



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

USOS DE LA ESTEREOLITOGRAFÍA EN ORTODONCIA.

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANA DENTISTA

P R E S E N T A:

LAURA ANGÉLICA LAGUNAS SÁNCHEZ

TUTOR: Esp. ANTONIO GÓMEZ ARENAS

MÉXICO, D.F.

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de llegar hasta este momento, por darme la fe, la luz, la salud y las ganas de seguir.

A mi madre, que siempre ha estado conmigo, por darme el valor para continuar y por siempre ser mi mejor ejemplo de amor. Espero llenarte de orgullo ma. Solo faltaba yo. Esto es para ti y por ti. Creelo!!

A mis hermanos César y Vero que son mi mayor inspiración para triunfar en la vida, porque siempre nos hemos mantenido juntos a pesar de todas las adversidades y las distancias, por ser mi fuerza y porque siempre se preocupan por que yo sea una mejor persona. Su fan numero 1.

A mi padre que aunque la distancia no nos permite estar juntos. Tu cariño se siente y te lo agradezco infinitamente.

A mí querida Dra. Bandín que siempre me apoyo durante toda la carrera, por su ayuda infinita, no solo profesional sino en el largo camino de la vida. La adoro por ser un pilar tan grande en mi carrera y por toda su confianza. Gracias!!!

A mi prima Alice, futura colega, si se puede nena. Te quiero mucho cous. A mis abuelitos que siempre rezan por mí y a mis tíos (Tere, Lupita, Roberto, Dany, Clau) por creer en mí y apoyarme siempre.

A mis amigos con los que viví momentos inolvidables, los amo por soportarme y por quererme tanto. Lupita, Chio, Ale, José Carlos, Erickota, Bala, Yaderi, Carmona, Gress, Montoya, Lau, Mach, Dany, Omar, Nana. Etc. Los quiero mucho.

A todos los doctores de carrera que participaron en mi formación profesional por sus enseñanzas, sabios consejos y paciencia. Todo mi respeto y admiración. Un especial agradecimiento al Dr. Antonio Gómez mi tutor quien desinteresadamente y sin conocerme me dio el apoyo y el tiempo para este trabajo. Y al Dr. Antonio Gual S. quien me abrió las puertas de par en par a todos los años de estudio que le llevaron a ser quien es hoy, gracias por todas sus aportaciones.

A mi Universidad por darme la oportunidad de abrirme camino en la vida. **ORGULLOSAMENTE UNAM!!!!**

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. ANTECEDENTES	7
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS.	12
5.1 Objetivo General	12
5.2 Objetivos Específicos	13
6. MARCO TEÓRICO	14
ESTEREOLITOGRAFÍA	
6.1 Definición.	16
6.2 Fuente de datos para fabricación de modelos tridimensionales	16
6.3 Pasos para proceso de impresión tridimensional	18
6.4 Prototipaje Rápido	19
6.5 Descripción de las principales tecnologías que fabrican modelos mediante estereolitografía	20
6.6 Equipamiento y materiales utilizados para estereolitografía	25
7. APLICACIÓN CLÍNICA	27
7.1 Usos en Ortodoncia	29
8. DISCUSIÓN.	51
9. CONCLUSIONES.	52
10. FUENTES DE INFORMACIÓN	54

1. INTRODUCCIÓN.

El avance de la tecnología ha abierto un campo inmenso en el diagnóstico por imágenes, ha pasado por grandes transformaciones en los últimos años, especialmente por el avance en la tecnología informática que ha descubierto nuevas formas de obtención de imágenes del interior del cuerpo humano, ayudando de esta manera, al desarrollo de la ciencia en la medicina y la bioingeniería. La tomografía axial computarizada y la resonancia magnética han sido ejemplos de fuentes importantes de información pues reúnen los grandes beneficios de especificidad anatómica, eficiencia y carácter tridimensional que desarrollado de manera contundente da bastante precisión a la imagen.

El diagnóstico y la planificación terapéutica en la odontología se encuentra en un periodo de cambio importante, ahora los pacientes saben más de odontología, pues desaprueban los riesgos estéticos, jugándose el éxito del tratamiento por algo más que una buena oclusión dental; no solo simple cosmética, sino el deseo de mejorar su adaptación social y un mejor desenvolvimiento.

La complejidad de la anatomía craneofacial hace una tarea conceptualmente difícil, en explicación, planeación y ejecución de tratamientos ortodóncicos; por lo que existe la necesidad de contar con imágenes de la morfología craneal; para lo cual el desarrollo de imágenes en tercera dimensión y recientemente la modelación anatómica sólida abren un campo nuevo para la investigación.

Aunque el empleo de los estudios de imagen en ortodoncia ha sido adecuado, el cumplimiento del objetivo ideal en un estudio de imagen de ser una réplica anatómica exacta tal cual del paciente había estado limitado por la tecnología disponible o la calidad de la base de datos empleada para generar los resultados. La tradición y costos de los sistemas heredados, hacen que con su uso repetido, se conviertan en un sucedáneo y que por ello, es difícil de sustituir, incluso cuando exista un método más preciso.

El patrón oro que se pretende, es conseguir la réplica exacta, los principios auxiliares diagnósticos “ideales” incluyen una anatomía tridimensional precisa lo más próximo a lo real, orientación espacial, precisión, tamaño, forma y relación con las estructuras adyacentes en los tres planos del espacio.

La estereolitografía es un proceso que consiste en obtener modelos en tercera dimensión de cualquier estructura anatómica, a través de un sofisticado programa de computo; 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.

Para poder obtener este modelo tridimensional, se requiere de un estudio tomográfico helicoidal, por ejemplo, una tomografía tridimensional computarizada con cortes de entre 0.03 y 0 .05 mm, que almacene la información en un formato *DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine)*, este procesa las imágenes por medio de un programa específico de imágenes virtuales *MIMICS (Modelo Inteligente Móvil e Independiente con Control y Sensorización)* para que el estereolitógrafo o impresora 3D reproduzca el modelo con una fidelidad del 98- 99%. (Fig. 1 y 2).

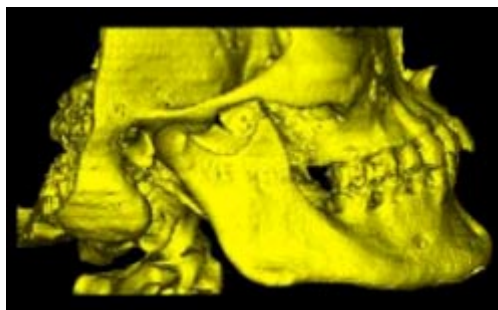
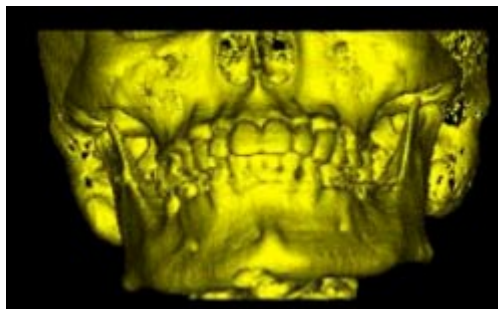


Figura 1 y 2. Obtención de imagen tridimensional a partir de TAC en programa MIMICS.

Art. SALLES F. Esteriolitografía auxiliando o Planejamento Cirúrgico em Enfermidades Orais.

Uno de los principales propósitos 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 en menos tiempo.

2. ANTECEDENTES.

La estereolitografía abre un campo nuevo para la investigación; 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, las nuevas tecnologías nos conducen a una visualización integral en tres dimensiones como es la estereolitografía.^{1,2,3}

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 aproximadamente 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 representaciones en tres dimensiones y, de esta manera, poder observar en manos propias, 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.^{1, 2} (Fig. 3).

La importancia de este sistema es poder brindar al profesional especialista y al paciente, una manera objetiva del tratamiento a realizar, así como aumentar su precisión, prever complicaciones , acortar el tiempo de trabajo, disminuir costos y brindar tratamientos de calidad.^{3,4.}

Su amplia efectividad y pluralidad lo hace de utilidad en áreas como implantología, cirugía maxilofacial, prótesis maxilofacial^{4,5}, ortodoncia, odontopediatría, patología, prótesis bucal, periodoncia, materiales dentales y endodoncia, como alternativa en la simplificación de sus metodologías de trabajo.^{2,6,7}

La suma de atributos funcionales a este modelo, como el trazado de los movimientos mandibulares, los registros electromiográficos y los mapas de tensión-deformación ayudan a comprender las relaciones biomecánicas entre la forma, la función, los resultados terapéuticos y la estabilidad del tratamiento. Este abordaje representa de forma precisa la realidad anatómica y una mayor precisión del diagnóstico y la planificación terapéutica de los pacientes.¹

La Estereolitografía es una 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.^{2,8}

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 (SLS).

Las aplicaciones iniciales debido a su costo 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^{2,9,10,11.} etc., siendo todas ellas de alta resolución y abarcando ya todas las áreas del conocimiento, de la ciencia y la tecnología.²

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.

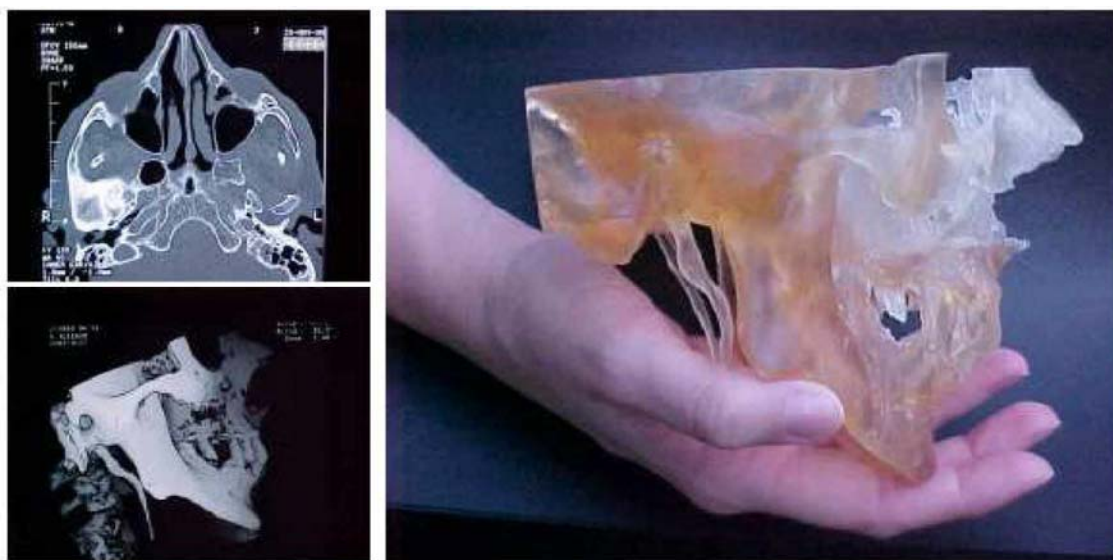


Figura 3. Obtención del modelo bajo la técnica de estereolitografía.

webs.uvigo.es/disenoiustrial/docs/protorapid.pdf

El primer equipo fue desarrollado por Charle Hull, de origen norteamericano, en el año 1988² que de acuerdo con las investigaciones de Alonso⁹, es aquí donde surgen los Sistemas de Prototipaje Rápido con el proceso de estereolitografía (*StereoLitho- graphy* – SL) de la empresa norteamericana 3D Systems , proceso que solidifica capas (layers) de resina fotosensible. El sistema SLA-1, fue el primer sistema de prototipaje disponible comercialmente, fue un precursor de la máquina SLA-1, bastante popular en la actualidad. Después de que la empresa 3D Systems comenzase la comercialización de máquinas SL en EE.UU., las empresas japonesas NTT y Sony/D-MEC comenzaron a comercializar sus versiones de máquinas de estereolitografía entre 1988 y 1989.

Enseguida, en 1990, la empresa Eietro Optical Systems (EOS) en Alemania, comenzó a comercializar el sistema conocido como Stereos. Después vinieron tecnologías conocidas como *Fused Deposition Modeling* (FDM) de la empresa americana Stratasys, *Solid Ground Curing* (SGC) de la israelí Cubital y *Laminated Object Manufacturing* (LOM), todas en 1991⁹ y en 1992 aparecen los primeros sistemas selectivos por Láser (SLS) e impresoras 3D.²

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Beneficios de la utilización de estereolitografía en ortodoncia.

4. JUSTIFICACIÓN.

Los avances en hardware y software computacional han hecho que las imágenes anatómicas sean cada vez más reales y detalladas, permitiendo análisis de forma, medición y volumen.

La aplicación e inversión de tecnología por parte de los profesionales en odontología es limitada, ya sea por falta de fondos, desconocimiento o fundamentos que avalen a los recientes auxiliares de diagnóstico.

El área de la salud en su afán por incorporar nuevas tecnologías encaminadas a la solución de problemas con mayor eficacia han incorporado este sistema, una prueba de esto, es que la facultad de Odontología a través de la División de Estudios de Posgrado e Investigación lleva algunos años trabajando con modelos procesados por estereolitografía.

Este trabajo propone la utilización de estereolitografía como método de diagnóstico, exponiendo las ventajas, limitantes y complementando los auxiliares de diagnóstico existentes.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Brindar información al profesional odontológico sobre el uso de aplicaciones de estereolitografía en ortodoncia donde se hace uso de imágenes y modelos tridimensionales que opten por el mejor resultado ante tratamientos ortodóncicos.

5.2 Objetivos específicos.

1. Conocer la definición de estereolitografía.
2. Conocer los antecedentes de la estereolitografía.
3. Conocer el procesado y materiales de impresión que hacen uso de la estereolitografía.
4. Establecer la utilización de la estereolitografía en el área médica.
5. Conocer las aplicaciones de estereolitografía en ortodoncia.

6. MARCO TEÓRICO.

A pesar de la diversidad de tecnologías para adquisición de imágenes de las que se dispone en la actualidad, los tipos y referencias para los estudios de imagen que se emplean actualmente en la práctica se han adoptado en un intento de equilibrar los beneficios previstos con los costes y riesgos asociados para el paciente.

Por ello se utilizan de forma habitual un conjunto de técnicas de imágenes estáticas bidimensionales para registrar la anatomía tridimensional de la región craneofacial. Por ejemplo, la anatomía es captada por imágenes de localizaciones específicas, que engloban las radiografías panorámicas, periapicales, transcraneales y las radiografías laterales de cráneo para estudios cefalométricos del esqueleto facial, así como fotografías de los dientes.

En la actualidad, tanto en medicina como en sus especialidades, la visualización de auxiliares diagnósticos integrales precisos y exactos se ha vuelto imprescindible de utilizar. En ortodoncia, los estudios de imagen de la región craneofacial son un componente importante para la obtención del diagnóstico.^{1, 2}

El futuro de las técnicas de imagen de registro bucomaxilofacial es prometedor y reside en la obtención de imágenes eficientes, a bajo costo, riqueza de detalles tridimensionales para un diagnóstico y plan de tratamiento exitoso.

Con el fin de delinear la anatomía, se engloban muchas tecnologías, como es la toma de imágenes radiográficas (Rx), la tomografía axial computarizada, la resonancia magnética, el uso de articuladores semiajustables que marcan el trazado de los movimientos mandibulares y los análisis funcionales en los registros ortodóncicos etc.

Aunque los estudios de imagen de zonas específicas aumentan los detalles, también segmentan la anatomía al crear un mosaico de imágenes separadas que representan toda una estructura. El proceso de segmentación de la anatomía da lugar a la diferenciación arbitraria de las estructuras anatómicas próximas; este desglose anatómico confiere al clínico una responsabilidad difícil en la reconstrucción mental de la anatomía.

Las limitaciones de este abordaje, han dado lugar al desarrollo de metodologías estandarizadas bidimensionales de análisis que describen la información anatómica contenida en las imágenes empleando mediciones lineales y angulares que se generan manualmente o con ayuda de un ordenador. Estas mediciones se incorporan con frecuencia a las base de datos de investigación para la predicción del conocimiento y para evaluar los resultados del tratamiento.¹

ESTEREOLITOGRAFÍA

6.1 Definición.

Estereo: modelo sólido, *Litos:* piedra, *Grafos:* dibujo o fotografía. Etimológicamente la podemos definir como la obtención de un modelo sólido a partir de una imagen.

Este proceso de construcción se realiza a partir del escaneo de una tomografía axial computarizada en un formato DICOM que permite la creación de un modelo virtual tridimensional a partir de programa MIMICS que procesa la información a una impresora y estrato a estrato va mostrando sus estructuras externas e internas hasta finalizar el modelo.¹⁰

6.2 Fuente de datos para fabricación de modelos tridimensionales.

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)

Es el software estándar industrial para transferencia de imágenes de Tomografía Axial Computarizada, Resonancia Magnética e información médica entre computadoras, además permite la comunicación digital entre equipos de diagnóstico, terapéuticos y sistemas de algunos fabricantes.

Nace como un acuerdo de intercambio entre American College of Radiology (ACR) y el National Electrical Manufacturers Association (NEMA) ante la necesidad de interconectar los distintos aparatos de imagen.¹¹

MIMICS (Materialise's Interactive Medical Image Control System)

Es un software completo que procesa y edita imágenes en tercera dimensión y así traduce la información para la fabricación de prototipos rápidos de diseño asistido por computador. MIMICS presenta la información en una vista original, axial y coronal e incluye varias funciones de visualización como refuerzo de contraste, vistas panorámicas de acercamiento, rotación de imágenes, visión por densidades (tejidos blandos, tejidos duros) y además provee una aplicación que calcula y mide fácilmente estructuras de interés (alto, ancho, volumen de superficie, tanto para segmentos bidimensionales como tridimensionales). Este software puede dibujar, cortar, pegar restaurar, seccionar objetos, erosionar superficies o dilatarlas a manera de tener una visión amplia del estado actual del paciente o de las modificaciones que deseamos realizar; permite valorar la densidad ósea de las diversas estructuras que conforman al paciente; cuenta con lentes de aumento que facilitan la digitalización y aumentan la precisión de puntos anatómicos, permite hacer mediciones tanto en vistas panorámicas como vistas seccionadas dando oportunidad de comparar ambas; la importación de estas imágenes en formato DICOM nos permite obtener una banco de datos. La imagen es un ejemplo que muestra una sección anatómica por densidad de tejidos en formato MIMICS.¹¹ (Fig. 4).

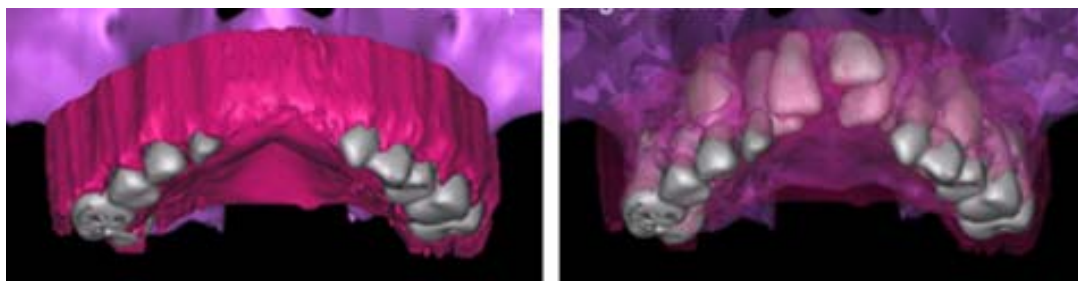


Figura 4. Manejo de densidades en el formato MIMICS. Fuente internet.

6.3 Pasos para proceso de impresión tridimensional.

El comienzo del proceso parte de un mismo protocolo que puede iniciar a partir de:

- Tomografía Axial Computarizada
- Cone Beam ó Tomografía Volumétrica
- Resonancia Magnética

La creación de modelos médicos requiere los siguientes pasos:

- ▶ Adquisición de datos de imágenes anatómicas de alta calidad volumétrica (3D) para ser modelado en 3D.
- ▶ Procesamiento de imágenes para extraer la región de interés de los tejidos circundantes.
- ▶ Modelado de superficies matemáticas de las superficies anatómicas.
- ▶ El formato de datos para RP (esto incluye la creación de estructuras de apoyo del modelo que lo apoyen durante la construcción y que posteriormente se retiran manualmente en caso necesario)
- ▶ La construcción de modelos.
- ▶ Aseguramiento de la calidad del modelo, dimensiones y precisión.

Estos pasos requieren una gran experiencia y conocimientos en tratamiento de imágenes médicas 3D, procesamiento de imágenes, diseño asistido por computadora, la fabricación software y procesos de ingeniería.¹⁰

6.4 Prototipaje Rápido

El *Prototipaje Rápido (RP)* es un nombre genérico dado a una gama de tecnologías relacionadas que puedan ser utilizados para fabricar objetos físicos directamente a partir de datos CAD. Todas ellas parten del corte en secciones horizontales paralelas de las piezas representadas.^{9, 10.}

Existen dos grupos de prototipos rápidos: los que se fabrican por métodos aditivos y aquellos que se obtienen por un método sustractivo.

Método sustractivo: Consiste en moldear un bloque de material a través de técnicas como mecanizado, fresado, torneado o taladrado. Las ventajas son el acabado, la producción en masa, la composición del material, el tamaño y la exactitud de la pieza. Sin embargo, no se pueden utilizar para producir partes con geometría complicada.

Método Aditivo: Consiste en moldear una pieza añadiendo material, ya sea en capas o goteo.

El principio de todos los métodos aditivos es el mismo; construir el modelo a través de varias capas, por depósito o fusión de gotas, o partículas.

Las tecnologías más difundidas en la actualidad son:

- Estereolitografía.
- Modelado por deposición de hilo fundido.
- Sinterización selectiva por láser.
- Fabricación por corte y laminado.
- Deposición por goteo.

Cabe señalar que el factor limitante en la exactitud del modelo es la técnica de imagen en lugar de la tecnología utilizada RP.

6.5 Descripción de las principales técnicas que fabrican modelos mediante estereolitografía.

SLA. Estereolitografía.

Emplea un láser UV que se proyecta sobre un baño de resina fotosensible líquida para polimerizarla⁹ (acrílico, epoxi o vinil). La bañera contiene la resina y dentro de esta hay una plataforma que se mueve de arriba a abajo.⁴ Una fuente de láser UV con alta precisión de enfoque, forman la primera capa de endurecimiento de la sección transversal del modelo, dejando líquido en las áreas restantes. Después de esto, un elevador de la plataforma ligeramente deja inmersiones en el interior del baño de líquido de polímero, y el láser crea una segunda capa de polímero sólido debajo de la primera capa hasta completar el prototipo.¹¹ Esta tecnología permite la adquisición de modelos de resina transparente.⁵ También la podemos encontrar con la denominación de *STL (Stereolithography)*.² (Fig. 5 y 6).

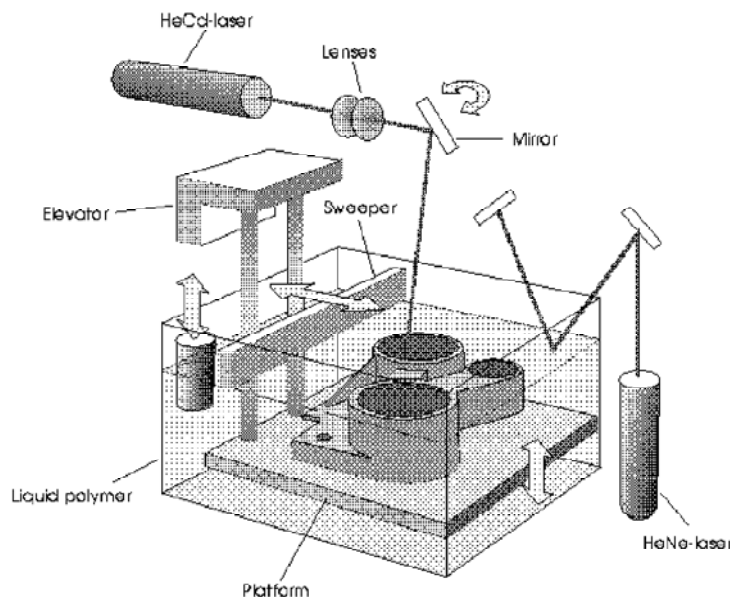


Figura 5. Esquema de procesado STL. Fuente internet.

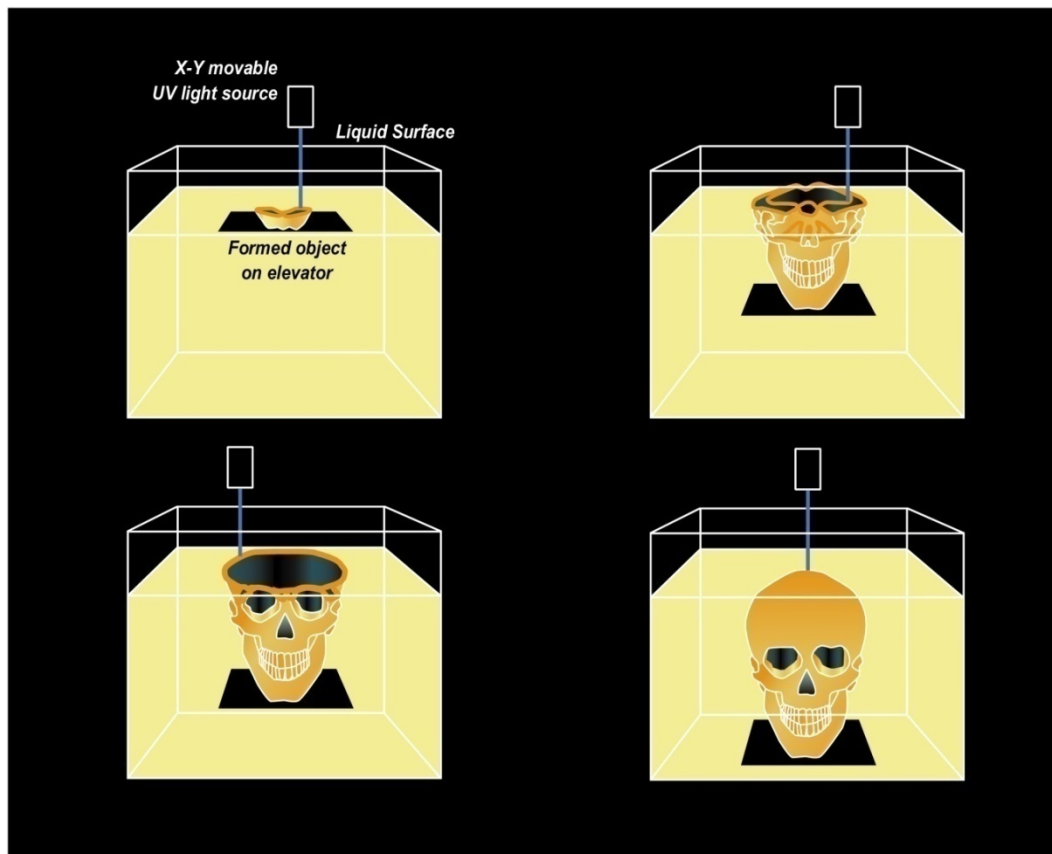


Figura 6. Esquematación en el área médica.

Fuente internet.

SGC. Fotopolimerización por luz UV.

Al igual que en la estereolitografía, esta tecnología se basa en la solidificación de un fotopolímero o resina fotosensible. En la fotopolimerización, sin embargo, se irradia con una lámpara de UV de gran potencia en todos los puntos de la sección simultáneamente y solidifica cada capa en una única operación a partir de la utilización de mascarar creadas con tinta electrostática en una placa de vidrio.⁹ Esta técnica aun sigue siendo utilizada pero dada la complejidad de la anatomía humana no es muy socorrida en el área médica.

FDM. Deposición de hilo fundido.

Fused Deposition Modeling. (FDM). La deposición por hilo fundido FDM funciona bajo el mismo principio de la SL, ya que en las dos tecnologías se construye el modelo 3D capa por capa, las principales diferencias se presentan en el tipo de material utilizado y la forma de depositarlo. En el proceso FDM se utiliza un filamento de un polímero termoplástico denominado Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS); este material posee una mayor rigidez que los fotopolímeros utilizados en SL, una mejor estabilidad dimensional y resistencia a la humedad. El FDM utiliza una boquilla que extruye un hilo de ABS sobre el plano x – y, a una temperatura por debajo, pero cercana a su punto de fusión, el hilo solidifica rápidamente sobre la capa precedente y la boquilla o inyector se levanta para construir la capa siguiente hasta completar el modelo. Tanto en SL como en FDM, debido a que la resina se encuentra inicialmente en estado líquido y que algunas capas sobresalen considerablemente sobre las capas subsecuentes, es necesario generar, además de la geometría principal, una estructura que permita el soporte de la pieza mientras se genera; de no hacerlo, las estructuras o capas que se encuentran en voladizo, caerían al no ser autosoportadas.^{8, 12.}

SLS. Sinterización selectiva láser.

Selective Laser Sintering. (SLS). Se deposita una capa de polvo, de unas décimas de milímetro en una tina que se ha calentado a una temperatura ligeramente inferior al punto de fusión del polvo. Seguidamente un láser CO2 sinteriza el polvo en los puntos seleccionados usando calor generado por el láser, SLS funde polvos metálicos y puede ser utilizado para la obtención directa de matrices de inyección.

LOM. Fabricación por corte y laminado.

Laminated Object Manufacturing. (LOM). Empezó a trabajar solidificando y cortando hojas de termoplásticos reforzados con fibras usando un láser controlado por ordenador. Una hoja se posiciona automáticamente sobre una plataforma y se prensa con un rodillo caliente que la adhiere a la hoja precedente.

Proyección aglutinante o depósito por goteo.

Esta tecnología trabaja mediante la deposición de material en polvo en capas y la liga selectiva del mismo mediante la impresión de "chorro de tinta" de un material aglutinante.

La figura siguiente (Fig. 7), muestra una impresora tridimensional que es utilizada para la fabricación de modelos tridimensionales a base polvos de sulfato de calcio y pequeñas proporciones de sílice que son arrastrados en capas milimétricas e impresos mediante glicerol como aglutinante y ya fabricado el modelo, se aspira el polvo sobrante, se pule y se coloca un material de cianoacrilato para dar fuerza, mantenimiento y presentación al modelo.

En general se reserva la fabricación de precisión a la estereolitografía y cuando se valora más las prestaciones mecánicas del modelo (prototipos funcionales), se prefiere el sinterizado, que ofrece más variedad de materiales: resinas fotosensibles, materiales termofusibles, metales, cerámica o papel plastificado.⁹



Figura 7. Impresora tridimensional.

Fuente propia

6.6 Equipamiento y materiales utilizados para estereolitografía.

Respecto a los equipamientos, las máquinas deben estar debidamente lubricadas y se debe evitar materiales con refuerzos excesivos, que puedan ser focos de fricción, abrasión o desgaste, lo que provocaría con el tiempo que las temperaturas del molde durante la operación, el número de piezas y la geometría de las mismas, deterioren dichos equipamientos.² (Fig. 8).

Se pueden utilizar diferentes tipos de materiales para lograr diversas formas de prototipos o modelos con 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 luces ultravioletas, aunque se han utilizado muchas y muy diversas mezclas para formar composites de diferentes materiales poliméricos mezclando varios 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. 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.²

También se han usado resinas epoxi, acrílicos, sulfato de calcio con sílice⁷, 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.⁴



Figura.8. Estereolitografo.

www.medicosesopecialistas.mimics.pgh

7. APLICACIONES CLÍNICAS

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, como reconstrucciones traumáticas, accidentales, por fracturas, por neoplasias o por motivos estéticos, etc.^{2,13,14}. (Fig. 9 y 10).

También se aplica en cirugía vascular, como por ejemplo en las estenosis aórticas, válvulas cardiopulmonares, alteraciones vasculares, neurocirugías. Se usa en oftalmología, urología, otorrinolaringología, medicina forense, ortopedia, etc., y en un futuro muy próximo en muchas otras especialidades.²

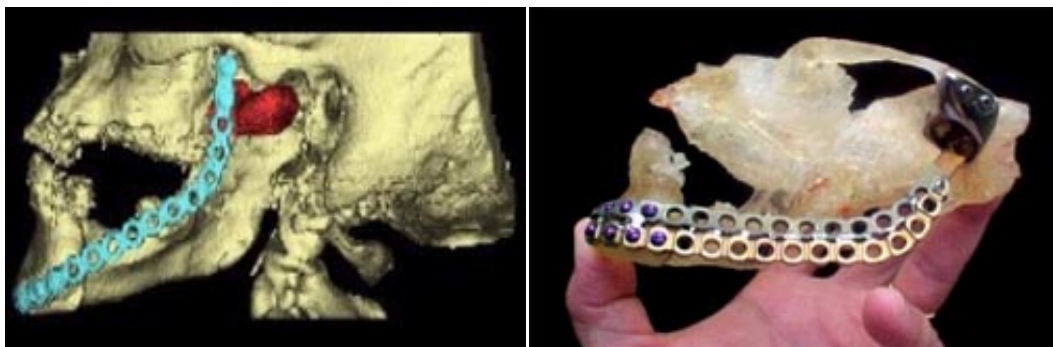


Figura. 9 y 10. Imagen tridimensional y molde para la fabricación de una prótesis a implantar.

Art.SALLES F, Anchieta M. *Esteriolitografía auxiliando o Planejamento Cirúrgico em Enfermidades Orais.*

En el campo de la odontología se utiliza con gran éxito en las anomalías dentofaciales, en estudios de crecimiento del macizo Maxilofacial¹⁵, en implantología^{16,17}, en reconstrucciones óseas¹³, en restauraciones dentales¹⁸, en malformaciones de cabeza, cara y cuello,^{2,7,18,19} colocación de mini-implantes,²⁰ en cirugías estéticas y maxilofaciales de diversa etiología. (Fig. 11 y 12). Hoy día en México, muchos Hospitales, Centros y Clínicas están adquiriendo este equipamiento por su gran versatilidad.^{7, 21}



Figura 11. Paciente real y modelo estereolitográfico mostrando síndrome de Apert.

<http://www.miguiasalud.com.mx/estereolitografia>

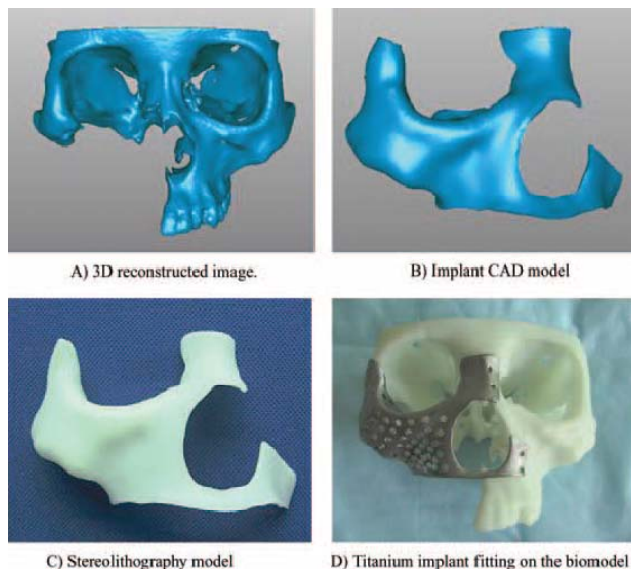


Figura. 12. Muestra de un implante reconstruido a partir de STL.

Art. WINDER, J. Medical rapid prototyping technologies: state of the art and current limitations for application in oral and maxillofacial surgery.

7.1 Usos en Ortodoncia.

DIAGNÓSTICO Y PLAN DE TRATAMIENTO

El objetivo de la estereolitografía en Ciencias de la Salud es la solución de tratamientos con mayor eficacia, rapidez, y precisión.

La Estereolitografía es una gran ayuda para el diagnóstico y, sobretodo, para elaborar una cuidadosa planificación de tratamiento o de cirugías antes de ponerlos en práctica realmente. Esto representa una gran ventaja, ya que se reduce el tiempo de la intervención quirúrgica y se actúa con más acierto, lo que beneficia al paciente en su postoperatorio y periodos de convalecencia y cicatrización. Con ello se pueden disminuir los riesgos y dar orden para el control evolutivo tridimensional de nuestros pacientes y así un tratamiento de mayor calidad.²²

Por otro lado, los modelos sirven como registros o documentos físicos para añadir a la historia clínica de los pacientes o como instrumento para educar al usuario y aclarar cualquier tipo de duda con respecto al desarrollo del tratamiento y a la evolución posterior del mismo; además se pueden utilizar para la realización de pruebas funcionales como ensayos, montajes, etc.^{1,2}

Aplicar las tecnologías de prototipaje rápido al diagnóstico de enfermedades está dando unos resultados que mejoran la eficiencia y que constituyen un valioso impulso en la concreción de un diagnóstico y plan de tratamiento que puede ser explicado con detalle, fabricación de prótesis, caninos retenidos o técnicas de cirugía por mencionar algunas.²²

Para poder realizar una valoración clínica de las anomalías que afectan al sistema craneofacial es importante que realicemos un examen especial a la cara y el cráneo, ya que su morfología se relaciona en la mayoría de los casos con las arcadas dentales.²

1. Índice Morfológico Craneal

Este índice se basa en la determinación antropométrica de los diámetros máximos de la anchura y longitud cefálicas.

Según Martín y Saller, la fórmula es la siguiente:

$$I = \frac{\text{Máxima anchura cefálica} \times 100}{\text{Máxima longitud cefálica}}$$

Máxima longitud cefálica

De acuerdo con los resultados podemos determinar los tres tipos de cráneos. (Fig. 13.).

- Braquicéfalo (cráneo corto) Índice de 81 a 85.4
- Dolicocéfalo (cráneo alargado) el índice es de X a 75.9
- Mesocéfalo (cráneo de forma intermedia) índice de 76 a 80.9.

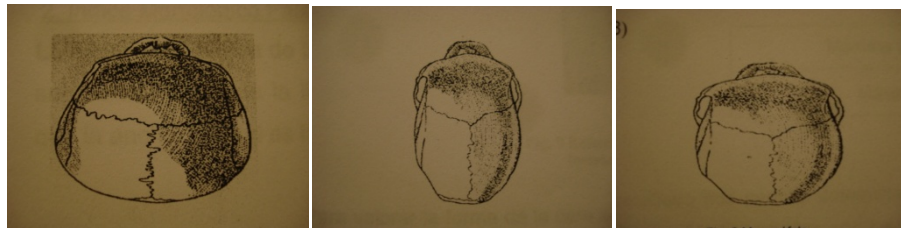


Figura 13. Morfología craneal.

VELLINI. Diagnóstico y planificación clínica.

2. Índice Morfológico Facial

La altura morfológica de la cara se define como la distancia entre el plano superciliar (unión de la línea de las cejas) y el punto gnación, mientras que la anchura facial es la distancia bicigomática. (Fig. 14).

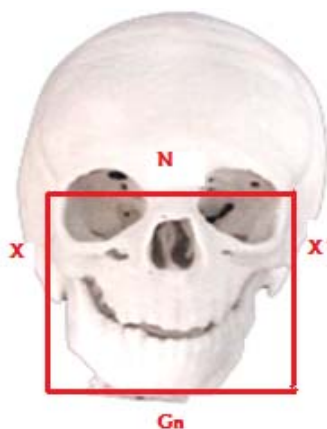


Figura 14. Mediciones Morfológicas Faciales.

Fuente internet

$$I = \frac{\text{Máxima anchura cefálica} \times 100}{\text{Máxima longitud cefálica}}$$

El resultado nos permite determinar los valores y su clasificación de acuerdo con Martín y Saller (Fig. 15), son los siguientes:

- euriprosopo, valores de 79 a 83.9. (imagen número 1)
- mesoprosopo, valores de 84 a 87.9. (imagen número 3)
- leptoprosopo, valores de 88 a 92.9. (imagen número 2)



Figura 15. Diferentes tipos faciales.

VELLINI. Diagnóstico y planificación clínica.

Estos tipos están relacionados con los tipos de arcos dentarios y muchas de estas alteraciones están asociadas a malformaciones de estructuras del organismo, constituyendo cuadros sindrómicos como el síndrome de Crozon, síndrome de Apert o fisura labio palatina por mencionar algunas. Otra manera de lograr un diagnóstico por métodos estereolitográficos es medir y examinar los planos antero posteriores, transversales y sagitales. (Fig. 16).²³

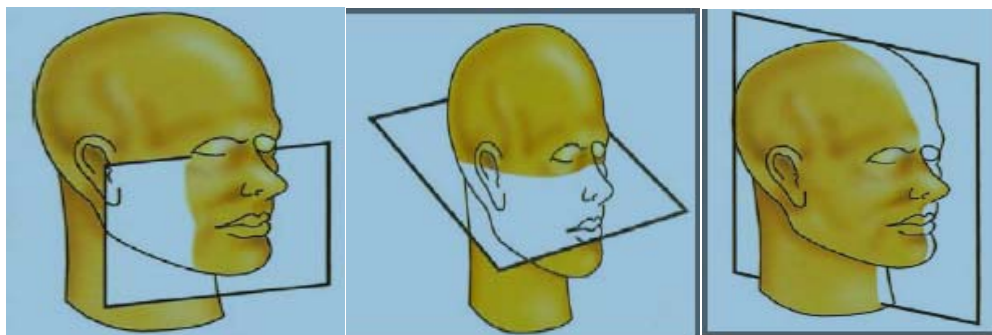


Figura 16. Planos anatómicos.

RAKOSI. Atlas de Ortopedia Maxilar: Diagnóstico

La estereolitografía da una información más exacta del problema a tratar, que puede ser vista y tocada con las manos por los especialistas. Permite el coloreado y el etiquetado, lo que las hace especialmente aptas para su clasificación posterior en archivos, y que no se pierda detalle de las partes exploradas. (Fig. 17).

Las malformaciones craneofaciales, cuya etiología es múltiple, pueden comenzar su desarrollo desde la vida prenatal con diversidad de afectaciones funcionales y estéticas en el sistema estomatognático, mismo que debe ser valorado primordialmente en el estudio hasta lograr el diagnóstico.

Las malformaciones más frecuentes son:

- Anomalías de posición antero-posteriores de los maxilares
- Anomalías de volumen de los maxilares
- Laterognasias mandibulares
- Alteraciones en la inclinación mandibular
- Anomalías de forma mandibular
- Anomalías verticales de cara
- Anomalías de posición y dirección de los dientes
- De tejidos blandos.¹

Los modelos permiten visualizar la zona y extensión de la lesión, logrando hacer un planeamiento quirúrgico según sea el caso, por ejemplo, en una reconstrucción de calota craneana con avance fronto malar o una craneoplastía. Además de la confección de implantes o injertos craneanos.

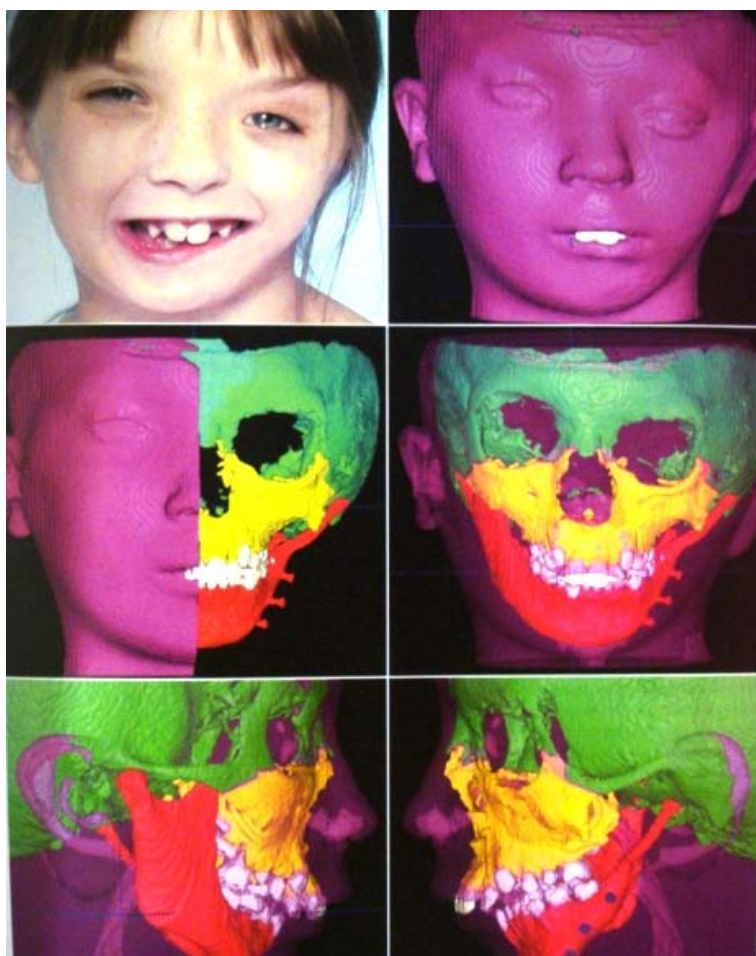


Figura 17. Imágenes tridimensionales que muestran las zonas con mayor afectación en síndrome de microsomía hemifacial

GRABER. Ortodoncia. Principios y Técnicas Actuales

Los modelos pueden proporcionar una gama amplia de beneficios tales como:

- La descripción morfológica cuantitativa de la anatomía del paciente
- La planificación del estado preoperatorio y simulación del acto quirúrgico real o interactivo.
- Mejora la interpretación de datos volumétricos de la imagen.
- Mejora el diseño de implantes y su medida mientras reduce el tiempo quirúrgico y el riesgo.
- Provee a los pacientes un claro entendimiento de su patología, las posibilidades y limitaciones de la cirugía.
- Confección de injertos precisos.

En la siguiente imagen vemos una representación gráfica del modelo de una paciente con una marcada anomalía dentofacial debida a un síndrome. Este paciente es analizado mediante esta técnica.¹



Figura 18. Reconstrucción virtual con estereolitografía. Con autorización DR. Antonio Gual.

Cada una de estas imágenes no es más que una de las muchas que componen el volumen tridimensional de cualquier zona anatómica a examinar. Además, los modelos generados por ordenador pueden reconstruirse a partir de los datos gráficos originales. La visión palatina-lingual posterior, de la cual no se dispone fácilmente en la radiografía dental tradicional, se pone de manifiesto en la estereolitografía. Las vistas desde atrás son exclusivas de los estudios de imagen volumétricos y ofrecen la posibilidad de sustituir los modelos de yeso por esta función.¹

Por otro lado es importante reconocer que el uso de la Tomografía Axial Computarizada es una herramienta importante para el diagnóstico de la región craneofacial ya que se utiliza para muchas aplicaciones, dientes retenidos, manejo del trauma maxilofacial, la planificación del tratamiento para la cirugía ortognática y reconstructiva, injertos óseos, distracción osteogénica y la implantología dental.²⁴

IMÁGENES DIGITALES AUXILIARES

Las imágenes digitales nos permiten establecer predicciones de diversos tratamientos dentales mediante su manipulación por medio de programas de computadora que nos ayudan a conseguir una mejor comunicación con nuestros pacientes al obtener imágenes muy fidedignas de las múltiples alternativas de tratamiento.²²

Estudios recientes han presentado un nuevo método digital de grabación de datos del estudio del modelo, ofreciendo a los profesionales una alternativa válida al uso de modelos de yeso convencionales y el potencial de reducir significativamente la carga de almacenamiento del modelo. Además, el potencial de la reconstrucción física de un modelo de archivo digital se ha demostrado que puede ir hacia la solución de problemas médico-legales; la mejora de las técnicas de prototipaje rápido puede ofrecer un método más preciso en la reconstrucción del modelo desde los archivos digitales.

ELABORACION DE GUÍAS QUIRÚRGICAS PARA COLOCACIÓN DE MINI-IMPLANTES

Los Mini-tornillos se han utilizado para anclaje absoluto en ortodoncia durante mucho tiempo. Sin embargo, el elevado porcentaje de fallas de colocación causa riesgo de estabilización de los mini tornillos o lesiones anatómicas importantes, en un estudio realizado por Liang²⁰, con el objetivo de permitir una colocación segura y óptima que requiere la colocación en un punto ideal del mini tornillo, se calculó el espacio interradicular en 3 dimensiones mediante tomografía y con el modelo en estereolitografía se elaboró una guía para la colocación de mini tornillos en una simulación preoperatoria, después, con una guía para colocación de minitornillos convencional se tomo radiografía y se comparo el sitio de ambos puntos (guía por estereolitografía y guía por radiografía). Los umbrales fueron elegidos cuidadosamente, y el grueso de la plantilla radiográfica se comparó con la estereolitografía, para evaluar la fiabilidad del umbral y de la exactitud de la RP; en el postoperatorio se volvieron a tomar medidas (ya con paciente real) y fueron comparados nuevamente. (Fig. 19).

Las desviaciones promedio medidas de la colocación de los mini tornillos estaban en el rango seguro y así el modelo propuesto tuvo una precisión alta que será especialmente útil para pacientes que requieren la colocación de mini tornillos precisos.

La plantilla aún tiene algunas deficiencias, y la mejora de su diseño y elaboración de nuevos estudios deben ser realizados para evaluar la fiabilidad, validez y aplicabilidad a escala mundial de estereolitografía para guías quirúrgicas de mini tornillos.

Como vemos, esta técnica da a los ortodoncistas otra forma segura de colocar mini tornillos. La precisión y la seguridad han sido evaluadas en este estudio, y se demostró que la plantilla quirúrgica puede colocar el mini tornillo en la zona de seguridad con una desviación limitada.²⁰

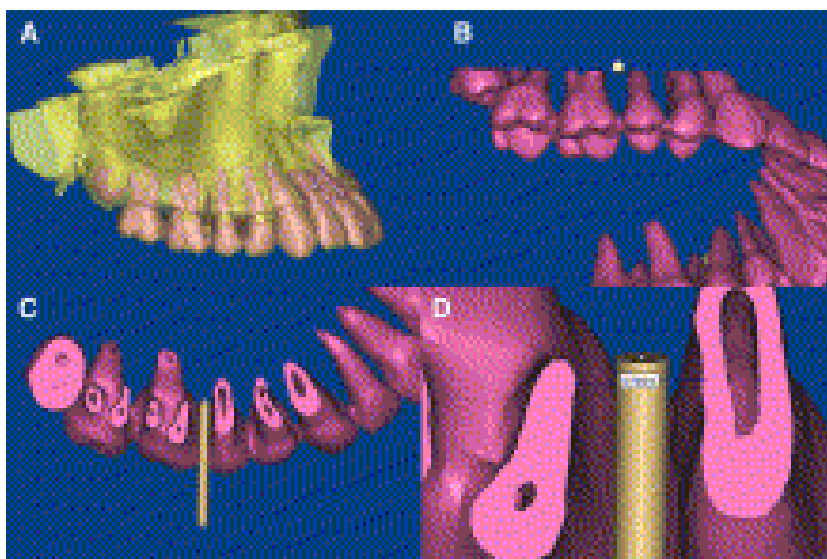


Figura 19. Colocación virtual del mini - tornillo.

Art. Liua, H. Accuracy of surgical positioning of orthodontic miniscrews with a computer-aided design and manufacturing template.

CIRUGÍA ORTOGNÁTICA

La cirugía ortognática constituye un buen tratamiento para la rehabilitación funcional y estética de los pacientes con anomalías dentofaciales. Una deformidad dentofacial o disgnatia se define como cualquier condición en la cual el esqueleto facial es significativamente diferente de lo normal. La cirugía ortognática tiene como objetivo la corrección de las deformidades de la forma, tamaño y posición de los huesos maxilares.

Cuatro son las opciones de tratamiento de estas deformidades: ortodoncia aislada para las deformidades dentarias, ortodoncia mas cirugía maxilar inferior, ortodoncia mas cirugía maxilar superior y ortodoncia más cirugía de ambos maxilares.

Para esto es importante conocer la etiología de las anomalías dentofaciales, así como su clasificación, esto nos permitirá evaluar el grado de severidad del problema de cada paciente así como el factor que lo generó.

Para elegir el tratamiento adecuado se debe contar con un análisis estético facial completo, radiografías, cefalometrías, y estudios de modelo que permitan evaluar el tipo de disarmonía del paciente y así elegir el mejor tratamiento.

La Tomografía Computarizada proporciona una mejor delimitación de estructuras óseas de la base del cráneo y el esqueleto facial que la radiografía convencional. En Ortodoncia el uso de tomografía en determinados casos los beneficios superan los riesgos como lo son: la asimetría facial o cirugía ortognática donde los registros inadecuados de las técnicas radiográficas bidimensionales hacen difícil la reconstrucción.

El plan de tratamiento ortodóncico-quirúrgico se puede comparar mediante la estereolitografía, en donde el desplazamiento de un segmento hace un mejor diseño de la osteotomía y los resultados de simetría esqueléticos y dentales deseados pueden ser analizados. Además el modelo puede ser guía en la reconstrucción quirúrgica de la cara pues se ha demostrado ser un método práctico para evaluar el desplazamiento, rotación e inclinación del cóndilo cuando perse los tejidos inflamados no permiten hacerlo.¹⁴

El diagnóstico clínico bien estructurado permitirá explicar la causa y grado de anomalía dentofacial que permita remitir al paciente de forma oportuna con el Cirujano Maxilofacial, el Ortodoncista o ambos.

En cirugía ortognática, la predicción en modelos de estereolitografía determinará la magnitud y la dirección de los movimientos dento-esqueléticos; la dimensión y forma de las osteotomías u ostectomías.

Permite la confección de splints de acrílico que producirán, durante la cirugía, nuevas relaciones oclusales. El resultado final de la predicción en el modelo permitirá comparar con los resultados postoperatorios, siendo útil para su evaluación.

A través del software se pueden confeccionar férulas de realineamiento mandibular y construirlas mediante el proceso de estereolitografía

En las asimetrías mandibulares por exceso de crecimiento, podemos tener diferentes etiologías y frecuentemente requerimos de un tratamiento ortquirúrgico, que será posible planear antes de llevarse a cabo la cirugía de un modo real.

Las asimetrías más comunes son las hipoplasias condilares, elongamientos hemimandibulares y osteotomas u osteocondromas. Cada una de las condiciones mencionadas demanda un abordaje de tratamiento específico y el conocimiento de cómo realizar un correcto diagnóstico diferencial.²⁵ (Fig. 20).

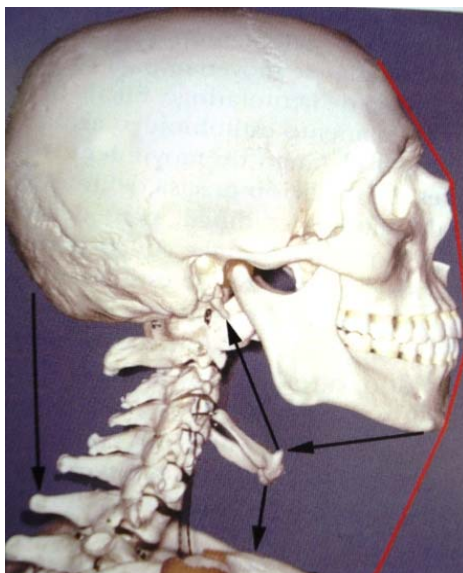


FIGURA 20. Vista sagital de un modelo en estereolitografía.
GRABER. Ortodoncia: principios y técnicas actuales.

LABIO Y PALADAR HENDIDO

El diagnóstico, la planificación preoperatoria, simulación y el resultado de los procedimientos craneofaciales en trastornos quirúrgicos (tumores, traumatología, disgnatia, atrofia alveolar, malformaciones congénitas y asimetrías) se puede ver con métodos sofisticados de reconstrucción en 3-D. Ribeiro¹⁴, mostró claramente una deformación cervicotorácica, causada por razones congénitas mediante escáner. (Fig. 21).

La microsomía hemifacial es una anomalía congénita involucrada con labio y paladar hendido a la que también se ha estudiado mediante la reconstrucción de técnicas volumétricas de músculos y huesos en procesamiento de 3-D.⁸



Figura 21. Defecto estructural de labio y paladar.

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

ARTICULACIÓN TEMPOROMANDIBULAR (ATM)

La primera aplicación clínica de las imágenes por Resonancia Magnética en la clínica dental fue estudiar la ATM en los años 80. Ya que permite la visualización directa del tejido articular, los tejidos blandos, los cambios en la médula ósea del cóndilo y los músculos pueden ser diagnosticados con imágenes de alta resolución. La presencia la proliferación de tejido intra articular y el desplazamiento del disco articular, han sido vinculados a asimetría facial en pacientes jóvenes, en donde las técnicas por estereolitografía pueden ser de gran valor diagnóstico.²⁵

OSTEOGÉNESIS POR DISTRACCIÓN.

En un intento de modificar el crecimiento óseo, en términos de cantidad y dirección, se han utilizado membranas de politetrafluoroetileno para generar hueso alveolar interdental, con la esperanza de mantener los dientes a largo plazo. De esta manera los ortodoncistas intentan modificar el crecimiento de los huesos maxilares utilizando dispositivos intra e extraorales. Este proceso comienza cuando se les aplica a los segmentos óseos una fuerza de tracción, lo que origina una tensión de tracción en el callo de reparación que une los segmentos óseos divididos y que continua a medida que el hueso estira.¹

En general se han utilizado dos tipos de aparatos para la osteodistracción craneofacial: externos e internos. Los dispositivos externos se unen al hueso mediante espigas transcutáneas conectadas externamente a las grapas de fijación. A su vez estas grapas de fijación se unen entre si mediante una barra de distracción de manera que cuando se activa, empuja y separa las grapas y los segmentos de hueso unidos, lo que genera hueso nuevo a su paso. Con respecto a la dirección de alargamiento, los dispositivos se dividen en unidireccionales, bidireccionales y multidireccionales.

Los dispositivos internos se localizan subcutáneamente o dentro de la cavidad oral. Los dispositivos intraorales pueden colocarse por encima (extramucosos) o por debajo (submucosos) del tejido blando. Estos aparatos se anclan al hueso, o los dientes o simultáneamente sobre ambos.

Suele utilizarse un distractor lineal similar a un dispositivo de expansión ortodóncico, además del método de anclaje interno. Con respecto a la dirección de alargamiento, los dispositivos internos se dividen también en unidireccionales, bidireccionales o multidireccionales.¹

DISPOSITIVOS DE DISTRACCIÓN CRANEOFACIAL

Internos:

- intraorales
- Submucosos
- Extramucosos
- Subcutáneos

De apoyo:

- óseo
- Dentario
- Híbridos

Externos: de apoyo óseo. (Fig. 22).

- Unidireccionales
- Bidireccionales
- Multidireccionales

ZONAS DE DISTRACCIÓN:

Distracción mandibular

Distracción maxilar del tercio medio facial.

Distracción del reborde alveolar

Distracción del ligamento periodontal

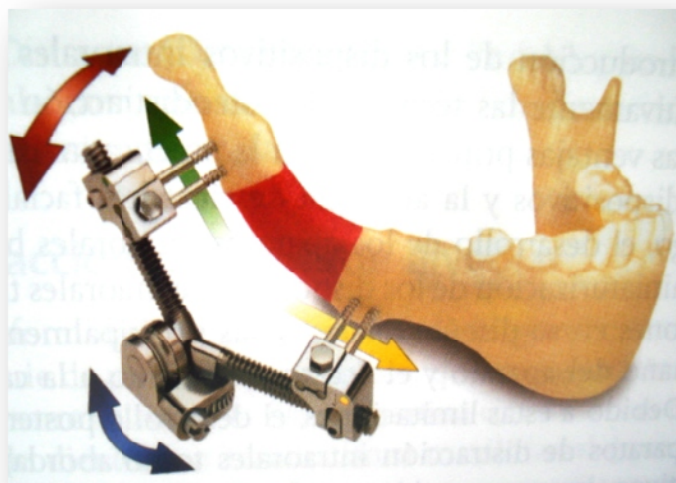


Figura 22. Distracción ósea extraoral

GRABER. Ortodoncia. Principios y Técnicas Actuales

OSTEOTOMÍA

La osteogénesis por distracción empieza con una osteotomía que divide el hueso en dos segmentos, lo que da lugar a una pérdida de continuidad y de integridad mecánica. La discontinuidad de un segmento esquelético (fractura) desencadena un proceso evolutivo de reparación ósea, similar al observado durante la cicatrización de una fractura. Tradicionalmente esta consta de seis pasos secuenciales:

1. Impacto
2. Inducción
3. Inflamación
4. Callo blando
5. Callo duro
6. Remodelado.

Latencia: este periodo abarca desde la división ósea hasta el inicio de la tracción. Es decir, el tiempo permitido para la formación del callo de reparación. (Fig. 23).

Distracción: durante la cicatrización normal de la fractura, la etapa de callo blando es seguida por la etapa de callo duro que dura típicamente de tres a cuatro meses. Durante este periodo, los tejidos fibroso y cartilaginoso de callo blando son transformados en hueso fibroso por osteoblastos; a este proceso le sigue la etapa de remodelado en la que el hueso fibroso es remodelado lentamente en hueso laminar con una reconstitución gradual del conducto medular

Durante la distracción el proceso normal de cicatrización se ve interrumpido por la aplicación de una tracción gradual sobre los segmentos óseos en la etapa de callo blando, esta tracción separa progresivamente los segmentos óseos, lo que genera de esta manera una tensión de tracción en los tejidos del callo óseo y de los tejidos circundantes. Explicado de otra manera podemos decir que la tracción gradual de los tejidos vivos crea una tensión que estimula y mantiene la regeneración, y el crecimiento activo de los tejidos. (Fig. 24).

Consolidación: Abarca el cese de las fuerzas de tracción hasta la retirada del dispositivo de distracción.

Remodelado: Abarca desde la retirada del dispositivo de distracción hasta la aplicación de la carga funcional completa sobre el segmento óseo que contiene el regenerado por distracción.¹

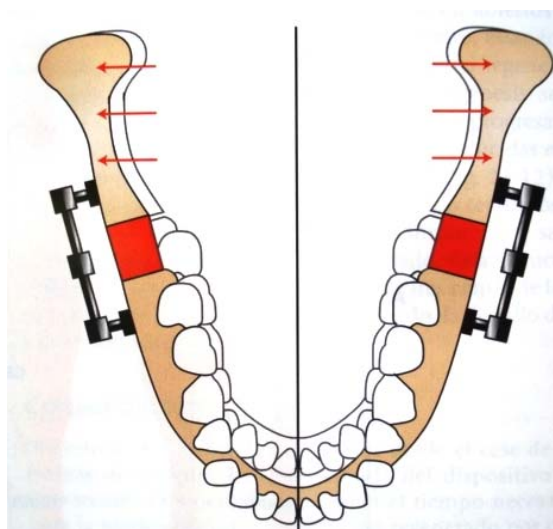
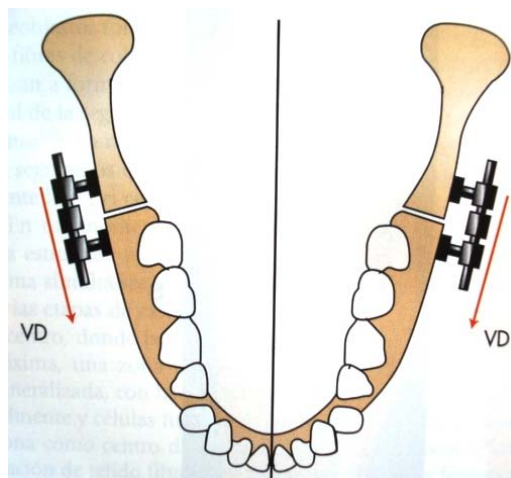


Figura 23 y 24. Análisis de distracción osteogénica
GRABER. Ortodoncia: principios y técnicas actuales.

Esta aplicación de la osteogénesis por distracción se ha centrado en deformidades craneofaciales significativas y pacientes con síndromes, siendo pocos los clínicos que utilizan la técnica para los procedimientos quirúrgico-ortodóncicos-restauradores utilizados habitualmente en la práctica privada.

La imagen muestra la utilización de este método para tratar deficiencias óseas, por medio de estereolitografía. (Fig 25).



Figura 25. Dispositivo de distracción.

GRABER. Ortodoncia: principios y técnicas actuales.

LIMITACIONES DE USO

Se ha determinado una variación indeseable en los objetos que pueden llegar a crear distorsiones en los modelos médicos. Estos incluyen la importación de datos, distorsión del pórtico de la tomografía, metales que presente el paciente, movimientos inusitados, la irregularidad superficial debido al retiro de la estructura de apoyo o al modelado superficial de impresión y al umbral de datos de la imagen. El origen de estas distorsiones se ha relacionado con el paciente, el funcionamiento de la modalidad de proyección de imagen o la tecnología de modelado.

Se recomienda que los modelos de anatomía humana generados por estereolitografía médica, sean objeto de riguroso control de calidad en todos los escenarios del proceso de fabricación con el fin de garantizar su fidelidad. Los clínicos deben estar enterados de las áreas potenciales de inexactitud dentro de los modelos y repasar las o imágenes de origen en caso de que la integridad del modelo este en duda.

8. DISCUSIÓN

En la actualidad esta técnica resulta en el plano económico, un poco costosa, como todas las novedades al inicio, aunque se piensa que poco a poco los precios disminuirán dada sus múltiples aplicaciones.

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

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. El futuro de esta técnica es muy prometedor, pronto será fácil obtener un prototipo de cualquier parte del cuerpo antes de realizar una intervención quirúrgica o cuando se presente un caso de una enfermedad poco común.

9. CONCLUSIONES

Como las sólidas tecnologías de fabricación están en continua evolución, los costos de fabricación están disminuyendo y las propiedades de las piezas fabricadas son cada vez mejores. Por lo tanto, estas técnicas son cada vez más útiles para la fabricación rápida de productos en series cortas.

Los esfuerzos actuales para reducir al mínimo los errores y conseguir una representación tridimensional precisa del complejo craneofacial han inducido a la tomografía computarizada (TC) y el software para diseño asistido por ordenador.¹ La tomografía computarizada (TC) de las obras realizadas permite evaluar la exactitud del proceso, comparando los datos de la exploración del diseño y la fabricación del objeto 3D.⁶

El avance en los estudios de imagen dental a dado lugar a la adquisición de múltiples vistas, diversos análisis de mediciones y modelos de pacientes generados por ordenador, que permiten al profesional que realiza el diagnóstico visualizar mejor, en una concepción espacial de los planos, los posibles procedimientos terapéuticos antes de ponerlos en la práctica. Un modelo auxiliar de diagnóstico permite al profesional, una mejor comunicación con su paciente, ya que la información es clara y adecuada sobre una determinada enfermedad en cuestión. (Fig. 26)

Esta reciente y prometedora tecnología permite disminuir el margen de error hasta un 30% en tiempo quirúrgico, facilitando de sobremanera la obtención de éxito en abordajes quirúrgicos.²⁵

En general, la metodología implementada puede ser utilizada para la planificación quirúrgica y así evitar procedimientos de ensayo y error que puedan poner en riesgo la integridad del paciente.



Figura 26. Planificación terapéutica.

Fuente internet.

La implementación de dispositivos biomédicos adaptados al cuerpo humano supone un desafío para la ciencia de la ingeniería de los materiales y la biología. La demanda de biomateriales metálicos y poliméricos está incrementándose rápidamente debido al crecimiento de la población mundial, la mayor número de personas adultas mayores y los elevados requerimientos funcionales de la gente joven.

10. FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Graber T., Vanarsdall R. *Ortodoncia: principios y técnicas actuales*. Editorial. Elsevier Mosby. España 2006.
2. Álvarez C, Carrillo S, Fernandez J, Grille C. *Avances en equipamientos (I): la Estereolitografía y sus materiales, un paso hacia el futuro*. *Cient Dent* 2006; 3;2:151
3. Salles F, Anchieta M. *Esteriolitografia auxiliando o Planejamento Cirúrgico em Enfermidades Orais*. *Revista Brasileira de Patologia Oral*, v.1, n.1, p.54-60, out./dez. 2002.
4. Gondak R, Gondak M. *The application of rapid prototyping (RP) in the medical area: process and clinical benefits*. *Cient. Dent.* 2003.
5. Stocker, N.G., Mankovich, N.J., VALENTINO, D. *Stereolithographic models for surgical planning*. *Oral Maxillofac Surg*, V.50 N°5, p. 466-471, 1992.
6. Melchels F, Feijen J. *A review on stereolithography and its applications in biomedical engineering*. Institute For Biomedical Technology And Technical Medicine, Educational Methodologies. 2010.
7. Jiménez R, Benavides A. *La estereolitografía en la Facultad de Odontología de la UNAM*. *Medigraphic*. Vol. 9 N°5. 2005.

-
-
8. Isaza, J., Naranjo M., *Prototipaje rápido de estructuras craneofaciales*. Ingeniería y ciencia, Vol. 4, N°. 8, 2008, Medellín Colombia pags. 27-43.
 9. webs.uvigo.es/disenoindustrial/docs/protorapid.pdf
 10. Winder J, Bibb R. *Medical rapid prototyping technologies: state of the art and current limitations for application in oral and maxillofacial surgery*. OralMaxillofac Surg 2005;63:1006-1015.
 11. Stoner D, Watson S., Stedfeld R., Griffel L., Tyler TL., Pegram LM., Barnes JM., Deason VA. *Application of estereolithography custom models for study the impact of biofilms and mineral precipitation on fluid flow*. Appl Environ Microbiol, 2005, 71(12):8721- 8728.
 12. Chakraborty D, Reddy B, Choudhury R. *Extruder path generation for Curved Layer Fused Deposition Modeling* . Department of Mechanical Engineering, Indian Institute of Technology. Pub MeD. 2007.
 13. Singare S. *Individually prefabricated prosthesis for Maxilla Reconstruction*. American College of Prosthodontics, vol. 5 no. 3. 2007
 14. Ribeiro R., *Técnicas tomográficas aplicadas à Ortodontia: a evolução do diagnóstico por imagens*. Dental Press Ortodon Ortop Facial . Maringá, Vol. 9, N°. 5, p. 102-156, set. / out. 2004

-
-
15. Keating A. *A comparison of plaster, digital and reconstructed study model accuracy*. Cardiff University. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2008.
 16. Chilvarquer I., Chivalquer L. *A Estereolitografía na implantodontia avançada: conceitos indicações e usos*. Implant News 2004.1 (1):69 – 72.
 17. 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.
 18. Nakata , K. *Evaluation of Correspondence of Dental Computed Tomography Imaging to Anatomic Observation of External Root Resorption*. Journal of Endodontics. Elsevier 2009
 19. Liua H. *Accuracy of surgical positioning of orthodontic miniscrews with a computer-aided design and manufacturing template* .American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics .Vol. 137, Issue 6, June 2010, Pags 728.e1-728.e10
 20. <http://www.miguiasalud.com.mx/estereolitografia>
 21. Stephan G., Makoto O., Akira H., Jean Marc Auer. *From patient to model: Stereolithographic modeling of the cerebral vasculature based on rotational angiography*. American journal of neuroradiology, ISSN 0195–6108, 26(6), 1425–1427 (2005).

-
-
22. Jorge Faber, Patricia Medeiros Berto and Marcelo Quaresma. *Rapid prototyping as a tool for diagnosis and treatment planning for maxillary canine impaction*. American Journal of Orthodontics & Dentofacial Orthopedics, ISSN 0889–5406, 129(4), 583–589 (2006).
23. Vellini F. *Ortodoncia, Diagnóstico y Planificación clínica*. Sao Paulo Brasil. Editorial Artes Médicas, 2002.
24. Juan Felipe Isaza y Santiago Correa. *Metodología para la reconstrucción 3D de estructuras craneofaciales y su utilización en el método de elementos finitos*. Ingeniería y Ciencia, ISSN 1794—9165, 4(7), 129–149 (2008).
25. Frosch, K. H. – Sturmer, K. M., *Metallic Biomaterials in Skeletal Repair*, European Journal of Trauma, 2006, vol. 32, 149 – 159.