

[Resumen]

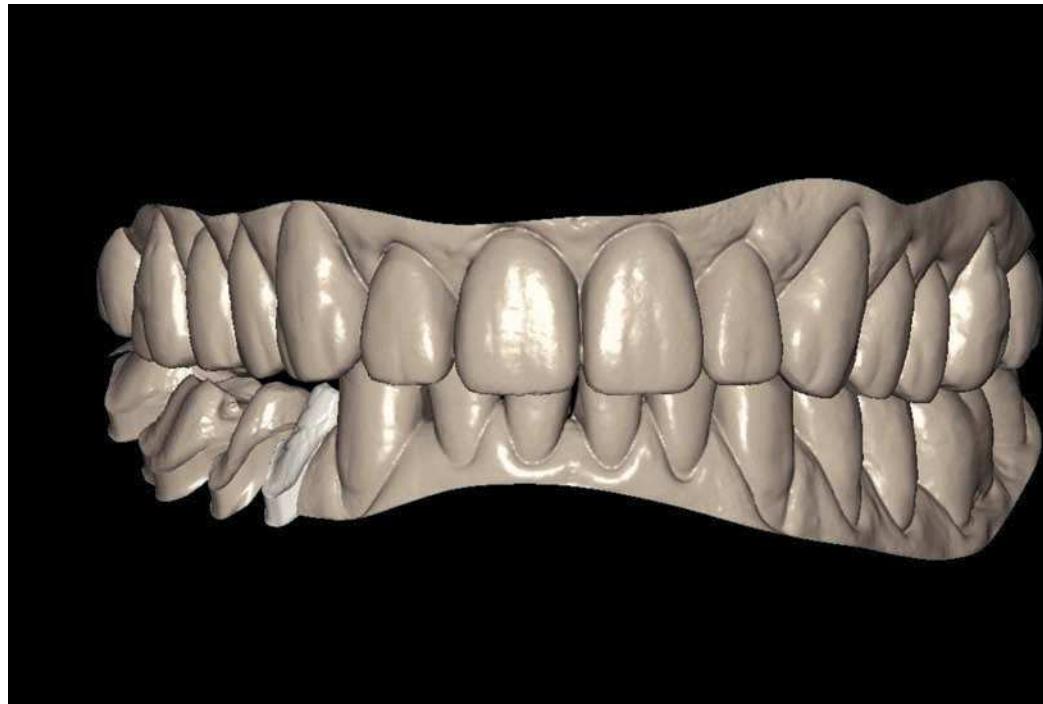
Los términos CAD y CAM representan una nueva era en la confección de prótesis dentales y constituyen actualmente un componente imprescindible de la odontología moderna. Con los avances en el ámbito del registro dental intraoral y el recubrimiento digital se implementa ahora un proceso de trabajo integral puramente digital para la confección de restauraciones dentales^{1,2,5,7,10}. Un elemento clave de esta cadena de confección digital es el Computer Aided Impressioning (CAI), mediante el cual resulta posible el trabajo virtual, empezando por el registro de datos intraoral y pasando por el procesamiento digital del modelo virtual y su confección mediante Rapid Prototyping^{9,11} hasta el diseño de estructuras. Este «flujo de trabajo digital» se ha completado actualmente con las posibilidades del recubrimiento digital (DVS). Esta primera parte del artículo describe el flujo de trabajo digital desde el escaneo intraoral hasta la confección del modelo.

Palabras clave

Flujo de trabajo digital.
Computer Aided Impressioning (CAI). Computer Aided Design (CAD). Computer Aided Manufacturing (CAM). Rapid Prototyping (RP). Sistema de recubrimiento digital (DVS). Dióxido de zirconio.

(Quintessenz Zahntech.
2010;36(9):1174-81)

El proceso de trabajo digital (fig. 1)



Flujo de trabajo digital, 1.ª parte

Del escaneo intraoral a la confección del modelo

Josef Schweiger, Florian Beuer y Daniel Edelhoff

Actualmente, varios fabricantes ofrecen la posibilidad del registro digital intraoral. En este contexto, cabe diferenciar entre los denominados sistemas «inoffice» y «outoffice». En los sistemas «inoffice», el registro de datos y la confección de la restauración tienen lugar directamente en la clínica odontológica, mientras que en los sistemas «outoffice», tras el registro intraoral de datos, éstos se envían al laboratorio protésico o al centro de confección para su procesamiento posterior. En el sistema 3M Espe Lava C.O.S. (Chair-side Oral Scanner) (3M Espe, Seefeld, Alemania), el laboratorio descarga desde un portal de datos protegido, utilizando un software especial, los datos registrados intraoralmente por el odontólogo. El protésico dental visualiza estos datos como modelo 3D virtual del

INNOVACIÓN CONFECCIÓN DIGITAL



Fig. 1. Visión de conjunto del flujo de trabajo digital. El laboratorio protésico desempeña un papel esencial en este proceso.

maxilar, esto es, tiene ante sí en el monitor la situación oral del paciente a escala 1:1. Para la configuración de la estructura y para el modelo físico necesario para el recubrimiento, se procesan los datos virtualmente en pocos pasos, como el establecimiento del límite de la preparación y la definición de los cortes de sierra para el modelo maestro, y se envían. Los datos llegan entonces por una parte a un sistema de diseño Lava Scan ST (en el centro de diseño Lava o el centro de fresado Lava), mediante el cual se configura la estructura y se prepara para el fresado. Por otra parte, se transmiten los datos a un centro de confección de modelos, el cual confecciona un modelo de resina de alta precisión aplicando un procedimiento estereolitográfico. Para el recubrimiento, como conclusión del «flujo de trabajo digital», el laboratorio recibe del centro de fresado Lava la estructura y del centro de confección de modelos el correspondiente modelo en oclusión estática. En este punto del proceso, el modelo ya está provisto de los cortes de sierra definidos y de la acanaladura conforme al límite de preparación establecido. El recubrimiento de las restauraciones se lleva a cabo mediante estratificación manual^{3,6} o mediante recubrimiento digital^{1,7,10} utilizando el sistema DVS, que desde finales de 2009 brinda al usuario la posibilidad de dotar a estructuras de corona de dióxido de zirconio Lava de un recubrimiento confeccionado en el método CAD/CAM.

El registro digital mediante el Lava Chairside Oral Scanner C.O.S. (fig. 2) evita la toma de impresión convencional mediante materiales elásticos como los polímeros. En lugar del rodeo que representa la confección de un modelo maestro escaneable y el subsiguiente

La toma de impresión digital



Fig. 2. El Lava Chairside Oral Scanner C.O.S., un sistema para la captura intraoral tridimensional.



Figs. 3 a 5. El aparato consta de los tres elementos pieza de mano, pantalla táctil y unidad de procesamiento.



Fig. 6. El sistema óptico consta de tres cámaras y 192 LED de luz azul.

escaneo del modelo mediante un escáner de laboratorio, se registran los datos directa e intraoralmente por medios digitales. Esto significa que la impresión tiene lugar de forma asistida por ordenador (CAI = Computer aided impressioning) y constituye en consecuencia el punto de partida para el proceso de trabajo digital^{4,5,8} (CAI/CAD/CAM). El escáner intraoral consta de tres elementos:

- pieza de mano (fig. 3)
- pantalla táctil (fig. 4)
- unidad de procesamiento (fig. 5)

Los datos se registran mediante un sistema óptico compuesto por tres cámaras y 192 LED azules (fig. 6). El software se maneja mediante la pantalla táctil del Lava C.O.S. La unidad de procesamiento consta de un ordenador de alto rendimiento que trabaja con una tarjeta gráfica de alto rendimiento. Dado que la unidad de procesamiento está sellada, el Lava C.O.S. está protegido contra la transmisión de virus vía lápiz USB, CD o LAN. Los datos del registro intraoral se transmiten a un ordenador central mediante una conexión Wireless LAN (WLAN) segura. Lava C.O.S. utiliza la denominada *tecnología 3D-in-Motion*. Este sistema captura un vídeo en lugar de imágenes individuales. La captura de vídeo continua evita imprecisiones por solapamientos de imágenes o lagunas de datos. Las tres cámaras realizan capturas múltiples del mismo objeto y las procesan conjuntamente. Esta tecnología se conoce como «Wavefront Sampling». No es necesaria la aplicación de polvo cubriente, dado que con la aplicación de polvo tan sólo se debe crear un denominado «modelo estocástico» que sirve para la promediación de las capturas de vídeo.

Durante el escaneo mediante el escáner Lava C.O.S., se toman 20 imágenes tridimensionales por segundo, lo cual equivale a 20 hercios. En cada una de estas imágenes se registran en promedio 10.000 puntos de datos. En una toma de impresión digital de dos minutos se genera la siguiente exactitud de datos:

$$\begin{aligned}
 120 \text{ s} \times 20 \text{ imágenes 3D por segundo} &= 2.400 \text{ imágenes 3D} \\
 2.400 \text{ imágenes 3D} \times 10.000 \text{ puntos de datos por imagen 3D} &= 24.000.000 \text{ puntos de datos}
 \end{aligned}$$

INNOVACIÓN CONFECCIÓN DIGITAL

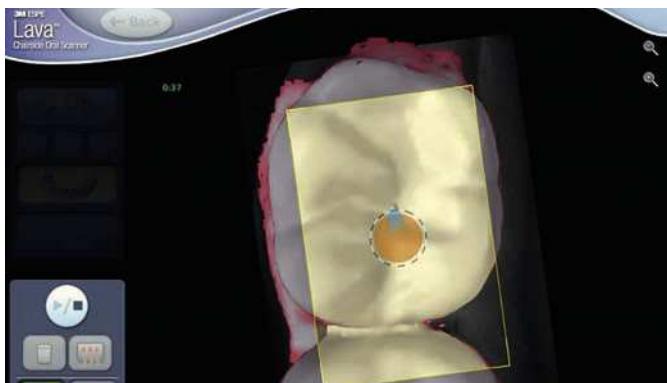


Fig. 7. Un círculo indica al usuario si se encuentra a la distancia óptima con respecto al diente.



Fig. 8. El sistema calcula un modelo virtual sobre la base del escaneo de la mordida.

En virtud de la elevada densidad de datos, el aparato Lava C.O.S. captura la totalidad de la superficie en 3D sin cálculo aproximativo y sin relleno de lagunas.

La toma de impresión digital mediante el Lava C.O.S. se lleva a cabo mediante la pieza de mano. Gracias a su reducido tamaño de sólo 13,2 mm en el cabezal de la cámara y a su peso de apenas 400 g, es posible moverla cómodamente en la boca del paciente. El escaneo se inicia en el maxilar inferior del paciente. Durante el proceso de escaneo, el usuario no observa el interior de la boca, sino la pantalla táctil del aparato. Un círculo indica al usuario si el sistema de lentes se encuentra a la distancia óptima (profundidad de campo) con respecto al diente, en la cual se captura el mayor número posible de datos (fig. 7). Si la cámara está demasiado cerca o demasiado lejos, se registran menos datos. Asimismo, el software indica si todavía no se han registrado o se ha registrado una cantidad insuficiente de datos en una zona. En ese caso, éstos aparecen en la pantalla en negro o en rojo, respectivamente. Tras el maxilar inferior, en el segundo paso se escanea de la misma manera el maxilar superior del paciente. En el tercer paso tiene lugar el escaneo para el registro de la relación maxilar, proceso durante el cual el paciente encaja los dientes en ICP (posición de intercuspidación) y el usuario lleva a cabo únicamente un escaneo de unos pocos pares de dientes antagonistas en la zona de los dientes posteriores por bucal. Posteriormente, el sistema calcula un modelo virtual sobre la base del escaneo de la relación maxilar (fig. 8). A fin de capturar ópticamente de forma óptima la situación en boca, también al utilizar el Lava C.O.S. debería procederse a una retracción y deberían evitarse en lo posible los movimientos de la lengua y la presencia de saliva. La preparación puede controlarse con detalle directamente en el monitor. Para ello se puede rotar y ampliar la imagen 3D mediante la pantalla táctil. Si fuera necesario (p. ej., errores de preparación), el odontólogo todavía puede corregir la preparación bajo anestesia del paciente y reescanear selectivamente la zona afectada. Finalmente se cargan los datos a un portal de datos protegido, desde donde pueden ser descargados por el laboratorio protésico.

Aspectos clave del Lava Chairside Oral Scanner C.O.S.:

- Captura de vídeo en lugar de imágenes individuales = tecnología 3D-in-Motion.
- Capturas múltiples del mismo objeto por tres cámaras = «Wavefront Sampling».
- No es necesaria la aplicación de polvo cubriente.

- Cálculo de la superficie altamente desarrollado, con un método de cálculo exclusivo y patentado.
- Cálculo de imágenes 3D en tiempo real y control inmediato del escaneo.
- Conexión al LAVA Case Manager.
- El protésico dental es un elemento central del «flujo de trabajo digital».

Confección del modelo

Utilizando un software especial, el laboratorio descarga de un portal de datos protegido los datos de impresión digitales cargados por el odontólogo. El protésico visualiza un modelo 3D virtual del maxilar basado en los datos registrados por el odontólogo, esto es, la situación oral se reproduce en la pantalla a escala 1:1. Para el diseño de la estructura y para el modelo físico necesario para el recubrimiento (modelo estereolitográfico), se procesan virtualmente los datos en cuatro sencillos pasos:

- Definición del plano de oclusión (fig. 9).
- Definición virtual de los cortes de sierra (fig. 10).
- Determinación del límite de la preparación (figs. 11 a 13): el límite de la preparación puede ser establecido por el protésico de forma unidimensional, bidimensional o en representación 3D.
- Envío final de los datos (fig. 14).

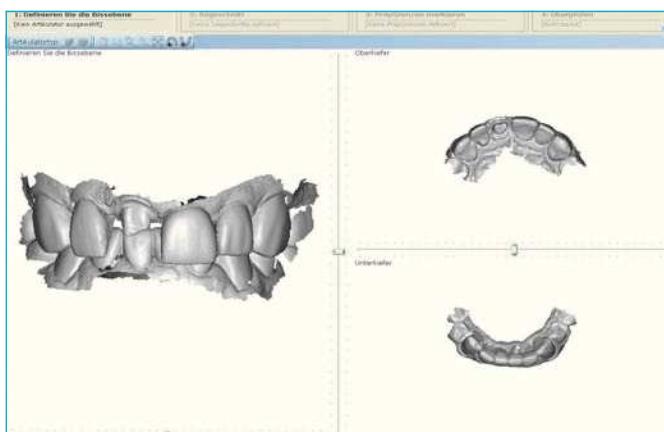


Fig. 9. El conjunto de datos de escaneo digital se prepara en cuatro pasos para la confección del modelo: paso 1 = definición del plano de mordida.

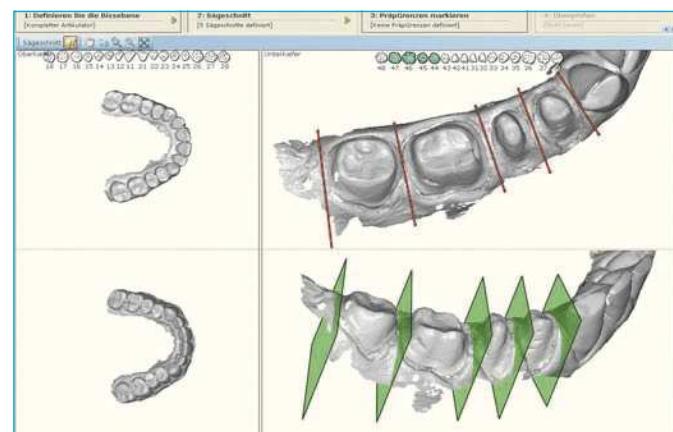
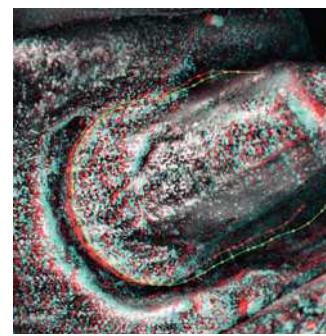
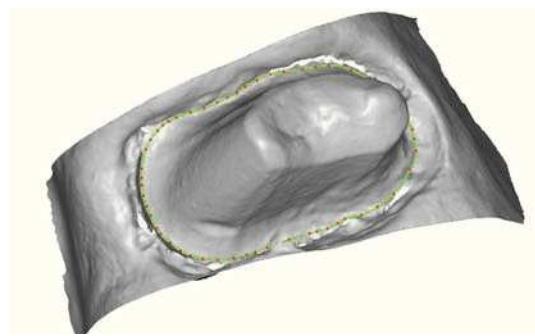
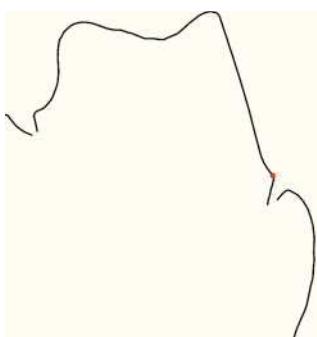


Fig. 10. Paso 2 = definición virtual de los cortes de sierra.



Figs. 11 a 13. Paso 3 = establecimiento del límite de la preparación. El límite de la preparación puede ser establecido por el protésico de forma unidimensional, bidimensional o en representación 3D.

INNOVACIÓN CONFECCIÓN DIGITAL

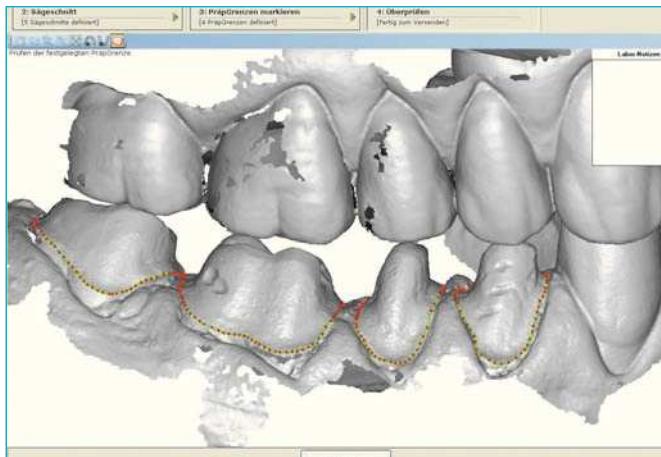


Fig. 14. Paso 4 = envío de los datos.

Procedimiento de construcción rápida de prototipos

Estereolitografía

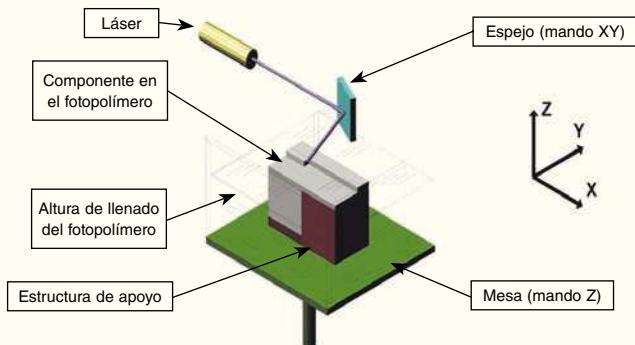
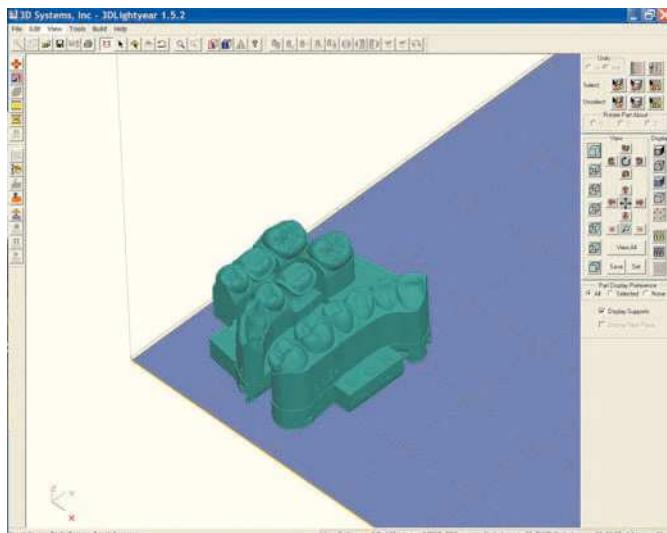


Fig. 15. El principio funcional de estereolitografía (fotografías: Prof. Dr. Ing. Franz-Josef Villmer, FH Lippe y Höxter).



Figs. 16 y 17. A partir de los datos de superficie STL se genera un modelo volumétrico, el cual en el siguiente paso se descompone en capas individuales yuxtapuestas (= corte).

Los datos llegan entonces por una parte a un sistema de diseño Lava Scan ST (en el centro de diseño Lava o el centro de fresado Lava), mediante el cual se configura la estructura y se prepara para el fresado. Al mismo tiempo, se transmiten los datos a un centro de confección de modelos, el cual confecciona un modelo de resina aplicando un procedimiento estereolitográfico.

La estereolitografía es un método aditivo (fig. 15). Esta forma de confección se denomina también *método generativo* o *método de construcción rápida de prototipos*^{9,11} (Rapid Prototyping). El modelo seguiteado digital está disponible en forma de conjunto de datos STL (STL = Standard Tessellation Language). En el formato STL se describe mediante pequeños triángulos la superficie de un objeto. A partir de estos datos de superficie se genera a continuación un modelo volumétrico (fig. 16), el cual en el siguiente paso se descompone en capas individuales yuxtapuestas (fig. 17). Este proceso se denomina

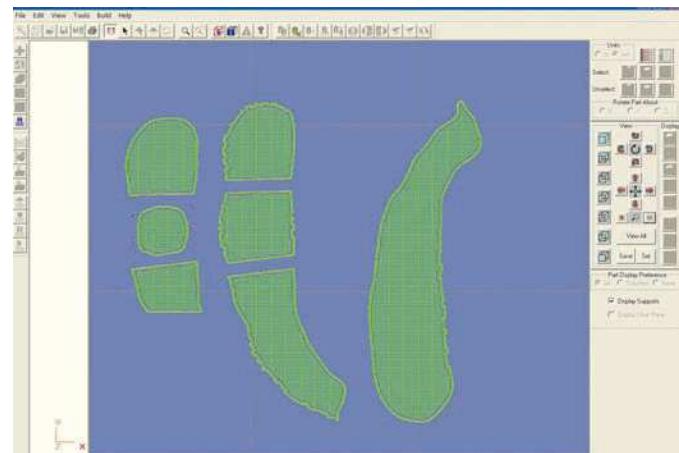




Fig. 18. Los iPro SLA Centers constituyen la nueva generación de aparatos de esterolitografía (3D-Systems) para la construcción de modelos maestros.



Fig. 19. El modelo confeccionado esterolitográficamente.

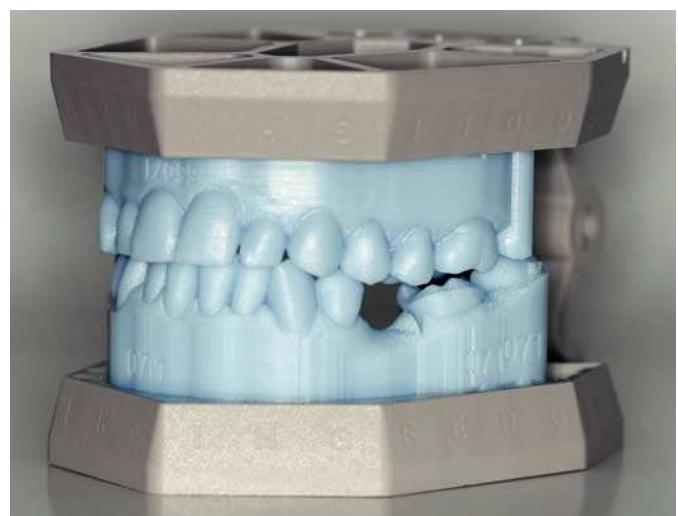


Fig. 20. Los modelos se entregan por regla general en un simulador de oclusión.

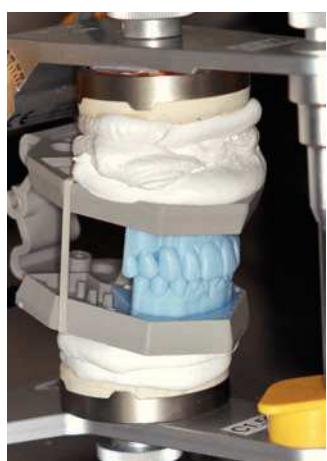


Fig. 21. Si se desea, los modelos esterolitográficos también pueden montarse en un articulador. En este caso, el simulador de oclusión sirve como medio auxiliar para la determinación de la posición de mordida.

«slicing» (corte). Sobre la base de los datos cortados, el aparato de esterolitografía (iPro SLA Center, 3D-Systems, Darmstadt, Alemania, fig. 18) genera finalmente por capas el modelo tridimensional real (fig. 19). Como material para la confección de modelos maestros se utilizan fotopolímeros de resina acrílica. El grosor de capa en el proceso de construcción es actualmente de 50 µm. Además del modelo seguiteado propiamente dicho, se confecciona también el maxilar opuesto mediante el método aditivo y se montan ambos modelos en un simulador de la oclusión (fig. 20). Si se desea, también es posible montar los modelos en un articulador convencional (fig. 21). Toda vez que el registro de la relación maxilar mediante el escáner LAVA C.O.S. tiene lugar desde vestibular en la posición de oclusión terminal, la posición de los modelos en el simulador de oclusión se corresponde exactamente con la posición de oclusión terminal en boca del paciente. De este modo se elimina la posibilidad de errores de transferencia que pueden producirse en la determinación convencional de la relación maxilar. En caso de montar los modelos en un articular, el simulador de oclusión sirve como medio auxiliar para determinar la posición de mordida. Tras el fraguado del yeso de articulación, es preciso retirar mediante un disco de corte las barras de conexión al simulador de oclusión.

La segunda parte de este artículo describirá el flujo de trabajo digital desde el proceso CAD/CAM hasta el recubrimiento digital.

INNOVACIÓN CONFECCIÓN DIGITAL

Los autores desean expresar su agradecimiento a la firma 3M Espe AG de Seefeld, Alemania, y especialmente al Dr. Peter Schubinski y a la Sra. Susanne Just, por su asistencia durante la realización de los trabajos.

Agradecimientos

1. Beuer F, Schweiger J, Eichberger M, Kappert HF, Gernet W, Edelhoff D. High strength CAD/CAM fabricated veneering material sintered to Zirconia copings - a new fabrication mode for all-ceramic restorations. *Dent Mater* 2009;25:121-128.
2. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview over recent development for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J* 2008;204:505-511.
3. Edelhoff D, Weber C, Weber V, Nießing K, Spiekermann H. Klinische Erfahrungen mit CAD/CAM gefertigten Y-TZP ZrO₂-Brückengerüsten und Kronengerüsten mit reduzierter Wandstärke vom Typ Lava. *teamwork* 2006;LIII(8):140-154.
4. Edelhoff D, Beuer F. Update – Digitale Zahnmedizin. *teamwork* 2009;12:85-91.
5. Güth JF, Edelhoff D, Beuer F, Ramberger M, Schweiger J. Intraorale digitale Erfassung – Der logische Einstieg in die CAD/CAM-Fertigungskette. *Quintessenz Zahntech* 2009;35:1156-1166.
6. Pospiech P, Schweiger J, Meinen J. Vom Zirkonoxidgerüst zur Lava-Vollkeramik. *Dent Labor* 2002;50:59-67.
7. Schweiger J, Beuer F. Sinterverbundkronen: Hightech-Verblendkeramikkronen im reinen CAD/CAM-Verfahren. *Quintessenz Zahntech* 2009;35:262-272
8. Schweiger J. Update digitale Fertigungstechniken. *Teamwork SPECIAL* 2009;12:86-92.
9. Schweiger J. Rapid Prototyping – Neue Fertigungswege in Zahntechnik und Zahnmedizin, *Digital Dent News* 2008;2:36-41.
10. Schweiger J, Beuer F, Eichberger M. Sinterverbundkronen und -brücken: Neue Wege zur Herstellung von computergesetztem Zahnersatz. *Digital Dent News* 2007;5:14-21.
11. Schweiger J, Erdelt KJ, Beuer F. Rapid Prototyping – Technik der Zukunft. *Dent Labor* 2004;52: 1109-1118.

Bibliografía

ZT Josef Schweiger, PD Dr. Florian Beuer y Prof. Dr. Daniel Edelhoff.
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik (Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. dent. Dr. h. c. Wolfgang Gernet), Klinikum Innenstadt der Universität München.
Goethestraße 70, 80336 Múnich, Alemania.
Correo electrónico: Zahn.Labor@med.uni-muenchen.de

Correspondencia