

Estereolitografía en Cirugía Maxilofacial.

Stereolithography in maxillofacial surgery.

Fredy Gutierrez-Ventura^{1,a}, Rodrigo Robles-Apac^{1,b}.

RESUMEN

Objetivo de la revisión: Es mostrar a la comunidad odontológica especialmente a la especialidad de cirugía maxilofacial, una herramienta valiosa y moderna, la estereolitografía como ayuda importante en la planificación y tratamiento en los diversos campos que desarrolla esta especialidad. **Métodos:** Se revisó la literatura en diversos buscadores y se seleccionó aquellos artículos que tienen relación con el tema. **Resultados:** Se encontró literatura valiosa que describe con claridad cómo la estereolitografía es una herramienta de ayuda en la planificación del tratamiento en las diversas áreas de la cirugía maxilofacial. **Conclusión:** En la cirugía contemporánea el advenimiento de las innovaciones.

Palabras clave: ESTEREOLITOGRAFÍA, TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE EMISIÓN.

ABSTRACT

Objective of the review: Is to show the dental community especially the specialty of maxillofacial surgery, a valuable and modern tool, stereolithography as important in treatment planning and in the various fields that help develop this specialty. **Methods:** Literature was reviewed in various search engines and articles that are related to the selected topic. **Results:** Valuable literature that clearly describes how the estereolitografía is a tool to aid in treatment planning in different areas of the maxillofacial surgery was found. **Conclusion:** In contemporary surgery the advent of innovations.

Key Words: STEREOLITHOGRAPHY, REFORMATTED CT SCAN, COMPUTER SOFTWARES, RAPID PROTOTYPING MACHINE

¹ Facultad de Estomatología. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.

^a Magister en Estomatología. Cirujano Oral y Maxilofacial - Ortodoncista.

^b Residente de Cirugía Oral y Maxilofacial.

INTRODUCCIÓN

“La estereolitografía tiene sus orígenes en los sistemas de Diseño Asistido por Computadora (CAD), los cuales son programas de cómputo que aceleran los procesos de diseño. El primer programa de sistemas CAD data de 1963 en EUA, pero fue en 1982 cuando se consolidó el uso de diseño asistido por computadora. El programa dio un gran salto cuando pocos años después se incorporaron a éstos, los sistemas de Diseño Asistido por Computadora en Tercera Dimensión (CAD3D), dando lugar a métodos de fabricación de modelos tridimensionales por capas en diversos materiales de manera rápida y económica (Rapid Tooling)” (1).

“El primer equipo de estereolitografía fue desarrollado por Charle Hull, de origen norteamericano, en el año de 1988, y en 1992 aparecen los primeros Sistemas Selectivos por Láser (SLS) e impresoras 3D. Aunque el uso de la estereolitografía tiene sus primeras aplicaciones en el diseño industrial para la fabricación de modelos de automóviles de poliuretano, su probada utilidad se extiende día con día a diversas áreas del conocimiento, la ciencia y la tecnología” (1)(2).

“Este proceso consiste en obtener modelos en tercera dimensión de cualquier estructura anatómica, a través de un sofisticado programa de cómputo; permitiendo observar defectos estructurales y/o patológicos en cualquier paciente vivo. Con este programa se pueden manejar imágenes tomográficas a voluntad, manipular el plan de tratamiento en forma virtual según sea conveniente y convertirlas en modelos reales” (1). La literatura muestra que los modelos estereolitográficos pueden ser satisfactoriamente usados en el periodo preoperatorio para mejorar la predictibilidad del tratamiento de defectos maxilofaciales traumáticos o patológicos. De esta forma se puede proporcionar al paciente un diagnóstico, plan de tratamiento y pronóstico más precisos; al obtener los modelos anatómicos y pudiendo manejar las imágenes tomográficas, para poder predecir el resultado final del tratamiento de manera virtual (1)(3)(4).

Materiales usados en estereolitografía

“Estos modelos son preparados en una sustancia de sulfato de calcio bañado con cianoacrilato como aglutinante para adquirir la apariencia y consisten-

cia de hueso, sin embargo pueden ser fabricados a base de acrílico, resinas epoxicas y compuestos a base de almidón” (2). “Los materiales frecuentemente utilizados en la confección de modelos en medicina y odontología son los materiales poliméricos, del tipo de las resinas líquidas fotopolimerizadas mediante radiaciones láser o luces ultravioletas, aunque se han utilizado también muchas mezclas para formar composites de diferentes materiales poliméricos mezclando monómeros polifuncionales de distintos pesos moleculares (cianoacrilatos, poliuretanos, etc.) más fotoiniciadores. Así se pueden obtener modelos de mayor dureza o de mayor flexibilidad según las necesidades” (2).

En otras aplicaciones industriales se han usado resinas epoxi, acrílicos, metacrilatos, plásticos, plásticos reforzados con partículas de aluminio, cerámicos, aleaciones metálicas (procesado indirecto y posterior colado de metales), que dependen del tipo de tecnología y de la aplicación para la que están diseñados (2). Fig 1.



Fig 1. Estereomodelos creados usando diferentes materiales y métodos de fabricación. A, Almidón impreso en 3D, B, Resina epóxica, C, Acrílico. Tomado de: Chow y Cheung. Estereoscópicos en Manejo Quirúrgico Maxilofacial. *J Oral Maxillofac Surg.* 2007;65(11):2260-8.(3).

Ventajas de del uso de modelos estereolitográficos 3d:

Son de bastante utilidad en el diagnóstico y plan de tratamiento, mediante la visualización directa de las estructuras anatómicas, guías y plantillas quirúrgicas, prácticas y ensayos quirúrgicos, diseño de incisiones, resecciones quirúrgicas, apreciación de defectos óseos para injertos, adaptación de placas de reconstrucción (5), fabricación de prótesis, ATM, dispositivos de distracción, dispositivos de fijación, menor tiempo quirúrgico, menor tiempo de anestesia, menor tiempo de exposición de la herida quirúrgica, resultados predictibles, herramienta educativa para el paciente (2)(5).

Desventajas del uso de modelos estereolitográficos 3d:

Algunas desventajas que se atribuyen a esta herramienta es que los equipos son bastante costosos, error en el tamaño real y en el ordenador (2)(5).

Aplicaciones y usos de la estereolitografía.

La estereolitografía se realiza ayudándose de exámenes visuales no invasivos como la tomografía axial computarizada helicoidal tridimensional (cortes de 0,5 mm). Estos datos se recogen y se pasan a un formato Informático, donde se transportan a los tres ejes del espacio para realizar representaciones en tres dimensiones, de esta manera, poder observar la disposición de las estructuras anatómicas, así se puedan realizar todo tipo de mediciones longitudinales, angulares, densidades, relaciones con las estructuras anatómicas; toda esta información se procesa y se genera mediante la estereolitografía, un modelo en tres dimensiones a tamaño real, sólido y con una fiabilidad del 99%,6 que podrá tener múltiples aplicaciones (2).

“La importancia de este sistema es brindar al paciente de una manera objetiva y virtual el tratamiento correcto, así como mejorar el éxito postoperatorio, acortando el tiempo operatorio; se pueden prever complicaciones, disminuye costos y brinda tratamientos de muy alta calidad. A diferencia de otros procedimientos convencionales como estudios radiográficos, tomografías, gammagrafías, resonancia magnética, angiografías, entre otros” (1).

Resección de tumores:

Uno de los propósitos de la reconstrucción luego de una resección es devolver la función y la estética. La reconstrucción incluye colocación de placas de

titanio y reemplazo con injertos vascularizados, de manera que los modelos 3D pueden ser usados para planificar las osteotomías, calcular las dimensiones de las placas, la adaptación de las mismas y calcular del número de tornillos, disminuyendo el tiempo operatorio según Cunningham (2005) entre 1 a 1.5 horas, lo cual también se ve reflejado en un menor costo de sala de operaciones (6). Fig. 2

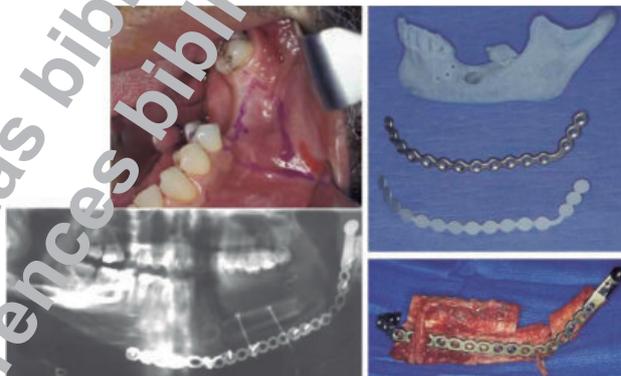


Fig 2. A, Diseño intraoral de la incisión. B, Modelo estereolitográfico y preadaptación de placa C, Radiografía panorámica después de la reconstrucción e implantes. D, Placa de reconstrucción con injerto libre fijado. Tomado de: Cunningham L, et al. Stereolithographic modeling technology applied to tumor resection. *J Oral Maxillofac Surg.* 2005;63(6):873-8. (6).

Cirugías de ATM:

“La patología de la ATM es compleja y compete a diversas especialidades médicas y odontológicas involucradas en el manejo de trauma, tumores y malformaciones. La indicación de cirugía está orientada a la reducción y osteosíntesis de las fracturas desplazadas, a la reconstrucción articular en malformaciones congénitas y adquiridas y a la cirugía reparadora de la ATM en resecciones tumorales” (8). Existen varias alternativas para aquellas personas que necesitan reconstrucción de cóndilo, rama y cuerpo mandibular,

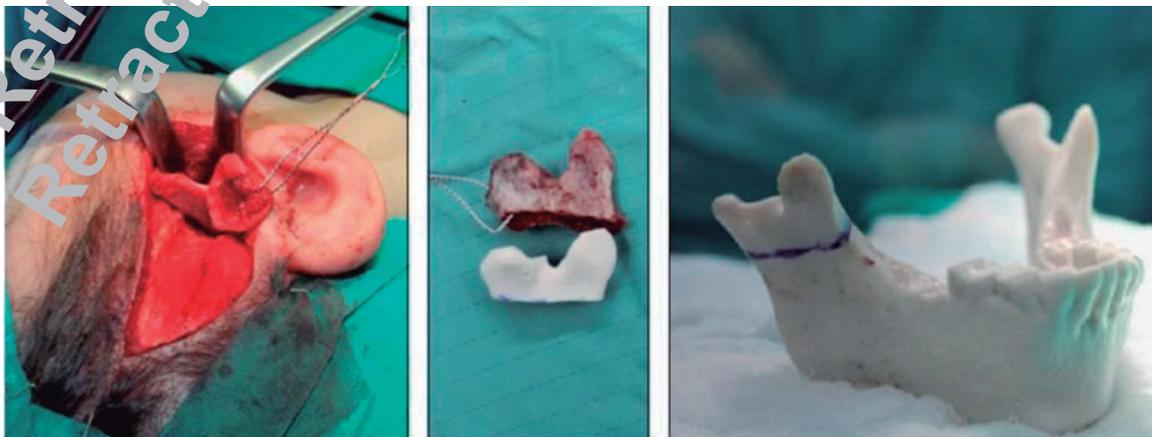


Fig 3. Modelo estereolitográfico mostrando el margen de la resección, la cual se reproduce luego en la paciente. Tomado de: Ramirez S, y col. *Cirugía reconstructiva de la articulación temporomandibular.* *Rev Chil Cirugía.* 2013 Feb;165(1):85-93. (8).

como los injertos vascularizados y no vascularizados; sin embargo se encuentra muchas deficiencias en esos métodos como son: dificultad para realizar modificaciones en el injerto óseo, extensa injuria en el sitio donante, tiempo operatorio prolongado y simetría facial insatisfactoria, dejando varios grados de deformación y disfunción, especialmente en reconstrucción de defectos. Por lo tanto, en beneficio del paciente es necesario buscar un método de reconstrucción más exacto y conveniente (7)(8). Fig. 3

Reconstrucción mandibular:

La reconstrucción mandibular se realiza luego de una resección parcial, el propósito de reconstruir es el mantenimiento de la fisiología, estética, la simetría de la cara, además de lograr un buen resultado funcional, conservando así la forma y fuerza de la mandíbula, permitiendo a futuro realizar una rehabilitación oral (9).

La reconstrucción es un reto para el cirujano por diversas razones, como la complicada geometría de la mandíbula, la inserción muscular en diferentes direcciones, forma y posición de los cóndilos y la oclusión (9).

Reconstrucción maxilar:

El uso de planeamiento virtual en la restauración de tejidos perdidos debido a trauma o tumores, se está haciendo cada vez más constante en cirugía reconstructiva. Particularmente en situaciones anatómicas complejas, que involucran diferentes tipos de tejidos, el uso de CAD – CAM facilita el planeamiento y ejecución. Este método es usado en cirugía craneomaxilofacial y otros especialistas. El prototipo rápido permite la creación de diseños tridimensionales, los cuales se crean usando un software de computadora. Los modelos y plantillas creadas por medio del prototipo rápido permiten al cirujano llevar la planificación al acto quirúrgico (10)(11).

Los casos reportados demuestran que la técnica CAD – CAM puede ser de gran valor en el planeamiento y ejecución de reconstrucciones de tejidos dañados o resecados. El hueso y las mallas de titanio pueden ser ubicados en la posición deseada y la rehabilitación oral puede llevarse a cabo después de que la unión y cicatrización de los tejidos se complete. Recientemente se ha demostrado la eficacia del planeamiento virtual en la reconstrucción mandibular

con injertos de fibula. Estos investigadores presentan resultados favorables concernientes a precisión y resultados (10)(11).

La proximidad a estructuras anatómicas vitales complica el proceso de reconstrucción, por lo que se considera este un método razonable pues el cirujano se lleva una mejor impresión de la situación anatómica, la cantidad de hueso y lo que demanda a reconstrucción, lo cual resulta en una cirugía más segura, corta y con resultados predictibles (10)(11). Fig 4.

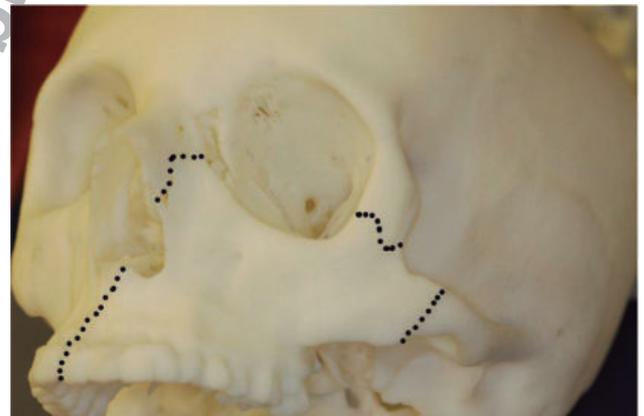


Fig 4. Prototipado rápido de cráneo insertado en la región cigomática (marcados con puntos). Tomado de: Lethaus B, et al. Reconstruction of a maxillary defect with a fibula graft and titanium mesh using CAD/CAM techniques. *Head Face Med.* 2010;6:16. (11)

En Implantología:

En los últimos años el concepto de la implantología ha recibido mayor atención. La colocación precisa de los implantes de acuerdo con una mayor seguridad y confianza, permite al profesional ofrecer un tratamiento más seguro y predecible que lo ofrecidos anteriormente. Hoy en día los diseños asistidos por computadoras (CAD) han hecho posible que los datos de la tomografía no solo sirvan para la planificación del tratamiento, sino también para transferir esta información a la cirugía. Una de tales técnicas utiliza la estereolitografía, el cual mediante un proceso de rápida polimerización es capaz de producir un duplicado exacto de la anatomía del reborde alveolar en un polímero especial, permitiendo además la confección de guías quirúrgicas exactas (12).

Otras de las ventajas de la estereolitografía en implantología es la posibilidad de esterilizar el modelo, lo cual permite utilizarlo en el intraoperatorio, de manera que confirma una mejor predictibilidad y acorta el tiempo quirúrgico (13). Fig 5.

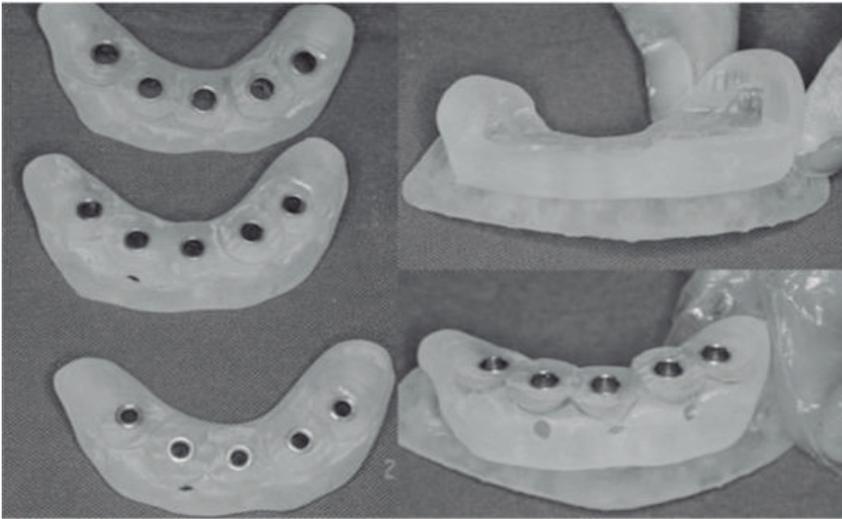


Fig 5. Plantillas quirúrgicas de estereolitografía utilizadas. Observe los agujeros de perforación secuenciales de la izquierda y de la aptitud de guías sobre el modelo anatómico de la mandíbula del paciente. La “Guía de Reducción” se muestra en la parte superior derecha en el modelo de la mandíbula. La abertura de la guía de reducción y agujeros que se incorporan en el SurgiGuide para una mejor irrigación durante la fase de perforación. Tomado de: Nikzad S. A novel stereolithographic surgical guide template for planning treatment involving a mandibular dental implant. *J Oral Maxillofac Surg* 2008;66(7):1446-54. (12).

Adaptación y colocación de placas:

Múltiples defectos en el esqueleto facial, a menudo resultan en procedimientos de reconstrucción muy amplios, de manera que la existencia de una técnica preoperatoria, la cual permita planificar la cirugía representara menor tiempo operatorio, como también menor sangrado y menor tiempo de anestesia. De la misma manera permite predecir la longitud de las placas de reconstrucción y la cantidad de tornillos a usar (14)(15).

Traumatismos Faciales: Reconstrucción de cavidad orbitaria.

Los traumatismos faciales comprometen la cavidad orbitaria por lo que el objetivo principal en el tratamiento de estas injurias es restaurar la forma y función del globo ocular, restableciendo su arquitectura tridimensional y volumen. Esto está acompañado del uso de técnicas craneofaciales que se han desarrollado en los últimos años, las cuales utilizan a menudo una variedad de materiales autógenos y aloplásticos, obteniendo resultados positivos en muchos casos. Sin embargo, a pesar de los resultados. El enoftalmos y la diplopía resultan de una inapropiada restauración de la anatomía de la órbita. La causa más común de esto es el alargamiento o agrandamiento del hueso de la órbita, junto con la herniación de su contenido en cavidades vecinas. Recientemente se ha combinado el uso de la estereolitografía con el planeamiento por computadora, con una navegación intraoperatoria en un intento por reconstruir el hueso de la órbita con más exactitud, para optimizar los resultados. Además muchos autores han ido refinando la técnica, donde incluyen la personalización de las mallas de titanio

basados en los modelos estereolitográficos (16)(17).

La reciente introducción del CAD – CAM provee al cirujano la oportunidad de realizar manipulaciones virtuales de la TC, para reposicionar estructuras anatómicas sin depender de imágenes tipo espejo. Una vez completado, se puede confeccionar un implante a partir del modelo estereolitográfico. La navegación intraoperatoria puede luego ser realizada para confirmar la correcta posición esquelética de los segmentos virtualmente reconstruido (16)(17). Fig 6.



Fig 6. Componentes de un sistema de navegación quirúrgica. Se compone de 3 componentes principales: un localizador, que es análogo a un satélite en el espacio; un instrumento o sonda quirúrgica, que representa las ondas de pista emitidos por la unidad de GPS en el vehículo; y un conjunto de datos de exploración CT. Tomado de: Bell RB. Computer-Assisted Planning, Stereolithographic Modeling, and Intraoperative Navigation for Complex Orbital Reconstruction: A Descriptive Study in a Preliminary Cohort. *J Oral Maxillofac Surg*. 2009 Dec;67(12):2559-70. (16).

El modelo estereolitografico provee la posibilidad de observar el defecto estructural desde una infinidad de ángulos. El realismo espacial y las capacidades táctiles de estos modelos ofrecen un tipo de realidad virtual con la cual el cirujano puede tener un acercamiento multisensorial (visual y táctil) sobre la cirugía, sin tocar ni conocer al paciente (16)(17).

El enoftalmos como secuela de un traumatismo facial es indudablemente el resultado de un mal diagnóstico y manejo del paciente, dados por la falsa seguridad que brinda la fijación rígida y la deficiente exposición de las fracturas faciales durante su reducción quirúrgica. La reducción certera restaura la posición de la eminencia cigomática en todas sus dimensiones y restablece así la simetría facial (16)(17).

Aplicación forense:

“Las técnicas de reconstrucción facial tiene su origen en el siglo XIX con los trabajos de Schaaufhausen (1875) quien publica “ Sobre la máscara mortuoria de Shakespeare y La Cabeza de Raphael”. Otros autores en fechas posteriores trataron también de confirmar si determinados restos óseos correspondían o no con los retratos de célebres personajes” (18).

“En 1962 comienza a tener aplicación en el ámbito forense con el método desarrollado por Krogman WM basado en los denominados puntos craneométricos. Estos trabajos fueron mejorados en años posteriores por antropólogos forenses como Ubelaker (1992), quien incluyó en su metodología la informática como una herramienta de ayuda en la reconstrucción facial” (18).

En algunas ocasiones dentro de las fases de aproximación facial, se utiliza el alginato para la obtención de negativos, sin embargo tratándose de esqueletos de alto valor se realiza la técnica de estereolitografía a fin de evitar generar desperfectos en los delicados huesos faciales. El modelo obtenido es una réplica métricamente igual al original, lo suficientemente dura para sostener la escultura que elaborará el artista forense (18). Fig. 7

Distracción osteogénica:

La distracción osteogénica es una alternativa a la cirugía ortognática para la corrección de deformidades del complejo maxilofacial. Ha sido usada en el tratamiento de hipoplasias maxilares en pacientes con

deformidades congénitas y del desarrollo usando distractores rígidos externos e internos en este tipo de pacientes. La estereolitografía es usada en este campo para la adaptar o doblar los distractores antes de la cirugía dependiendo de la necesidad del caso, como también para la ubicación de la aparatología, de manera que se pueden realizar cambios en el diseño para asegurar el confort del paciente (19). Fig. 8.



Fig 7. Fotografías del frontal y perfil derecho del cráneo MAC-110. Tomado de: Serrulla F, Gómez M. Aplicaciones de la técnica de aproximación facial forense en la identificación humana individual. *Cuad Med Forense*. 2008;(53-54):291-307. (18).

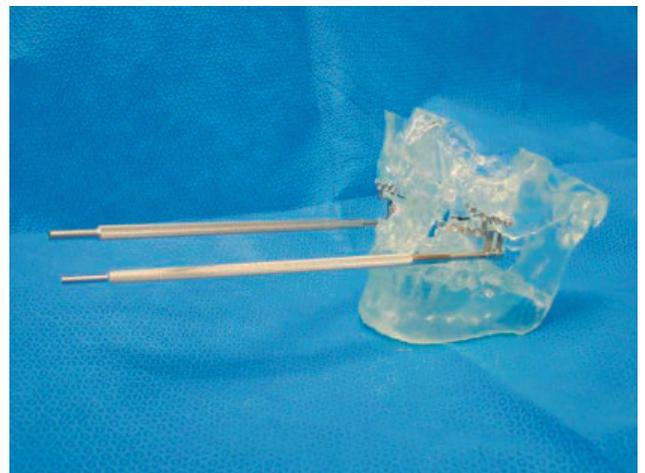


Fig 8. Prototipado de un distractor del maxilar superior. Tomado de: Van Sickels et. al. *The Use of Internal Maxillary Distraction for Maxillary Hypoplasia: A Preliminary Report. J Oral Maxillofac Surg*. 2006;64(12):1715-20. (19).

CORRESPONDENCIA

Fredy Gutierrez Ventura.

Calle Da Vinci N° 528 Urb. La Calera de la Merced Surquillo. Lima-Perú.

Teléfono: (511) 271-5506 / 998274209

Correo electrónico: fredy.gutierrez@upch.pe

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jimenez Castillo R. La estereolitografía en la Facultad de Odontología de la UNAM. *Rev Odontológica Mex.* 2005;9(1):48-50.
2. Alvarez Quesada C, Carrillo Baaracaldo JS, Fernández Sanchez J, Grille Alvarez C. Avances en equipamiento y sus materiales, un paso hacia el futuro. *Científica Dent.* 2006;3(2):151-6.
3. Chow LK, Cheung LK. The usefulness of stereomodels in maxillofacial surgical management. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2007 Nov;65(11):2260-8.
4. D'Urso PS, Barker TM, Earwaker WJ, Bruce LJ, Atkinson RL, Lanigan MW, et al. Stereolithographic biomodelling in cranio-maxillofacial surgery: a prospective trial. *J Cranio-Maxillo-Facial Surg Off Publ Eur Assoc Cranio-Maxillo-Facial Surg.* 1999 Feb;27(1):30-7.
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 Mar;10(1):6-13.
6. Cunningham LL Jr, Madsen MJ, Peterson G. Stereolithographic modeling technology applied to tumor resection. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2005 Jun;63(6):873-8.
7. Zhang S, Liu X, Xu Y, Yang C, Undt G, Chen M, et al. Application of rapid prototyping for temporomandibular joint reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2011 Feb;69(2):432-8.
8. Ramirez S H, Goñi E I, Contreras D R, Zuñiga R, Vargas D A. Cirugía reconstructiva de la articulación temporomandibular. *Rev Chil Cirugía.* 2013 Feb;165(1):85-93.
9. Eweida AM, Nabawi AS, Marei MK, Khalil MR, Elhammady HA. Mandibular reconstruction using an axially vascularized tissue-engineered construct. *Ann Surg Innov Res.* 2011 Dec 1;5(4):1-8.
10. Cohen A, Laviv A, Berman P, Nashef R, Abu-Tair J. Mandibular reconstruction using stereolithographic 3-dimensional printing modeling technology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009 Nov;108(5):661-6.
11. Lethaus B, Kessler P, Boeckman R, Poort LJ, Tolba R. Reconstruction of a maxillary defect with a fibula graft and titanium mesh using CAD/CAM techniques. *Head Face Med.* 2010;6:16.
12. Nikzad S, Azari A. A novel stereolithographic surgical guide template for planning treatment involving a mandibular dental implant. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2008 Jul;66(7):1446-54.
13. Curcio R, Perin GL, Chilvarquer I, Borri ML, Ajzen S. Use of models in surgical predictability of oral rehabilitations. *Acta Cirúrgica Bras Soc Bras Para Desenvol Pesqui Em Cir.* 2007 Oct;22(5):387-95.
14. Kernan BT, Wimsatt JA 3rd. Use of a stereolithography model for accurate, preoperative adaptation of a reconstruction plate. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2000 Mar;58(3):349-51.
15. Fariña R, Plaza C, Martinovic G. New transference technique of position of mandibular reconstructing plates using stereolithographic models. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2009 Nov;67(11):2544-8.
16. Bell RB, Markiewicz MR. Computer-Assisted Planning, Stereolithographic Modeling, and Intraoperative Navigation for Complex Orbital Reconstruction: A Descriptive Study in a Preliminary Cohort. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009 Dec;67(12):2559-70.
17. Malagón Hidalgo H, González Magaña F, Rivera Estolano RT. Manejo del enoftalmos como secuela de fracturas del complejo cigomático-orbitario con apoyo de estereolitografía. *Cirugía Plástica Ibero-Latinoam.* 2011 Mar;37(1):33-41.
18. Serrulla F, Gómez M. Aplicaciones de la técnica de aproximación facial forense en la identificación humana individual. *Cuad Med Forense.* 2008 Oct;(53-54):291-307.
19. Van Sickels JE, Madsen MJ, Cunningham Jr LL, Bird D. The Use of Internal Maxillary Distraction for Maxillary Hypoplasia: A Preliminary Report. *J Oral Maxillofac Surg.* 2006 Diciembre;64(12):1715-20.

Recibido : 26-08-2013

Aceptado: 07-11-2013