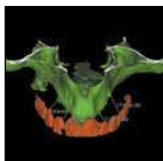


Colocación de implantes asistida por ordenador en la reconstrucción de un maxilar superior con una importante reabsorción: estudio clínico a 5 años



Stephen Barter, BDS, MSurg Dent, RCS¹

Muchos estudios han demostrado el éxito de los implantes colocados en hueso injertado y existe un deseo creciente por simplificar el proceso de tratamiento colocando implantes con un abordaje sin colgajo utilizando la navegación o técnicas de diseño/fabricación asistidas por ordenador. Este artículo describe un estudio preliminar de los procedimientos clínicos y de laboratorio que pueden permitir la colocación de implantes sin colgajo en pacientes tratados previamente con injertos onlay amplios en el maxilar superior con una importante reabsorción, evitando así la exposición secundaria de la zona injertada. Seis pacientes recibieron 39 implantes, con una tasa de supervivencia acumulativa del 97,7 % en un promedio de 48,8 meses; todas las restauraciones protéticas son satisfactorias hasta la fecha. (Rev Int Odontol Restaur Period 2010;14:626–637)

La sustitución de los dientes ausentes mediante implantes dentales es una modalidad terapéutica demostrada y aceptada¹⁻³. Sin embargo, en los pacientes edéntulos con maxilares superiores extremadamente reabsorbidos, a menudo no es posible el tratamiento implantario simple. Muchos de estos pacientes no pueden llevar prótesis de forma satisfactoria, lo que supone una desventaja social y funcional que puede tener un impacto negativo en su calidad de vida⁴. El patrón clase V o VI de Cawood⁵ de pérdida severa de hueso en el maxilar superior, complicado por la presencia de estructuras anatómicas como el canal nasopalatino, la cavidad nasal y el antro maxilar, limita la cantidad de hueso disponible para la colocación satisfactoria del implante. En estos casos se requiere la reconstrucción preliminar del maxilar superior con injerto óseo para permitir la colocación del implante⁶.

El injerto óseo permite el tratamiento satisfactorio de los pacientes que tiempo atrás hubiesen sido considerados inadecuados para el tratamiento implantológico⁷. La eficacia de las técnicas de injerto se describe en la

¹Private Practice, Eastbourne, East Sussex, United Kingdom; Lecturer, Department of Periodontology, UCL Eastman Dental Institute, London, United Kingdom

Correspondencia: Dr. Stephen Barter, Perlan Specialist Dental Centre, Eastbourne, East Sussex, BN21 2AL, United Kingdom; fax: +44 1323 432193; e-mail: sb@perlan.co.uk.

literatura, y fue presentada por primera vez por Boyne y James⁸ como método predecible en el maxilar superior posterior⁹. La combinación de la elevación de seno con un injerto onlay anterior es una estrategia común en reconstrucciones amplias en maxilares superiores con una reabsorción importante¹⁰, y muchos autores han descrito tasas de éxito buenas de los implantes colocados en injertos con elevación de seno¹¹. Hace muchos años se describieron por primera vez varios métodos para el tratamiento de injerto óseo *onlay*¹²⁻¹⁴, pero apenas existen evaluaciones en curso sobre el remodelado de dichos injertos. Un grupo de autores describió resultados a los 2, 5 y 10 años en pacientes tratados con injertos *onlay*, asegurado con la colocación simultánea del implante, que progresaron del 88,3 % al 85,8 % y hasta el 83,1 %¹⁵⁻¹⁷, y revisaron el grado de pérdida ósea alrededor de los implantes. Se han descrito porcentajes de éxito más favorables utilizando implantes arenados y grabados al ácido^{18,19}. Existen evidencias de que las tasas de supervivencia de los implantes colocados en hueso injertado son similares a las descritas en el hueso nativo²⁰.

Se sabe que el hueso extraído de una zona donante intraoral está menos asociado a reabsorción que el hueso ilíaco debido a que los injertos donantes membranosos generalmente revascularizan de forma más rápida que los injertos de hueso endocondral²¹. Los datos objetivos obtenidos por Kusiak y cols.²² demostraron una mejoría de la vascularización de los injertos membranosos y una mejora de la supervivencia. La revasculariza-

ción del injerto se produce a partir del espacio esponjoso y del periostio. La importancia del periostio en la revascularización con injerto óseo y con osteogénesis de distracción se ha descrito con anterioridad²³⁻²⁵. Si bien la aproximación estrecha y la fijación del injerto a la zona receptora sigue siendo de suma importancia, inevitablemente seguirán existiendo espacios y es en estas zonas donde la presencia de periostio es más importante²⁶.

Se han comparado diferentes zonas con respecto a la cantidad, volumen e idoneidad del hueso que puede extraerse para facilitar la colocación del implante²⁷. Se sabe que el hueso de la cresta ilíaca se reabsorbe rápidamente, de manera que se han utilizado otras zonas como el cráneo o la sínfisis mandibular²⁸. No obstante, se ha demostrado en estudios experimentales que todos los tipos de injertos óseos, tanto intramembranosos como osteocondral, pueden presentar una reabsorción significativa de forma impredecible cuando se utilizan como injertos *onlay*²⁹⁻³¹. El levantamiento del periostio a partir del hueso en un colgajo mucoperiostico de espesor total generalmente causa cierta pérdida ósea³². Se ha demostrado que el periostio desempeñaría un papel primordial en los primeros estadios de la osteogénesis en el maxilar inferior de las ratas³³. Además se ha demostrado en cirugía ortopédica que el periostio contribuye a la perfusión ósea y que es importante para preservar esta fuente en fracturas en las que el aporte sanguíneo está comprometido de forma significativa³⁴. Por lo tanto, puede ser ventajoso mantener el periostio intacto en casos de injertos alveolares

amplios para evitar una mayor reabsorción ósea como consecuencia del traumatismo quirúrgico. Esto ha llevado a que la colocación de los implantes se realice sin la utilización de colgajo.

La colocación de implantes sin colgajo en el maxilar superior ya ha demostrado ser factible cuando se utilizan férulas quirúrgicas de forma precisa^{35,36}, pero se requiere el uso de tomografía computarizada (TC) para planificar la colocación del implante. Sin embargo, la dosis de radiación es significativamente más elevada en comparación con las técnicas radiológicas convencionales y esto comporta un riesgo hipotético de mortalidad^{37,38}. Así pues, es necesario considerar el cociente riesgo/beneficio para el paciente. Se han sugerido recomendaciones específicas para varias situaciones clínicas³⁹, y existen requerimientos para la prescripción y administración de exámenes que requieren la exposición a radiaciones ionizantes^{40,41}. Las técnicas de imagen simples siguen siendo adecuadas en la mayoría de las situaciones y ofrecen un grado satisfactorio de exactitud en la planificación de implantes estándar con una dosis de radiación significativamente baja⁴². Si bien cada vez es más fácil disponer de las nuevas técnicas de imagen, como la tomografía volumétrica digital de colimación cónica, es importante reservar los procedimientos de imagen avanzados para aquellas situaciones en las que existe un efecto beneficioso claro para el paciente al utilizar la información tridimensional (3D), y eso supone transferir de forma exacta la información a la

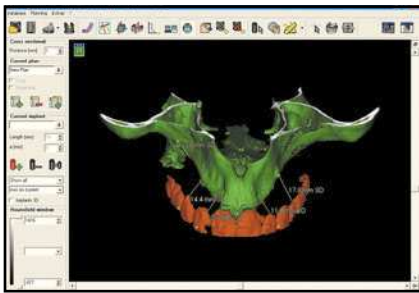


Figura 1 Modelo generado por ordenador que muestra el plan terapéutico para un paciente con una amplia reabsorción del maxilar superior.



Figura 2 Plantilla de la TC con dientes radioopacos en las posiciones planificadas para la reconstrucción.



Figura 3 Se colocaron pins de referencia de titanio en la plantilla de la TC en posiciones determinadas para actuar como marcadores.

situación clínica⁴³. Se han descrito técnicas que utilizan modelos estereolitográficos⁴⁴. Sin embargo, las plantillas quirúrgicas producidas gracias a estas técnicas están diseñadas para ser colocadas directamente en la superficie ósea, y requieren el levantamiento de un colgajo perióstico amplio. Esto puede no ser deseable en pacientes con zonas injertadas recientemente debido a la interrupción del aporte sanguíneo perióstico, como se ha mencionado.

El objetivo de este estudio piloto fue examinar el uso de instrumental especial para transferir de forma exacta los datos de los modelos «virtuales» de colocación de implantes, disponibles en los paquetes populares de software de planificación dental, a la situación clínica. El objetivo fue evaluar los procedimientos clínicos que pueden facilitar la colocación de los implantes con tal precisión que estaría indicada una cirugía sin colgajo, evitando así la necesidad de exponer una zona injertada recientemente.

Materiales y métodos

En este estudio se incluyeron 6 pacientes (dos hombres, cuatro mujeres; promedio de edad: 63 años; rango: 54 a 71) con reabsorción importante del maxilar superior que requirieron intervenciones de injerto óseo. Ningún paciente era fumador y no presentaban antecedentes clínicos relevantes. La necesidad de injerto óseo se estableció tras un examen clínico normal y radiografías panorámicas topográficas dentales simples. Por lo tanto, exceptuando un caso extremo (figura 1), no se obtuvieron TC preoperatorias.

Cada paciente fue sometido a un injerto *onlay* bilateral y elevación de seno bajo anestesia general. Se extrajo hueso autógeno formado por material esponjoso y hueso cortical de la cresta ilíaca superior anterior. Se colocaron los injertos en bloque y se realizó la elevación de seno a través de una ventana lateral. Las zonas injertadas se cubrieron con una membrana reabsorbible de colágeno porcino (Bio-

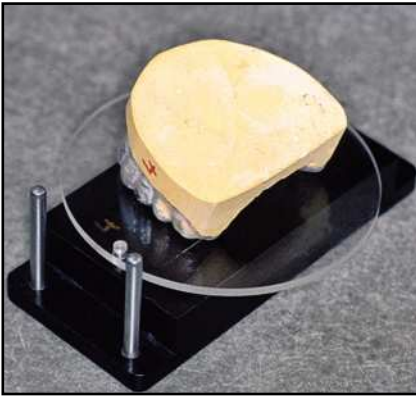


Figura 4 Modelo con la plantilla colocada en la posición cero de la plancha en la mesa GonyX.



Figura 5 Ajuste de la posición de referencia cero.



Figura 6 Se utilizó una plataforma de perforación fija para colocar los pins de referencia y posteriormente situar los tubos guía para colocar los implantes.

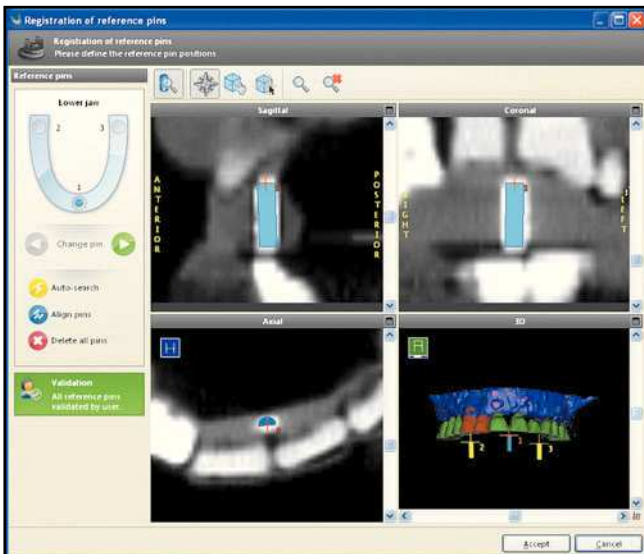


Figura 7 Identificación de los pins de referencia por el software informático.

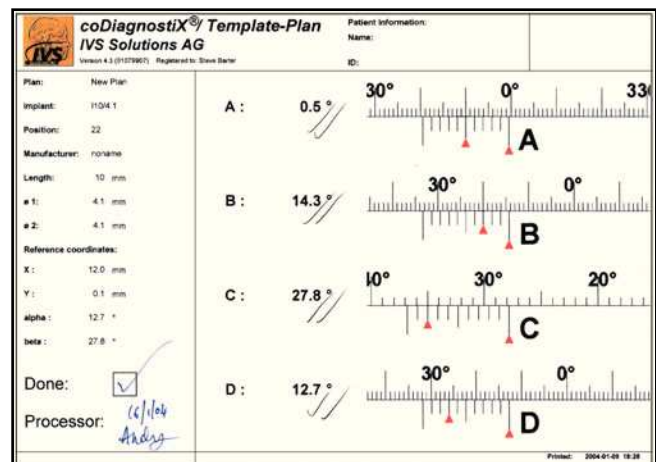


Figura 8 El software informático calculó los datos de la posición detallada para cada implante.

Gide, Geistlich) y se realizó un cierre primario sin tensión. Tres meses después del injerto se obtuvieron imágenes mediante TC. Durante la TC cada paciente llevó una plantilla (figura 2) creada a partir de un modelo de la zona reconstruida con dentición radiopaca (SR Vivo TAC, Ivoclar Vivadent)

en la posición protética correcta. La férula se perforó para mostrar el acceso ideal para la retención mediante tornillos. Se colocaron tres pins de titanio en la placa de base (en la línea media detrás de los incisivos centrales y palatales a cada primer molar) como marcadores de referencia (figura 3).

Estos marcadores de referencia fueron situados según el software utilizado en el estudio (coDiagnostiX, IVS Solutions).

Se utilizó una mesa de coordenadas especializada (GonyX, IVS Solutions) para construir las plantillas para la tomografía con los pins de refe-

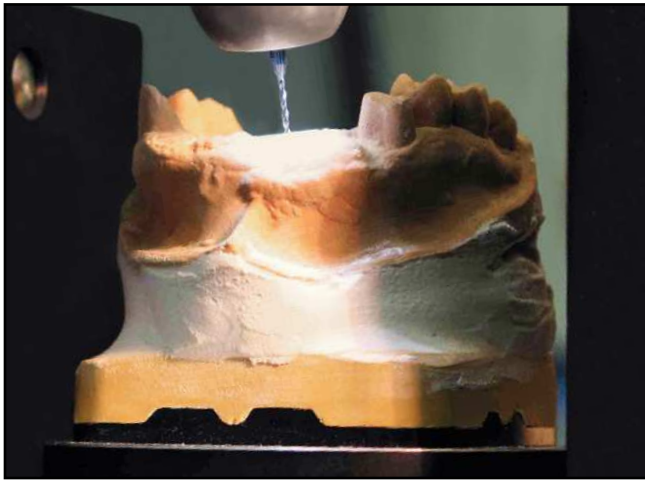


Figura 9 Movimiento de la mesa GonyX para asegurar la orientación espacial correcta de cada pin guía.

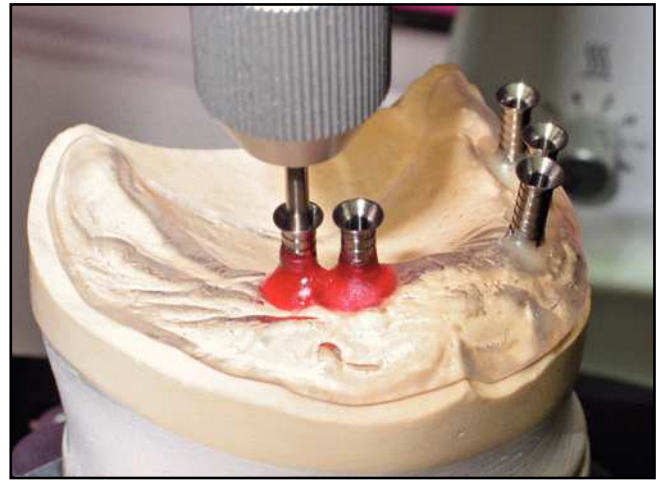
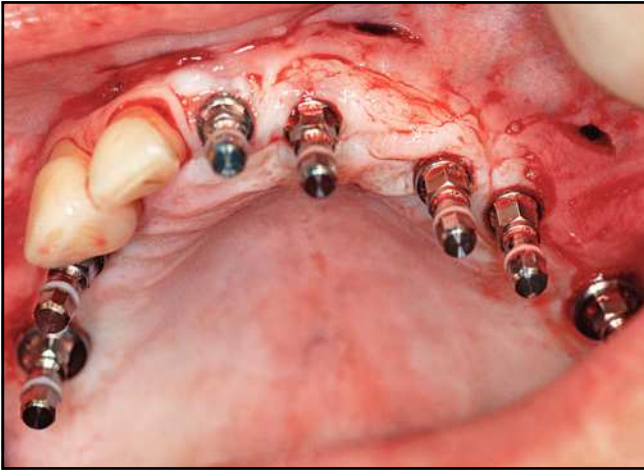


Figura 10 Se colocaron tubos de perforación de titanio sobre los pins guía en el modelo de yeso.

rencia. La plantilla diagnóstica se unió con adhesivo acrílico o de cianoacrilato criocurado a una placa de referencia acrílica prefabricada. Este ensamblaje se colocó en la posición cero de la plancha en la mesa GonyX (figura 4), que se aseguró utilizando una placa base y yeso, estableciendo así una posición cero de referencia (figura 5). La placa de referencia se recortó para que se pudiese llevar durante la TC y se colocaron los pins de referencia en tres zonas utilizando una base de perforación (figura 6). Estos pins fueron identificados en la imagen de la TC por el software (figura 7) y se utilizaron para calcular las coordenadas espaciales de cada implante individual utilizando un software comercial (coDiagnostiX). Se calculó la posición 3D de cada implante y se obtuvo una hoja de planificación detallando las coordenadas espaciales de cada posición implantaria (figura 8). Este dato se envió al técnico, junto con la plantilla de la TC para construir la férula quirúrgica.

Los pins de referencia de titanio se retiraron y se colocó la plantilla de la TC en el modelo, que se ajustó en la mesa GonyX con las escalas a cero y se colocó bajo la máquina perforadora fija (figura 6). La fresadora se situó en el agujero de referencia de la línea media para confirmar que la posición cero estaba ajustada y el brazo de la máquina se fijó en su posición (véase la figura 3). La plantilla de la TC se retiró del modelo y los parámetros de cada hoja de referencia se transfirieron a la mesa GonyX. Esta mesa inclina, ladea y rota el modelo en la orientación espacial correcta para el implante planificado y el modelo se perfora en esa posición (figura 9). Este proceso se repitió en todas las posiciones planificadas para los implantes. Posteriormente se colocaron pins de guía en las zonas perforadas y se colocaron tubos de perforación de titanio sobre los pins de guía hasta que tocaron el modelo de yeso (figura 10). Entonces se preparó la plantilla quirúrgica de forma convencional. Es pre-



Figuras 11a y 11b Colocación de los implantes según el protocolo Straumann estándar.

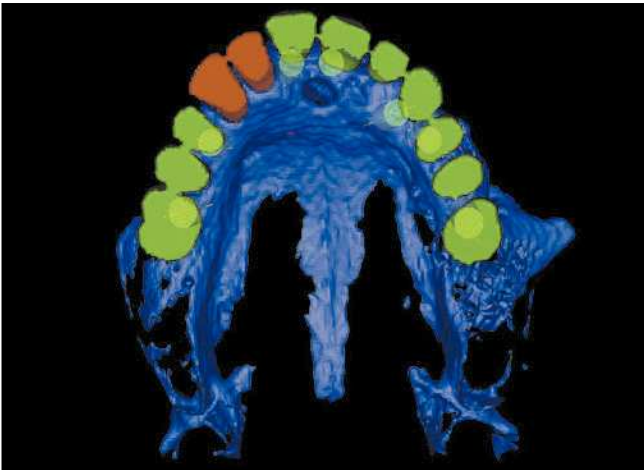


Figura 12 Planificación computarizada de una reconstrucción fija implantosoportada.



Figura 13 Restauración protésica colocada.

ferible utilizar resina acrílica termopolimerizable para fabricar la plantilla y reducir así la contracción y el posible movimiento de los tubos. Las plantillas se estabilizaron en la boca del paciente colocando dos tornillos paramedianos en el paladar, evitando así el movimiento no deseado de la plantilla durante la cirugía, que provocaría una pérdida de precisión. El supuesto grado de precisión de la mesa GonyX

por sí mismo es de 0,1 mm. La precisión del procedimiento completo utilizando la mesa se supone que es de 0,5 mm.

Los implantes se colocaron en un abordaje sin colgajo bajo anestesia local 4-5 meses después del injerto. Se utilizaron pequeñas incisiones para retirar los tornillos óseos. El grosor del tejido blando fue compensado en la profundidad del fresado midiendo

preoperatoriamente a través de la mucosa con una sonda calibrada. Los implantes se colocaron según el protocolo Straumann estandarizado utilizando un abordaje transmucoso (figura 11). No se produjeron cambios en ninguna de las posiciones establecidas para los implantes como consecuencia de hallazgos o complicaciones inesperados. La cicatrización de la herida transcurrió generalmente sin proble-

Tabla 1 Datos demográficos de los pacientes

Paciente	Edad (años)	Sexo	Implantes	Fracasos	Tiempo (meses)	Prótesis
1	63	M	10	0	60	PPF
2	65	H	7	0	60	PPF
3	71	M	4	0	60	SD
4	67	M	6	1	60	SD
5	54	H	8	0	60	PPF
6	59	M	8	0	60	PPF
Total			43	1		

M = mujer; H = hombre; PPF = prótesis parcial fija; SD = sobredentadura.

mas y ningún paciente necesitó analgesia en los días posteriores a la intervención. La única molestia descrita fue la resultante de la presión sobre la mucosa por los pilares de cicatrización en los dos primeros pacientes. En los siguientes pacientes se utilizó un *punch* de biopsia de tamaño pequeño (General Medical) para crear el grado aproximado de descarga mucosa y este problema no volvió a presentarse. Un paciente sufrió una parestesia del nervio cutáneo lateral tras la extracción de hueso de la cresta ilíaca anterior.

Resultados

Se colocaron 43 implantes (Straumann) (promedio por paciente: 6,5). En cuatro pacientes se realizaron restauraciones fijas y en dos se colocaron sobredentaduras superiores implantorretenidas, según el plan pretratamiento (figuras 12 y 13). Un implante no se integró y tuvo que retirarse. En

este caso, la causa del fracaso fue una descarga inadecuada de la prótesis provisional, que provocó una carga prematura. El implante que fracasó fue el situado más distalmente en la arcada. Los resultados mostraron una tasa de supervivencia acumulativa global del 97,7 %, aunque el tamaño de la muestra fue limitado (tabla 1). Todos los implantes planificados se colocaron con éxito utilizando la plantilla quirúrgica como se ha descrito. Se pudieron restaurar todos los implantes supervivientes según el plan protético pre-determinado.

Resultados clínicos

La necesidad de una medición, en cierto modo, del grosor de la mucosa resta mérito a la naturaleza precisa de este procedimiento quirúrgico. En la actualidad esto se ha obviado gracias al desarrollo de un software para el cálculo de una «profundidad de fresa hasta el plano cero», que pro-

porciona la profundidad total del nivel externo de la plantilla.

Discusión

Autores anteriores han hecho énfasis en que la cirugía sin colgajo solamente debe utilizarse con datos obtenidos mediante TC⁴⁵, pero también existen limitaciones con esta técnica⁴². Dado que la dosis de radiación aumenta de una radiografía simple a la TC, debe existir un claro beneficio para elegir la TC como modalidad de diagnóstico por la imagen sobre la radiografía convencional⁴⁶. Este beneficio debe existir a nivel clínico, así como a nivel diagnóstico, para asegurar que el beneficio diagnóstico no se pierde en el procedimiento clínico.

Las plantillas quirúrgicas utilizadas en la colocación de los implantes deben ser precisas, rígidas y estables para no interferir en el procedimiento quirúrgico ni permitir una posición inadecuada del implante. La plantilla

debe estabilizarse sobre los dientes naturales cuando están presentes, pero en la arcada edéntula, las plantillas de tejido blando no pueden ajustarse con un levantamiento de colgajo mucoperiostico, y las plantillas de tejidos duros requieren el levantamiento de un colgajo mucoperiostico amplio. Esto puede no ser deseable en pacientes con zonas injertadas de forma reciente dada la interrupción del aporte sanguíneo periostico, como ya se ha comentado.

Un injerto óseo obtiene un aporte sanguíneo inicial a partir de la zona hospedadora en la que está injertado, iniciándose la angiogénesis en el lecho óseo receptor. Los estudios han investigado la función del periostio en la osteogénesis y el aporte sanguíneo cortical. En cirugía ortopédica es bien conocida la importancia del potencial osteogénico del colgajo periostico vascularizado⁴⁷. Ciertamente, los estudios han demostrado que los tornillos intramedulares apenas tienen efecto sobre el aporte sanguíneo cortical debido a que el aporte periostico se mantiene mejor que la circulación medular⁴⁸.

Se ha descrito que existe una predominancia de circulación sanguínea periostica a la corteza ósea (70-80 % del aporte arterial y 90-100 % de retorno venoso) en comparación con la vascularización medular⁴⁹. Si se interrumpe, el hueso puede necrosarse y se reabsorberá en un grado que dependerá de la zona quirúrgica. No obstante, existe una clara ventaja en levantar un colgajo periostico, y esto puede ser más desable en pacientes con hueso recién injertado. Una ventaja de la técnica descrita es que la construcción de una plantilla postau-

mento a partir de las posiciones de los implantes planificadas de forma precisa con los datos 3D proporciona la capacidad para colocar los implantes en un abordaje sin colgajo y con una precisión completa. Dado que la carga desfavorable de los injertos por las prótesis provisionales es un posible factor en la rápida reabsorción del injerto, la colocación temprana de los implantes también puede ayudar a un mejor mantenimiento del volumen del injerto^{50,51}.

Existen muchos factores que afectan al porcentaje de éxito de los implantes colocados en un maxilar superior con una amplia reabsorción, como la técnica quirúrgica, el uso de injertos óseos autógenos, otros materiales utilizados, el diseño del implante, efectos específicos del hospedador como factores médicos y tabaquismo⁵², y, más recientemente, la superficie del implante. Las tasas de supervivencia en esta pequeña muestra de pacientes con implantes colocados predominantemente en hueso injertado coincidieron con otros datos publicados^{7,53}.

No todos los pacientes pudieron recibir una prótesis fija, lo que fue aceptado tanto por el paciente como por el cirujano con anterioridad a la intervención quirúrgica. En los casos más graves de reabsorción del maxilar superior, el injerto *onlay* vertical de la región posterior no es práctico, de forma que el aumento se realiza utilizando una técnica de elevación de seno convencional. Esto, por supuesto, no reconstruye el alvéolo ausente, que se ha reabsorbido en dirección apicolingual. La elevación de seno meramente crea un nuevo volumen

óseo para la colocación del implante. Esto significa inevitablemente que los implantes deben colocarse en una posición más palatal. Incluso la combinación del aumento de seno con un injerto *onlay* lateral posterior no siempre puede compensar esto por completo en un maxilar superior con una amplia reabsorción. Por consiguiente, no siempre puede colocarse una prótesis fija y puede proporcionarse una sobredentadura retenida mediante barra. Una ventaja significativa de este tipo de prótesis es que se logra una mayor sustitución del volumen alveolar ausente a través de los rebordes de la propia prótesis, permitiendo una mejoría considerable del perfil facial.

Conclusiones

El tiempo de seguimiento es razonable en este estudio; los implantes de todos los pacientes seguían en funcionamiento más de 60 meses después de finalizar la restauración y cumplían con los criterios de supervivencia habituales⁵⁴. Este estudio piloto de tamaño reducido muestra una técnica para el diseño sencillo de las plantillas que facilita la colocación precisa de los implantes en un abordaje sin colgajo. Esto tiene varios efectos beneficiosos, como la reducción de los costes, la rapidez del tratamiento y la evitación de un desprendimiento perióstico a partir de un injerto no vascularizado de colocación reciente. Considerando la gravedad de la reabsorción y la complejidad del injerto requerido, el porcentaje de éxito obtenido es aceptable.

Es importante apreciar que la técnica descrita está destinada a aplicaciones clínicas específicas. La colocación de implantes sin colgajo tiene el riesgo de no ser aceptable sin una planificación 3D y sin la transferencia adecuada de dicha planificación a la situación quirúrgica. La técnica también está contraindicada en situaciones de elevada demanda estética. Son necesarios más estudios para refinar esta técnica y aumentar el número de implantes colocados y la duración del período de seguimiento. La disponibilidad cada vez mayor de la tomografía volumétrica digital de colimación cónica es una oportunidad ideal para obtener imágenes con una dosis de radiación significativamente reducida.

Nota de los autores: Todos los implantes de este estudio se colocaron entre 2003 y 2004; la restauración del último paciente se produjo en 2005. El software coDiagnostiX se ha ido desarrollando desde entonces. La profundidad de fresado se controla de forma precisa mediante manguitos en la plantilla y el uso de guías de fresado calibradas de diferente diámetro de manera que el fresado puede controlarse por la plantilla en todos los diámetros de fresas; también es posible la colocación guiada de los implantes. Los manguitos guía se colocan en el software y se calculan sus coordenadas espaciales en el mismo momento que las de los implantes. La técnica para escanear y transferir las coordenadas espaciales de cada implante y manguito guía a la plantilla de fresado, utilizando la mesa GonyX, es la misma.

Agradecimientos

El autor desea agradecer a Keith Altman su ayuda con la extracción extraoral y a Andy Williams por el trabajo de laboratorio. También quiere dar las gracias a IVS Solutions por proporcionar el software para este estudio.

Bibliografía

1. Lang NP, Berglundh T, Heitz-Mayfield LJ, Pjetursson BE, Salvi GE, Sanz M. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding implant survival and complications. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19(suppl): 150–154.
2. Eckert SE, Choi YG, Sanchez AR, Koka S. Comparison of dental implant systems: Quality of clinical evidence and prediction of 5-year survival. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:406–415.
3. Porter JA, von Fraunhofer JA. Success or failure of dental implants? A literature review with treatment considerations. *Gen Dent* 2005;53:423–432.
4. Nitschke I, Müller F. The impact of oral health on the quality of life in the elderly. *Oral Health Prev Dent* 2004;2(suppl): 271–275.
5. Cawood JI, Howell RA. A classification of the edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1988;17:232–236.
6. Reinert S, König S, Bremerich A, Eufinger H, Krimmel M. Stability of bone grafting and placement of implants in the severely atrophic maxilla. *Brit J Oral Maxillofac Surg* 2003;41:249–255.
7. Cheung LK, Leung ACF. Dental implants in reconstructed jaws: Implant longevity and peri-implant tissue outcomes. *J Oral Maxillofac Surg* 2003;61:1263–1274.
8. Boyne PJ, James RA. Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone. *J Oral Surg* 1980;38:613–616.
9. Jensen OT, Shulman LB, Block MS, Iacono VJ. Report of the Sinus Consensus Conference of 1996. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;13(suppl):11–45.
10. Neyt LF, De Clercq CAS, Abeloos JVS, Mommaerts MY. Reconstruction of the severely resorbed maxilla with a combination of sinus augmentation, onlay bone grafting, and implants. *J Oral Maxillofac Surg* 1997;55:1397–1401.
11. van den Bergh JPA, ten Bruggenkate CM, Krekeler G, Tuinzing DB. Sinus floor elevation and grafting with autogenous iliac crest bone. *Clin Oral Implants Res* 1998;9: 429–435.
12. Breine U, Brånemark PI. Reconstruction of alveolar jaw bone. An experimental and clinical study of immediate and preformed autologous bone graft in combination with osseointegrated implants. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1980;14:23–48.
13. Keller EE, Van Roekel NB, Desjardins RP, Tolman DE. Prosthetic-surgical reconstruction of the severely resorbed maxilla with iliac bone grafting and tissue-integrated prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1987;2:155–165.
14. Wood RM, Moore DL. Grafting of the maxillary sinus with intraorally harvested autogenous bone prior to implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988;3: 209–214.
15. Nyström E, Kahnberg KE, Gunne J. Bone grafts and Brånemark implants in the treatment of the severely resorbed maxilla: A 2-year longitudinal study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:45–53.
16. Nyström E, Ahlqvist J, Legrell PE, Kahnberg KE. Bone graft remodelling and implant success rate in the treatment of the severely resorbed maxilla: A 5-year longitudinal study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2002;31: 158–164.
17. Nyström E, Ahlqvist J, Gunne J, Kahnberg KE. 10-year follow-up of onlay bone grafts and implants in severely resorbed maxillae. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2004;33: 258–262.
18. Stricker A, Voss PJ, Gutwald R, Schramm A, Schmelzeisen R. Maxillary sinus floor augmentation with autogenous bone grafts to enable placement of SLA-surfaced implants: Preliminary results after 15 to 40 months. *Clin Oral Implants Res* 2003; 14:207–212.
19. Pinholt EM. Brånemark and ITI dental implants in the human bone-grafted maxilla: A comparative evaluation. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:584–592.
20. Nevins M, Mellonig JT, Clem DS 3rd, Reiser G, Buser DA. Implants in regenerated bone: Long-term survival. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1998;18:35–45.
21. Koole R. Ectomesenchymal mandibular symphysis bone graft: An improvement in alveolar cleft grafting? *Cleft Palate Craniofac J* 1994;31:217–223.
22. Kusiak JF, Zins JE, Whitaker LA. The early revascularization of membranous bone. *Plast Reconstr Surg* 1985;76:510–516.
23. Burstein FD, Canalis RF. Studies on the osteogenic potential of vascularised periosteum: Behavior of periosteal flaps transferred onto soft tissues. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1985;93:731–735.
24. Burstein FD, Ariyan S, Chicarilli Z, Canalis RF. The effect of periosteal preservation on osteogenesis in a canine rib autograft model: Tetracycline fluorescence incident photometry. *J Craniofac Surg* 1994;5: 161–171.
25. Ozerdem OR, Kivanç O, Tuncer I, Acartürk S, Göcenler L, Gümürdülü D. Callotaxis in nonvascularized periosteal bone grafts and the role of periosteum: A new contribution to the concept of distraction osteogenesis. *Ann Plast Surg* 1998;41:148–155.
26. Narang R, Laskin DM. Experimental osteogenesis at fracture sites and gaps. *J Oral Surg* 1976;34:225–231.
27. Donovan MG, Dickerson NC, Hellstein JW, Hanson LJ. Autologous calvarial and iliac onlay bone grafts in miniature swine. *J Oral Maxillofac Surg* 1993;51:898–903.
28. Iizuka T, Smolka W, Hallermann W, Mericske-Stern R. Extensive augmentation of the alveolar ridge using autogenous calvarial split bone grafts for dental rehabilitation. *Clin Oral Implants Res* 2004;15: 607–615.
29. Donos N, Kostopoulos L, Karring T. Alveolar ridge augmentation by combining autogenous mandibular bone grafts and non-resorbable membranes. *Clin Oral Implants Res* 2002;13:185–191.
30. Donos N, Kostopoulos L, Karring T. Augmentation of the rat jaw with autogenic cortico-cancellous bone grafts and guided tissue regeneration. *Clin Oral Implants Res* 2002;13:192–202.
31. Donos N, Kostopoulos L, Tonetti M, Karring T. Long-term stability of autogenous bone grafts following combined application with guided bone regeneration. *Clin Oral Implants Res* 2005;16: 133–139.

32. Lioubavina N, Kostopoulos L, Wenzel A, Karring T. Long-term stability of jaw bone tuberosities formed by "guided tissue regeneration." *Clin Oral Implants Res* 1999;10:477–486.
33. Kostopoulos L, Karring T. Role of periosteum in the formation of jaw bone. An experiment in the rat. *J Clin Periodontol* 1995;22:247–254.
34. Kowalski MJ, Schemitsch EH, Kregor PJ, Senft D, Swiontkowski MF. Effect of periosteal stripping on cortical bone perfusion: A laser doppler study in sheep. *Calcif Tissue Int* 1996;59:24–26.
35. van Steenberghe D, Glauser R, Blombäck U, et al. A computed tomographic scan-derived customized surgical template and fixed prosthesis for flapless surgery and immediate loading of implants in fully edentulous maxillae: A prospective multicenter study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2005;7(suppl 1):S111–120.
36. Campelo LD, Camara JR. Flapless implant surgery: A 10-year clinical retrospective analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002;17:271–276.
37. Dula K, Mini R, van der Stelt PF, Lambrecht JT, Schneeberger P, Buser D. Hypothetical mortality risk associated with spiral computed tomography of the maxilla and mandible. *Eur J Oral Sci* 1996;104:503–510.
38. Dula K, Mini R, Lambrecht JT, et al. Hypothetical mortality risk associated with spiral tomography of the maxilla and mandible prior to endosseous implant treatment. *Eur J Oral Sci* 1997;105:123–129.
39. Harris D, Buser D, Dula K, et al. E.A.O. guidelines for the use of diagnostic imaging in implant dentistry. A consensus workshop organized by the European Association for Osseointegration in Trinity College Dublin. *Clin Oral Implants Res* 2002;13:566–570.
40. Teunen D. The European Directive on health protection of individuals against the dangers of ionising radiation in relation to medical exposures (97/43/EURATOM). *J Radiol Prot* 1998;18:133–137.
41. Ionising Radiation (Medical Exposure) Regulations 2000 (IRMER). United Kingdom Department of Health, 2000.
42. Frei C, Buser D, Dula K. Study on the necessity for cross-section imaging of the posterior mandible for treatment planning of standard cases in implant dentistry. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:490–497.
43. Naitoh M, Arijji E, Okumura S, Ohsaki C, Kurita K, Ishigami T. Can implants be correctly angulated based on surgical templates used for osseointegrated dental implants? *Clin Oral Implants Res* 2000;11:409–414.
44. Sarment DP, Al-Shammari K, Kazor CE. Stereolithographic surgical templates for placement of dental implants in complex cases. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23:287–295.
45. Fortin T, Champlébois G, Bianchi S, Buatois H, Coudert JL. Precision of transfer of preoperative planning for oral implants based on cone-beam CT-scan images through a robotic drilling machine. *Clin Oral Implants Res* 2002;13:651–656.
46. Dula K, Mini R, van der Stelt PF, Buser D. The radiographic assessment of implant patients: Decision-making criteria. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:80–89.
47. Rival RA, Antonyshyn OM, Phillips JH, Pang CY. Temporal fascial periosteal and musculoperiosteal flaps in the pig: Design and blood flow assessment. *J Craniofac Surg* 1995;6:466–470.
48. Nakamura T, Itoman M, Yokoyama K. Cortical revascularization after reamed and unreamed intramedullary nailing in the rabbit femur: A microangiographic histometric analysis. *J Trauma* 1999;47:744–751.
49. Chanavaz M. Anatomy and histophysiology of the periosteum: Quantification of the periosteal blood supply to the adjacent bone with 85Sr and gamma spectrometry. *J Oral Implantol* 1995;21:214–219.
50. Boyne PJ, James RA. Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone. *J Oral Surg* 1980;38:613–616.
51. Adell R, Leckholm U, Gröndahl K, Brånemark PI, Lindström J, Jacobsson M. Reconstruction of severely resorbed edentulous maxillae using osseointegrated fixtures in immediate autogenous bone grafts. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:233–246.
52. Sennerby L, Roos J. Surgical determinants of clinical success of osseointegrated oral implants: A review of the literature. *Int J Prosthodont* 1998;11:408–420.
53. Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Weinstein R. Systematic review of survival rates for implants placed in the grafted maxillary sinus. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2004;24:565–577.
54. Buser D, Weber HP, Lang NP. Tissue integration of non-submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants. *Clin Oral Implants Res* 1990;1:33–40.