

Avances en equipamientos (I): la Estereolitografía y sus materiales, un paso hacia el futuro.



Álvarez Quesada, Carmen.

Profesor Titular de Materiales Odontológicos, Equipamiento, Instrumental y Ergonomía. Universidad Europea de Madrid.

Carrillo Baracaldo, José Santos.

Profesor Titular de Materiales Odontológicos, Equipamiento, Instrumental y Ergonomía. Universidad Europea de Madrid.

Fernández Sánchez, J.

Profesor Catedrático de Ortodoncia. Universidad Europea de Madrid.

Grille Álvarez, C.

Alumna de Medicina. Universidad Complutense de Madrid.

Indexada en / Indexed in:

- IME.
- IBECs.
- LATINDEX.

Correspondencia:

Carmen Álvarez Quesada
Universidad Europea de Madrid
Urb. El Bosque, s/n.
Villaviciosa de Odón. 28670 Madrid
carmen.alvarez@uem.es

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.

RESUMEN

La estereolitografía es una nueva técnica con la que, mediante el procesamiento de los datos obtenidos mediante TAC (Tomografía Axial Computarizada) helicoidal de los pacientes y mediante un sistema informático, se obtienen modelos o prototipos sólidos en tres dimensiones.

El objetivo de la estereolitografía en Ciencias de la Salud es la solución de problemas con mayor eficacia y rapidez, es decir, poder realizar un buen diagnóstico, pronóstico y plan de tratamiento más preciso.

Con la estereolitografía se abre un nuevo campo para la investigación.

PALABRAS CLAVE

Estereolitografía.

Advance in equipments (I): The stereolithography and materials, one step to the future.

ABSTRACT

The stereolithography is a new technique with which three dimensional models or solid prototypes are obtained, thanks to the processing of the obtained data, the patients helicoidal TAC and an informatic system.

The target of stereolithography in Health Sciences is to solve problems with higher efficiency and in less time, that's to be able to make a good diagnosis, prognoses and treatment plan in more precise way. Stereolithography opens a new field for investigation.

KEY WORDS

Stereolithography.

Fecha de recepción: 16 de mayo de 2006.
Fecha de aceptación para su publicación: 8 de junio de 2006.

INTRODUCCIÓN

Tanto en medicina y en sus especialidades, como en la odontología, cada día está adquiriendo mayor importancia la visualización. Se han utilizado desde hace muchos años las imágenes derivadas de la radiografía, la tomografía axial computarizada, la resonancia magnética nuclear, las ecografías, etc. Es así como, hoy por hoy, las nuevas tec-

nologías nos conducen a una visualización integral en tres dimensiones como es la de la estereolitografía.

La Estereolitografía es una nueva técnica utilizada desde mediados de la década de los ochenta que consiste en la realización de estructuras, prototipos o modelos físicos sólidos en tres dimensiones, de tamaño real o a escala, siendo éstos de alta precisión y exactitud.



La industria del prototipo comenzó alrededor de hace 20 años en EEUU. La técnica se fue desarrollando entre el instituto de Massachussets (MIT) y empresas privadas, y el sistema más difundido fue el basado en la construcción de modelos con fotopolímeros con tecnología láser.

Las aplicaciones iniciales debido a su coste fueron la ingeniería aeroespacial, industrias de automoción y para organismos gubernamentales; sin embargo, hoy día presenta numerosas aplicaciones como las que encontramos en ingeniería, diseño, arquitectura, para evaluar diseños y ergonomía, en medicina, paleontología biomecánica, marketing, juguetería, arte y joyería, en facultades e institutos de investigación; también para manufacturas de herramientas, para la realización de modelos experimentales,^{1, 2, 3, 4} etc., siendo todas ellas de alta resolución y abarcando ya todas las áreas del conocimiento, de la ciencia y la tecnología.

La estereolitografía tiene sus orígenes en los sistemas de diseño y elaboración asistidos por computadora (CAD / CAM, Computer Aid Design y Computer Aid Manufacturing), cuyo primer programa data de 1963 en Estados Unidos, aunque fue en 1982 cuando se consolidó el uso del diseño por computadora. Luego vino una segunda y tercera generación CAD 3d, dando lugar a métodos de fabricación de modelos tridimensionales por capas en diversos materiales de manera rápida y económica. El primer equipo fue desarrollado por Charle Hull, de



Fig. 1. Medidas, angulaciones, dimensiones, datos tomados al paciente y vistos por ordenador.

origen norteamericano, en el año 1988, y en 1992 aparecen los primeros sistemas selectivos por Láser (SLS) e impresoras 3d.^{5, 6}

La estereolitografía se realiza ayudándose de exámenes visuales no invasivos para los pacientes, como la Tomografía Axial Computarizada realizada de manera helicoidal tridimensional (cortes de 0,5 mm). Estos datos se recogen y se pasan a un formato que puede ser utilizado por un sistema informático (donde dichos datos se pueden transportar a los tres ejes del espacio para realizar representacio-

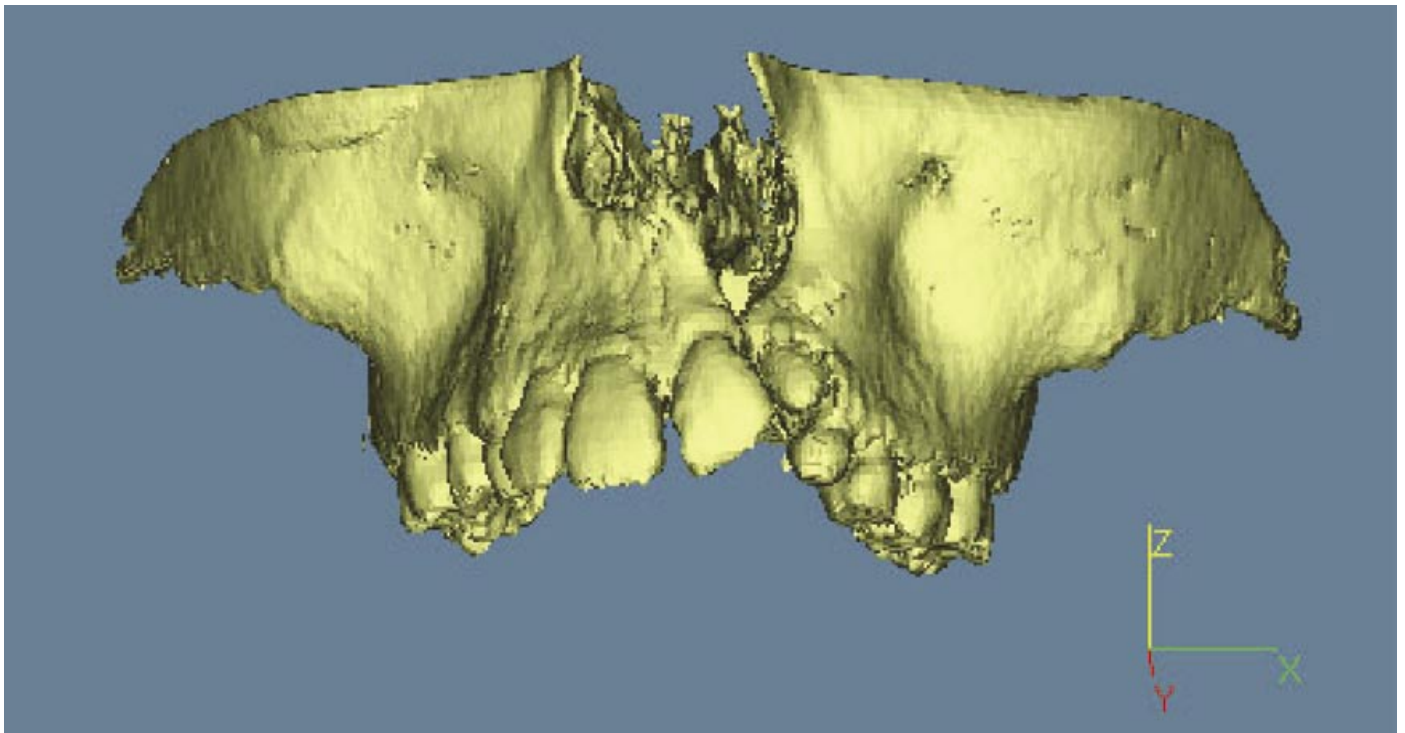


Fig. 2. Imagen en tres dimensiones en el ordenador.



Fig 3. Modelo o prototipo, visto por la cara palatina donde se aprecia claramente el gran defecto óseo a nivel del hueso maxilar y palatino.

nes en tres dimensiones y, de esta manera, poder observar de una forma fidedigna y real la anatomía, disposición de las estructuras, los órganos, las zonas vitales... y que así se puedan realizar todo tipo de mediciones longitudinales, angulares, densidades, relaciones con diversas estructuras, etc.). Con toda esta información correctamente procesada se puede generar, mediante la estereolitografía, un modelo en tres dimensiones a tamaño real, sólido y con una fiabilidad del 99%,⁶ que podrá tener múltiples aplicaciones (Fig. 1, 2, 3, 4).

MATERIALES

Se pueden utilizar diferentes tipos de materiales para lograr diversos tipos de prototipos o modelos con muy diferentes aplicaciones y utilidades.

Los materiales más frecuentemente utilizados para la realización de los modelos en el campo de las ciencias de la salud y de mayor aplicación en medicina y odontología han sido y son los materiales poliméricos, del tipo de las resinas líquidas fotopolimerizadas mediante radiaciones láser o lu-

ces ultravioletas, aunque se han utilizado también muchas y muy diversas mezclas para formar composites de diferentes materiales poliméricos mezclando diferentes 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.

Lo que tienen estos materiales poliméricos es una conductividad térmica y una temperatura de transición vítrea que suele variar de 30° C a 110° C. De esta forma, los materiales en estado plástico pueden ser inyectados cómodamente a temperaturas superiores que a veces rondan 300° C, proceso que algunos autores denominan AIM (Acces Injection Mould). La clave de todo el proceso está en bajar lentamente y de forma homogénea la temperatura en el molde, usando tiempos de espera más largos, que pueden oscilar alrededor de los cinco minutos. También, otro factor que no debemos olvidar es la presión, que durante todo el proceso debe de ser baja debido a la relativa baja resistencia de los materiales.^{7, 8}

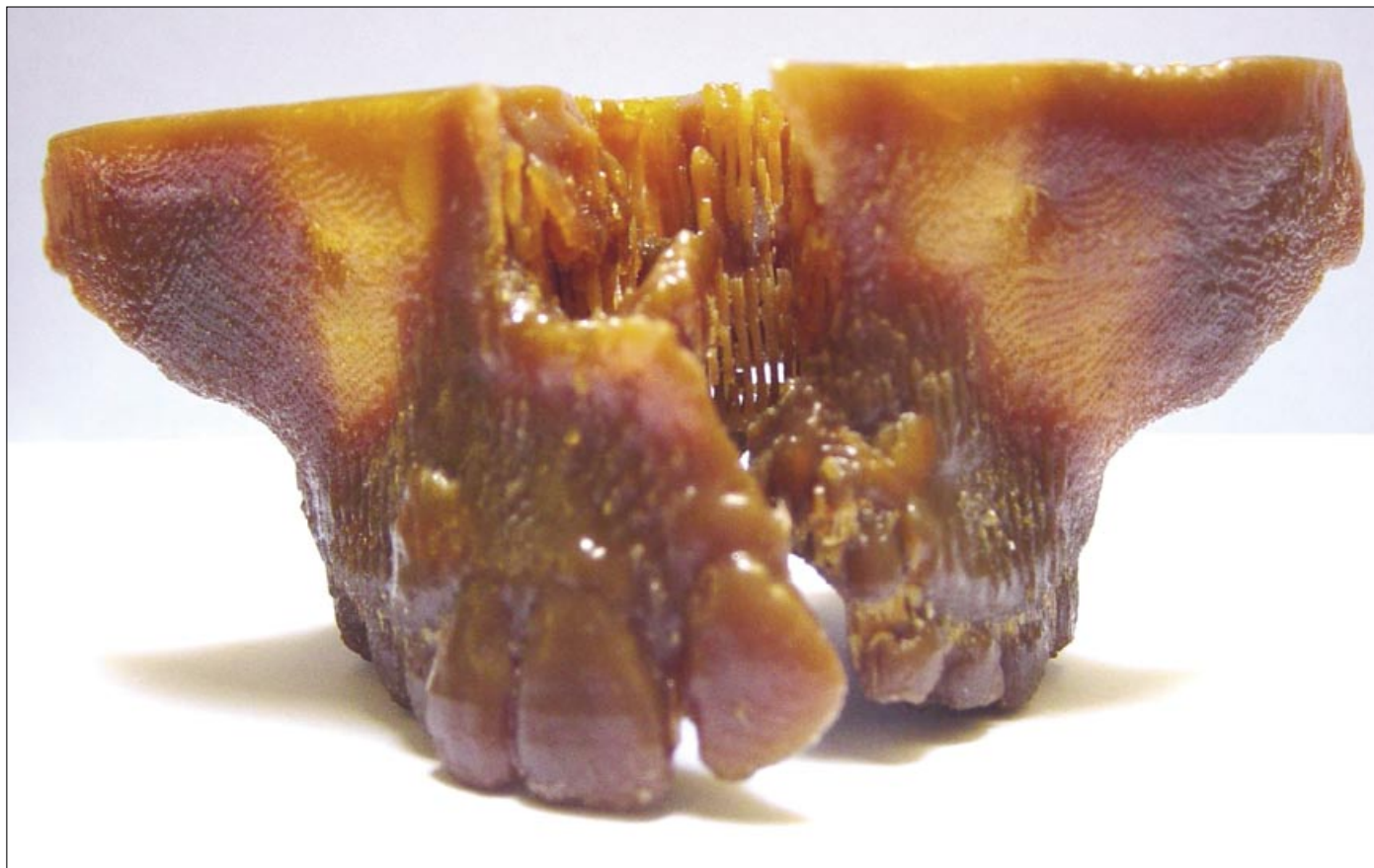


Fig 4. Modelo o prototipo, visto por la cara vestibular, donde destaca la gran fisura del maxilar y del palatino.

En cambio, para 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), etc., que como es lógico dependen del tipo de tecnología y de la aplicación para la que están diseñados.^{7, 8}

EQUIPAMIENTO

Respecto a los equipamientos, las máquinas deben de estar debidamente lubricadas y se deben de evitar materiales con refuerzos excesivos, que puedan ser focos de fricción, abrasión o desgaste, y que provocarían, junto con el tiempo, las temperaturas del molde durante la operación, el número de piezas y la geometría de las mismas, un deterioro de dichos equipamientos (Fig. 5).

APLICACIONES

El objetivo de la estereolitografía en Ciencias de la Salud es la solución de problemas con mayor eficacia y rapidez, es decir, poder realizar un buen diagnóstico, pronóstico y plan de tratamiento más preciso.

Dentro del campo de la medicina se está utilizando mucho en diversas especialidades como la traumatología, para la

realización de injertos y reconstrucciones de defectos óseos de diversa etiología,^{9, 10, 11, 12, 13, 14, 15} como reconstrucciones traumáticas, accidentales, por fracturas, por neoplasias, quirúrgicas, por motivos estéticos, etc.

También se aplica en cirugía vascular, como por ejemplo en las estenosis aórticas, válvulas cardiopulmonares, alteraciones vasculares, neurocirugías,^{16, 17, 18, 19} etc.

Se usa en oftalmología, urología, otorrinolaringología, medicina forense, ortopedia, etc., y en un futuro muy próximo en muchas otras especialidades.

En el campo de la odontología se utiliza con gran éxito en las anomalías dentofaciales, en estudios de crecimiento del maxillofacial,^{20, 21, 22, 23} en implantología,^{24, 25, 26, 27, 28, 29} en reconstrucciones óseas, en restauraciones dentales, en malformaciones de cabeza, cara y cuello, en cirugías estéticas y maxilofaciales de diversa etiología.

Hoy día, muchos Hospitales, Centros y Clínicas están adquiriendo este equipamiento por su gran versatilidad.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

La Estereolitografía es una gran ayuda para el diagnóstico y, sobretudo, para elaborar una cuidadosa planifica-



ción de los planes de tratamiento y cirugías. Esto representa una gran ventaja, ya que se reducen los tiempos de las intervenciones y se actúa mucho más certeramente, saliendo beneficiado el paciente en su postoperatorio y periodos de convalecencia y cicatrización. Con ello se pueden disminuir los fracasos y dar así un tratamiento de mayor calidad. También es un equipamiento de primer orden para el control evolutivo tridimensional de nuestros tratamientos.

Por otro lado, los modelos sirven también como registros o documentos físicos para añadir a la historia clínica de los pacientes, así como también sirven 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. Por otro lado, se pueden utilizar para la realización de pruebas funcionales como ensayos, montajes, etc. (Tabla 1).

Hoy por hoy, aún resulta una técnica, en el plano económico, un poco costosa, como todas las novedades al principio, aunque pensamos que poco a poco se irán bajando los precios dada su versatilidad y sus múltiples aplicaciones.

Siempre deberemos utilizar esta técnica bajo estricto control. Así, de esta manera, se obtendrán resultados beneficiosos y ventajosos para todos, tanto para el profesional que la utiliza como para el paciente, que es el benefactor de dicha técnica.



Fig. 5. Equipamiento para la realización de Estereolitografías.

De todas formas, se necesitan nuevos estudios para avanzar más al respecto y, sobretodo, en sus múltiples aplicaciones.

CONCLUSIONES

Actualmente, la estereolitografía se muestra como una alternativa eficaz y plural comparada con los otros medios de visualización utilizados, como las radiografías, TAC, resonancia magnética nuclear, gammagrafías, ecografías, etc. Con la estereolitografía se abre un nuevo campo para la investigación en el campo odontológico. ➤

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mayor información sobre el paciente (ampliación de la historia clínica).	Equipamiento costoso.
Herramienta que facilita la comunicación y la relación paciente-profesional (se evitan dudas y malas interpretaciones).	No es imprescindible para una clínica general odontológica.
Con los modelos se pueden realizar pruebas funcionales, montajes, minimizar obstáculos, evitar fallos.	Puede haber errores en el tamaño real, por fallos en el ordenador, por una mala técnica de uso del equipamiento o una aplicación incorrecta de los materiales para la elaboración del modelo.
Mejor diagnóstico y plan de tratamiento.	Excesivo volumen del equipamiento.
Se acortan los tiempos de intervención y el postoperatorio.	
Aumenta la calidad para todos.	
Disminuyen los fracasos.	

Tabla 1.- Ventajas e Inconvenientes de la Estereolitografía.



BIBLIOGRAFÍA:

1. Stoner DL., Watson SM., Stedfeld RD., Meakin P., Griffel LK., Tyler TL., Pegram LM., Barnes JM., Deason VA. *Application os estereolithography custom models for study the impact of biofilms and mineral precipitation ob fluid flow*. Appl Envurom Microbiol, 2005, 71(12):8721- 8728.
2. Takeda MW., Kirihara S., Miyamoto Y., Sakoda K., Honda K., *Localization of electromagnetic waves in three dimensional fractal cavities*. Phys Rec Lett, 2004, 92(9):093902.
3. Skawinski WJ., Busanic TJ., Ofsienvich AD., Venanzi TJ., Luzhkov VB., Venanzi CA., *The application of stereolithography to the fabrication of achurate molecular models*. J Mol Graph, 1995, 13(2):126 – 135.
4. Turner RC., *An overview of stereolithography (STL)*. J Biocommun, 2003, 29(4):3-4.
5. Jiménez Castillo R., Benavides Ríos A. *La estereolitografía en la Facultad de Odontología de la UNAM*. Revista Odontológica Mexicana, 2005, 9(1):48 – 50.
6. Glaria I. *SIM/Plant, programa radiológico de plantear implantología*. Revista Virtual de Odontología Clínica, 2003,1(3):1-7.
7. *Clinical aspects and strategy for biomaterial engineering or fan auricle base done three dimensional stereolithography*. Eur Arch Otorhinolarongol, 2003,260(10):568 – 575.
8. Beal VE., Ahrens CH., Wendhausen PA. *The use of stereolithography rapad tools in the manufacturing of metal powder injection holding parts*. J Braz Soc Mech Sci and Eng, 2004,268(1):1 – 17.
9. Yacubian A., Laronga PR, Coelho RA., Ducati LG., Silva MV. *Prototipagem as an alternativa para realização de cranioplastia com metilmetacrilato: nota tecnica*. Arq neuro – Psiquiatr, 2004,63(3):1 – 7.
10. Wurm G., Tomancok B., Holl K., Trenkler J., *Prospective study on cranioplasty with individual carbon fiber reinforce polymer (CFRP) implants produced by means of stereolithography*. Surg Neurol, 2004,628(6):510 – 521.
11. Chang PS., Parker CW., Millar Mj., *The accuracy of stereolithography in planning craniofacial bone replacement*. J Craniofac Surg, 2003,14 (2):164 – 170.
12. Brown GA., Milner B., Firoozbakhsh K. *Application of computer – generated stereolithography and interpositioning template in acetabular fractures: a case report of eight cases*. J Orthop Trauma, 2002,16(5):347– 352.
13. Hill JS., Reuther JF. *Rapad prototyping in planning reconstructive surgery of the head and neck*. Review and evaluation of indications in clinical use. Mund Kiefer Gesichtschir, 2004. 8(3):135 – 153.
14. D'Urso PS., Earwaker WJ., Barker TM., Radmond MJ., Thompson RG., Effeney DJ., Tomlinson FH. *Custom cranioplasty using stereolithography and acrylic*. J Craniol Surg 2003,14(86):819 – 832.
15. Kubler NR., Reinhart E., Pistner H., Hill JS., Reuther JF. *Clinical application of osteoinductive implants in craniofacial surgery*. Mund Kiefer Gesichtschr, 1998,2(1):32 – 36.
16. Pessoa JE. *The potencial role of stereolithography in the study of facial agin*. Am J Orthop, 2001.119(2):117 – 120.
17. Perez Arjona E., Dojovny M., Park H., Kulyanov D., Galaniuk A., Agner C., Michel D., Diaz FG. *Stereolithography neurosurgical and medical implications*. Neurol res, 2003,25(3):227 – 236.
18. Sodian R., Leuders C., Szymansky D., Fritsche C., Gutberlet M., Hoerstrup SP., Hausmann H., Lueth T., Hertzner T. *Tissue engineering and vascular conduits: fabrication of custom-made scaffolds using rapad prototyping techniques*. Thorac Cardiovasc Surg, 2005.53(5):144-149.
19. De Zelicourt D., Pekkan K., Kitajima H., Fraker D., Yoganathan AP. *Single step stereolithography of complex anatomical models for optical flow measurements*. J Biomech Eng, 2005.127(1):204 – 207.
20. Muller A., Cipola WW., Viela BW., Wiliam S., de Silva AC., Rodrigues B. *Cirurgia para aumento de robordo em pre-maxila atrofica com utilização de tecnica de enxerto autogeno da crista de iliaco e uso de prototipagem para confeccao de matriz para remocao de enxerto da area doadora*. Implant News, 2004,1(4):313 – 318.
21. Meureer E. *As tecnologias CAD-CAM em cirurgia e traumatologia bucomaxilofacial*. Porto Alegre 2002, 231.
22. Wrong TY., Fang JJ., Cheng CH., Huang JS., Lee JW. *Comparision of 2 methods of making surgical models for correction of facial asymmetry*. J Oral Maxillofac Surg, 2005,63(7):200 – 208.
23. Zinder J., Bibb R., *Medical rapad prototyping technologies: state of the art and current limitations for application in oral and maxillofacial surgery*. J Oral Maxillofac Surg, 2005,63(7):1006 – 1015.
24. Chilvarquer I., Chivalquer LW., Pinto JE., De Souza AV. *A Estereolitografía na implantodontia avançada: conceitos indicações e usos*. Implant News 2004.1(1):69 – 72.
25. Sammartino G. *Stereolithography in oral implantology: a comparison of surgical guides*. Implant Dentistry, 13(2).133 – 139,2004.
26. Witkowski S., Lange R. *Stereolithography as an additive technique in dentistry*. Schweiz Monatsschr Zahnmed, 2003,113(8):868 – 884.
27. Sammartino G., Della Valle A., Marenzi G., Gerbino S., Martorelli M., Di Lauro AE., Di Lauro F. *Stereolithography in oral implantology: a comparison of surgical guides*. Implant Dent, 2004,13(29):133 – 1339.
28. Popov VK., Evsser AV., Ivanov AL., Roginski VV., Volozhhih AI., Howdle SM. *Laser stereolithography and superficial fluid processing for custom – designed fabrication*. J mater Sci Mater Med, 2004,15(2):123 – 128.
29. Saringer W., Nobauer – Huhmann I., Knosp E. *Cranioplasty with individual carbon fiber reinforced polymere (CFRP) medical grade implants based on CAD/CAM technique*. Acta Neurochiv, 2002,144(11):1193 – 1203.