

Estereolitografía: Conceptos básicos.

Stereolithography: Basic Concepts.

Ana Trevejo-Bocanegra ^{1,a}, Daniel Fernández ^{2,b}, Víctor Calderón-Ubaqui ^{1,a}.

RESUMEN

La Estereolitografía es un sistema de prototipado rápido por el cual se obtienen modelos sólidos en tres dimensiones, a través del procesamiento de datos obtenidos de la tomografía computarizada o la imagen por resonancia magnética. Esta técnica posee una variedad de aplicaciones en el campo de la medicina y la odontología, específicamente en el diagnóstico y planificación de tratamiento quirúrgico de las deformidades faciales, reconstrucciones óseas, dentales y de la Articulación Témporo-mandibular, etc. Estos modelos sirven también como registros o documentos físicos de la historia clínica de los pacientes y para educar e informar al paciente sobre el desarrollo del tratamiento. Por otro lado, el equipamiento es costoso, puede haber errores en el tamaño real o presencia de pseudoforámenes en algunas estructuras óseas delgadas. Otra desventaja, es que no se pueden reconstruir tejidos blandos, por lo tanto, su uso en reconstrucciones faciales es muy limitado.

Palabras Claves: ESTEREOLITOGRAFÍA / MODELOS 3D / CIRUGÍA MAXILOFACIAL

ABSTRACT

The Stereolithography is a Fast Prototyping System and from which are obtained solid and three –dimension models, through data processing from Computed Tomography and Resonance Magnetic Image. This technique has a variety of applications in medicine, dentistry fields, specifically in diagnostic and surgery treatment plan of facial deformities, bone, dental, and Temporo Mandibular Joint reconstructions, etc. These models are made, too, as physic record or document of a patient's clinic history and for teaching and reporting to the patient about the treatment development. By the other hand, equipment is expensive, real size mistakes or pseudoforamina of some thin bone structures can appear. Another disadvantage, soft tissue can't be reconstructed, by the way, its use in facial reconstructions is very limited.

Key Words: STEREOLITHOGRAPHY / 3D MODELS / MAXILLOFACIAL SURGERY

¹ Asociación Peruana de Radiología Bucal y Máxilo Facial. Lima, Perú.

² Facultad de Estomatología. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.

^a Especialista en Radiología Bucal y Máxilo Facial.

^b Alumno de Pre-grado.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 20 años la tecnología en Cirugía Oral y Maxilofacial ha avanzado satisfactoriamente, trayendo nuevos materiales y sistemas, que hacen más fáciles los procedimientos y ayudan en la planificación del tratamiento, buscando obtener resultados con menos complicaciones y con un mayor rango de éxito (1).

Desde hace muchos años se han utilizado para visualizar una lesión, la radiografía, la tomografía computarizada, la imagen por resonancia magnética y las ecografías, en el diagnóstico y plan de tratamiento. Las nuevas tecnologías nos conducen a una visualización integral en tres dimensiones como los sistemas de prototipado rápido, entre las cuales se encuentra la estereolitografía, que es de extraordinaria ayuda en el diagnóstico y tratamiento de una cirugía oral maxilofacial (1,2,3).

Sistemas de Prototipado Rápido (SPR):

Son un conjunto de tecnologías, que se originan en los sistemas de diseño y elaboración asistidos por computadora (CAD/CAM). El SPR brinda la posibilidad de efectuar, en un tiempo relativamente corto, diversas pruebas de geometría distintas para una pieza anatómica, validar la geometría definitiva, y acometer la producción en serie rápidamente, con costo de desarrollo aceptable (1,3).

Bajo el nombre de SPR se agrupan a una serie de tecnologías distintas de construcción de sólidos. Todas ellas parten del corte en secciones horizontales paralelas de piezas representadas en CAD/CAM (1,2).

ESTEREOLITOGRAFIA (STL)

Es un sistema de prototipado rápido con el que, mediante el procesamiento de los datos obtenidos mediante TC o RM, de los pacientes y mediante un sistema informático se obtienen modelos o prototipos sólidos en tres dimensiones (1,3,4,5,6,7).

Para obtener este modelo tridimensional, se requiere de un estudio visual no invasivo de los pacientes, como la Tomografía Helicoidal Computarizada. El equipo debe ser ajustado para realizar cortes con el menor espesor posible. Los datos obtenidos

son almacenados en formato Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM), procesada por un programa específico de imágenes (MIMICS), para que el estereolitógrafo reproduzca el modelo con una fidelidad de aproximadamente un 99% (8) y poder observar de manera real la anatomía, disposición de estructuras, mediciones longitudinales y angulares de todas las estructuras anatómicas (1,2,3,8).

Cuando las imágenes son convertidas en formato de STL, la superficie del modelo CAD se convierte en un gran número de triángulos que mejoran la calidad de la imagen y añaden precisión al algoritmo para la construcción del modelo final (9). La interpolación lineal de los valores de gris se realiza entre los valores numéricos de los pixels que corresponden tanto a las áreas más hiperdensas como a las más hipodensas (2).

Esta técnica consiste en solidificar la resina de estado líquido, mediante la proyección de un haz de láser de una frecuencia y potencia muy concretas. El proceso empieza con el elevador situado a una distancia de la superficie del líquido, igual al grosor de la primera sección a imprimir. El láser sigue la superficie de la sección y su contorno (1). El líquido es un fotopolímero que se solidifica cuando está expuesto a radiación ultra-violeta. Una vez solidificada esta sección, el elevador baja su posición para situarse a la altura de la siguiente lámina. Se repite dicha operación hasta conseguir la pieza final (2,3,11).

En consecuencia, la creación de los prototipos se inicia en su parte inferior y finaliza en la superior. El hecho de que la resina inicialmente se encuentre en estado líquido, lleva a la necesidad de generar, no sólo la geometría correspondiente a la pieza a crear, sino además, una serie de columnas que permitan soportar la pieza a medida que ésta se va generando. De no ser así las distintas capas o voladizos que son necesarios, caerían al no ser auto soportados por la resina líquida no solidificada. Para obtener unas características mecánicas óptimas de las piezas generadas, los prototipos son sometidos a un post curado en un horno especial de rayos UVA (1, 2,3). (Fig. 1)

Existen otros métodos como el 3DPTM, en el que la impresora posee un reservorio del polímero el cual va distribuyendo uniformemente en los ejes X y Y. Los modelos obtenidos no tienen gran resistencia por lo que

deber pasar por un acabado final con cianoacrilato. Esta tecnología tiene una resolución espacial de 0.17 mm, a diferencia de 0.25 mm que tiene el método de SLT. Otra tecnología es el Poly Jet TM mediante el cual la imagen se secciona virtualmente en capas de 16 μ m. se inyectan capas de 20 μ mm de espesor de resina en las secciones ya preparadas; la resina es curada con luz UV. Este proceso se repite cuantas veces sea necesario. La resolución espacial obtenida es 0.016 mm (9). Sin embargo; los modelos obtenidos por SLT presentan un error de 1.79% a diferencia de los modelos obtenidos por 3DPTM y por PolyJetTM que presentaron errores de 3.14% y 2.14% (9,10).

MATERIALES MÁS UTILIZADOS

Se utilizan diferentes tipos de materiales para lograr diversos tipos de prototipos o modelos con muy diferentes aplicaciones y utilidades (1,2,12).

Los materiales utilizados frecuentemente en la ejecución de los modelos en el campo de las ciencias de la salud y de mayor aplicación en medicina y odontología son los materiales poliméricos, del tipo de las resinas líquidas fotopolimerizadas mediante radiaciones láser o luz ultravioleta (1,12).

También se han utilizado diversas mezclas para formar composites de diferentes materiales poliméricos mezclando monómeros polifuncionales de distintos pesos moleculares más foto iniciadores,

entre ellos la resina Epox, acrílico y vinil; de esta manera obtener modelos más duros y más flexibles dependiendo de las necesidades (1,9,12,13).

Los materiales en estado plástico son inyectados normalmente a temperaturas superiores que a veces llegan a 300° C. La clave de todo el proceso está en bajar lentamente y de forma homogénea la temperatura en el molde, usando tiempos de espera más prolongados, que pueden estar alrededor de los cinco minutos. Otro factor importante es la presión, que durante todo el proceso debe de ser baja debido a la relativa baja resistencia de los materiales (1,5).

APLICACIONES EN CIENCIAS DE SALUD

Dentro del campo de la medicina se está utilizando bastante en diversas especialidades como la traumatología, para la colocación de injertos y reconstrucciones de defectos óseos de diversa etiología, reconstrucciones de estructuras anatómicas, traumáticas, accidentales, por fracturas, por neoplasias, quirúrgicas, por motivos estéticos, etc (6,11,12,14). En el campo de la paleoradiología para demostrar el detalle anatómico de los especímenes y diferenciarlos entre ellos (14).

Así mismo, se usa en oftalmología, urología, otorrinolaringología, medicina forense, ortopedia (15). También se aplica en cirugía vascular, como por ejemplo en las estenosis aórticas, válvulas cardiopulmonares, alteraciones vasculares, neurocirugías (1).

En el campo de la odontología se utiliza con éxito en las deformaciones dentofaciales, estudios de crecimiento del macizo maxilofacial e investigaciones, implantología, reconstrucciones óseas, dentales y de la Articulación Temporo Mandibular (ATM), malformaciones de cabeza, cara y cuello, cirugías estéticas y maxilofaciales con etiologías patológicas y/o traumáticas (1,3,5,6,7,11,16).

ESTEREOLITOGRAFIA EN CIRUGIA ORAL Y MAXILO FACIAL:

El objetivo final de cualquier procedimiento quirúrgico es reproducir la forma y función que se planifica en el periodo preoperatorio y el objetivo



Figura 1 El centro de estereolitografía 3D Systems SLA® Viper™ Tomado de: <http://www.alava-ing.es/ingenieros/productos/tecnologias-de-prototipado-3d-y-simulacion/estereolitografia/> (30/10/2012)

más importante, es minimizar las complicaciones operatorias y post operatorias en una cirugía (5,6).

Con la aparición de nuevas tecnologías y mejoramiento de las técnicas quirúrgicas se enfoca hacia una moderna Cirugía Oral y Maxilofacial con lo que se puede cumplir los objetivos trazados con menos inconvenientes (5). Un prototipo de esta nueva tecnología es la estereolitografía, que comenzó a utilizarse en el ámbito médico a partir de la década de los noventa, reproduciendo modelos anatómicos precisos de estructuras de tejidos duros de los pacientes (1,2,3,5,16).

Investigaciones recientes muestran que los modelos obtenidos a partir de esta tecnología son de un uso extraordinario en la etapa preoperatoria de la cirugía ya que permite prever los efectos secundarios de las condiciones del trauma o de la lesión patológica (2, 5, 6, 7,11).

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ESTEREOLITOGRAFIA EN CIRUGIA ORAL Y MAXILOFACIAL

La STL es una gran ayuda para el diagnóstico y sobretodo, para elaborar una planificación cuidadosa de los procedimientos quirúrgicos. La ventaja que presenta el uso de esta técnica en las ciencias de salud es que reduce el tiempo de la intervención quirúrgica, beneficiando al paciente en el periodo postoperatorio inmediato y mediato. Con ello se minimizan las complicaciones y se ofrece un tratamiento de mayor calidad (1, 5, 6,7).

Los modelos sirven también como registros o documentos físicos de la historia clínica de los pacientes, además como instrumento para educar a los pacientes y aclarar cualquier tipo de dudas con respecto al desarrollo de los tratamientos y a la evolución posterior a los mismos. Además, se pueden utilizar para la realización de pruebas funcionales como ensayos y montajes (1, 5,6). (Fig. 2A, 2B).

Las desventajas que describe la literatura es que el equipamiento del laboratorio es costoso; también se han reportado errores en la confección de prototipos de tamaño real, por defectos en el ordenador, por una mala técnica de uso del equipo o una aplicación



Fig 2A. Modelos de STL a de la órbita izquierda. Muy útil para el análisis tridimensional y simulación de la cirugía antes de la cirugía real.

incorrecta de los materiales para la elaboración del modelo (1, 2, 5, 6,7).

Los efectos del volumen parcial en estructuras óseas delgadas (menos de 1 mm de espesor) son los responsables de la presencia de pseudoforámenes de algunos reparos anatómicos (2).

La STL no está totalmente indicada para realizar reconstrucciones faciales, debido a que no se reproducen las estructuras de tejidos blandos ni el contorno requerido para la fabricación de prótesis faciales. En estos casos se opta por la fotografía 3D para capturar la imagen, la cual se ha popularizado en la cirugía plástica (16).

CONCLUSIONES

- La SLT es una alternativa nueva y de gran importancia comparada con los otros medios de visualización utilizados, como las radiografías convencionales, tomografía computarizada, resonancia magnética, gammagrafía, ecografía, etc.
- Es de gran ayuda en el diagnóstico y tratamiento de pacientes con defectos congénitos y/o adquiridos siendo utilizado por las especialidades odontológicas y en otras áreas médicas.
- Representa una herramienta muy útil para realizar reconstrucciones en forma y función, planificar y/o practicar previamente cirugías complejas de traumatismos y patologías maxilofaciales y en la cirugía de implantes, llevando a un procedimiento más preciso y exitoso.



Fig 2BA. Modelos de STL de la mandíbula. Adaptación de una placa de reconstrucción.

- La mayor o menor similitud que pudiera existir entre el modelo definitivo y el obtenido mediante la técnica de estereolitografía dependerá básicamente de el sistema utilizado para su generación, las limitaciones dimensionales, de la complejidad y de los procesos aplicados posteriormente.
- La SLT facilita la comunicación entre el paciente y el profesional.

CORRESPONDENCIA

Ana Paola Trevejo Bocanegra
Av. La Capilla 1052
Rímac, Lima, Perú
Correo electrónico: ana.trevejo.b@upch.pe

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Álvarez C, Carrillo JS, Fernández J, Grille C. Avances en equipamientos (I): la Estereolitografía y sus materiales, un paso hacia el futuro. *Cient Dent.* 2006;3(2):151-156.
2. Bouyssie J, Bouyssie S, Sharrock P, Durand D. Stereolithographic models derived from X-ray computed tomography - Reproduction accuracy. *Surg Radiol Anat.* 1997;19:193-9.
3. Jiménez R, Benavides A, La estereolitografía en la Facultad de Odontología de la UNAM. *Rev Odontol Mex.* 2005;9(5):48-50.
4. Gutberlet M, Hoerstrup SP, Hausmann H, Lueth T, Hertzner R. Tissue engineering of vascular conduits: fabrication of custom-made scaffolds using rapid prototyping techniques. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2005;53(5):144-9.
5. Mehra P, Miner J, D'Innocenzo R, Nadershah M. Use of 3-D Stereolithographic Models in Oral and Maxillofacial Surgery. *J Maxillofac Oral Surg.* 2011;10(1):6-13.
6. Ortakoglu K, Karacay S, Sencimen M, Akin E, Ozyigit A, Bengi O. Distraction osteogenesis in a severe mandibular deficiency. *Case Report. Head & Face Med.* 2007;3:7.
7. Toro C, Robiony M, Costa F, Zermanand N, Politi M. Feasibility of preoperative planning using anatomical facsimile models for mandibular reconstruction. *Head Face Med.* 2007;3:5.
8. Barker TM, Earwaker WJ, Lisle DA. Accuracy of stereolithographic models of human anatomy. *Australas Radiol.* 1994;38(2):106-11.
9. Ibrahim D. et al. Dimensional error of selective laser sintering, three-dimensional printing and PolyJet models in the reproduction of mandibular anatomy. *J Cranio-Maxillofac Surg.* 2009;37:167-73.
10. Sarment DP, Sukovic P, Clinthorne N: Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical guide. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2003;18(4):571-7.
11. Kusek E. The Use Of Laser Technology (Er,Cr:Ysgg) And Stereolithography to Aid In the Placement of a Subperiosteal Implant: Case Study. *J Oral Implant.* 2009; 35(1):5-11.
12. Kim K, Yeatts A, Dean D, Fisher P. Stereolithographic Bone Scaffold Design Parameters: Osteogenic Differentiation and Signal Expression. *Tissue Engineering Part B Reviews.* 2010;16(5):523-39.
13. Simoes A, Azevedo A, Pessoa G. Prototipagem rápida: um método auxiliar no tratamento de ameloblastoma – Relato de caso. *Rev Odontol UNESP.* 2010;39(4):247-54.
14. Kurt W, Buitrago-Téllez C, Dental paleoradiology: applications in paleoanthropology and paleopathology - *Canad Assoc Radiol J.* 2004;55(4):258-63.
15. Beigi B, McMullan T, Gupta D, Khandwala M. Stereolithographic models to guide orbital and oculoplastic surgery. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2010;248:551-4.
16. Sabol J, Grant G, Liacouras P, Rouse S. Digital Image Capture and Rapid Prototyping of the Maxillofacial Defect. *J Prosthodont.* 2011;20:310-14.

Recibido : 22-04-2012
Aceptado: 17-07-2012