

capítulo/uno

CONSIDERACIONES GENERALES DEL AUTOTRASPLANTE DENTAL

Francesc Abella Sans, Ramón Gómez Meda

La técnica clásica del autotrasplante dental se basa en extraer un diente de su posición original para colocarlo en un lecho receptor del mismo individuo, el cuál puede ser un alvéolo posextracción (fresco) o un alvéolo preparado quirúrgicamente¹. Independientemente del estado radicular del diente donante, la técnica del autotrasplante cuenta con tasas, tanto de supervivencia como de éxito, muy elevadas². Como consecuencia, el autotrasplante se ha convertido en una opción de tratamiento totalmente viable para reemplazar un diente ausente o que presente un pronóstico pobre³.

A partir de la información clínica y radiográfica de cada paciente, el clínico debe examinar si existe la posibilidad de realizar un autotrasplante. En este sentido, la evaluación radiográfica tridimensional (3D) mediante tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) de los dientes y sus estructuras circundantes es imprescindible para planificar un procedimiento de autotrasplante exitoso⁴. El clínico deberá evaluar detalladamente la forma anatómica y el desarrollo radicular del posible diente donante, la dimensión ósea del alvéolo receptor, así como la compatibilidad del tamaño del diente donante con el tamaño del sitio receptor.

Es fundamental que el paciente esté motivado y esté dispuesto a asumir posibles complicaciones durante el transcurso de un autotrasplante. Si bien el autotrasplante exitoso puede producir resultados espectaculares a largo plazo, se debe informar a los pacientes de potenciales imprevistos y/o dificultades⁵. La actitud del paciente hacia la realización de este procedimiento es vital y es algo que debe tenerse en cuenta al presentar esta opción de tratamiento.

Clasificación

La técnica del autotrasplante incluye dos procedimientos adicionales como la extrusión quirúrgica y el reimplante intencional. Todos estos procedimientos se basan en un mismo factor clave: preservar el mayor número de células vitales del ligamento periodontal (LPD).

1 Extrusión quirúrgica. Es un trasplante intraalveolar mediante una extracción atraumática con el objetivo de extruir el diente afectado en una posición más coronal. Este método permite mover la parte afectada del diente a una posición supra-gingival, dejando estructura sana del diente expuesta supraalveolarmente y así proporcionar lugar para el restablecimiento del espacio biológico y para la futura restauración⁶.

La extrusión quirúrgica está indicada idealmente en dientes monorradiculares con raíces completamente formadas, y siempre y cuando la porción de raíz intraalveolar remanente sea lo suficientemente larga para soportar una restauración a largo plazo (**CASO CLÍNICO 1.1**).

CASO CLÍNICO 1.1

Extrusión quirúrgica de diente desahuciado

Q 1.1 Situación clínica inicial. Segundo premolar superior (2.5) con fractura de la cúspide palatina y gran reconstrucción de composite con caries secundaria. a) Aspecto inicial. Visión vestibular. b) Visión oclusal. c) Radiografía periapical inicial en la que se evidencia la falta de estructura sana.

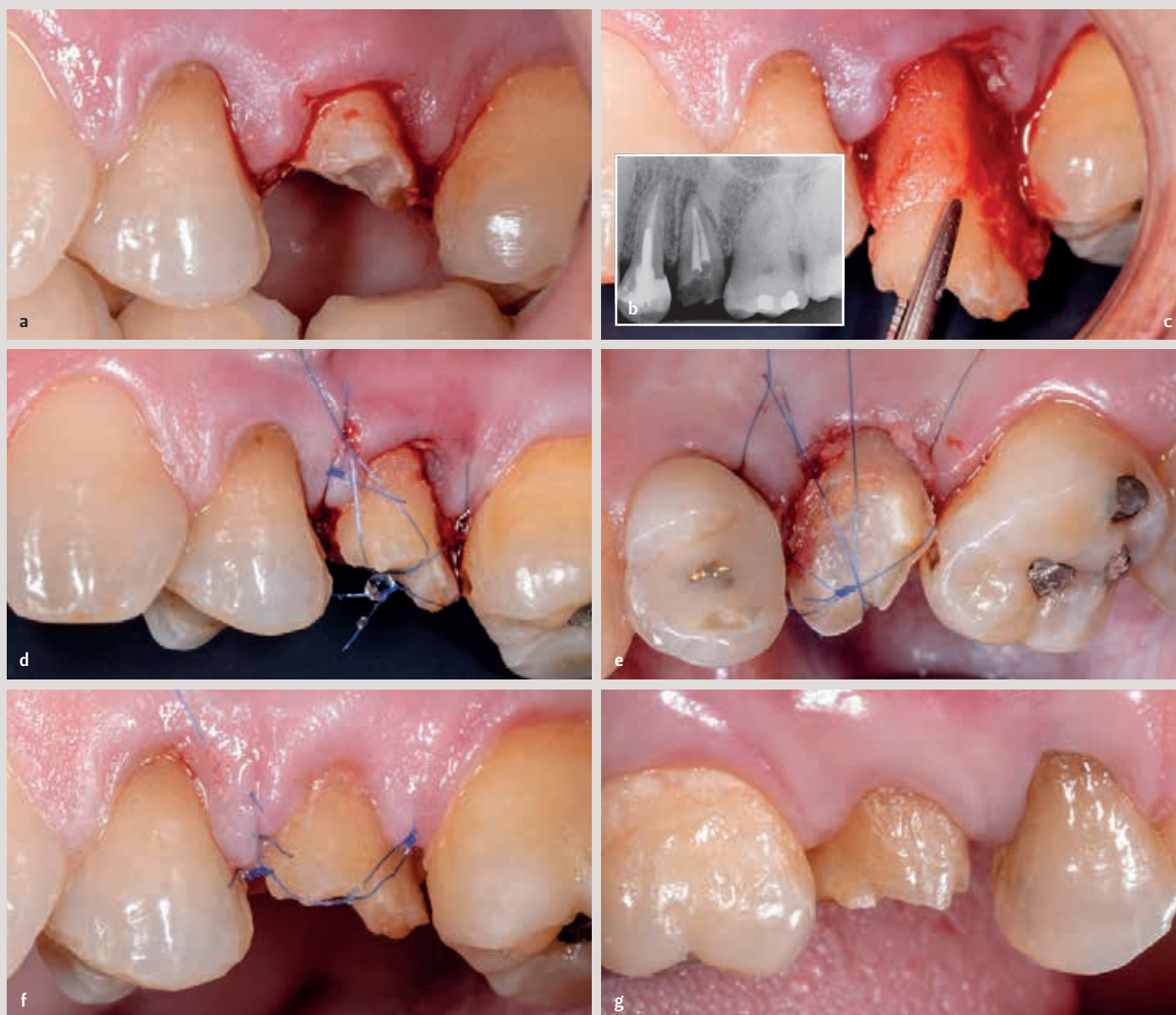


2 Reimplante intencional. Es un procedimiento quirúrgico utilizado principalmente para solucionar un fracaso endodóntico. La técnica consiste en extraer el diente afectado, tratarlo fuera de la cavidad oral y posteriormente reinsertarlo en su alvéolo. Según las características de cada caso, este procedimiento puede ser una alternativa terapéutica a la cirugía endodóntica convencional, especialmente en casos donde el retratamiento ortógrado y/o quirúrgico presentan un bajo pronóstico o son del todo impracticables⁷. *En el transcurso del Capítulo 6 “Extrusión quirúrgica y reimplante intencional” se explicarán el paso a paso de estas intervenciones, así como las innovaciones digitales utilizadas para aumentar su predictibilidad.*

El éxito del autotrasplante, que contempla la extrusión quirúrgica y el reimplante intencional, se basa en la realización de una extracción atraumática y en mantener el diente fuera del alvéolo el menor tiempo posible. Con cualquiera de estas tres técnicas es fundamental limitar el tiempo extraoral al mínimo, ya que se ha demostrado que pasados 15 minutos aumenta la probabilidad de sufrir una reabsorción por sustitución o reemplazo (anquilosis)⁸.



Q 1.2 Después de limpiar casi por completo la caries se observa que el diente carece de estructura dentinaria remanente como para garantizar cualquier tipo de restauración predecible a largo plazo. a) Detalle del diente después de la limpieza. b) Aislamiento absoluto y desobturación de la gutapercha filtrada y contaminada. c) Finalización del retratamiento endodóntico no quirúrgico.



Q 1.3 Secuencia de la extrusión quirúrgica. a) Sindesmotomía previa a la luxación del diente. b,c) Desplazamiento coronal (2 mm de dentina en posición supragingival) del diente mediante uso de fórceps. d) Ferulización semirrígida mediante sutura. Visión vestibular. d) Detalle en visión oclusal. f) Aspecto a las 3 semanas. Obsérvese la ganancia en altura de la estructura dental remanente. g) Aspecto a las 4 semanas.



Q 1.4 Secuencia de la restauración del diente. a) Muñón de composite con colocación adhesiva de un poste fibra de vidrio. b) Visión vestibular. c,d) Aspecto tras colocación de corona de disilicato de vidrio. Obsérvese la adecuada cicatrización de los tejidos periapicales tras la extrusión quirúrgica.



Q 1.5 La paciente acudió años después con intenciones de rehabilitar toda la boca para obtener un resultado más estético. Entre otros procedimientos, se cambió la corona del segundo premolar superior por una nueva de circonio.



Q 1.6 Control clínico y radiográfico 13 años después de la extrusión quirúrgica. a) Imagen previa. b) Control radiográfico a los 13 años. c) Situación al terminar la rehabilitación completa de la boca.

Recorrido histórico

El trasplante de dientes se ha practicado desde la antigüedad; existen documentos del antiguo Egipto que muestran que los esclavos a menudo se veían obligados a donar sus dientes al faraón⁹. Sin embargo, no fue hasta los siglos XVIII y XIX que la técnica comenzó a extenderse y a utilizarse con relativa frecuencia. A finales de 1700, el dentista escocés John Hunter popularizó la técnica trasplantando dientes de las personas con menos recursos económicos a la boca de los miembros más ricos de la sociedad. Esta práctica, documentada por Hunter en *The Natural History of Human Teeth*, fue explotada por numerosos dentistas de la época. Estos relatos, si fueran precisos, serían ejemplos de trasplantes de dientes homogéneos entre individuos de la misma especie, conocidos como trasplantes alogénicos.

En 1869, O. Salomon publicaba en la *American Journal of Dental Science* un manuscrito titulado “Replantation, Transplantation and Implantation”, en el que definía cada uno de estos términos¹⁰. Según el autor, un reimplante consistía en reemplazar un diente por el mismo, una vez era extraído y colocado de nuevo en el mismo alvéolo. El trasplante se basaba en la colocación de un diente recién extraído de la boca de una persona a otra, mientras que la implantación era la inserción de un diente, según palabras textuales, viejo y muerto. En el artículo, O. Salomon explica los casos realizados por el profesor Dr. Mitscherlich, en los que sugería eliminar el tejido pulpar del diente donante y sellarlo con oro para evitar un cambio de coloración. Por su parte, en 1913, Vincenzo Guerini realizó un trasplante alogénico de un canino superior, extraído un año antes a una mujer, para colocarlo en posición de incisivo lateral superior a un pintor sueco¹¹. El procedimiento está perfectamente descrito y en él se relata cómo Guerini realizó en el mismo momento el tratamiento endodóntico del canino, y mediante suaves golpes fue introduciéndolo en el nuevo alvéolo. La operación duró 2 horas y posteriormente se aplicó yodo en los tejidos blandos de alrededor.

El paso a paso de la técnica del autotrasplante fue documentado por primera vez en 1956 por Hale, y gran parte de la metodología sigue siendo parecida hoy en día¹². Sin embargo, debido al escaso conocimiento de los principios biológicos, especialmente los relacionados con el LPD, las tasas de supervivencia eran relativamente bajas en ese momento. En 1990, Andreasen y cols. publicaron en la *European Journal of Orthodontics* una serie de estudios revolucionarios divididos en cuatro partes. En ellos, los autores determinaron diversos factores pronósticos de la técnica y sugirieron un protocolo clínico para alcanzar resultados favorables de forma más previsible¹³⁻¹⁶. Una de las conclusiones más destacadas que alcanzaron fue la importancia del tamaño del foramen apical y la contaminación bacteriana en relación con la cicatrización pulpar¹⁴.

El proceso biológico que sigue un diente autotrasplantado es similar al de un diente avulsionado tras su reimplantación. Por tanto, las lesiones mecánicas durante la extracción o la colocación traumática del diente donante en el alvéolo receptor, así como factores de estrés bioquímico debido a un tiempo extraoral prolongado pueden causar daño a determinadas estructuras dentales, especialmente al LPD¹⁷. Al igual que ocurre en la planificación de implantes, hoy en día el autotrasplante ha dado un giro de 180° y se debe basar en un exhaustivo examen clínico y radiológico que asegure un procedimiento atraumático y mínimamente invasivo. Las técnicas de diagnóstico modernas, como las imágenes 3D, no solo permiten la obtención de imágenes de estructuras anatómicas para un diagnóstico preciso y la planificación del tratamiento, sino que también se utilizan para la fabricación de modelos quirúrgicos¹⁸. En la última década, la mayoría de los estudios publicados utilizan la aplicación de datos radiológicos en 3D para fabricar réplicas de dientes y férulas quirúrgicas con el fin de guiar el proceso de autotrasplante. Este flujo digital ha permitido que la técnica sea más predecible y que se haya popularizado alrededor del mundo¹⁹. Tanto es así, que en los últimos 20 años el número de publicaciones acerca de este tema se ha visto multiplicado casi por dos según la base de datos PubMed.

Ventajas y desventajas

Las principales ventajas y desventajas que ofrece la técnica del autotrasplante se reflejan en el CUADRO 1.1. El CASO CLÍNICO 1.2 es un ejemplo de las ventajas de esta técnica.

CUADRO 1.1

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA TÉCNICA DE AUTOTRASPLANTE

Ventajas

1. Preservación del LPD y, por consiguiente, del hueso alveolar.
2. Posibilidad de realizarse en niños/adolescentes en crecimiento, así como en pacientes adultos.
3. Facilita la conservación de la forma natural de la encía adherida al mismo tiempo que se logra una función y estética óptimas.
4. Posibilidad, en caso de ser necesario, de realizar tratamiento ortodóntico para posicionar correctamente *a posteriori* el diente trasplantado.
5. Alternativa perfectamente viable a los implantes dentales, puentes fijos, restauraciones adheridas con resina y prótesis dentales parciales removibles.

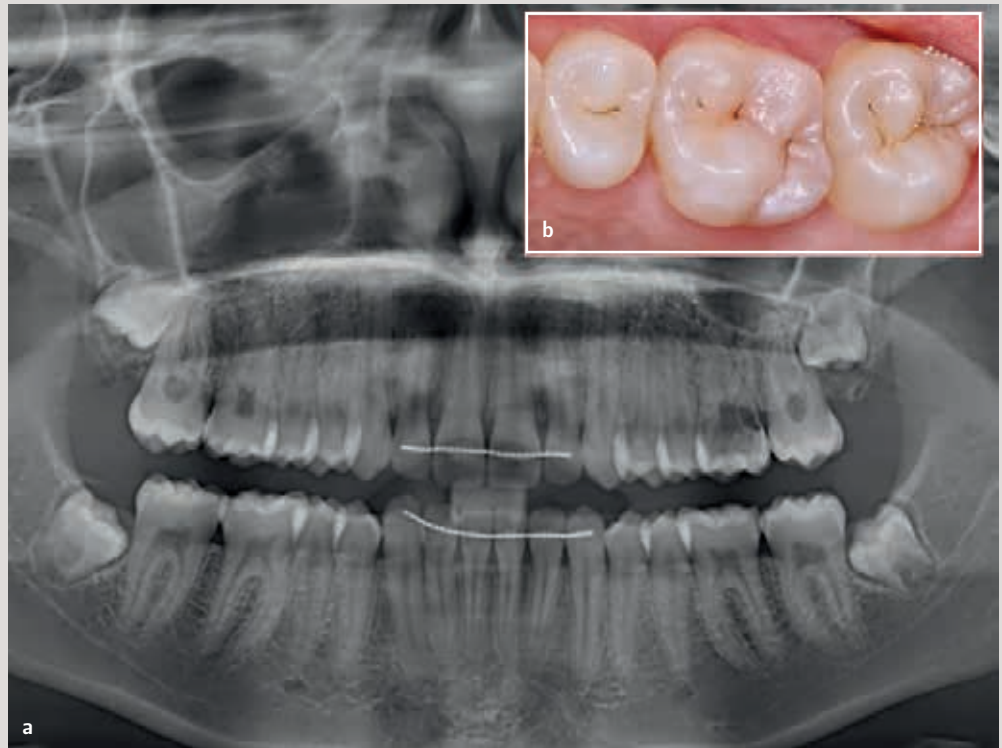
Inconvenientes

1. Procedimiento quirúrgico algo más agresivo y complejo que una extracción convencional.
2. En algunos escenarios, el resultado final puede ser difícil de predecir, a pesar de la planificación digital.
3. Durante los primeros años pueden aparecer complicaciones tales como reabsorción radicular inflamatoria, reabsorción radicular de reemplazo o pérdida del nivel de inserción clínica, que pueden favorecer a la pérdida del diente.

CASO CLÍNICO 1.2

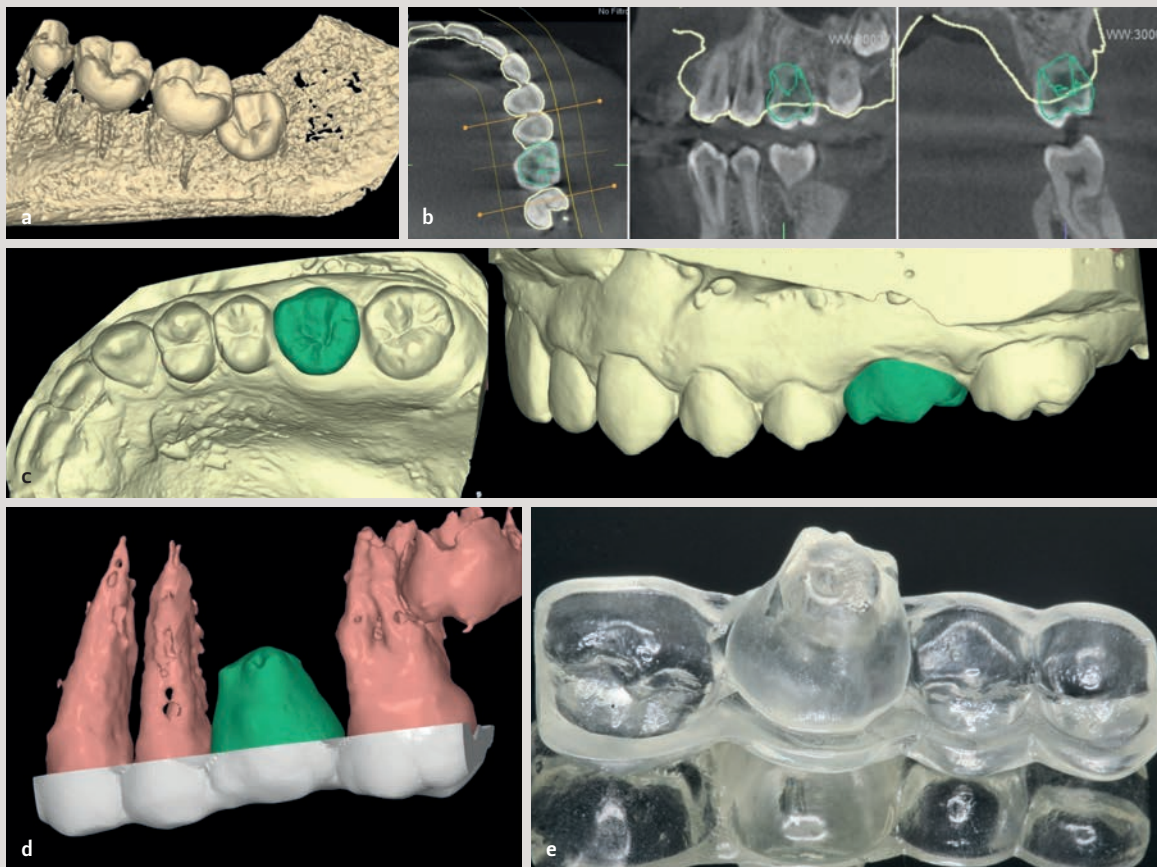
Autotrasplante de diente donante inmaduro

Q 1.7 Paciente de 20 años con molestias espontáneas en el primer molar superior izquierdo (2.6). a) Radiografía panorámica inicial en la que se detecta componente radiolúcido en zona de cámara pulpar. b) Visión vestibular del diente con la corona clínica aparentemente intacta.

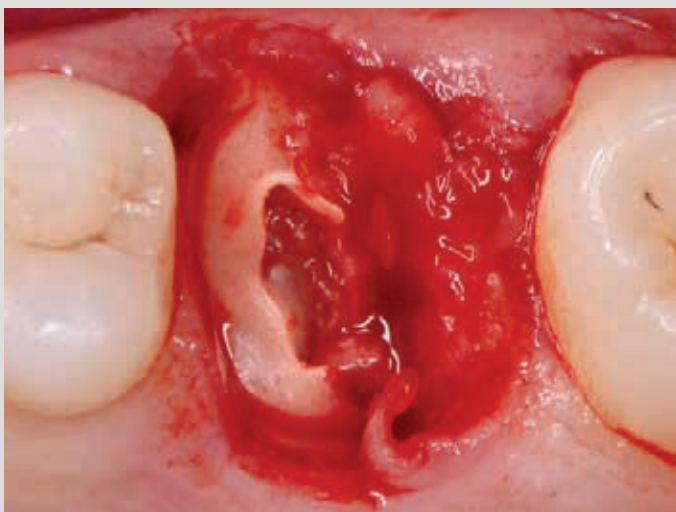


Q 1.8 Posible reabsorción e inflamación evidente. a) Inflamación gingival por vestibular. b) Radiografía periapical del diente 2.6. Obsérvese la presencia de una lesión radiolúcida compatible con algún tipo de reabsorción.

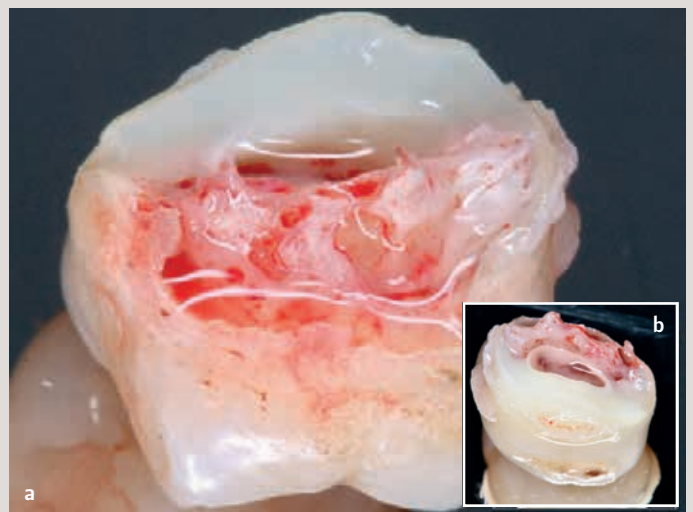




Q 1.9 Diagnóstico de reabsorción cervical invasiva no tratable mediante tomografía computarizada de haz cónico (TCHC). Secuencia digital para planificar un autotrasplante del diente 3.8 (inmaduro) en la zona del 2.6. a,b) Segmentación del diente donante (3.8) y colocación virtual en la zona del 2.6. c) Posición 3D ideal del diente donante en la zona receptora. d) Diseño de férula de posicionamiento. e) Impresión 3D de diente donante (réplica) y férula de posicionamiento.

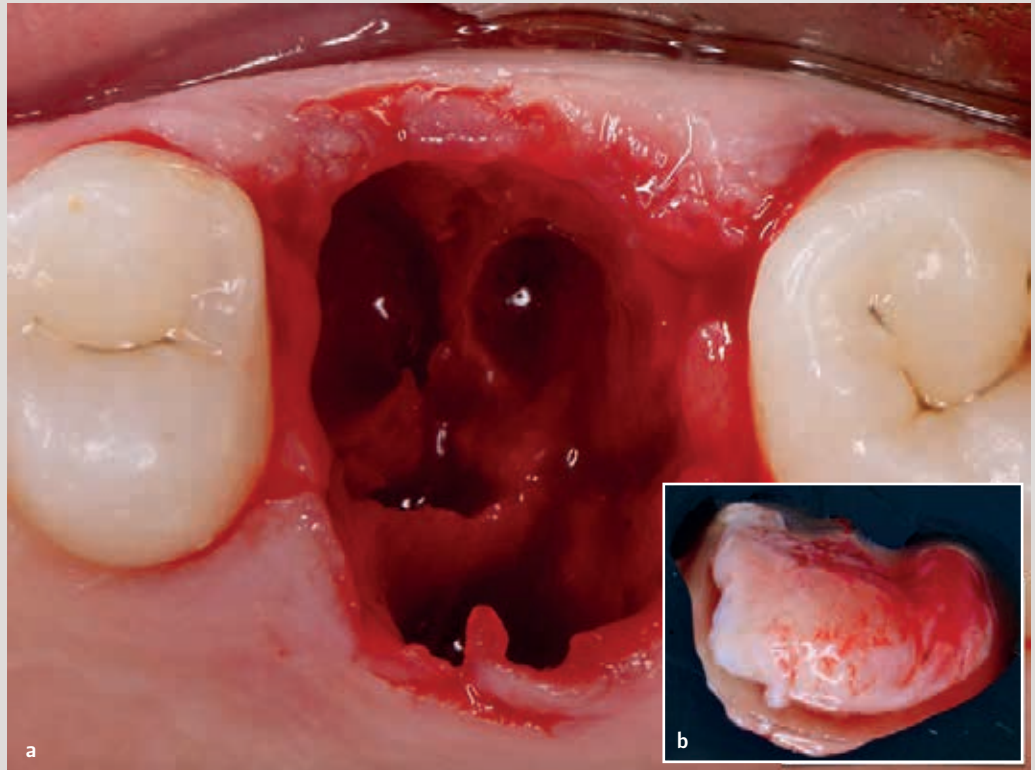


Q 1.10 Fractura de la corona clínica del diente 2.6 durante la extracción.

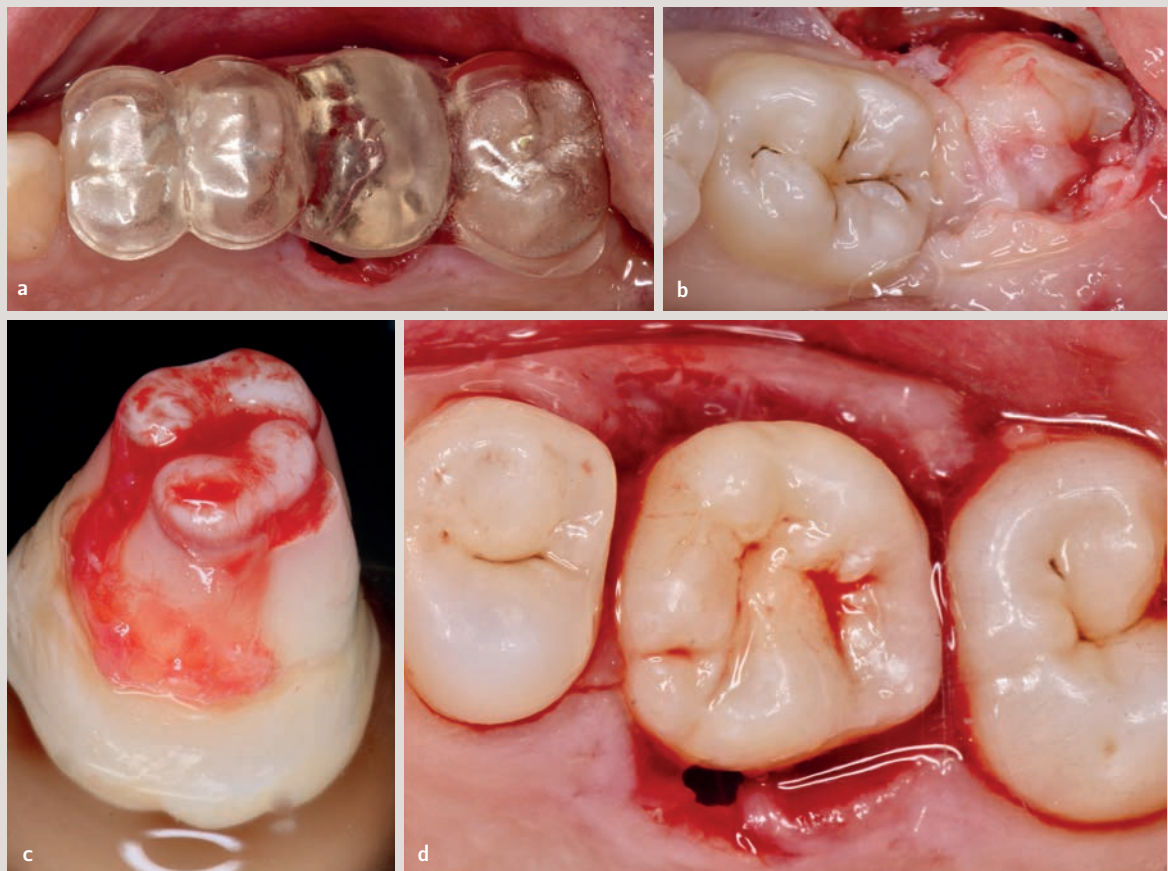


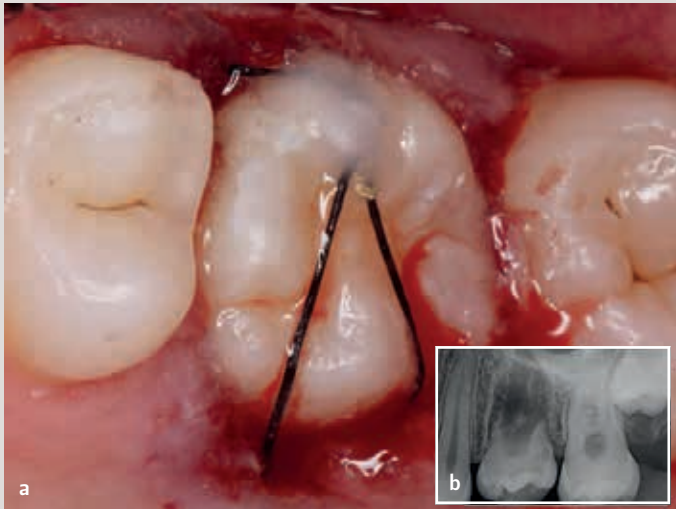
Q 1.11 Detalle de la reabsorción cervical invasiva.

Q 1.12 Secuencia quirúrgica (I). a) Extracción del resto radicular y preparación del lecho receptor. b) Remoción del tejido de granulación.



Q 1.13 Secuencia quirúrgica (II). a) Comprobación del asentamiento de la férula de posición con el uso de la réplica. b) Extracción quirúrgica del tercer molar. c) Integridad de la vaina radicular epitelial de Hertwig antes de la colocación del diente donante en su lecho. d) Diente 3.8 en el lecho receptor.

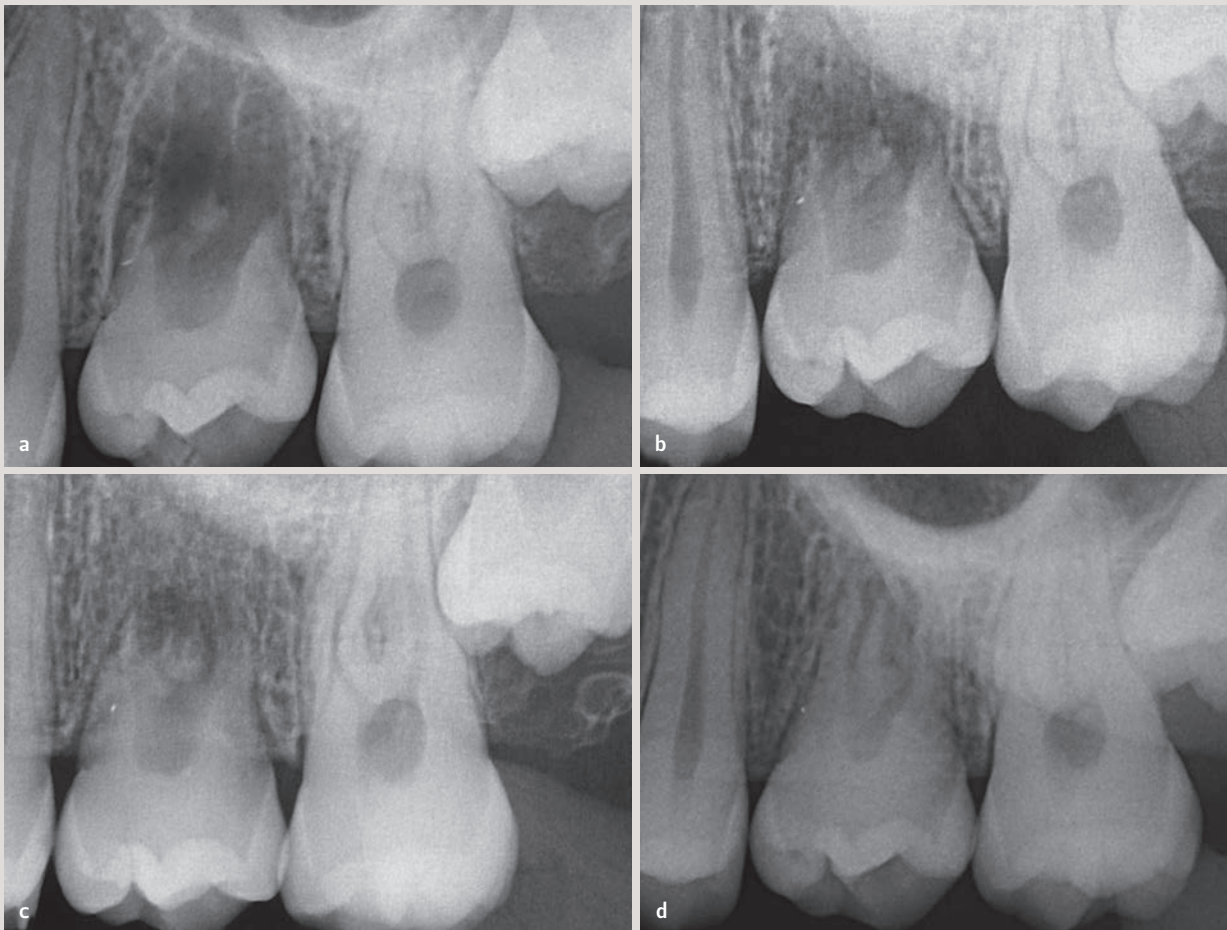




Q 1.14 Estabilización del diente donante. a) Sutura y composite en la cara oclusal del diente. **Importante:** dejar el diente en infraoclusión. b) Comprobación radiográfica de la posición final del diente.



Q 1.15 Cicatrización y aspecto a los 2 meses.



Q 1.16 Control radiográfico. a) 2 meses. b) 6 meses. c) 9 meses. d) 2 años. Nótese el cierre radicular y la obliteración parcial de los conductos como signo de vitalidad pulpar y de éxito del procedimiento. Paciente totalmente asintomática y sin presencia de ningún tipo de reabsorción.

Indicaciones y contraindicaciones

Cuando nos enfrentamos a una pérdida dental, el clínico debe valorar el autotrasplante como tratamiento de elección frente a otras opciones de tratamiento (implantes, prótesis removibles, prótesis parcial fija, ortodoncia, etc.), siempre y cuando este sea superior en función, tiempo, coste, pronóstico y biocompatibilidad²⁰. Generalmente, el autotrasplante convencional está indicado cuando un diente tiene un mal pronóstico, ya sea por motivos restauradores, endodónticos y/o periodontales, y existe un tercer molar o un diente mal posicionado que no esté en función (**CUADRO 1.2**). Uno de los autotrasplantes más frecuentes es el de terceros molares al lecho de extracción de primeros o segundos molares no restaurables. Si el tamaño del tercer molar es apropiado, también es posible trasplantarlo a otras áreas como zonas de premolares o incluso en sector anterior. Además, hay que tener en cuenta que los dientes donantes no se limitan exclusivamente a los terceros molares. Los premolares o caninos mal posicionados o impactados también pueden servir como dientes donantes.

CUADRO 1.2

PRINCIPALES INDICACIONES DEL AUTOTRASPLANTE DENTAL

Entre las principales indicaciones del autotrasplante dental se encuentran:

1. Dientes erupcionados en posición ectópica o retenidos/impactados.
2. Dientes perdidos de forma precoz y/o traumática.
3. Dientes perdidos por motivos tumorales o iatrogénicos.
4. Dientes congénitamente ausentes con divergencia de espacio en el arco.
5. Dientes con pronóstico pobre por motivos periodontal y/o endorrestaurador.
6. Dientes que presentan anomalías del desarrollo (coronales y/o radiculares) no tratables o con pronóstico desfavorable a corto plazo.
7. Dientes supernumerarios en niños con labio leporino y/o paladar hendido.

En general, existen pocas contraindicaciones absolutas para realizar un autotrasplante dental. Las principales contraindicaciones se dan en aquellos pacientes que tienen una afección (local o sistémica) que contraindique una extracción, cuando existe un elevado índice de caries y pérdida de muchos dientes, ante la presencia no controlada de periodontitis generalizada, o cuando el paciente no esté psicológicamente preparado o motivado para el tratamiento o, simplemente, no lo desee.

Sin embargo, hay otro tipo de situaciones que pueden limitar o influir en el pronóstico del autotrasplante. Es preferible elegir dientes donantes que no presenten una anatomía radicular compleja, y evitar, en la medida de lo posible, dientes con curvaturas radiculares acentuadas, anomalías de forma o posiciones que pueden aumentar el riesgo de dañar el LPD. Aunque el clínico puede resolver problemas endodónticos de forma extraoral durante la cirugía del autotrasplante, siempre deberá considerar la factibilidad de realizar el tratamiento endodóntico (dientes donantes con ápice maduro) de forma exitosa. Otro punto importante para tener en cuenta es la dimensión del lecho receptor respecto al diente donante. Sitios receptores con un insuficiente contorno óseo o un lecho estrecho pueden conducir al fracaso, por lo que es crucial tener un soporte óseo adecuado para el diente trasplantado²¹. En tales casos, el clínico debe recurrir a técnicas como la regeneración ósea guiada (ROG) o el uso de la cortical vestibular del

mismo diente donante para poder llevar a cabo el autotrasplante con un mínimo de garantías²². Véanse en el Capítulo 4 “Autotrasplante de dientes maduros” los casos de nivel avanzado utilizando la misma cortical vestibular del diente combinado con injerto de tejido conectivo.

Se contraindicará el autotrasplante simultáneo a la extracción en aquellas situaciones en el que el alvéolo receptor presente un absceso agudo. En estos casos se aconseja diferir el autotrasplante unas 2-3 semanas tras la extracción del diente afectado para obtener un lecho receptor libre de infección y adecuadamente vascularizado. Por el contrario, el absceso crónico no contraindica el autotrasplante, pues no influye en el pronóstico final. Véanse en profundidad en el Capítulo 4 “Autotrasplante de dientes maduros” los casos de autotrasplantes diferidos y creados quirúrgicamente.

Cicatrización postrasplante y reimplante intencional

En los últimos 25 años, el conocimiento acerca de la cicatrización de los diferentes tejidos (encía, hueso alveolar, LPD y tejido pulpar) después de un autotrasplante y un reimplante intencional ha aumentado de forma significativa¹³. La comprensión biológica junto con la mejora de las técnicas quirúrgicas han estimulado la elección de estos procedimientos en casos debidamente seleccionados.

El mecanismo de curación del autotrasplante se discutirá en las siguientes categorías: cicatrización del LPD y hueso alveolar, cicatrización del tejido blando, y cicatrización pulpar y desarrollo radicular.

Ligamento periodontal y hueso alveolar

La cicatrización favorable del LPD es la clave del éxito en cualquier procedimiento de autotrasplante, reimplante intencional o extrusión quirúrgica. La cicatrización ideal del LPD ocurre cuando el diente extraído se reimplanta en el mismo alvéolo de extracción —*reimplante intencional*— o en otro alvéolo receptor —*autotrasplante*— en un tiempo extraoral muy corto y la mayoría de sus células estén vitales. El tiempo extraoral es un factor clínicamente crítico asociado con el desarrollo de la reabsorción radicular²³. Estudios previos han demostrado que la incidencia de reabsorción radicular aumenta en dientes reimplantados con un tiempo extraoral superior a 5 minutos²⁴. Un tiempo extraoral prolongado afecta la viabilidad del LPD y favorece la degeneración del tejido periodontal, así como la apoptosis²⁵. Existe consenso en que la supervivencia de las células del LPD es prácticamente imposible si el tiempo extraoral supera los 60 minutos²⁶.

La cicatrización o curación ideal del LPD se conoce como reinserción del LPD, y se basa en la unión del tejido conectivo con la superficie radicular¹⁷. Sin embargo, las células del LPD pueden dañarse mecánicamente durante la extracción o verse afectadas por cambios en los valores de pH, presión osmótica, deshidratación, etc. Por lo tanto, una extracción atraumática del diente donante es fundamental, aunque no siempre asegura la cicatrización exitosa del LPD. De hecho, durante el proceso de extracción y el almacenamiento extraoral, se debe tener mucho cuidado para proteger la vaina radicular epitelial de Hertwig (HERS) y mantener la vitalidad pulpar²⁷. En los dientes inmaduros, el desarrollo de la raíz está determinado por una proliferación activa de esta vaina radicular, la cual está constituida por una red de células epiteliales en la región

apical que separa la pulpa (papila dental) del folículo dental circundante. En el lado de la pulpa, las células de la papila dental son inducidas y se diferencian en odontoblastos. Mientras que en el lado del LPD, las células del folículo dental son inducidas y se diferencian en células del LPD, incluidos los cementoblastos, fibroblastos y osteoblastos²⁸.

El tejido perirradicular es una mezcla compleja de tejido mineralizado y no mineralizado de origen ectomesenquimatoso derivado del folículo dentario (con excepción de la unión dentogingival, que procede del epitelio reducido del esmalte). El entorno oral es un ambiente hostil, por lo que rápidamente se produce una respuesta inmunitaria para proteger los tejidos perirradiculares de las bacterias invasoras. La activación de los neutrófilos, linfocitos, macrófagos y osteoclastos puede conducir tanto a la reabsorción ósea como a la reabsorción radicular. Como veremos posteriormente, la isquemia o contusión del LPD conduce a la anquilosis o reabsorción por reemplazo/sustitución como medida de reparación. Como en el tejido perirradicular intervienen diversas células tisulares, el patrón de cicatrización final depende de dos factores decisivos: el potencial de regeneración y la velocidad de reacción de las células tisulares que rodean la zona lesionada²⁸.

En el CUADRO 1.3 se resumen los pasos del proceso de curación.

CUADRO
1.3

PROCESO DE CURACIÓN

En condiciones ideales, el proceso de curación que se produce en un diente reimplantado o autotrasplantado es el siguiente²⁹:

- **3 días:** La fibrina y los eritrocitos se dispersan entre el LPD adherido a la raíz y el que queda en el alvéolo de extracción. Presencia de hemorragia en algunas zonas.
- **1-2 semanas:** Los fibroblastos y las fibras de colágeno empiezan a ser visibles en el área desgarrada, lo que indica el comienzo de la reparación del LPD.
- **3-4 semanas:** Proliferación de fibroblastos y haces de fibras de colágeno alineados. Inicio de la alineación funcional del tejido del LPD
- **8 semanas:** El LPD se encuentra en situación prácticamente normal y existe una alineación completa de los haces de fibras de colágeno.

Aunque existe una variabilidad lógica en estos periodos de tiempo, el proceso parece completarse, en la mayoría de las ocasiones, pasados 2 meses. Clínicamente, esta información es de especial relevancia a la hora de restaurar el diente de forma definitiva. En dientes donantes con ápice cerrado, el clínico deberá esperar al menos estos 2 meses para poder realizar una restauración directa o indirecta, pues es de especial importancia evitar fuerzas oclusales durante este periodo de tiempo. En dientes donantes con ápice abierto, este contexto es algo diferente en función de la zona receptora. En autotrasplantes de premolares a la zona de los incisivos, uno de los más frecuentes en pacientes jóvenes, se intentará restaurar el diente lo antes posible para devolver la estética. Sin embargo, la cara palatina del diente se dejará sin contacto oclusal para permitir la erupción espontánea del diente simultánea a su desarrollo radicular. En autotrasplantes a sectores posteriores, el clínico deberá esperar al cierre radicular del diente para efectuar la restauración definitiva y así darle oclusión con el antagonista, y permitir, en caso de ser necesario, el cierre de los puntos de contacto.

Cuando el clínico se disponga a realizar una extracción atraumática del diente donante o del diente afectado, debe tener claro que se va a producir una separación del LPD, especialmente en el tercio medio de la raíz. Esto va a provocar que queden restos de LPD tanto en la raíz como también en el lecho alveolar. En la superficie radicular van a quedar células como cementoblastos, fibroblastos y células epiteliales de Malassez, que son esenciales para prevenir la reabsorción radicular. Aunque la capa de cementoblastos por sí sola parece ser un elemento suficiente para prevenir la reabsorción radicular, es siempre deseable extraer el diente con la mayor cantidad posible de LPD³⁰.

Los estudios de reimplantación han demostrado que los déficits de LPD en la superficie radicular se pueden reparar mediante una nueva unión. Este mecanismo de unión resulta de la formación de tejido conectivo entre la superficie radicular expuesta y el tejido circundante (hueso o tejido conectivo gingival). Se produce una proliferación de células del LPD alrededor de la superficie radicular expuesta mediante la adición de cemento y fibras de Sharpey. El tamaño del déficit del LPD en la superficie de la raíz y la distancia desde la pared del alvéolo receptor hasta la raíz afectan la probabilidad de reparación mediante una nueva inserción. Cuanto mayor sea la distancia entre el hueso y la raíz, más tiempo puede ser necesario para que el tejido óseo se acabe de formar. Sin embargo, esta distancia no implica necesariamente que el clínico deba usar materiales de injerto óseo entre las paredes óseas y las raíces del trasplante, lo cual constituye una diferencia significativa con respecto a la terapia implantológica.

Durante los últimos años han sido muchos los estudios que han investigado las células derivadas del LPD con relación a la regeneración periodontal^{31,32}. Los recientes avances en la biología de las células madre y la medicina regenerativa han permitido el uso de terapia celular para tratar enfermedades periodontales^{33,34}. Hasta la fecha, un gran número de estudios han indicado que las células madre manipuladas *in vitro* derivadas tanto de la médula ósea como del LPD se pueden usar junto con diferentes matrices físicas (autoinjertos, xenoinjertos, aloinjertos y materiales aloplásticos) para regenerar tejidos periodontales *in vivo*³⁵⁻³⁷. Según estos estudios, la regeneración ósea se puede inducir en el lecho receptor después del trasplante cuando se conservan las células del LPD del diente donante. En 1990, García y Saffar realizaron un estudio muy interesante trasplantando 20 raíces en criptas óseas preparadas quirúrgicamente en áreas edéntulas de 5 perros³⁸. En las diferentes cavidades óseas se implantaron raíces en las que se mantuvo intacto el LPD, y raíces en las que el LPD fue eliminado. Los autores encontraron que la preservación de las células LPD benefició el crecimiento óseo alrededor de la raíz trasplantada.

Las células del LPD contienen células madre con una alta capacidad proliferativa, potencial de diferenciación multilínea y capacidad de formar tejido similar al LPD. Además, los tejidos de LPD también poseen un alto nivel de actividad de fosfatasa alcalina^{39,40}. Estas características respaldan el hecho de que las células del LPD inducen la regeneración ósea en el entorno después de un reimplante intencional o un autotrasplante. De hecho, en la literatura existen varios casos publicados con cierto crecimiento vertical después de un autotrasplante⁴¹. Si bien todo esto es cierto, el clínico deberá tener en cuenta que los defectos alveolares importantes en el lecho receptor pueden contraindicar directamente el autotrasplante u obligar a usar simultáneamente técnicas de ROG.

Por lo contrario, cuando no hay células de LPD en la superficie radicular, se produce una rápida migración de los tejidos blandos que favorece una larga unión del epitelio, en lugar de una regeneración ósea. Hosoya y cols.⁴² e Hiraga y cols.⁴³ observaron la formación de hueso nuevo alrededor del cemento del diente donante 10 días después del trasplante dental. Mediante inmunohistoquímica, los autores confirmaron que el origen de las células progenitoras de osteoblastos era precisamente el LPD del diente donante. Cuando los dientes donantes se colocan en lechos receptores inadecuados, como un alvéolo con déficit de tejido duro (horizontal o verticalmente), las raíces del diente donante pueden quedar expuestas y provocar una reabsorción de la cresta alveolar restante⁴⁴. Por ello, es sumamente importante que el clínico haga previamente una adecuada planificación 3D. En estas circunstancias, tal y como recomiendan Imazato y Fukunishi, se pueden injertar materiales autógenos sobre la raíz expuesta para dar paso a la regeneración ósea⁴⁵. Otra alternativa, relativamente sencilla con la ayuda del flujo digital, es utilizar la misma cortical vestibular adherida del diente donante, tal y como veremos en el Capítulo 4 (nivel avanzado). Si cualquiera de estos dos procedimientos de regeneración se realiza adecuadamente, el resultado debería ser casi idéntico al de una técnica de autotrasplante convencional sin ROG⁴⁶.

El clínico debe ser conocedor de los diferentes medios de almacenamiento extraoral, ya que para asegurar una retención del diente a largo plazo es sumamente importante mantener la viabilidad celular del LPD fuera de la boca. Un medio adecuado puede preservar la viabilidad celular durante cierto periodo de tiempo extraoral evitando su desecación. Los factores clave para el crecimiento y la supervivencia de las células son la osmolaridad fisiológica, el pH y la temperatura. El pH y osmolaridad óptimos para el crecimiento celular deben situarse entre los 6,6 y 7,8 y entre los 230 a 400 mOsm/kg, respectivamente⁴⁷. En 1981, Andreasen estudió el efecto del tiempo extraalveolar y los medios de almacenamiento en la cicatrización periodontal y pulpar después de la reimplantación en monos verdes (*Cercopithecus aethiops*). Andreasen demostró que el tiempo prolongado de almacenamiento no fisiológico de los dientes era más determinante para el pronóstico del diente que el tiempo extraoral completo. Observó que ocurría un descenso notorio en la supervivencia del LPD pasados 30 minutos de almacenamiento en seco.

En casos de avulsión, la International Association of Dental Traumatology recomienda reimplantar el diente de forma inmediata, ya que de esta manera se incrementa significativamente la viabilidad tanto de las células del LPD como del cemento^{25,26}. Podemos considerar que tanto el reimplante intencional como el autotrasplante son avulsiones intencionadas, por lo que el medio de almacenamiento en el que se deposita momentáneamente el diente influye directamente en el pronóstico del proceso. Se han estudiado varios medios de almacenamiento como la solución salina equilibrada de Hank (HBSS), agua del grifo, agua de coco, leche, clara de huevo, saliva acumulada, propóleo y Gatorade por su capacidad para preservar la viabilidad celular⁴⁸. La HBSS es un medio de almacenamiento que, gracias a su capacidad para conservar el LPD a largo plazo, se considera el estándar de oro en casos de avulsión, pero habitualmente no está disponible en las clínicas dentales. En consecuencia, la elección más práctica de medio en los casos de autotrasplante sería la solución salina fisiológica o leche, ya que estos productos también han demostrado una excelente supervivencia de las células del LPD¹⁷.

Tejidos blandos

La encía y el periodonto, que constituyen el sellado natural alrededor del diente, protegen el LPD subyacente y el hueso alveolar de la invasión de bacterias de la cavidad oral. El periodonto marginal consta de la parte de la encía que mira hacia el diente (la unión dentogingival) y la cresta alveolar donde se unen la cortical vestibular externa y el hueso alveolar (hueso que recubre el alvéolo). Durante el proceso de ferulización del diente trasplantado o reimplantado, es crucial una adecuada aproximación de los tejidos blandos, una estabilización de la herida, y mantener lo más íntegro posible el periodonto. Sin embargo, durante el procedimiento podemos provocar una laceración gingival extensa o tener la necesidad de levantar un colgajo a espesor total en la zona receptora. En estos casos hay que ser extremadamente cautelosos porque un daño al periostio subyacente o al hueso alveolar podría favorecer una pérdida de inserción y, por consiguiente, una recesión gingival⁴⁹.

La posición del diente donante dentro del alvéolo receptor es un factor clave que tener en cuenta. Si tiene el ápice cerrado, se coloca muy profundo dentro del alvéolo y queda menos de 1 mm de banda de LPD por encima de la cresta alveolar, se va a producir una migración apical del epitelio. El restablecimiento del ancho biológico adecuado se producirá a expensas de la reabsorción del hueso de la cresta alveolar. En cambio, si el diente donante se coloca de forma superficial, se va a producir una inserción larga del tejido conectivo, siempre y cuando exista un tejido gingival adecuado. Sin embargo, esto no es nada deseable, pues una unión conectiva tan larga puede no ser predecible a largo plazo.

La cicatrización ideal de los tejidos blandos se produce cuando la raíz del diente donante de ápice cerrado se coloca dejando una banda de 1 mm de fibras del LPD por encima de cresta alveolar. Para ello es esencial que, tras la sutura, el tejido conectivo quede enfrentado con la banda de 1 mm de LPD. En esta línea, destacamos el artículo escrito por de Freitas Coutinho y cols.⁴⁹ en el que, además de evaluar la tasa de supervivencia de los dientes autotrasplantados, examinaron la estética de los tejidos blandos en pacientes jóvenes. Para ser considerado exitoso, el diente autotrasplantado debía cumplir los siguientes requisitos: asintomático, sin dolor a la palpación ni a la percusión, sin signos de absceso o periodontitis apical, sondaje fisiológico de 3 mm, ausencia de reabsorciones y un desarrollo radicular de al menos 70 %. Después de evaluar 40 dientes, el 30 % obtuvieron una estética excelente, un 35 % buena, un 27,5 % regular y un 7,5 % mala. Estos resultados reafirman que el autotrasplante es un procedimiento válido para reemplazar dientes en el sector anterosuperior con altas tasas de satisfacción estética.

Pulpa y desarrollo radicular

Clásicamente, cuando el clínico realiza un autotrasplante, un reimplante intencional o una extrusión quirúrgica en dientes maduros, se interrumpe el suministro vascular a la HERS de forma irreversible. Es por ello por lo que el tratamiento endodóntico se considera un procedimiento estándar en dientes con raíces completamente desarrolladas para evitar la necrosis pulpar con la subsiguiente inflamación periapical y reabsorción inflamatoria externa. La endodoncia se puede realizar, según el acceso al diente donante, antes, durante, o dos semanas después de la intervención quirúrgica⁵⁰. En cambio, estos mismos procedimientos en dientes inmaduros solo producen necrosis

a una pequeña parte apical del tejido pulpar⁵¹⁻⁵³. De hecho, está documentado que la revascularización empieza a partir del cuarto día mediante un crecimiento de vasos sanguíneos en su interior. Por tanto, es esperable y deseable una regeneración pulpar cuando reimplantamos y trasplantamos dientes inmaduros. Pero ¿dónde está el límite? Es decir, ¿a partir de qué diámetro apical podemos considerar que estamos ante un ápice abierto? El momento óptimo para un autotrasplante es cuando la formación radicular se encuentra entre 2/3 y 3/4 de la longitud del diente, lo que disminuye considerablemente el riesgo de reabsorción radicular y permite una revascularización pulpar.

Andreasen y cols. observaron que cuando el diámetro apical era superior a 1 mm se podía producir revascularización del diente autotrasplantado¹⁴. En la literatura, este concepto es compartido por otros autores como Marques-Ferreira y cols.⁵³, quienes observaron que se puede lograr la revascularización cuando la raíz es más corta de 8,07 mm y el diámetro del foramen apical es mayor de 1 mm. En este sentido, otros autores como Iohara y cols.⁵⁴, Laureys y cols.⁵⁵ y Fang y cols.⁵⁶ van aún más allá, y exponen que se puede lograr una revascularización incluso con forámenes inferiores a 1 mm. A partir de estos resultados, diversos clínicos han intentado “convertir” un diente donante con ápice cerrado en un diente con ápice abierto, y de este modo evitar el tratamiento endodóntico. Skoglund y cols.^{51,52} observaron revascularización pulpar cuando agrandaron el foramen apical mediante apicectomía en dientes con ápices cerrados. *En el Capítulo 4 se aborda en profundidad la técnica de la fractura frágil que intenta recolectar el mayor número de células madre de la pulpa dental (en inglés, dental pulp stem cells; DPSC) y así promover la revascularización pulpar.*

En los casos que conseguimos una revascularización del diente donante es muy habitual que se produzca una obliteración del conducto radicular, también llamada metamorfosis calcificante. Abd-Elmeguid y cols.⁵⁷ encontraron que esta obliteración ascendía hasta el 96 % de los dientes donantes con ápice abierto. Según los autores, la obliteración empieza pronto tras el trasplante, aproximadamente a partir de los 3 meses y con un tiempo medio de desarrollo de 9,5 meses. Se desconoce el mecanismo exacto de la obliteración del conducto, pero se cree que está relacionado con un daño al suministro neurovascular de la pulpa en el momento de la extracción. La obliteración pulpar parcial o completa es un signo de vitalidad pulpar, es decir, un mecanismo de curación del complejo dentinopulpar⁵⁸. Aunque sea muy poco probable, el clínico deberá realizar un seguimiento clínico y radiográfico para descartar la aparición de una periodontitis apical.

Mecanismo de reabsorción

Reabsorción superficial externa

La reabsorción superficial externa (📷 1.17) representa la respuesta de curación a una lesión localizada en el algún punto del LPD. Este tipo de reabsorción empieza por un sangrado y un edema del LPD que, a su vez, da lugar a un área de presión localizada. Los macrófagos y los osteoclastos reabsorben el cemento adyacente al LPD dañado, provocando una cavidad en forma de medialuna en la superficie de la raíz. Si los túbulos dentinarios subyacentes no están expuestos y la capa de cementoblastos está indemne, los cementoblastos revestirán la superficie radicular deteriorada, y la cavidad de reabsorción se reparará con cemento nuevo y con una nueva inserción de fibras de Sharpey.

Hay que destacar que tipo de reabsorciones se caracterizan por ser autolimitantes; es decir, no progresan con el tiempo, ya que son el resultado de una curación favorable²⁸.

Después del proceso de reparación, el clínico observará un LPD con una anchura normal que va redibujando los contornos provocados por el defecto radicular. Sin embargo, si el área del defecto es más grande, existe riesgo de que se produzca una reabsorción externa por sustitución. La superficie radicular dañada se reabsorbe, lo que lleva a la deposición ósea y, finalmente, a la anquilosis. Esta situación, *a priori*, es irreversible y progresiva hasta la pérdida del diente. La velocidad del reemplazo radicular está íntimamente relacionada con la edad del paciente, es decir, cuanto más joven es el paciente, más rápido es el proceso.

Reabsorción inflamatoria externa

La reabsorción inflamatoria externa (📷 1.18) es el resultado de una lesión combinada de la pulpa y el LPD, en la que las bacterias ubicadas en el conducto radicular y los túbulos dentinarios inician una actividad osteoclástica en la superficie radicular (CASO CLÍNICO 1.3). Por tanto, para que se produzca esta reabsorción se deben dar dos condiciones: un sistema de conductos radiculares infectado y un daño mecánico del cemento, ya sea en el momento de la extracción y/o en la manipulación extraoral, que deje los túbulos dentinarios expuestos al LPD y al hueso de alrededor⁵⁹. Este tipo de reabsorción puede afectar a cualquier parte de la raíz y se da con mayor frecuencia en dientes inmaduros, posiblemente por sus paredes dentinarias delgadas y túbulos dentinarios anchos. Radiográficamente, se aprecia una radiotransparencia debido a la presencia de tejido de granulación que afecta al LPD y al hueso adyacentes. Los dientes afectados con una reabsorción inflamatoria no responderán a las pruebas de sensibilidad pulpar y no mostrarán síntomas ni signos, a menos que se produzca una periodontitis o un absceso apical agudo¹⁷.



📷 1.17 Detalle gráfico de una reabsorción superficial externa.

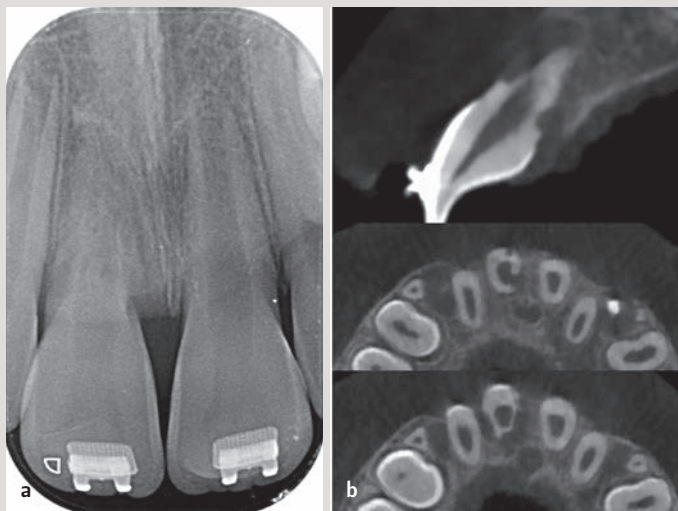


📷 1.18 Detalle gráfico de una reabsorción inflamatoria externa.

Una inflamación sostenida en el LPD da como resultado la continuación del proceso osteoclástico, lo que conduce a la reabsorción de la estructura radicular junto con la reabsorción de la lámina dura y del hueso alveolar adyacente. Sin embargo, esta patología es totalmente reversible si se eliminan las bacterias del sistema de conductos. Algunos estudios recomiendan un medicamento intraconducto con corticosteroides y antibióticos para prevenir y controlar la reabsorción inflamatoria externa⁵⁹. En dientes inmaduros, el clínico puede optar por un procedimiento de regeneración pulpar o una apicoformación con algún cemento a base de silicato de calcio. Si el procedimiento es exitoso, la cavidad de la reabsorción se va a rellenar con cemento o hueso, según el tipo de células ubicadas en el sitio de la reabsorción.

CASO CLÍNICO 1.3

Avulsión de incisivo central superior izquierdo



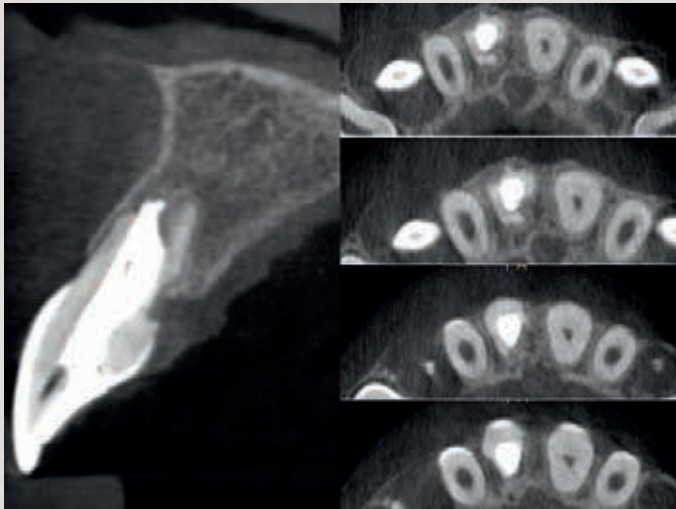
Q 1.19 Reimplante de incisivo central superior izquierdo (1.1.) tras avulsión de 2 horas en medio húmedo. Paciente con molestias a la palpación y a la masticación. a) Radiografía periapical inicial. b) Presencia de reabsorción inflamatoria externa tras evaluación de la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC).

Q 1.21 Control al año. a) Aspecto clínico con crecimiento normal del diente. b) Reparación de la reabsorción inflamatoria externa y presencia del LPD.

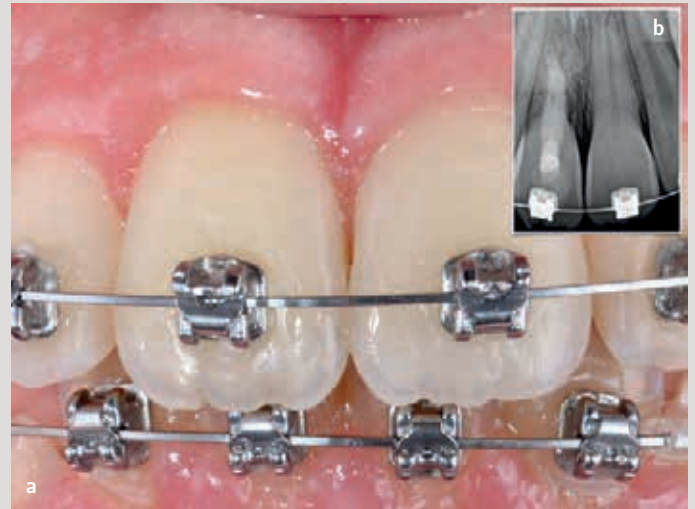


Q 1.20 Tratamiento endodóntico mediante apicoformación con cemento de silicato de calcio. a) Aspecto radiográfico final. b) Detalle del cemento hidráulico utilizado para frenar la reabsorción inflamatoria externa.





Q 1.22 Control mediante TCHC al año y medio. Nótese la presencia del LPD y el freno de la reabsorción inflamatoria.



Q 1.23 Inicio del tratamiento ortodóntico. a) Imagen clínica. b) Radiografía correspondiente.

Reabsorción externa por sustitución

Si durante el periodo extraoral, el diente trasplantado o reimplantado se ha almacenado en un medio inadecuado durante un largo periodo de tiempo o se ha extraído de forma traumática, el LPD tiene altas posibilidades de necrosarse. En consecuencia, no se va a producir una cicatrización normal de este y se va a promover un crecimiento óseo, de forma que el diente se reemplazará gradualmente por hueso^{60,61}. Esta remodelación de tejido óseo es continua e irreversible. Cuando se produce el contacto entre el LPD necrótico o perdido y el hueso, el cemento y la dentina contribuyen al proceso de remodelación ósea, y la reabsorción radicular y la aposición ósea ocurren simultáneamente en la superficie radicular. Este tipo de reabsorción se denomina anquilosis o reabsorción de reemplazo o por sustitución (📺 1.24). La anquilosis casi siempre es progresiva y es probable que, con el tiempo, reemplace el diente con hueso, lo que puede resultar en la pérdida final del diente afectado. Sin embargo, este tipo de reabsorción se ha minimizado drásticamente en los últimos años gracias al flujo digital.

La tasa de reabsorción radicular progresa a diferentes ritmos según el crecimiento esquelético del paciente. Normalmente, la velocidad de esta reabsorción es superior en pacientes jóvenes y más baja en el paciente adulto. El tiempo medio de reabsorción por sustitución para un diente reimplantado oscila entre 3 y 7 años en individuos jóvenes. En pacientes mayores estos dientes pueden ser funcionales durante décadas lo que permite que una vez se tenga que sustituir por un implante, el clínico dispondrá de hueso suficiente para su colocación.

El clínico detecta el primer signo de un diente anquilosado mediante una percusión metálica, seguido de movilidad reducida, reabsorción de reemplazo e infraposición gradual en individuos en crecimiento⁵⁶. El infraposicionamiento resulta de la detención local del crecimiento del hueso alveolar circundante simultáneamente con



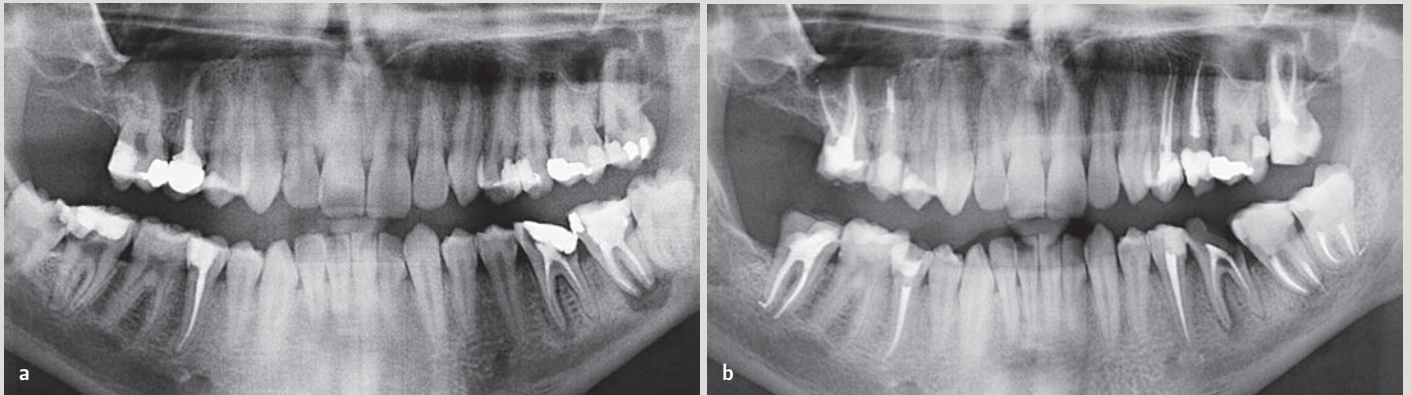
1.24 Detalle gráfico de una reabsorción externa por sustitución.

el crecimiento esquelético continuo del individuo. Este proceso avanza de manera irreversible y actualmente no hay medios para detenerlo. En consecuencia, el infraposicionamiento conduce a un efecto dentogingival antiestético y agrava la futura rehabilitación protésica.

Sin embargo, en algunos casos puede ocurrir un fenómeno conocido como anquilosis parcial. Es difícil de detectar, ya que algunos de estos dientes afectados presentan cierta movilidad y responden de forma normal a la prueba de percusión. Por esta razón, la evaluación radiográfica a largo plazo es la única forma de determinar si una anquilosis parcial evolucionará hacia una reabsorción de reemplazo total o si sanará con una nueva inserción. Finalmente, otro fenómeno que ocasionalmente se puede observar es la presencia de ambas reabsorciones (inflamatoria externa y de reemplazo) coexistiendo de forma simultánea. Cuando el clínico se enfrente a este tipo de situaciones, se recomienda la extracción del diente afectado (**CASO CLÍNICO 1.4**).

CASO CLÍNICO 1.4

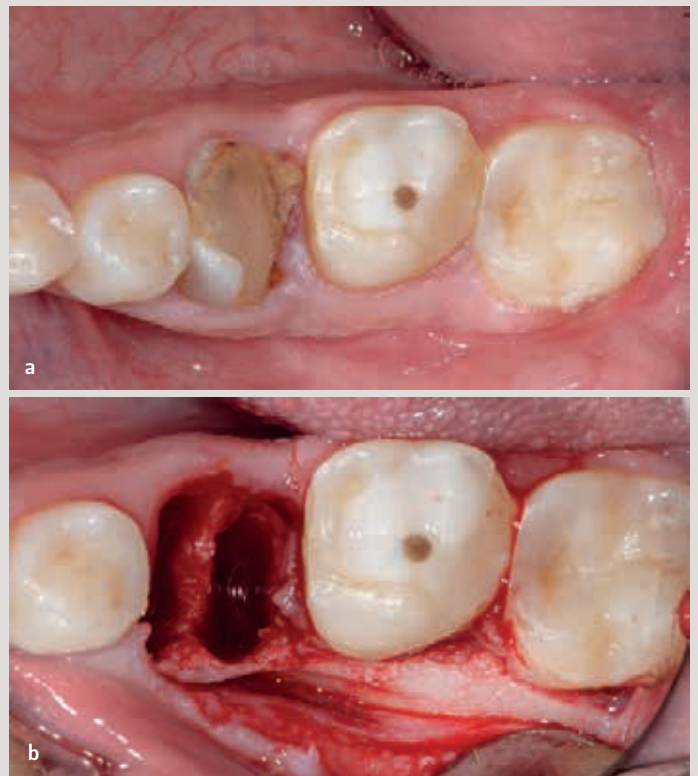
Paciente con múltiples caries y problemas endodónticos



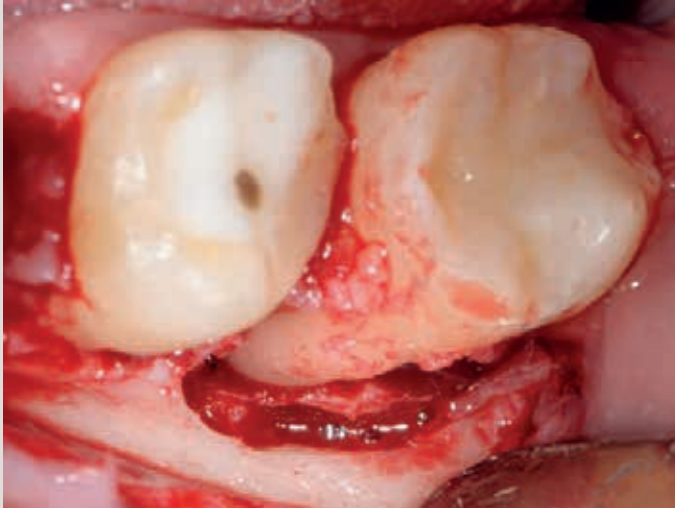
Q 1.25 Imágenes radiográficas. a) Situación inicial y planificación de autotrasplante de diente 3.8 (maduro) en posición de 3.6 no restaurable. b) Situación tras los tratamientos endodónticos de los dientes 3.8 (donante), 3.7, 3.5 y 4.7.



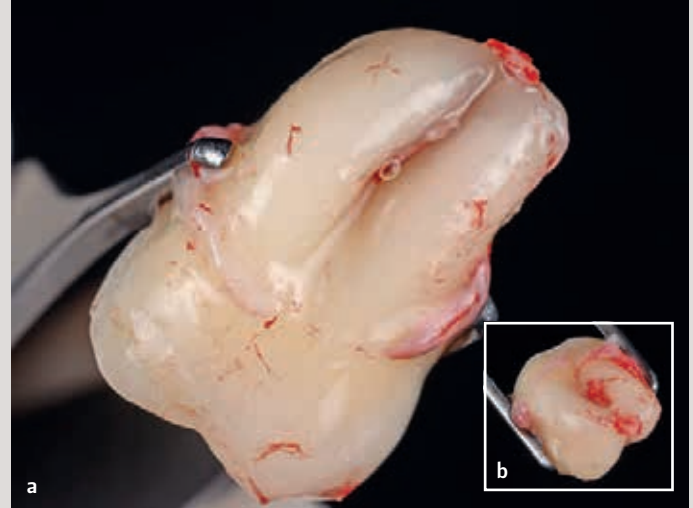
Q 1.26 Aspecto inicial. a) Visión oclusal. b) Visión vestibular.



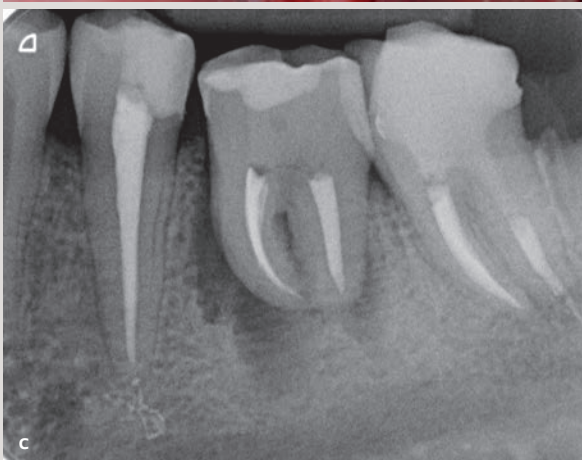
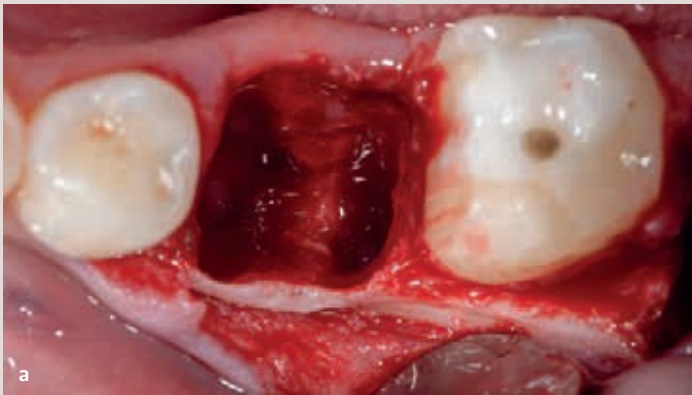
Q 1.27 Secuencia de extracción del diente 3.6. a) Imagen de la estructura dental remanente previa a la extracción. b) Lecho alveolar tras extracción del diente 3.6.



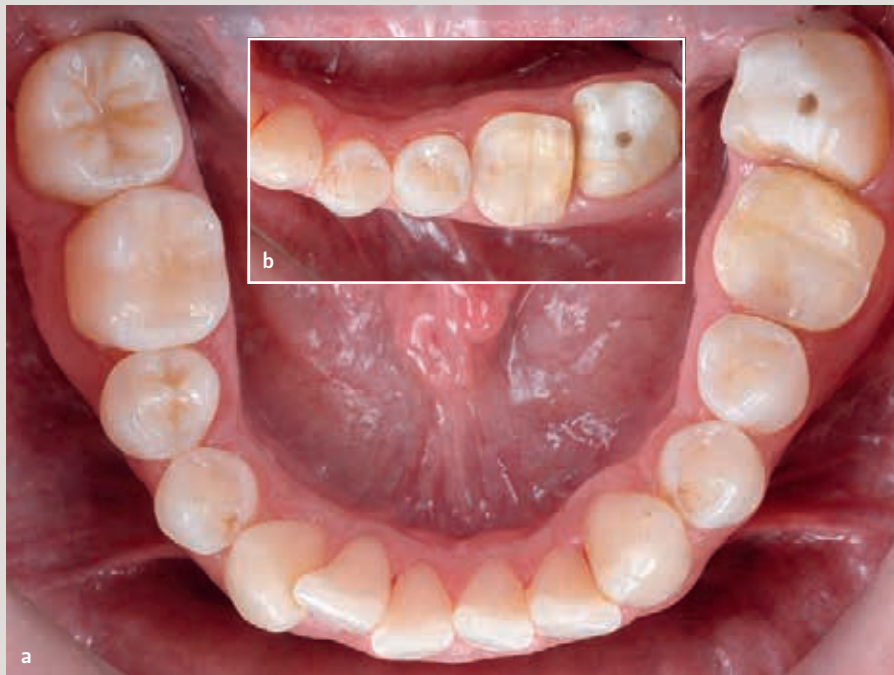
Q 1.28 Para facilitar la extracción atraumática del diente 3.8, se realizó una leve osteotomía en su cara vestibular.



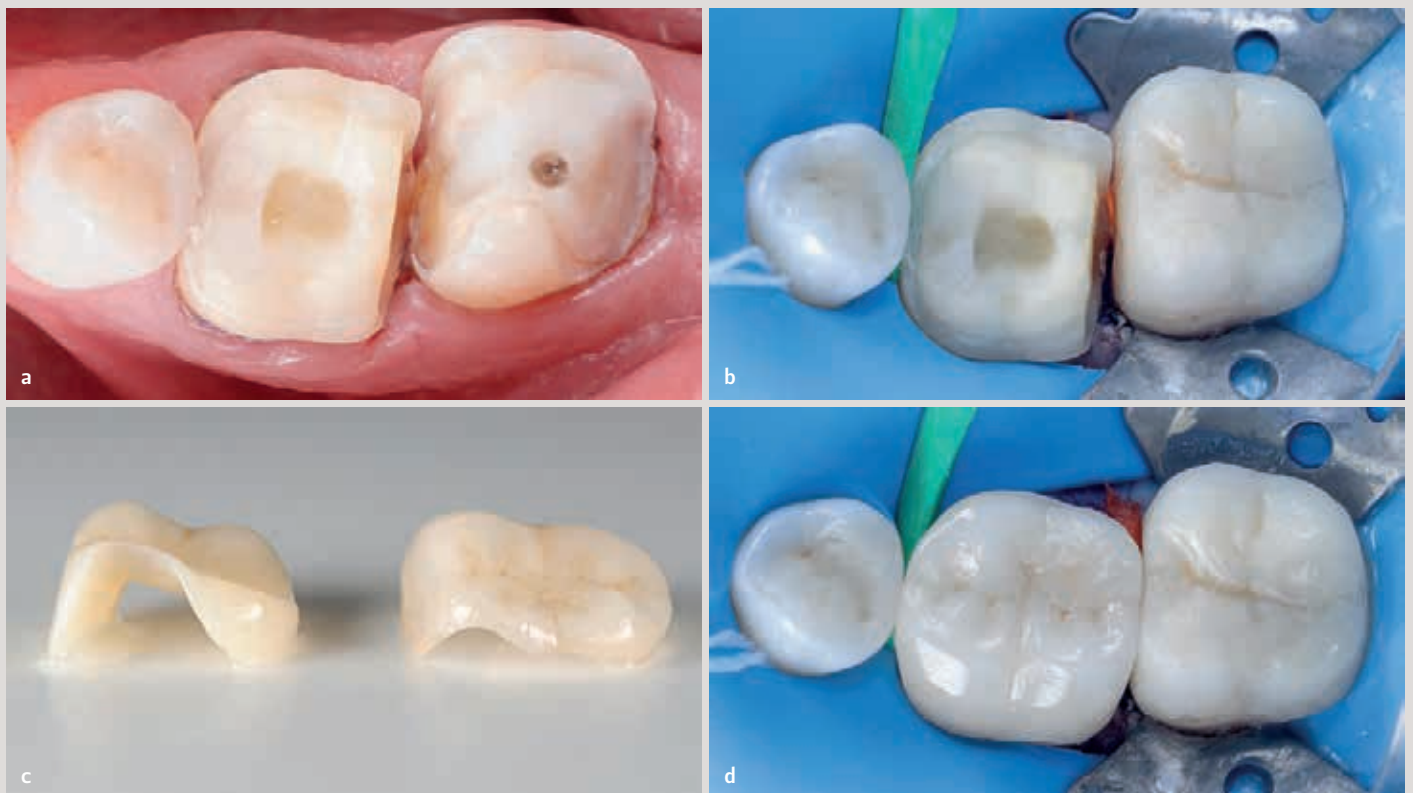
Q 1.29 Extracción atraumática del diente 3.8. Nótese la presencia de LPD alrededor de la superficie radicular.



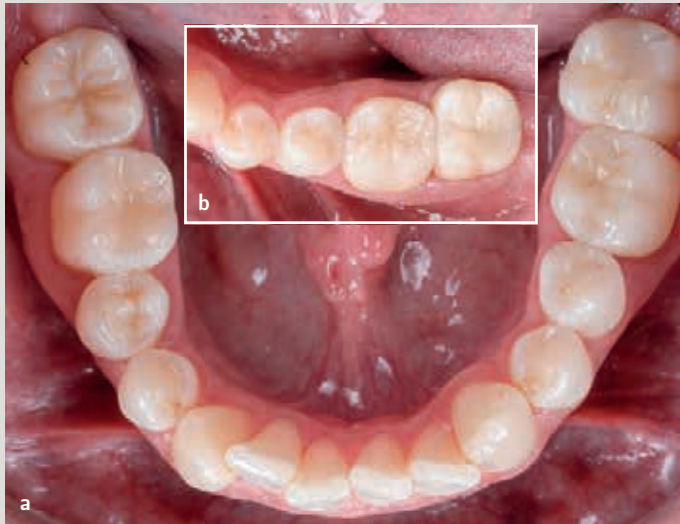
Q 1.30 Secuencia quirúrgica. a) Modificación del alvéolo receptor a mano alzada utilizando el mismo donante para su comprobación. b) Diente donante en el alvéolo receptor. c) Comprobación radiográfica del diente donante. d) Estabilización mediante suturas.



Q 1.31 Control a los 3 meses.



Q 1.32 Secuencia de la cementación de las restauraciones adhesivas indirectas. a) Preparación de los dientes 3.6 (autotrasplantado) y 3.7. b) Aislamiento absoluto del campo operatorio. c) Incrustaciones tipo *onlay* de disilicato de litio. d) Cementación de ambas restauraciones.



Q 1.33 Control a la semana después de la colocación de las restauraciones.



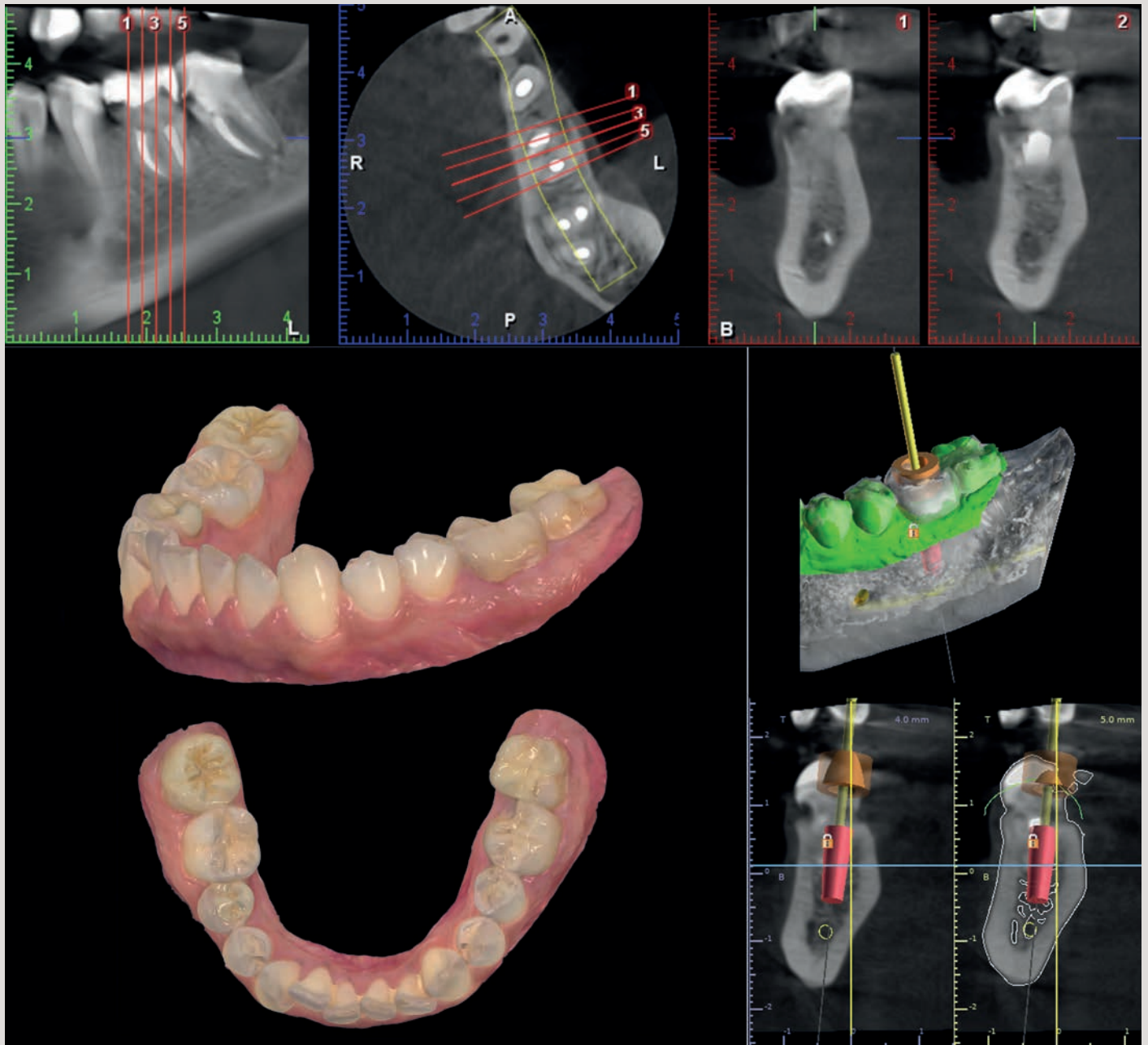
Q 1.35 Control 8 años tras el autotrasplante. a) Reabsorción inflamatoria externa no restaurable en el diente autotrasplantado. b) Cara oclusal.



Q 1.34 Control un año después del autotrasplante. Paciente asintomático. a) Visión vestibular de la zona intervenida. Obsérvese la buena integración de las restauraciones. b) Ausencia de lesiones apicales y reabsorciones. El LPD del diente autotrasplantado parece adecuado. c) Visión oclusal.



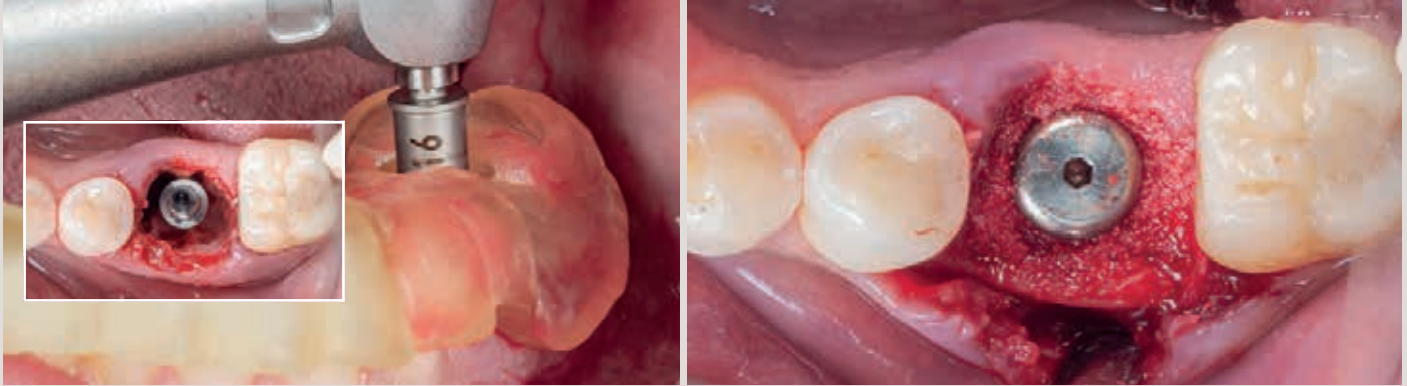
Q 1.36 Fractura de la cúspide lingual como resultado de la reabsorción inflamatoria externa.



1.37 Planificación digital de la colocación de un implante simultáneo a la extracción del diente autotrasplantado.



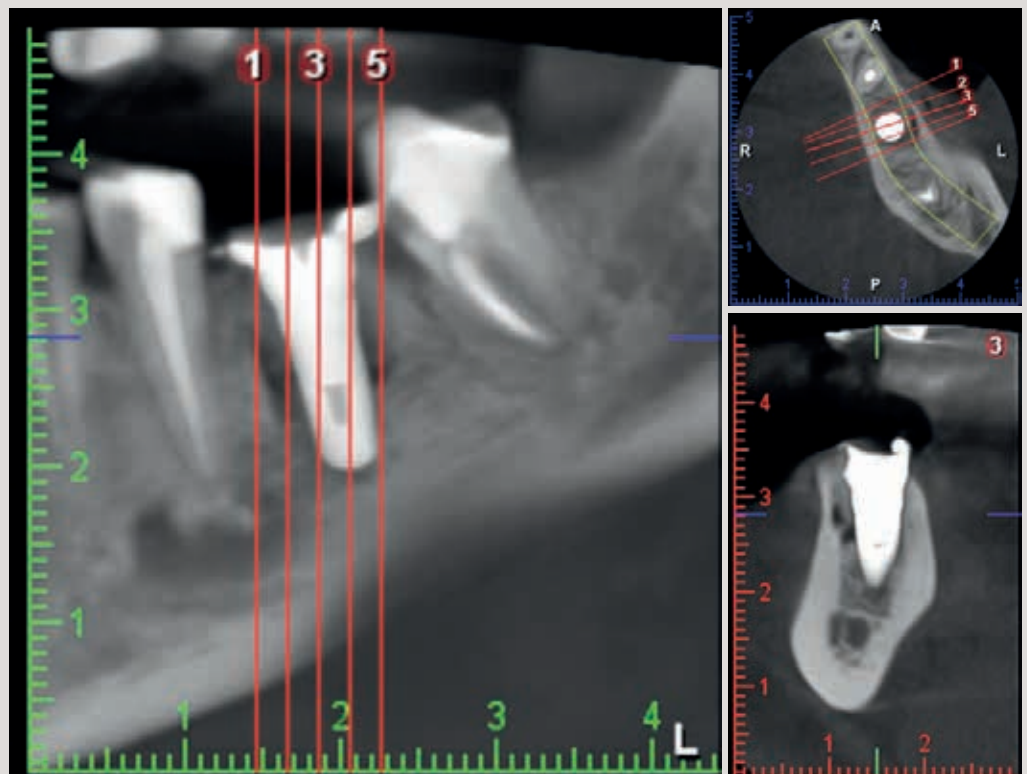
1.38 Elaboración del lecho implantario.



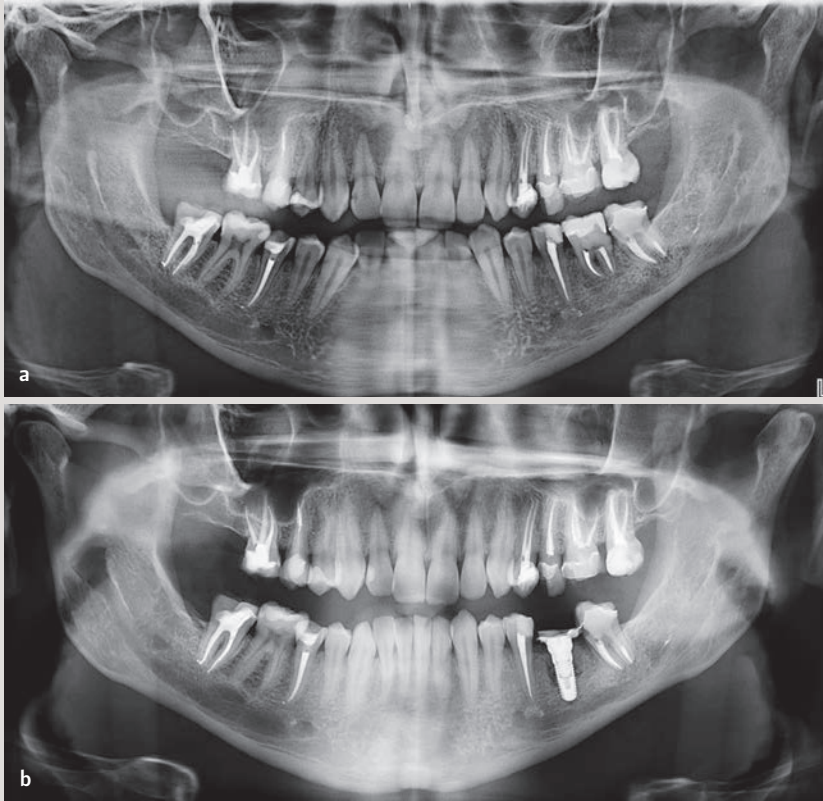
Q 1.39 Colocación de un implante Camlog Screwline Implant Promote 5.0 × 11 mm 8 años después del autotrasplante.



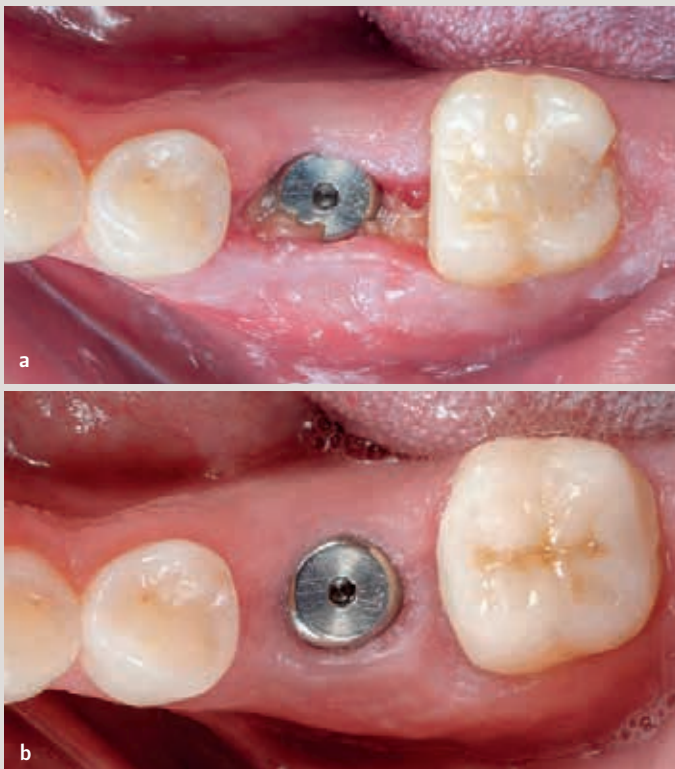
Q 1.40 Preservación alveolar con uso de biomaterial tipo xenoinjerto.



Q 1.41 Control 3D de la posición final del implante.



Q 1.42 Radiografías comparativas. a) Radiografía panorámica previa. b) Radiografía panorámica tras la extracción del diente autotrasplantado y la colocación del implante inmediato.



Q 1.43 Controles. a) Control de la cicatrización a los 10 días. b) Control a los 4 meses.



Q 1.44 Control de la rehabilitación de la corona con Circonio Natura Dmax. a) Visión vestibular. b) Visión oclusal.

CONCLUSIONES

Actualmente, la extrusión quirúrgica, el reimplante intencional y el autotrasplante son soluciones terapéuticas altamente predecibles. El clínico debe considerar y dominar estas opciones de tratamiento ya que son alternativas mínimamente invasivas a la extracción y colocación de implantes o prótesis convencionales. El éxito de estas tres técnicas pasa esencialmente por la preservación del LPD. Un daño extenso y masivo del LPD provocará una patología casi totalmente irreversible (reabsorción externa por sustitución) que conducirá finalmente a la pérdida del diente. Sin embargo, el clínico puede utilizar este escenario *a priori* tan negativo para su beneficio. Como la principal consecuencia de una reabsorción externa por sustitución es la presencia de una mayor cantidad de hueso en el alvéolo, el clínico podrá reemplazar el diente afectado mediante un implante de forma sencilla y predecible.

BIBLIOGRAFÍA

- Natiella JR, Armitage JE, Greene GW. The replantation and transplantation of teeth. A review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1970;29:397-419.
- Sugai T, Yoshizawa M, Kobayashi T, Ono K, Takagi R, Kitamura N, Okiji T, Saito C. Clinical study on prognostic factors for autotransplantation of teeth with complete root formation. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2010;39:1193-203.
- Plotino G, Abella Sans F, Duggal MS, Grande NM, Krastl G, Nagendrababu V, Gambarini G. Present status and future directions: Surgical extrusion, intentional replantation and tooth autotransplantation. *Int Endod J.* 2022;55 Suppl 3:827-42.
- Plotino G, Abella Sans F, Duggal MS, Grande NM, Krastl G, Nagendrababu V, Gambarini G. European Society of Endodontology position statement: Surgical extrusion, intentional replantation and tooth autotransplantation: European Society of Endodontology developed by. *Int Endod J.* 2021;54:655-9.
- Tsukiboshi M, Yamauchi N, Tsukiboshi Y. Long-term outcomes of autotransplantation of teeth: A case series. *Dent Traumatol.* 2019;35:358-67.
- Llaquet M, Pascual A, Muñoz-Peñalver J, Abella Sans F. Periodontal and periapical outcomes of surgical extrusion: a prospective clinical volumetric study. *J Endod.* 2022;48:213-22.
- Plotino G, Abella Sans F, Bastos JV, Nagendrababu V. Effectiveness of intentional replantation in managing teeth with apical periodontitis: A systematic review. *Int Endod J.* 2022. Epub ahead of print.
- Plotino G, Abella Sans F, Duggal MS, Grande NM, Krastl G, Nagendrababu V, Gambarini G. Clinical procedures and outcome of surgical extrusion, intentional replantation and tooth autotransplantation - a narrative review. *Int Endod J.* 2020;53:1636-52.
- Cohen AS, Shen TC, Pogrel MA. Transplanting teeth successfully: autografts and allografts that work. *J Am Dent Assoc.* 1995;126:481-5.
- Salomon O. Replantation, Transplantation and Implantation. *Am J Dent Sci.* 1869;3:113-6.
- Guerini V. A Successful Root Implantation. *Dent Regist.* 1913;67:188-191.
- Hale ML. Autogenous transplants. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1956;9:76-83.
- Andreasen JO, Paulsen HU, Yu Z, Ahlquist R, Bayer T, Schwartz O. A long-term study of 370 autotransplanted premolars. Part I. Surgical procedures and standardized techniques for monitoring healing. *Eur J Orthod.* 1990;12:3-13.
- Andreasen JO, Paulsen HU, Yu Z, Bayer T, Schwartz O. A long-term study of 370 autotransplanted premolars. Part II. Tooth survival and pulp healing subsequent to transplantation. *Eur J Orthod.* 1990;12:14-24.
- Andreasen JO, Paulsen HU, Yu Z, Schwartz O. A long-term study of 370 autotransplanted premolars. Part III. Periodontal healing subsequent to transplantation. *Eur J Orthod.* 1990;12:25-37.
- Andreasen JO, Paulsen HU, Yu Z, Bayer T. A long-term study of 370 autotransplanted premolars. Part IV. Root development subsequent to transplantation. *Eur J Orthod.* 1990;12:38-50.
- Tsukiboshi M. Autotransplantation of teeth: requirements for predictable success. *Dent Traumatol.* 2002;18:157-80.
- Abella Sans F, Ribas F, Doria G, Roig M, Durán-Sindreu F. Guided tooth autotransplantation in edentulous areas post-orthodontic treatment. *J Esthet Restor Dent.* 2021;33:685-91.
- Gómez Meda R, Abella Sans F, Esquivel J, Zufía J. Impacted maxillary canine with curved apex: three-dimensional guided protocol for autotransplantation. *J Endod.* 2022;48:379-87.

20. Armstrong L, O'Reilly C, Ahmed B. Autotransplantation of third molars: a literature review and preliminary protocols. *Br Dent J*. 2020;228:247–51.
21. Aoyama S, Yoshizawa M, Niimi K, Sugai T, Kitamura N, Saito C. Prognostic factors for autotransplantation of teeth with complete root formation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2012;114:S216–28.
22. Zufía J, Abella F, Trebol I, Gómez-Meda R. Autotransplantation of mandibular third molar with buccal cortical plate to replace vertically fractured mandibular second molar: a novel technique. *J Endod*. 2017;43:1574–8.
23. Andreasen JO, Borum MK, Jacobsen HL, Andreasen FM. Replantation of 400 avulsed permanent incisors. 4. Factors related to periodontal ligament healing. *Endod Dent Traumatol*. 1995;11:76–89.
24. Kinirons MJ, Gregg TA, Welbury RR, Cole BO. Variations in the presenting and treatment features in reimplanted permanent incisors in children and their effect on the prevalence of root resorption. *Br Dent J*. 2000;189:263–6.
25. Andersson L, Andreasen JO, Day P, Heithersay G, Trope M, Diangelis AJ, et al. International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 2. Avulsion of permanent teeth. *Dent Traumatol*. 2012;28:88–96.
26. Fouad AF, Abbott PV, Tsilingaridis G, Cohenca N, Lauridsen E, Bourguignon C, O'Connell A, Flores MT, Day PF, Hicks L, Andreasen JO, Cehreli ZC, Harlamb S, Kahler B, Oginni A, Semper M, Levin L. International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 2. Avulsion of permanent teeth. *Dent Traumatol*. 2020;36:331–42.
27. Andreasen JO. Effect of extra-alveolar period and storage media upon periodontal and pulpal healing after replantation of mature permanent incisors in monkeys. *Int J Oral Surg*. 1981;10:43–53.
28. Yu CY, Abbott PV. Responses of the pulp, periradicular and soft tissues following trauma to the permanent teeth. *Aust Dent J*. 2016;61 Suppl 1:39–58.
29. Tsukiboshi M. Autotransplantation of teeth. Chicago, IL: Quintessence Pub Co; 2001.
30. Kafourou V, Tong HJ, Day P, Houghton N, Spencer RJ, Duggal M. Outcomes and prognostic factors that influence the success of tooth autotransplantation in children and adolescents. *Dent Traumatol*. 2017;33:393–9.
31. Bright R, Hynes K, Gronthos S, Bartold PM. Periodontal ligament-derived cells for periodontal regeneration in animal models: a systematic review. *J Periodontol Res*. 2015;50:160–72.
32. Tassi SA, Sergio NZ, Misawa MYO, Villar CC. Efficacy of stem cells on periodontal regeneration: Systematic review of pre-clinical studies. *J Periodontol Res*. 2017;52:793–812.
33. Lu H, Xie C, Zhao YM, Chen FM. Translational research and therapeutic applications of stem cell transplantation in periodontal regenerative medicine. *Cell Transplant*. 2013;22:205–29.
34. Chen FM, Sun HH, Lu H, Yu Q. Stem cell-delivery therapeutics for periodontal tissue regeneration. *Biomaterials*. 2012;33:6320–44.
35. Lin NH, Gronthos S, Mark BP. Stem cells and future periodontal regeneration. *Periodontol 2000*. 2009;51:239–51.
36. Bartold PM, McCulloch CA, Narayanan AS, Pitaru S. Tissue engineering: a new paradigm for periodontal regeneration based on molecular and cell biology. *Periodontol 2000*. 2000;24:253–69.
37. Catón J, Bostanci N, Remboutsika E, De Bari C, Mitsiadis TA. Future dentistry: cell therapy meets tooth and periodontal repair and regeneration. *J Cell Mol Med*. 2011;15:1054–65.
38. Garcia A, Saffar JL. Bone reactions around transplanted roots. A 5-month quantitative study in dogs. *J Clin Periodontol*. 1990;17:211–6.
39. Lekic P, Rojas J, Birek C, Tenenbaum H, McCulloch CA. Phenotypic comparison of periodontal ligament cells in vivo and in vitro. *J Periodontol Res*. 2001;36:71–9.
40. Ogata Y, Niisato N, Sakurai T, Furuyama S, Sugiyama H. Comparison of the characteristics of human gingival fibroblasts and periodontal ligament cells. *J Periodontol*. 1995;66:1025–31.
41. Kim S, Lee SJ, Shin Y, Kim E. Vertical bone growth after autotransplantation of mature third molars: 2 case reports with long-term follow-up. *J Endod*. 2015;41:1371–4.
42. Hosoya A, Ninomiya T, Hiraga T, Zhao C, Yoshida K, Yoshida N, Takahashi M, Okabe T, Wakitani S, Yamada H, Kasahara E, Ozawa H, Nakamura H. Alveolar bone regeneration of subcutaneously transplanted rat molar. *Bone*. 2008;42:350–7.
43. Hiraga T, Ninomiya T, Hosoya A, Takahashi M, Nakamura H. Formation of bone-like mineralized matrix by periodontal ligament cells in vivo: a morphological study in rats. *J Bone Miner Metab*. 2009;27:149–57.
44. Cross D, El-Angbawi A, McLaughlin P, Keightley A, Brocklebank L, Whitters J, McKerlie R, Cross L, Welbury R. Developments in autotransplantation of teeth. *Surgeon*. 2013;11:49–55.
45. Imazato S, Fukunishi K. Potential efficacy of GTR and autogenous bone graft for autotransplantation to recipient sites with osseous defects: evaluation by re-entry procedure. *Dent Traumatol*. 2004;20:42–7.
46. Yu HJ, Jia P, Lv Z, Qiu LX. Autotransplantation of third molars with completely formed roots into surgically created sockets and fresh extraction sockets: a 10-year comparative study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2017;46:531–8.
47. Khademi AA, Saei S, Mohajeri MR, et al. A new storage medium for an avulsed tooth. *J Contemp Dent Pract*. 2008;9:025–32.
48. Osmanovic A, Halilovic S, Kurtovic-Kozaric A, Hadziabdic N. Evaluation of periodontal ligament cell viability in different storage media based on human PDL cell culture experiments—a systematic review. *Dent Traumatol*. 2018;34:384–93.
49. de Freitas Coutinho NB, Nunes FC, Gagno Intra JB, Roldi A, de-Jesus-Souares A, Coelho MS, Frozoni M. Success, survival rate, and soft tissue esthetic of tooth autotransplantation. *J Endod*. 2021;47:391–6.
50. Jang Y, Choi YJ, Lee SJ, Roh BD, Park SH, Kim E. Prognostic factors for clinical outcomes in autotransplantation of teeth with complete root formation: survival analysis for up to 12 Years. *J Endod*. 2016;42:198–205.
51. Skoglund A, Hasselgren G, Tronstad L. Oxidoreductase activity in the pulp of replanted and autotransplanted teeth in young dogs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1981;52:205–9.
52. Skoglund A, Tronstad L, Wallenius K. A microangiographic study

- of vascular changes in replanted and autotransplanted teeth of young dogs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1978;45:17-28.
53. Marques-Ferreira M, Rabaça-Botelho MF, Carvalho L, Oliveiros B, Palmeirão-Carrilho EV. Autogenous tooth transplantation: evaluation of pulp tissue regeneration. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2011;16:e984-9.
54. Iohara K, Imabayashi K, Ishizaka R, Watanabe A, Nabekura J, Ito M, Matsushita K, Nakamura H, Nakashima M. Complete pulp regeneration after pulpectomy by transplantation of CD105+ stem cells with stromal cell-derived factor-1. *Tissue Eng Part A.* 2011;17:1911-20.
55. Laureys WG, Cuvelier CA, Dermout LR, De Pauw GA. The critical apical diameter to obtain regeneration of the pulp tissue after tooth transplantation, replantation, or regenerative endodontic treatment. *J Endod.* 2013;39:759-63.
56. Fang Y, Wang X, Zhu J, Su C, Yang Y, Meng L. Influence of apical diameter on the outcome of regenerative endodontic treatment in teeth with pulp necrosis: a review. *J Endod.* 2018;44:414-431.
57. Abd-Elmeguid A, ElSalhy M, Yu DC. Pulp canal obliteration after replantation of avulsed immature teeth: a systematic review. *Dent Traumatol.* 2015;31:437-41.
58. McCabe PS, Dummer PM. Pulp canal obliteration: an endodontic diagnosis and treatment challenge. *Int Endod J.* 2012;45:177-97.
59. Abbott PV. Prevention and management of external inflammatory resorption following trauma to teeth. *Aust Dent J.* 2016;61(Suppl 1):82-94.
60. Andreasen JO. Experimental dental traumatology: development of a model for external root resorption. *Endod Dent Traumatol.* 1987;3:269-87.
61. Malmgren B. Ridge preservation/decoronation. *J Endod.* 2013;39:S67-72.