erupción dentaria a través del injerto óseo (Continuación)

Trabajo/autor	N.º de casos	Periodo de investigación	Razón del tratamiento	Origen del injerto	Efecto adversos sobre la erupción
Sugimoto et al. ³⁹	20	2,6,12,14 semanas después de la cirugía	Extracción de dientes primarios	Aoplástico (HA densa o porosa)(TCP denso o poroso)	Ninguno
Merkx et al. ⁴⁰	10	4, 10, 16 semanas después de la cirugía	Extracción de dientes primarios	Xenógrafo (bovino)	Ninguno
Kitamura et al. ⁴¹	3	9 semanas después de la cirugía	Extracción de dientes primarios	Aoplástico (PLGA + gelatina) + rhBMP2	Ninguno
Linton et al. ⁴²	8 semanas después de la cirugía	Extracción de dientes primarios	Aoplástico 4 composites diferentes: (HA/≤TCP), Poly/CO ₃ AP + PLA/PGA), (alginato/CO ₃ AP) (CO ₃ AP)	Inflamación severa por el alginato CO ₃ AP	Reabsorción radicular, estancamiento del movimiento

ACS: esponja de colágeno acelular; TCP: fosfato tricálcico; HA: hidroxiapatita; PLGA: ácido polilácticocoglicólico; PLA: ácido poliláctico; PGA: ácidos poliglúcicos.

vos, pero un segundo estudio de Hossain et al.²³ reseñó leves signos de reabsorción radicular en los β-TCP comparados con los controles.

Algunos estudios animales han comparado los patrones de erupción a través de diferentes injertos óseos^{37,36,39,42}. En estos ensayos, primero se extraían dientes primarios en diferentes especies animales con dentición mixta. En segundo lugar, se implantaba el injerto óseo en el alveolo de extracción. En tercer lugar, se documentaba la erupción de los dientes permanentes. Feinberg y Vitt³⁶, Feinberg et al.³⁷ y Sugimoto et al.³⁹ compararon la HA y el TCP. Feinberg et al.³⁷ reseñaron que la erupción con TCP presentaba efectos adversos en comparación con los controles. Sugimoto et al.³⁹ compararon HA y TCP densos y porosos. No reseñaron efectos adversos como fracaso de la erupción o del desarrollo dentario, ni con HA ni con TCP. Linton et al.⁴² probaron los efectos de diferentes injertos óseos de fosfato cálcico cerámico y composites sobre la erupción dentaria. Los materiales eran fosfato cálcico bifásico, carbonato apatita, polímero cubierto con carbonato apatita (polyCA), y alginato cubierto con apatita carbonato (algCA). Todos los injertos experimentales permitieron un desarrollo y erupción normales de

los dientes permanentes, pero polyCA fue repelido hacia los tejidos blandos durante la erupción y algCA causó una severa inflamación. La experiencia de Linton y colaboradores con los injertos óseos de fosfato cálcico cerámico concuerda con las investigaciones clínicas de Horch et al.³¹ y Weijs et al.³² En estos estudios, se usó TCP como material de injerto. Aunque los trabajos no se centraron explícitamente en la erupción dentaria, los autores reseñaron que ésta se producía sin complicaciones.

El composite empleado en el caso presentado por Proff et al.¹⁸ era una matriz de HA nanocrystalina altamente porosa embebida en un gel de sílice. Se especula que la matriz gel de dióxido de silicio es sustituida tras el implante por una matriz orgánica no estructurada y degradada después por células tipo osteoclastos en un espacio de tiempo muy corto^{47,48}. Para este material, no se describieron efectos negativos.

Otros

Se empleó ácido poliláctico como relleno de defectos en dos estudios animales que evaluaban el movimiento den-

tario activo^{25,26}. En un estudio, si se permitía el movimiento dentario, pero en el otro se observó una ligera reabsorción radicular²⁵. Otros aloplásticos empleados fueron la esponja de colágeno acelular o el ácido polilácticocoglicólico como vehículo de rhBMP2^{30,41} e injerto de hueso autólogo con material osteogenético obtenido por ingeniería tisular³⁴. Tanto el estudio animal con ácido polilácticocoglicólico como los hallazgos en humanos con esponja de colágeno acelular como vehículo de la proteína Morfogenética de Hueso humano recombinante resultaron en un hueso clínicamente normal y aseguraron una erupción dentaria normal^{30,41}. En el estudio de Hibi et al.³⁴ que empleaba un injerto óseo autólogo enriquecido con material osteogenético obtenido por ingeniería tisular, el canino permanente en la zona de implante sufrió un proceso de erupción regular.

Discusión

La regeneración ósea guiada de los defectos óseos y la reparación de hendiduras alveolares representa un punto de intersección entre los injertos óseos y la ortodoncia^{8,46,49}. Los quistes primordiales se detectan muchas veces de forma casual tras exploraciones radiológicas realizadas antes de los tratamientos de ortodoncia, y los injertos óseos de las hendiduras alveolares maxilares residuales se programan para que coincidan con la erupción de los dientes permanentes. En el futuro, los injertos de hueso no autólogo cobrarán un papel crucial en estos tratamientos. Hasta la fecha, el material de elección para injertos óseos ha sido el hueso autógeno, y la erupción dentaria a través del mismo se producía con normalidad^{46,50,51}. Sin embargo, sus efectos adversos como la cirugía, dolor, morbilidad de la zona donante, disponibilidad limitada, y elevada capacidad de reabsorción^{5,52,53} hacen que sigan buscándose alternativas.

Los alógrafos presentan atributos similares a los injertos óseos autógenos^{3,54}. Los resultados de Masón et al.²⁹ y Kraut³³ con estos materiales mostraron resultados alentadores respecto al movimiento y erupción dentarias. Puede señalarse lo mismo con los xenógrafos empleados por otros investigadores^{9,24}. Sin embargo el uso de materiales orgánicos implica un cierto riesgo de infecciones, como el virus de inmunodeficiencia humana⁵⁵ (HIV) o los priones⁵⁶.

Los biovidrios empleados en los artículos reseñados mostraron buenos resultados en los patrones de movimiento dentario. Sin embargo, sigue cuestionándose si este material es el injerto idóneo para estos planteamientos. Un estudio mostró una encapsulación de partículas en el

tejido conectivo⁵⁷. Estas partículas podrían haberse visto forzadas hacia los tejidos blandos durante el movimiento dentario. El empleo de materiales con fórmulas nuevas y características biológicas mejores sería la solución para este potencial peligro.

Los resultados de la HA son discutidos. Van desde una detención completa del movimiento dentario con serios efectos adversos en el tejido duro dental^{21,36-38} hasta patrones de movimiento sin complicaciones^{39,42}. Esto podría explicarse por la heterogeneidad de los materiales disponibles. Aunque estos materiales resisten el colapso durante un largo periodo de tiempo (potencialmente muy útil para el plan de tratamiento ortodóncico de las hendiduras alveolares), su uso no puede recomendarse antes del movimiento dentario ortodóncico, porque existe riesgo de malformaciones dentales, reabsorción radicular y detención del movimiento dentario.

Los resultados del TCP son más prometedores. Este material ejerce un impacto positivo sobre la dimensión a largo plazo del reborde alveolar^{3,54}. El material es biocompatible y biodegradable, y sus resultados sobre el movimiento dentario y la erupción dentaria fueron positivos^{31,36,37,39}.

Desde nuestro punto de vista, los materiales más prometedores en el futuro serán algunos composites, con capacidad de reabsorción o biodegradación probadas, que combinan porque los aspectos positivos de los diferentes injertos óseos. En varios estudios animales y estudios histológicos, estos materiales han demostrado muy buenas características de degradación, con potencial de inducción de formación de hueso nuevo, y mantenimiento de un reborde alveolar con buena estabilidad^{48,58,59}.

La discusión de estos temas plantea una interesante cuestión en ortodoncia: ¿cuándo se mueve un diente hacia una zona injertada sufre cambios morfológicos el ligamento periodontal?. En la mayoría de los estudios, la formación del ligamento periodontal no se vio afectada. Merkx et al.⁴⁰ advirtieron «una estructura normal del ligamento periodontal». Holtgrave³⁸ y Feinberg et al.³⁷ señalaron un desarrollo radicular normal, a pesar de que en su estudio no se logró producir la erupción dentaria a través del material. Araujo et al.²⁴ demostraron un movimiento dentario activo en el área injertada. Describieron aspectos similares tanto en el lado injertado como en el control. En este caso no se encontró el material injertado (hidroxiapatita bovina) ni en el hueso ni en el ligamento periodontal. Da Silva et al.²⁸ demostraron un movimiento intrusivo en el área injertada. Su observación sugirió una reacción normal del tejido al tratamiento ortodóncico, cuando se realizaba un tratamiento precoz de regeneración periodontal. Hossain et al.²³ documentaron el de-

pósito de cemento nuevo y la generación de hueso cerca del área de presión asociada a la biodegradación de los gránulos de TCP. Solo Schneider y Diedrich²¹ reseñaron en su observación la ausencia de un ligamento periodontal, además en su estudio no se pudo inducir el movimiento dentario. A este respecto, no existe una evidencia clara de si el ligamento periodontal sufre o no cambios morfológicos después de los movimientos a través de áreas injertadas por lo que este aspecto debería investigarse con mayor profundidad en el futuro.

Conclusión

Determinados injertos óseos no autógenos permiten producir movimientos dentarios o erupción dentaria a través de ellos, sin embargo no debe recomendarse el empleo de HA para estos casos. No obstante, los resultados de la revisión de la literatura que hemos llevado a cabo conducen a la conclusión de que la aplicación de este tratamiento interdisciplinario exige la realización de un mayor número de estudios de alta calidad y evidencia probada sobre la materia. Desde nuestro punto de vista, no es posible ofrecer recomendaciones o normas generales sobre los materiales, momento del tratamiento, técnica de tratamiento, o pronóstico a largo plazo. Aunque existan enfoques muy alentadores sobre injertos óseos seguidos de ortodoncia, en el mejor de los casos ésta dificultaría la obtención de una buena morfología del reborde alveolar⁶⁰ y la reducción de los defectos óseos^{60,61} y a veces contraindicaría los injertos. Pero sintetizando todos nuestros conocimientos sobre injertos óseos, creemos que la regeneración ósea guiada con injertos óseos no autólogos podría representar una opción adicional como pretratamiento, antes del movimiento dentario ortodóncico o de la erupción dentaria, en pacientes con defectos óseos. Constituiría una alternativa útil para reducir la cirugía en los injertos para hendiduras, evitar efectos adversos como las invaginaciones gingivales⁶² y ampliar las barreras ortodóncicas como la síntesis mandibular⁶³.

Bibliografía

- Albrektsson T, Johansson C. Osteoinduction, osteoconduction and osseointegration. *Eur Spine J* 2001;96–101.
- Eppley BL, Pietrzak WS, Blanton MW. Allograft and alloplastic bone substitutes: A review of science and technology for the craniomaxillofacial surgeon. *J Craniofac Surg* 2005;16:981–989.
- Kao ST, Scott DD. A review of bone substitutes. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2007;19:513–521.
- Habibovic P, de Groot K. Osteoinductive biomaterials—Properties and relevance in bone repair. *J Tissue Eng Regen Med* 2007;1:25–32.
- Rawashdeh MA. Morbidity of iliac crest donor site following open bone harvesting in cleft lip and palate patients. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2008;37:223–227.
- Enacar A, Aksoy AU, Köseoglu O, Karabulut G, Alanya A. Comparison of the effectiveness of otogenic bone graft material and a biomaterial (Biocoral) to obtain tooth movement in the bone defects. Abstract of posters, poster 34, 69th Congress of the European Orthodontic Society, Stockholm, Sweden. *Eur J Orthod* 1993;15:433–465.
- Nemcovsky CE, Zubery Y, Artzi Z, Lieberman MA. Orthodontic tooth movement following guided tissue regeneration: Report of three cases. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1996;11:347–355.
- Mathews DP, Kokich VG. Managing treatment for the orthodontic patient with periodontal problems. *Semin Orthod* 1997;3:21–38.
- Cardaropoli D, Re S, Manuzzi W, Gaveglia L, Cardaropoli G. Bio-Oss collagen and orthodontic movement for the treatment of infrabony defects in the esthetic zone. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:553–559.
- Vitkus R, Meltzer JA. Repair of a defect following the removal of a maxillary adenomatoid odontogenic tumor using guided tissue regeneration. A case report. *J Periodontol* 1996;67:46–50.
- Yilmaz S, Kilic AR, Keles A, Efeoglu E. Reconstruction of an alveolar cleft for orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;117:156–163.
- Ogihara S, Marks MH. Alveolar bone upper growth in furcation area using a combined orthodontic-regenerative therapy: A case report. *J Periodontol* 2002;73:1522–1527.
- Re S, Corrente G, Abundo R, Cardaropoli D. Orthodontic movement into bone defects augmented with bovine bone mineral and fibrin sealer: A reentry case report. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2002;22:138–145.
- Naaman NB, Chaptini E, Taha H, Mokbel N. Combined bone grafting and orthodontic treatment of an iatrogenic periodontal defect: A case report with clinical reentry. *J Periodontol* 2004;75:316–321.
- Cardaropoli D, Re S. Interdental papilla augmentation procedure following orthodontic treatment in a periodontal patient. *J Periodontol* 2005;76:655–661.
- Maeda S, Maeda Y, Ono Y, Nakamura K, Sasaki T. Interdisciplinary treatment of a patient with severe pathologic tooth migration caused by localized aggressive periodontitis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;127:374–384.
- Ogihara S, Marks MH. Enhancing the regenerative potential of guided tissue regeneration to treat an intrabony defect and adjacent ridge deformity by orthodontic extrusive force. *J Periodontol* 2006;77:2093–2100.
- Proff P, Bayerlein T, Fanganel J, Gerike W, Bienengraber V, Gebrange T. The application of bone graft substitutes for alveolar ridge preservation after orthodontic extractions and for augmentation of residual cleft defects. *Folia Morphol (Warsz)* 2006;65:81–83.
- Pinheiro ML, Moreira TC, Feres-Filho EJ. Guided bone regeneration of a pronounced gingivo-alveola cleft due to orthodontic space closure. *J Periodontol* 2006;6:1091–1095.
- Hossain MZ, Yamada T, Yamauchi K. Biodegradable ceramic as a bone graft substitute followed by orthodontic tooth movement. *Nippon Kyosei Shika Gakkai Zasshi* 1989;48:483–495.
- Schneider B, Diedrich P. Interaktion von kieferorthopädischer Zahnbewegung und Hydroxylapatit-Keramik. *Dtsch Zahnärztl Z* 1989;44:282–285.
- Sheats RD, Strauss RA, Rubenstein LK. Effect of a resorbable bone graft material on orthodontic tooth movement through surgical defects in the cat mandible. *J Oral Maxillofac Surg* 1991;49:1299–1303.
- Hossain MZ, Kyomen S, Tanne K. Biologic responses of autogenous bone and beta-tricalcium phosphate ceramics transplanted into bone defects to orthodontic forces. *Cleft Palate Craniofac J* 1996;33:277–283.
- Araujo MG, Carmagnola D, Berglundh T, Thilander B, Lindhe J. Orthodontic movement in bone defects augmented with Bio-Oss. An experimental study in dogs. *J Clin Periodontol* 2001;28:73–80.

25. Kawamoto T, Motohashi N, Kitamura A, et al. A histological study on experimental tooth movement into bone induced by recombinant human bone morphogenetic protein-2 in beagle dogs. *Cleft Palate Craniofac J* 2002;39:439–448.
26. Kawamoto T, Motohashi N, Kitamura A, Baba Y, Suzuki S, Kuroda T. Experimental tooth movement into bone induced by recombinant human bone morphogenetic protein-2. *Cleft Palate Craniofac J* 2003; 40:538–543.
27. Zhang J, Fan FY, Wang XX, Xing DY, Wang SL. Effect of bioactive glass filling defective alveolar bone on tooth movement [in Chinese]. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi* 2006;41:92–93.
28. da Silva VC, Cirelli CC, Ribeiro FS, Costa MR, Comelli Lia RC, Cirelli JA. Orthodontic movement after periodontal regeneration of class II furcation: A pilot study in dogs. *J Clin Periodontol* 2006; 33:440–448.
29. Maxson BB, Baxter SD, Vig KW, Fonseca RJ. Allogeneic bone for secondary alveolar cleft osteoplasty. *J Oral Maxillofac Surg* 1990; 48:933–941.
30. Chin M, Ng T, Tom WK, Carstens M. Repair of alveolar clefts with recombinant human bone morphogenetic protein (rhBMP-2) in patients with clefts. *J Craniofac Surg* 2005;16:778–789.
31. Horch HH, Sader R, Pautke C, Neff A, Deppe H, Kolk A. Synthetic, pure-phase beta-tricalcium phosphate ceramic granules (Cerasorb) for bone regeneration in the reconstructive surgery of the jaws. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2006;35:708–713.
32. Weijns W, Siebers TJH, Berg SJ, Borstlap WA. Early secondary closure of alveolar clefts with autogenous chinbone grafts and al-tricalcium phosphate. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2007;36:992.
33. Kraut AK. The use of allogeneic bone for alveolar cleft grafting. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1987;64:287–282.
34. Hibi H, Yamada Y, Ueda M, Endo Y. Alveolar cleft osteoplasty using tissue-engineered osteogenic material. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2006;35:551–555.
35. Pradel W, Tausche E, Gollogly J, et al. Spontaneous tooth eruption after alveolar cleft osteoplasty using tissue-engineered bone: a case report. *Oral Surg Oral med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008; 4:440–444.
36. Feinberg SE, Vitt M. Effect of calcium phosphate ceramic implants on tooth eruption. *J Oral Maxillofac Surg* 1988;46:124–127.
37. Feinberg SE, Weisbrode SE, Heintschel G. Radiographic and histological analysis of tooth eruption through calcium phosphate ceramics in the cat. *Arch Oral Biol* 1989;34:975–984.
38. Holtgrave EA. Inhibition of tooth eruption through calcium-phosphate ceramic granules in the rat. *J Oral Maxillofac Surg* 1989;47: 1043–1047.
39. Sugimoto A, Ohno K, Michi K, Kanegae H, Aigase S, Tachikawa T. Effect of calcium phosphate ceramic particle insertion on tooth eruption. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1993;76:141–148.
40. Merkx MA, Maltha JC, van't Hoff M, Kuijpers-Jagtman AM, Freihofer HP. Tooth eruption through autogenous and xenogenous bone transplants: A histological and radiographic evaluation in beagle dogs. *J Craniomaxillofac Surg* 1997;25:212–219.
41. Kitamura A, Motohashi N, Kawamoto T, Baba Y, Suzuki S, Kuroda T. Tooth eruption into the newly generated bone induced by recombinant human bone morphogenetic protein-2. *Cleft Palate Craniofac J* 2002;39:449–456.
42. Linton JL, Sohn BW, Yook JI, Le Geros RZ. Effects of calcium phosphate ceramic bone graft materials on permanent teeth eruption in beagles. *Cleft Palate Craniofac J* 2002;39:197–207.
43. Jensen SS, Aaboe M, Pinholt EM, Hjorting-Hansen E, Melsen F, Ruyter IE. Tissue reaction and material characteristics of four bone substitutes. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:55–66.
44. Hammerle CH, Chiantella GC, Karring T, Lang NP. The effect of a deproteinized bovine bone mineral on bone regeneration around titanium dental implants. *Clin Oral Implants Res* 1998;9:151–162.
45. Trisi P, Rao W, Rebaudi A, Fiore P. Histologic effect of pure-phase beta-tricalcium phosphate on bone regeneration in human artificial jawbone defects. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23: 69–77.
46. Schultze-Mosgau S, Nkenke E, Schlegel AK, Hirschfelder U, Wiltfang J. Analysis of bone resorption after secondary alveolar cleft bone grafts before and after canine eruption in connection with orthodontic gap closure or prosthodontic treatment. *J Oral Maxillofac Surg* 2003;61:1245–1248.
47. Gerber T, Holzhüter G, Götz W, Bienengräber V, Henkel K-O, Rumpel E. Nanostructuring of biomaterials: A pathway to bone grafting substitutes. *Eur J Trauma* 2006;32:132–140.
48. Götz W, Gerber T, Michel B, Lossdörfer S, Henkel KO, Heinemann F. Immunohistochemical characterization of nanocrystalline hydroxyapatite silica gel (NanoBone) osteogenesis: A study on biopsies from human jaws. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:1016–1026.
49. Diedrich PR. Guided tissue regeneration associated with orthodontic therapy. *Semin Orthod* 1996;2:39–45.
50. Deeb ME, Messer LB, Lehnerd MW. Canine eruption into grafted bone in maxillary alveolar cleft defects. *Cleft Palate J* 1982;4:9–16.
51. Freihofer HP, Borstlap WA, Kuijpers-Jagtman AM, et al. Timing and transplant materials for closure of alveolar clefts. A clinical comparison of 296 cases. *J Craniomaxillofac Surg* 1993;21: 143–148.
52. De Riu G, Meloni SM, Raho MT, Gobbi R, Tullio A. Delayed iliac abscess as an unusual complication of an iliac bone graft in an orthognathic case. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2008;37:1156–1158.
53. Walker TW, Modayil PC, Casciarini L, Williams L, Duncan SM, Ward-Booth P. Retrospective review of donor site complications after harvest of cancellous bone from the anteromedial tibia. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2009;47:20–22.
54. Hoexter DL. Bone regeneration graft materials. *J Oral Implantol* 2002;28:290–294.
55. Karcher HL. HIV transmitted by bone graft. *BMJ* 1997;314:1300.
56. Sogal A, Tofe AJ. Risk assessment of bovine spongiform encephalopathy transmission through bone graft material derived from bovine bone used for dental applications. *J Periodontol* 1999;70: 1053–1063.
57. Nevins ML, Camelo M, Nevins M, et al. Human histologic evaluation of bioactive ceramic in the treatment of periodontal osseous defects. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2000;20:458–467.
58. Abshagen K, Schrodi I, Gerber T, Vollmar B. In vivo analysis of biocompatibility and vascularization of the synthetic bone grafting substitute NanoBone. *J Biomed Mater Res A* 2008;91:557–566.
59. Rumpel E, Wolf E, Kauschke E, et al. The biodegradation of hydroxyapatite bone graft substitutes in vivo. *Folia Morphol (Warsz)* 2006;65:43–48.
60. Diedrich P, Erpenstein H. Distal movement of a permanent premolar arch-ending tooth—An alternative in the prosthetic care of a shortened dental arch. *Quintessenz* 1986;37:505–516.
61. Lindskog-Stokland B, Wennstrom JL, Nyman S, Thilander B. Orthodontic tooth movement into edentulous areas with reduced bone height. An experimental study in the dog. *Eur J Orthod* 1993;15: 89–96.
62. Tiefenbacher J, Diedrich P, Fritz U, Lantos P. Orthodontic space closure in combination with membrane supported healing of extraction sockets (MHE): A pilot study. *J Orofac Orthop* 2002;63: 422–428.
63. Wilcko MT, Wilcko WM, Bissada NF. An evidence-based analysis of periodontally accelerated orthodontic and osteogenic techniques: A synthesis of scientific perspectives. *Semin Orthod* 2008;14: 305–316.

En la versión online se encuentra una lista completa de las referencias de este artículo. Esta puede encontrarse en www.quintpub.com