

CONCEPT C



[Resumen]

El proceso de toma de impresión de una situación en boca mediante material de impresión es laborioso y propenso a errores, y constituye para el paciente uno de los momentos más desagradables en la consulta odontológica. Los autores presentan un nuevo método para el registro de datos 3D intraoral y describen con detalle los requisitos que deben cumplirse para lograr una adaptación de las configuraciones del sistema al entorno de medición alterado (cavidad oral), a las propiedades del objeto a medir (diente natural) y a los requisitos legales planteados a un sistema eléctrico médico, a fin de implementar este desarrollo de la técnica de digitalización óptica.

Palabras clave

Escaneo intraoral. Registro de datos 3D. Triangulación. Método de proyección de bandas. directScan.

(Quintessenz Zahntech. 2009;35(4):446-51)

Registro de datos 3D intraoral

Josef Hintersehr y Peter Kühmstedt

El siguiente paso en el registro de datos 3D en la odontología es la toma/digitalización de la situación del paciente directamente en la boca de éste sin limitación en cuanto a las dimensiones de la zona a registrar. De este modo se podría eliminar prácticamente el proceso de toma de impresión mediante material de impresión, el cual es laborioso y propenso a errores. Además, el paciente se vería liberado de uno de los momentos más desagradables en la consulta odontológica. No obstante, para hacer realidad este desarrollo de la técnica de digitalización óptica se requiere la adaptación de las configuraciones de sistema al entorno de medición alterado. En principio, para esta tarea de medición están disponibles los mismos métodos para la medición de modelos de maxilar o muñones. Las limitaciones se derivan de las particularidades del entorno de medición (cavidad oral), las propiedades del objeto a medir (diente natural) y los requisitos legales planteados a un sistema eléctrico médico.

Los métodos de medición utilizados actualmente en la prótesis dental son:

- Palpación mecánica
- Conoscopia

Introducción

Técnica de medición



Fig. 1. Estructura de un método de medición activa (hiScan, Hint-ELs GmbH).

- Triangulación de puntos láser
- Procedimiento de sección luminosa
- Proyección de bandas

Aparte de estos procedimientos existen la palpación mecánica, así como la conoscopia, como métodos de medición para una aplicación intraoral. La palpación mecánica, partiendo de los sistemas actualmente utilizados en la prótesis dental, requiere entre otras cosas una inversión de tiempo excesiva para la generación de datos (medición). Este problema fundamental existe también en el método de la conoscopia, que debido al registro por capas del objeto a medir presenta una velocidad de medición insuficiente. Los tres métodos restantes se basan en el principio de medición de la triangulación. En este principio de medición se determina la posición espacial de un punto de un objeto mediante el cálculo de dos ángulos de triángulo conociendo el lado del triángulo abarcado por éstos. Los métodos de triangulación pueden dividirse en métodos de medición activa y pasiva. Los sistemas pasivos no requieren una unidad de iluminación especial. La información sobre el objeto a medir se obtiene mediante el análisis de posiciones de píxel de los puntos del objeto en el plano de imagen de una unidad de captación de imágenes. Por el contrario, los métodos de medición activa requieren una iluminación especial del objeto (fig. 1). Los métodos de medición activa pueden dividirse a su vez en tres subgrupos según el tipo de palpación. En el caso unidimensional se proyecta sobre el objeto a medir un punto de luz, p. ej. láser. La luz reflejada por el objeto es reproducida en un ángulo, el ángulo de triangulación, en un detector sensible a la posición, p. ej. cámara CCD. A partir de la geometría de la estructura óptica, determinada esencialmente mediante el ángulo de triangulación y las propiedades ópticas de los sistemas de reproducción, se calcula la posición del punto del objeto observado. Este proceso se denomina técnica de triangulación láser. Mediante escaneo en 2D del haz de luz pueden palpase objetos también superficialmente. El procedimiento de sección luminosa constituye una ampliación del método de triangulación con el punto de luz. En lugar de un único punto de luz, se proyecta sobre el objeto una banda de luz con un límite claro/oscuro nítido. Aquí, una cámara registra la banda de luz y la analiza. De este modo pueden calcularse a partir de una imagen todas las coordenadas del objeto situadas en dicha banda de luz. Mediante escaneo 1D pueden palpase objetos superficialmente también aquí. De ello se deriva fácilmente la transición hacia el método de medición 3D de procesamiento de imágenes directo. Si la iluminación por puntos posibilita una medición 3D por puntos y la iluminación por líneas una triangulación a lo largo de una única sección del objeto, la proyección superficial de luz estructurada –la denominada proyección de bandas– permite una triangulación gráfica de toda la escena de medición.

Técnica del escáner intraoral «directScan» Método de medición

La ventaja de que con el método de proyección de bandas pueden registrarse áreas de superficie enteras con una imagen fue uno de los criterios para escoger este procedimiento también para el registro de datos en boca. En la triangulación de puntos láser o el método de sección láser sólo podrían registrarse puntos individuales o una línea por imagen, y en consecuencia no se lograría el tiempo de medición extremadamente corto necesario.

INNOVACIONES

ESCANEO INTRAORAL



Fig. 2. Un modelo de ensayo con dientes naturales implementados.



Fig. 3. La imagen de cámara de los dientes naturales a medir.



Fig. 4. La proyección de bandas sobre un modelo de yeso.



Fig. 5. La proyección de bandas sobre dientes naturales.

El tiempo de medición por toma debe ser lo más corto posible, para evitar que la imagen salga movida pese al posicionamiento manual de la cámara/del escáner. Para lograrlo, se reducen al mínimo las secuencias de imagen de la proyección de bandas y éstas son proyectadas con extremada rapidez. De este modo se obtiene un tiempo de medición por toma de aproximadamente 200 ms. Así se evita que la toma salga movida.

Velocidad de medición

El gran reto para el registro de datos en boca lo constituyen las condiciones ambientales. Además de las exigencias derivadas del escaso espacio disponible en la cavidad oral y del medio oral húmedo, el diente no es un objeto de medición cooperativo (figs. 2 y 3). Su superficie translúcida parcialmente reflectante provoca una reducción de la relación de contraste de los patrones de bandas proyectados. Si bien durante la medición de modelos de yeso todavía es claramente identificable la proyección de bandas y ésta puede ser fácilmente analizada por el software, la relación de contraste en los dientes naturales empeora sensiblemente (figs. 4 y 5). Incluso tras una mayor ampliación del detalle de la imagen, el patrón de bandas sobre los dientes naturales es mucho más débil que en las superficies de yeso opacas (figs. 6 y 7). Si se compara la modulación de las bandas con ayuda de un software, se muestran claramente también aquí las diferentes intensidades de los patrones de bandas. En un modelo de yeso, la modulación de las bandas se caracteriza inequívocamente por curvas elevadas y profundas (fig. 8). Si se rocían los dientes naturales con spray opaco, aparecen también aquí patrones de modulación característicos durante la proyección de los patrones de bandas (fig. 9). Estos patrones se van armonizando cada vez más durante la proyección

Objeto de medición

Fig. 6. La representación rica en contraste de las bandas sobre el modelo de yeso.

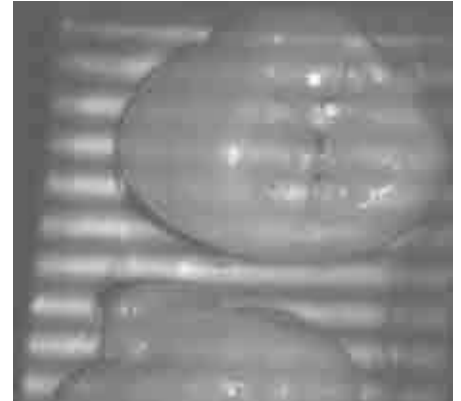


Fig. 7. Una relación de contraste débil sobre los dientes naturales.



Fig. 8. La intensidad de modulación analizada sobre los modelos de yeso.



Fig. 9. Intensidad de modulación analizada sobre los dientes naturales rociados.



Fig. 10. La intensidad de modulación analizada sobre los dientes naturales no rociados.

Fig. 11. El conjunto de datos 3D a partir de la medición de los dientes naturales rociados.



Fig. 12. Medición precisa pese a las condiciones de medición difíciles.

de bandas sobre dientes naturales no rociados (fig. 10). A fin de calcular una forma tridimensional a partir de estos patrones de modulación difícilmente diferenciables, es necesario un software de medición desarrollado especialmente para esta aplicación, que posibilite en combinación con la técnica de aparatos una imagen de dientes naturales sin rociado previo (figs. 11 y 12).

Medición de la dentición total

A fin de medir un maxilar completo pese al escaso espacio disponible en la cavidad oral, es preciso agrupar varias tomas parciales para crear un conjunto de datos completo (fig. 13). Para ello es necesario que las imágenes individuales se solapen en ciertas zonas (fig. 14). Con objeto de cumplir fácilmente este requisito, se implementó un campo de toma grande de 20 mm x 15 mm. Los conjuntos individuales de datos de muñones constan normalmente de varias tomas asignadas unas a otras.

Diseño

Por una parte, la elección de los componentes técnicos y de su disposición técnica funcional determina la posibilidad de configurar el diseño de la carcasa (fig. 15). Pero también debe tenerse en cuenta el obligado cumplimiento de los requisitos legales

INNOVACIONES

ESCANEO INTRAORAL

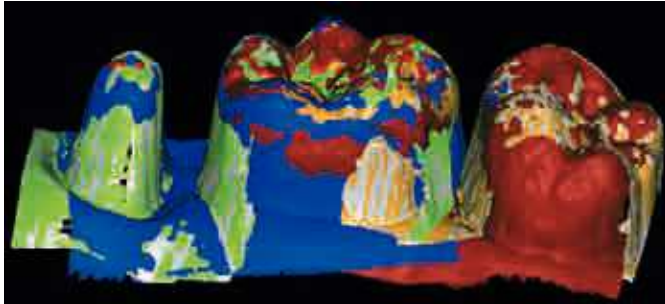


Fig. 13. Varias mediciones agrupadas conforman el modelo al completo.

Fig. 14. El esquema de toma de las mediciones realizadas en el modelo de dientes naturales.

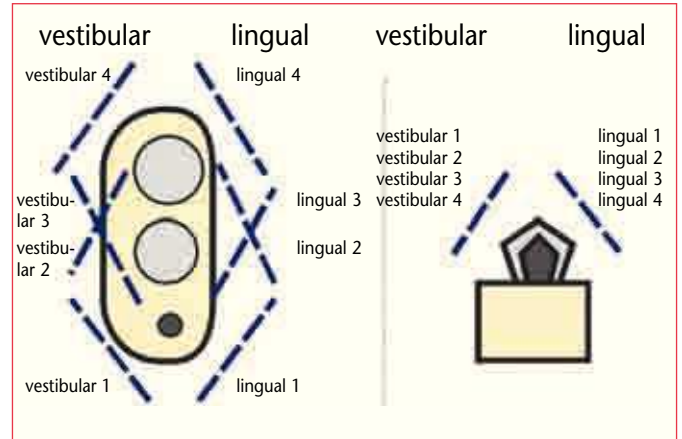


Fig. 15. Espacio necesario para los componentes técnicos.

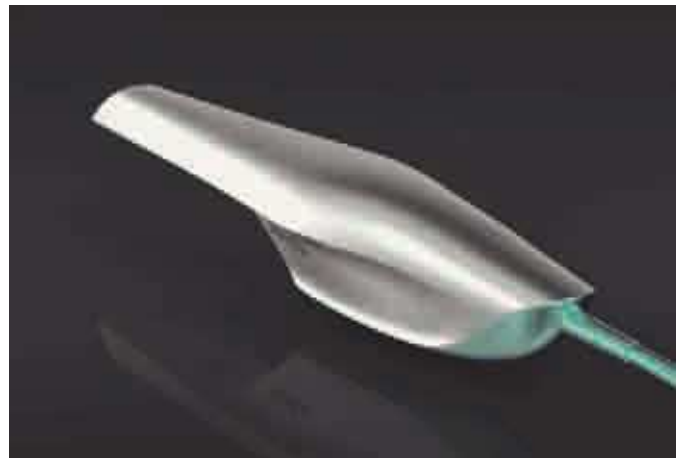


Fig. 16. La pieza de mano de diseño ergonómico.

aplicables a sistemas eléctricos médicos. Por otra parte, el requisito general consiste en diseñar la carcasa con el menor tamaño posible, a fin de poder registrar incluso áreas de medición de difícil acceso en la boca. Así pues, también el diseño constituye un proceso complejo. En última instancia, el manejo sencillo y ergonómico determina el uso diario tanto como la ejecución técnica funcional. En el directScan (Hint-ELs GmbH, Griesheim, Alemania) se han integrado todos los elementos técnicos de medición en la pieza de mano ergonómica (figs. 16 y 17). El tubo delantero (pieza de boca) es extraíble y no incorpora elementos técnicos. Esto posibilita su limpieza/desinfección sencillas, así como su esterilización.

La aplicación del principio de medición de la triangulación y del método de medición de la proyección de bandas parecía, en opinión de los autores, el concepto más prometededor para la realización de un sistema de escaneo intraoral. Posibilita por cada imagen un registro muy rápido y superficial de la geometría del objeto. Pese a la reducida relación de contraste de la proyección de bandas sobre dientes naturales no rociados, esta técnica de medición posibilita un registro rápido de los datos. La agrupación de imágenes

Conclusión



Fig. 17. Integración de la «técnica» en el diseño del aparato.

de medición individuales para crear un conjunto de datos 3D completo posibilita la toma de muñones inclinados o regiones maxilares de gran superficie hasta obtener una imagen de la dentición completa. Mediante la integración de la técnica de medición en la pieza de mano con tubo frontal extraíble se garantizan tanto un diseño ergonómico como la facilidad de limpieza.

Correspondencia ZTM Josef Hintersehr.
Hint-ELs GmbH.
Rübgrund 21, 64347 Griesheim, Alemania.
Correo electrónico: j.hintersehr@hintel.de

Dr. Peter Kühmstedt.
Fraunhofer IOF.
Albert-Einstein-Strasse 7, 07745 Jena, Alemania.