

## Diagnóstico y planificación tridimensionales y aplicación en implantología\*

Jörg Neugebauer, Lutz Ritter, Robert Mischkowski y Joachim E. Zöller

(*Quintessenz Team-Journal*. 2007;37:603-10)

### Introducción

La inserción de implantes odontológicos como sistema de anclaje de las prótesis dentales forma parte del espectro terapéutico reconocido para la restauración de las funciones masticatoria y fonética. Los implantes se utilizan en un amplio abanico de indicaciones, como son los tratamientos con coronas unitarias, prótesis removibles o puentes implantosostenidos. En una situación ideal, los implantes se pueden insertar en el hueso original existente<sup>1</sup>. Sin embargo, la atrofia del proceso alveolar que se instaura rápidamente tras la pérdida del diente reduce a menudo las dimensiones del lecho óseo disponible, lo que hace necesario llevar a cabo un estudio exacto para la correcta colocación de los implantes. Sólo de ese modo es posible evaluar si existe la necesidad de aplicar técnicas de aumento y confeccionar una restauración protésica óptima tanto estética como funcionalmente<sup>2</sup>. Según el método clásico, dicho estudio del espacio disponible comprende la fabricación de modelos de estudio y posiblemente de un encerado, además de la realización de radiografías bidimensionales. No obstante, este procedimiento no admite una superposición directa de estos datos diagnósticos<sup>3</sup>. Esto ocasiona con frecuencia una evaluación incorrecta de las estructuras anatómicas y una posición del implante que, desde el punto de vista protésico, no puede considerarse idónea.

Por todo ello desde hace algunos años se recomienda realizar un diagnóstico tridimensional para determinar los requisitos anatómicos exactos<sup>4,16</sup>. Actualmente se dispone de sistemas, como la tomografía computarizada (TC) y la tomografía volumétrica digital (TVD), también denominada de haz cónico o «cone beam» (CB). Siempre que se dispone de datos tridimensionales en formato digital, se brinda la oportunidad de utilizar el software correspondiente para el diagnóstico y para planificar el tratamiento con implantes dentales. Este procedimiento ofrece mayores ventajas cuando se sigue el principio de la planificación regresiva («backward planning»). De acuerdo con ésta, antes de la toma de radiografías se confecciona un encerado, que se transfiere a una resina radioopaca. Durante la toma de imágenes el paciente lleva la férula de escaneado, de modo que en la imagen radiográfica se reproducen tanto la situación ósea como la planificación protésica<sup>11</sup>. Los primeros programas de planificación implantológica se desarrollaron en 1997 y se caracterizan por permitir transferir intraoperatoriamente la planificación generada por ordenador con ayuda de sistemas de guiado<sup>4,11</sup>.

El inconveniente de los sistemas de que se dispone actualmente, sin embargo, es que la generación de radiografías y la aplicación del software de planificación y del hardware pasan por la utilización de componentes distintos<sup>8</sup>. Esto implica, por un lado, la presencia de más personas de contacto que deben llevar al paciente, puesto que, además del cirujano, del odontólogo y del protésico o técnico de laboratorio, es necesario incluir también al radiólogo en la cadena de procesos<sup>3</sup>. Por otro lado, todos los componentes utilizados deben estar perfectamente adaptados entre sí y es necesario que el usuario los domine. A esto hay que añadir que el radiólogo interpreta sólo algunas de las cuestiones específicas del diagnóstico odontológico. Las fases de trabajo mencionadas y los costes de adquisición del sistema radiográfico y del

\*Artículo publicado en *International Journal of Computerized Dentistry*. 2006;9:307-19.

Correspondencia: Dr. Jörg Neugebauer, director médico. Policlínica Interdisciplinaria de Cirugía Oral e Implantología. Clínica y Policlínica de Cirugía Oral y Maxilofacial y de Cirugía Plástica Facial de la Universidad de Colonia. Kerpener Strasse 32, 50931 Colonia, Alemania. Correo electrónico: joerg.neugebauer@uk-koeln.de

software de planificación, relativamente elevados, han hecho que la difusión de esta tecnología fuera más bien moderada. En opinión del usuario, es necesario formular requisitos específicos relativos a los sistemas radiográficos tridimensionales, a las fases de trabajo y a las correspondientes herramientas informáticas para la planificación asistida por ordenador de implantes dentales a fin de hacerlos aplicables dentro de la rutina clínica. A continuación se presentan y se someten a debate los sistemas disponibles actualmente en el mercado para generar radiografías tridimensionales y para realizar una planificación asistida por ordenador de la colocación de implantes.

## Requisitos de los sistemas radiográficos tridimensionales

Un diagnóstico tridimensional adecuado para la práctica en el campo de la odontología pasa por la obtención de un volumen de dimensiones suficientes y de una resolución elevada con una rápida obtención de la imagen radiográfica y una dosis de exposición a radiación lo más baja posible. Así mismo, el equipo debería necesitar poco espacio y el manejo ser sencillo y eficaz, al igual que la colocación de los pacientes, de modo que la obtención de las radiografías se pueda integrar sin problemas en las fases de trabajo clínico. Las dimensiones del volumen dependerán en cada caso de la indicación, si bien para el diagnóstico y planificación implantológicos deberían incluir por lo general el maxilar, la mandíbula y la ATM completos. Sólo de ese modo se puede garantizar una planificación protésica eficaz desde el punto de vista radiológico. Para representar estructuras dentales, la resolución debería encontrarse entre<sup>2</sup> los 0,3 mm y los 0,8 mm. La exigencia de una rápida obtención de las radiografías está relacionada con el requisito anterior, puesto que sólo de ese modo se puede conseguir la resolución mencionada<sup>12</sup>. Cuanto más lenta sea la obtención de la radiografía, mayor es el riesgo de que el paciente se mueva durante la exposición y de que se produzcan las consiguientes imprecisiones. La dosis de exposición a radiación necesaria en las radiografías tridimensionales para planificar la colocación de implantes dentales debería ser comparable a la de las radiografías convencionales, siendo necesario tener en cuenta en la suma las imágenes tomadas en un segundo plano. La radiografía propiamente dicha debería representar claramente en 3D el lecho del implante de la región de interés clínico y permitir además la realización de mediciones comparables de densidad que permitan valorar la calidad del hueso.

## Requisitos del software para la planificación 3D del tratamiento con implantes

El diseño de las herramientas informáticas diagnósticas debería orientarse de forma específica al grupo principal de usuarios y, por consiguiente, incluir más funcionalidades odontológicas y menos radiológicas.

Dado que el diagnóstico en los campos de la odontología y la medicina oral y maxilofacial a partir de tomografías suele ser la especialidad de usuarios con experiencia en el ámbito de la cirugía, algunos fabricantes ofrecen la posibilidad de representar el conjunto de datos con una vista panorámica. Para el odontólogo esto supone la obtención de una imagen habitual y clara de la anatomía relevante que, en el mejor de los casos, se puede utilizar con sistemas de navegación tridimensionales. Así mismo, el software debería posibilitar la medición fiel a la realidad de distancias y de ángulos<sup>9</sup>.

El software de planificación para la colocación de implantes debería incluir imágenes realistas de todos los sistemas de implantes en una base de datos bien estructurada. Para la planificación de la colocación de los implantes propiamente dicha es necesaria una representación tomográfica que permita comprobar el lecho del implante en todas las dimensiones de forma óptima. Así mismo, el programa debe ofrecer funciones de representación volumétrica para obtener una imagen general y poder comprobar de ese modo la relación posicional entre los implantes y entre éstos y los dientes remanentes, si existen. Las herramientas para la paralelización de los implantes resultan de gran utilidad, al igual que la posibilidad de configurar la distancia de seguridad y la función gráfica para resaltar el nervio dentario inferior. En conjunto el manejo debe ser lo más intuitivo posible y seguir una secuencia de trabajo eficiente. Los sistemas más prácticos incluyen la obtención de imágenes y la planificación de la colocación de implantes en un solo programa, lo que permite prescindir de un cambio de sistema y de la conversión o preparación adicional de los datos.

## Sistemas radiográficos tridimensionales disponibles

Básicamente el diagnóstico tridimensional se puede realizar hoy día por medio de dos sistemas: la tomografía computarizada y la tomografía de haz cónico. La resonancia magnética no se suele utilizar por no ofrecer una buena calidad en la reproducción de los tejidos duros. La tomografía computarizada constituye un método de diagnóstico por imagen establecido y sus aplicaciones en la zona del cráneo son diversas. Además de permitir la evaluación de los tejidos duros, se utiliza con éxito en



Figura 1. Equipos disponibles de haz cónico. NewTom (parte superior izquierda), Morita (parte superior centro), i-Cat (parte superior derecha), Iluma (parte inferior izquierda), Planmeca (parte inferior centro) y Sirona (parte inferior derecha).

una gran cantidad de indicaciones médicas. Esta tecnología se ha ido perfeccionando desde que se lanzara al mercado por primera vez, de modo que en la actualidad existen varias generaciones de equipos de TC. Los equipos ofrecen una gran variedad de protocolos de imagen desarrollados a la medida de las distintas indicaciones. Dada la gran cantidad de equipos, versiones y protocolos existentes, si el lector desea obtener información más específica sobre todos estos sistemas deberá remitirse a la bi-

bliografía radiológica<sup>5</sup>. La utilización de estos equipos es compleja y está reservada únicamente a los radiólogos. Suelen ser de grandes dimensiones y exigen una gran inversión en material y una formación específica del personal que lo va a manejar. En el campo de la odontología las indicaciones suelen estar relacionadas con aspectos de cirugía oral y maxilofacial e implantológicas<sup>14</sup>. La TC también se utiliza, aunque con menor frecuencia, para cuestiones relacionadas con el periodonto. En comparación

con la TC, los sistemas de haz cónico presentan una capacidad diagnóstica limitada en determinadas aplicaciones<sup>17</sup>. Por un lado, la zona a reproducir es limitada y, por el otro, no suele ser posible emitir un diagnóstico fiable de los tejidos blandos debido a que las imágenes tienen una menor profundidad de bit. En los sistemas de haz cónico el detector y la fuente de radiación giran alrededor del paciente, pero en lugar de proyectar el haz de rayos en abanico, como en el caso de la tomografía computarizada, proyectan un haz cónico (cone beam) para generar una serie de imágenes con un detector plano<sup>10</sup>. La tomografía volumétrica digital utiliza un haz cónico para generar en función del sistema entre 100 y 400 imágenes que más tarde son reconstruidas. El software del fabricante del sistema se encarga de reconstruir los datos en bruto para obtener un conjunto de datos tridimensionales por medio de algoritmos. La distancia entre cortes de la reconstrucción volumétrica depende directamente de la resolución del intensificador de imagen. En la TC la resolución viene dada por la distancia entre cortes. Cuanto menor es la distancia, mejor es la resolución obtenida, pero el grado de exposición a la radiación es también mayor. A diferencia de la TC, no suele ser necesario modificar el eje del haz (gantry) para reducir los artefactos metálicos.

Los sistemas de haz cónico presentados en los últimos años se diferencian entre sí por el volumen del área explorada, las posibilidades de colocación del paciente, la dosis, y la reconstrucción y representación del conjunto de datos en el software disponible<sup>18</sup>.

### Software disponible para la planificación 3D del tratamiento con implantes

El primer sistema lanzado al mercado para la planificación implantológica tridimensional fue Simplant<sup>11</sup> (Materialize, Bélgica), hace más de diez años. En función de la versión de software utilizada, en este sistema la segmentación es llevada a cabo por el clínico o por el laboratorio central del fabricante. Esta solución no utiliza ningún sistema de referenciación, dado que la superficie del hueso o de los dientes se segmenta para determinar el asiento de las férulas durante el procesamiento centralizado de los datos. Las férulas quirúrgicas se fabrican a partir de modelos estereolitográficos. Si se introducen las dimensiones exactas de los instrumentos en el programa de planificación del fabricante correspondiente, las férulas también se podrán utilizar para la preparación precisa de la profundidad del lecho. En los sistemas Med3D e IVS, tras la importación y conversión de los datos Dicom se realiza la segmentación y el reconocimiento exacto de la referencia o de los marcadores de seguridad específicos del sis-

tema. En comparación con el sistema IVS, el sistema Med3D destaca por disponer de una interfaz de software altamente personalizable<sup>13</sup>. El sistema IVS ofrece una gran cantidad de elementos gráficos para el manejo del programa. Una vez finalizada la planificación, ambos sistemas ofrecen una guía de orientación al técnico de laboratorio para transferir los datos obtenidos a un sistema de fresado. En el sistema Med3D la colocación del modelo para perforar el eje del implante se realiza por medio de un «hexapot», variando la longitud de las patas correspondientes. El ajuste de las seis patas requiere algo de práctica para conseguir la inclinación correcta del modelo en relación con el eje de fresado, puesto que la posición de todas las patas se debe modificar uniformemente. Por su parte, el IVS utiliza el sistema Gonyx, que dispone de varios discos excéntricos para lograr la orientación espacial correcta del modelo. El manejo de este sistema es más sencillo, puesto que cada disco se puede ajustar por separado. Una vez realizadas las perforaciones que determinan la posición de los implantes se procede a fijar las vainas de fresado y terminar la férula quirúrgica<sup>8</sup>. En el sistema NobelGuide (NobelBiocare, Gotemburgo, Suecia) la segmentación se realiza superponiendo el escáner del paciente con los datos de la férula quirúrgica escaneada con el montaje protésico. Tras la colocación virtual de los implantes se pueden definir otros elementos de anclaje para fijar la posición de la férula quirúrgica. Los datos recabados en la planificación se remiten al laboratorio central, que más tarde envía al odontólogo la férula y todos los componentes necesarios para llevar a cabo la rehabilitación protésica implantesoportada<sup>15</sup>.

La planificación del tratamiento con implantes con el sistema Galileos (Sirona, Bensheim, Alemania) se realiza como sigue: en primer lugar el clínico realiza una planificación clásica con una toma de impresión y un registro de mordida del paciente. El laboratorio dental elabora un montaje en cera de la prótesis prevista. En función de la envergadura del trabajo protésico, será necesario realizar un ajuste en el paciente. Una vez validada la solución protésica, se transfiere el montaje en cera a una férula radiográfica a la que se incorporan dientes fabricados con resina y sulfato de bario para hacerlos visibles en la radiografía. A continuación, se fija la placa específica del sistema provista de seis marcadores de referencia, que se necesitará para posteriores transferencias en las siguientes fases de trabajo. Como sucede con todos los sistemas de referenciación, es importante asegurarse de que la férula se encuentra correctamente colocada en la boca del paciente antes del escaneado. El volumen escaneado permite explorar la totalidad del esqueleto facial, de modo que no es necesaria la suma de varios escáneres en reha-



Figura 2. Interfaz de usuario de carácter técnico del programa Med-3D.

bilitaciones de gran envergadura. Con este escáner se pueden evaluar así mismo las estructuras de la ATM para detectar signos de sobrecargas funcionales y la posible necesidad de un tratamiento protésico. El equipo trabaja con una tensión de tubo de 85 kV a 28 mAs. Una vez obtenido el conjunto de datos 3D se puede seleccionar libremente la posición del implante en la ventana de planificación de acuerdo con el esquema dental. Una vez definidos los implantes, se transfiere el volumen de da-

tos al laboratorio central para que fabrique la férula quirúrgica. Con una máquina de fresado de cinco ejes se realiza el fresado piloto en el modelo de yeso y en la placa con los marcadores de referencia. El fresado piloto se utiliza para confeccionar la férula quirúrgica. A continuación, de acuerdo con el método previsto, se fabrica un provisional con ayuda del modelo de estudio. Por último, se utiliza la férula quirúrgica para la inserción de los implantes.



Figura 3. Interfaz de usuario de carácter gráfico del programa IVS-CodiagnostiX.

## Higienistas y auxiliares: Implantes

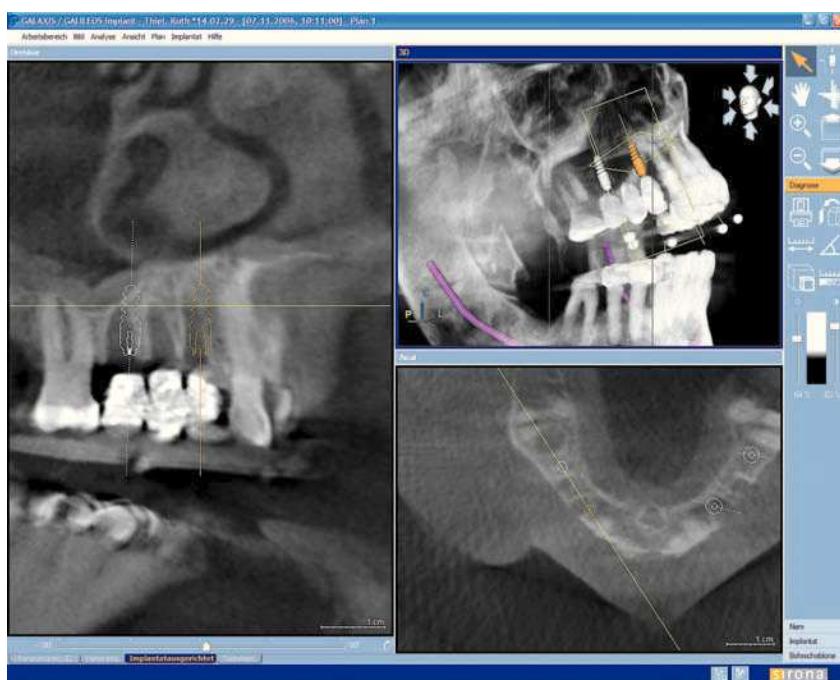


Figura 4. Interfaz de usuario orientada a las fases de trabajo del programa Galileo con opción de diagnóstico y planificación simultáneos.



Figura 5. Cresta alveolar en la que se observa una regeneración insuficiente a los 6 meses de la exodoncia con la férula 3D colocada.

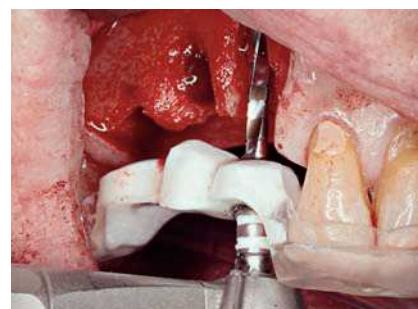


Figura 6. Fresado piloto realizado en el alvéolo de extracción con una fresa de 2 mm.



Figura 7. Colocación de los implantes tras leve elevación de sero.

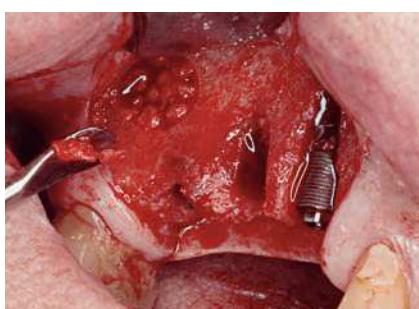


Figura 8. Técnicas de aumento del suelo sinusal con material de sustitución ósea y preparación de aumento vestibular en presencia de defecto óseo.



Figura 9. Fijación de material sustitutivo de hueso con membrana de titanio.

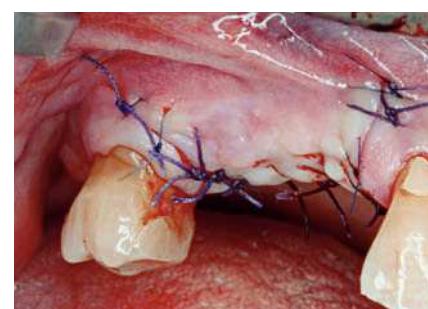


Figura 10. Sutura de la herida sellada a prueba de saliva.

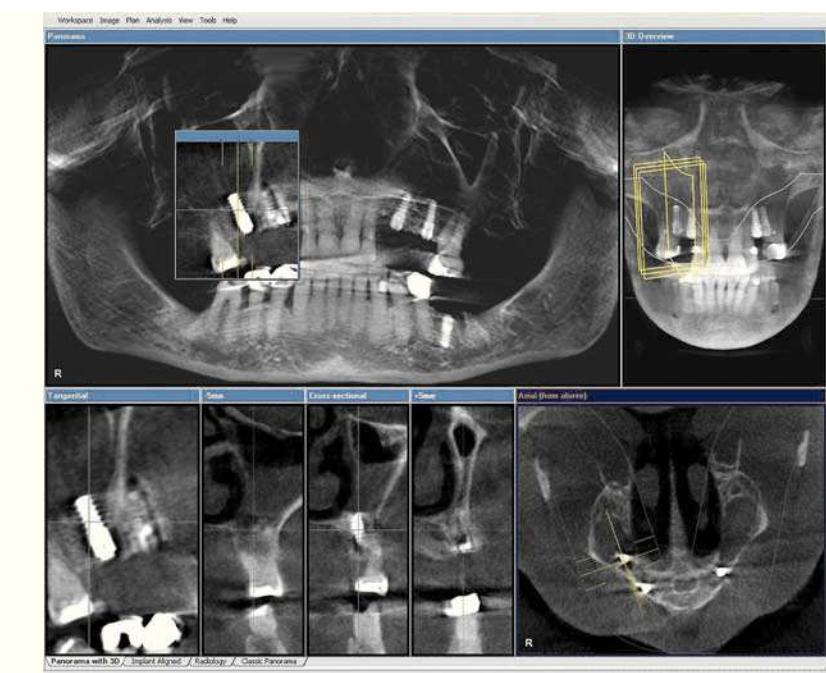


Figura 11. Escáner de control postoperatorio con representación de elevación del suelo sinusal.

## Discusión

La indicación del uso de métodos radiográficos tridimensionales se da a partir de las siguientes consideraciones: además de evaluar la necesidad de aplicar técnicas de aumento o el alcance de éstas, es importante llevar a cabo todos los exámenes que permitan detectar una posible afectación de las estructuras anatómicas. Los métodos radiográficos tridimensionales permiten evaluar de forma exacta estas complejas relaciones anatómicas a fin de evitar posteriores complicaciones quirúrgicas o protésicas. De ese modo, se puede definir el tratamiento quirúrgico necesario de forma mínimamente invasiva. La representación animada a escala de las características anatómicas permite informar al paciente de forma sencilla sobre las medidas quirúrgicas necesarias y sobre las fases del tratamiento protésico. Estos sistemas representan con exactitud las estructuras anatómicas relevantes, como la trayectoria del nervio en casos de obtención de hueso de la región retromolar o la configuración del suelo del seno maxilar para casos de elevación del suelo sinusal. Así mismo, permiten acotar con precisión el riesgo y las posibles complicaciones, lo que facilita al cirujano la tarea de explicar al paciente cuáles son los riesgos de la operación.

La aplicación de los sistemas radiográficos tridimensionales resulta especialmente útil en situaciones con cambios importantes o poco habituales, como accidentes, resecciones tumorales o grandes reconstrucciones de

defectos de la cresta alveolar. En casos de agenesias generalizadas congénitas algunas regiones del maxilar o de la mandíbula muestran un desarrollo que no se corresponde con la edad del paciente, lo que exige una planificación extremadamente minuciosa. En función de la morbilidad del paciente, con un diagnóstico preoperatorio adecuado se puede prescindir de las técnicas de aumento óseo necesarias habitualmente, dado que el volumen de hueso existente se puede aprovechar de forma óptima e insertar implantes en zonas que presentan una cantidad de hueso reducida, pero suficiente.

En comparación con la TC, la tecnología de haz cónico permite realizar diagnósticos implantológicos 3D mediante un examen radiológico completo con una menor exposición a la radiación<sup>6</sup>. Para el diagnóstico de los tejidos duros, incluso con una menor exposición a la radiación, la TVD brinda una exactitud comparable a la TC gracias a que ofrece la posibilidad de realizar una exploración dinámica asistida por ordenador. La oportunidad de implementar esta tecnología en la consulta ha dado lugar a una disponibilidad inmediata de las imágenes tomadas. El proceso de reconstrucción tarda 4,5 min en completarse, un tiempo que se considera relativamente largo y que se reducirá con el perfeccionamiento de la tecnología informática. En cualquier caso, se sigue disponiendo de las imágenes mucho más rápidamente que cuando se remiten a un radiólogo. Esto permite al clíni-

co servirse de esta tecnología para la posterior planificación del tratamiento y para la entrevista de asesoramiento al paciente en el momento de realizar la exploración. De ese modo, se puede prescindir de una segunda cita de asesoramiento del paciente, lo que incrementa la eficacia de la consulta. Los métodos de exploración tridimensionales permiten además preparar de forma óptima la intervención quirúrgica, puesto que es posible detectar en el preoperatorio hallazgos que de otro modo sólo salen a la luz durante la operación. Dado que se puede prescindir de la toma de imágenes en otro plano, se reduce el número total de radiografías. Para los odontólogos que, siguiendo la tendencia imperante, comparten consulta o son empleados de un centro odontológico la elevada inversión inicial que requieren estos sistemas puede estar más justificada por motivos económicos.

Una de las indicaciones principales de la planificación tridimensional es la carga inmediata<sup>15</sup>. Con una planificación correcta es posible confeccionar un provisional antes de la operación que se puede cementar inmediatamente después de haber introducido el implante. Este método acorta la duración del tratamiento, dado que determinadas fases de trabajo que por lo general se suceden a la colocación del implante se pueden realizar antes de la intervención quirúrgica. La técnica de férulas quirúrgicas fabricadas con métodos tridimensionales permite apoyarlas de forma indirecta en el hueso a través de microimplantes, lo que facilita la correcta preparación de la restauración protésica. Es conveniente incluir al técnico de laboratorio en la planificación del caso desde el inicio para que la colocación de la prótesis definitiva en una fase posterior del tratamiento se pueda realizar sin malentendidos. En los sistemas establecidos en el mercado para la fabricación de férulas estereolitográficas, la segmentación, que a menudo se realiza también de forma centralizada, es más compleja. En especial el sistema de NobelBiocare requiere un doble escáner de la férula y de la prótesis con marcas de referencia, lo que exige una elevada exposición a la radiación, sobre todo si se efectúa en una consulta radiológica. El sistema Galileos, por su parte, ofrece un software de diagnóstico y de planificación integrado que permite prescindir de la segmentación. Esto permite iniciar la planificación implantológica inmediatamente después de la exploración. No se necesitan otras interfaces. Una vez finalizada la planificación, ésta se archiva digitalmente y se envía al fabricante para que pueda confeccionar la férula quirúrgica. La técnica de férula quirúrgica 3D ofrece la posibilidad de realizar una transferencia exacta a la boca del paciente aprovechando el trabajo preparado por el laboratorio,

en especial en casos de carga inmediata. El clínico dispone así mismo de prótesis confeccionadas con tecnología CAD/CAM como alternativa.

## Bibliografía

1. Proceedings of the Third ITI (International Team for Implantology) Consensus Conference. Gstaad, Switzerland, August 2003. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19 Suppl, 7-154.
2. °. Richtlinien des Bundesausschusses der Ärzte und Krankenkassen über Kriterien zur Qualitätsbeurteilung in der radiologischen Diagnostik gemäß § 136 SGB V.
3. Bidgood WD Jr, Horii SC. Introduction to the ACR-NEMA DICOM standard. *Radiographics* 1992;12:345-355.
4. Ewers R, Schicho K, Truppe M, Seemann R, Reichwein A, Figl M, Wagner A. Computer-aided navigation in dental implantology: 7 years of clinical experience. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62:329-334.
5. Hassfeld S, Muhling J. Computer assisted oral and maxillofacial surgery – a review and an assessment of technology. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2001;30:2-13.
6. Hatcher DC, Dial C, Mayorga C. Cone beam CT for pre-surgical assessment of implant sites. *J Calif Dent Assoc* 2003;31:825-833.
7. Khouri F, Schmidt J, Sanftenberg U. Erfahrungen mit der Bohrrichtungsschablone bei der Insertion von IMZ-Implantaten. *Z Zahnräztl Implantol* 1991;7:29-32.
8. Mischkowski RA, Zinser MJ, Neugebauer J, Kubler AC, Zöller JE. Comparison of static and dynamic computer-assisted guidance methods in implantology. *Int J Comput Dent* 2006;9:23-35.
9. Monaco G, Montecchi M, Bonetti GA, Gatto MR, Checchi L. Reliability of panoramic radiography in evaluating the topographic relationship between the mandibular canal and impacted third molars. *J Am Dent Assoc* 2004;135:312-318.
10. Mozzo, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol* 1998;8:1558-1564.
11. Mupparapu M, Singer SR. Implant imaging for the dentist. *J Can Dent Assoc* 2004;70:32.
12. Nakagawa Y, Kobayashi K, Ishii H, Mishima A, Asada K, Ishibashi K. Preoperative application of limited cone beam computerized tomography as an assessment tool before minor oral surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2002;31:322-326.
13. Stein W, Hassfeld S, Brief J, Bertovic I, Krempin R, Muhling J. CT-based 3D-planning for dental implantology. *Stud Health Technol Inform* 1998;50:137-143.
14. Tsiklakis K, Donta C, Gavala S, Karayianni K, Kamenopoulou V, Hourdakis CJ. Dose reduction in maxillofacial imaging using low dose Cone Beam CT. *Eur J Radiol*, 2005.
15. van Steenberghe D, Glauser R, Blomback U, Andersson M, Schuttyser F, Pettersson A, Wendelhag I. 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.
16. Wagner A, Wanschitz F, Birkfellner W, Zauza K, Klug C, Schicho K, Kainberger F, Czerny C, Bergmann H, Ewers R. Computer-aided placement of endosseous oral implants in patients after ablative tumour surgery: assessment of accuracy. *Clin Oral Implants Res* 2003; 14:340-348.
17. Winter AA, Pollack AS, Frommer HH, Koenig L. Cone beam volumetric tomography vs. medical CT scanners. *N Y State Dent J* 2005; 71:28-33.
18. Yamamoto K, Ueno K, Seo K, Shinohara D. Development of dento-maxillofacial cone beam X-ray computed tomography system. *Orthod Craniofac Res* 2003;6 Suppl 1:160-162.