



## Reporte de Casos

### Prótesis parieto-temporal personalizada con diseño y manufactura computarizada

#### Custom-made implant parieto-temporal with computer desing and manufacturing.

*Gonzalez M.<sup>1</sup>, López T.<sup>2</sup>, Reynaldos J.<sup>3</sup>, Trejo J.<sup>4</sup>*

#### RESUMEN

En México, las lesiones cerebrales traumáticas severas representan la tercera causa de muerte. Comúnmente, requieren craneotomía descompresiva de emergencia y, como consecuencia, los sujetos suelen presentar defectos estructurales del cráneo.

Masculino de 22 años, policontundido, quien fue atropellado; intervenido mediante craneotomía descompresiva parietotemporal derecha por hematoma subdural. Al año inició protocolo para reconstrucción craneal. La proyección para la corrección del defecto óseo del cráneo fue simulada utilizando como ejemplo el área homóloga contralateral a manera de espejo. Una vez que se obtuvo el diseño final, se realizó la impresión. Cabe mencionar que se consideraron detalles técnicos-quirúrgicos tales como biseles y localización de orificios para su colocación y fijado. Se colocó prótesis de titanio, fijada con tornillos 1.5 x 6mm a través de orificios troquelados en la prótesis. Asimismo la duramadre fue plicada a orificios en la superficie de la prótesis para evitar espacios muertos entre esta y las meninges. La innovación del software de diseño- modelado asistido por computadora y la transferencia de imágenes digitales han facilitado el desarrollo de múltiples prótesis para el esqueleto craniomaxilofacial. Se decidió emplear como material para el moldeado y producción de la prótesis el titanio, debido a que diversos autores han señalado sus ventajas como material para elaboración de prótesis tales como: costo considerablemente menor que otros materiales, así como su bio-compatibilidad, resistencia y menor riesgo o igual riesgo de complicaciones.

**Keyword:** Prótesis craneal, CAD/CAM, Defecto craneal, Hecho a la medida.

1. Cirujano Maxilofacial, Hospital General Regional N. o 2, Inst. Mexicano Seguro Social (IMSS), Ciudad de México.
2. Neurocirujano, Hospital General Regional N. o 2, Inst. Mexicano del Seguro Social (IMSS), Ciudad de México.
3. Cirujano Maxilofacial, Hospital General Naval de Alta Especialidad, Secretaria de Marina (SEMAR), Ciudad de México.
4. Residente de cuarto año de Cirugía Maxilofacial, Centro Médico Nacional 20 de noviembre, ISSSTE, Ciudad de México.



## ABSTRACT

In Mexico, severe traumatic brain injuries are the third leading cause of death. Commonly, it requires emergency decompressive craniotomy and, therefore, patients have structural defects in the skull.

Twenty-two years old male with multiple traumatic lesions, who was hit by bus; intervened for right parietotemporal decompressive craniotomy due to subdural hematoma. After a year, began protocol for cranial reconstruction. The screening for defect correction was simulated using as an example the contralateral homologous area of the skull. Once the final design was obtained, printing was performed. It is noteworthy that surgical technical details were considered such as bezels and location of holes for placement. Titanium prosthesis was placed with screws of 1.5 x 6mm through holes punched in the prosthesis. Also dura was plicated to holes in the surface of the prosthesis to avoid dead spaces between the it and meninges. Modeling software innovation, computed aided design and transfer of digital images have facilitated the development of multiple prostheses for craniomaxilofacial bones. It was decided to use as a material for molding and production of the prosthesis titanium, because several authors have pointed advantages as material for making prostheses such as: cost considerably less than other materials and their biocompatibility, resistance and lower risk than or equal risk of complicaciones.

**Keywords:** Skull implant, CAD/CAM, skull defects, custom-made

## INTRODUCCION

Las lesiones cerebrales traumáticas severas son la principal causa de muerte en los adultos jóvenes en países desarrollados, en México representan la tercera causa de muerte (567 defunciones con mortalidad de 38.8 por cada 100 mil habitantes)<sup>1</sup>, debido a

hipertensión intracraneal atribuible a lesiones en masa como contusión y hematoma subdural<sup>2</sup>; mismos que requieren tratamiento quirúrgico de emergencia. Un ejemplo para esta clase de tratamientos es la craneotomía descompresiva, descrita por



Kocher y Cushing, (1901 y 1905 respectivamente)<sup>3</sup>; la cual aumenta el espacio y, por consecuencia, el volumen intracraneal y disminución del desplazamiento de la línea media. Por lo tanto, hay reducción de la presión intracraneal (presión intracraneal normal de 5 a 15 mm/Hg en adultos, 1 a 7 mm/Hg en jóvenes, arriba de 18 mm/Hg en pacientes obesos)<sup>4</sup>, con aumento del flujo y perfusión sanguíneo cerebral<sup>3</sup>, mencionado en la doctrina de Monro-Kellie (“cualquier adición al tejido intracraneal como un hematoma, reduce el espacio intracraneal y por consecuencia aumentara la presión intracraneal”)<sup>5</sup>.

Como efectos secundarios a la craneotomía, independientemente de la causa de la misma, se encuentran los defectos estructurales del cráneo y el “síndrome de trepanado” expuesto por Sydney CL y cols., en su estudio retrospectivo<sup>3,6,7</sup>

En este artículo se presenta un caso de prótesis personalizada de titanio hecha a la medida, a través de ingeniería mexicana. En la literatura médico-científica de México se

han realizado con anterioridad la colocación de prótesis hechas a la medida de otros materiales, tal es el caso del poliéter-éter cetona (PEEK, por sus siglas en inglés) demostrándose excelentes resultados estéticos y funcionales<sup>6</sup>; sin embargo, no se ha publicado la inserción de una prótesis personalizada de titanio en el esqueleto craneofacial elaborada en nuestro país.

#### CASO CLÍNICO:

Masculino de 22 años de edad, policontundido, quien fue atropellado por transporte público el 15 de septiembre del 2014; intervenido de urgencia para craneotomía descompresiva parietotemporal del lado derecho, por presencia de hematoma subdural. Posteriormente se realizó colocación de fijadores externos por fractura de tibia y peroné de lado izquierdo y fractura clavícula izquierda la cual se trató conservadoramente. Tuvo una estancia intrahospitalaria de 2 meses.



Figura 1: Imagen previa al evento quirúrgico y colocación de prótesis "a la medida".

Al año de haber sufrido el percance (fig. 1), inició protocolo para reconstrucción craneal por el servicio de neurocirugía y cirugía maxilofacial. Inicialmente, se valoró la calidad del lecho quirúrgico (adecuada cicatrización, vascularización y libre de proceso infeccioso), así como recolección de datos acordes y necesarios para el procedimiento: fotografías clínicas y tomografía computada de cortes múltiples con un intervalo de construcción de 0.75mm, con radiación efectiva de 0.41mSv, de región epicraneal a supraclavicular; donde se cuantificaron las magnitudes clínicas del defecto óseo por medio de visualizadores para tomografía (OsiriX MD™, Pixmeo™ Geneva, Switzerland), En este caso ocupaba la región parietotemporal derecha (9cmX10.5cmX3mm, 110gramos) Los datos obtenidos fueron enviados a una estación de trabajo para su digitalización (Inteligencia Medica, Grupo Borgatta™, México), donde transformaron la tomografía a formato STL (siglas en ingles de STereo Lithography), para la planificación virtual de la prótesis craneal.



La proyección para la corrección del defecto óseo del cráneo fue simulada utilizando como ejemplo el área homóloga contralateral a manera de espejo (fig. 2 y 3), a través de una estrecha comunicación “cirujanos - ingenieros”. Para el diseño de la futura prótesis craneal (Fig. 4) se consideraron detalles técnicos-quirúrgicos tales como biseles y localización de orificio para su colocación y fijado. Así mismo hubo que planificar perforaciones en la superficie de la prótesis para aplicar y adaptar la duramadre al implante, que sirvan de drenaje para la acumulación de líquido extradural. Una vez que se obtuvo el diseño final, se realizó la impresión de cráneo y del prototipo de la prótesis en resina acrílica donde se valora antes de realizar la impresión definitiva en titanio, y de haber sido necesario ajustes de la prótesis.

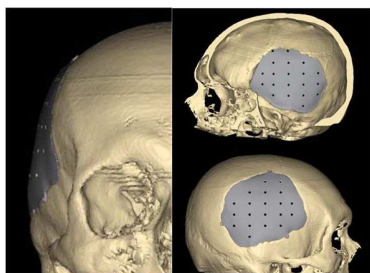


Figura 2: Proyección para la corrección del defecto óseo del cráneo simulada mediante el empleo de herramientas para imágenes en 3D.

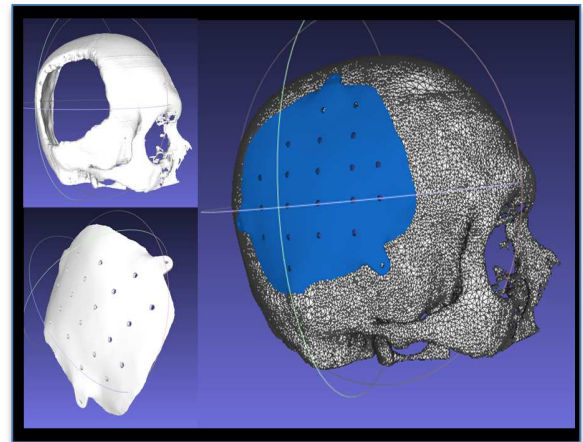


Figura 3: Se transforman el formato DICOM a STL, posteriormente se realiza el diseño de la prótesis en espejo a lado contralateral y finalmente se realiza el acoplamiento de la prótesis y el cráneo.



Figura 4: Diseño y moldeo con adecuaciones acorde a las necesidades del sujeto

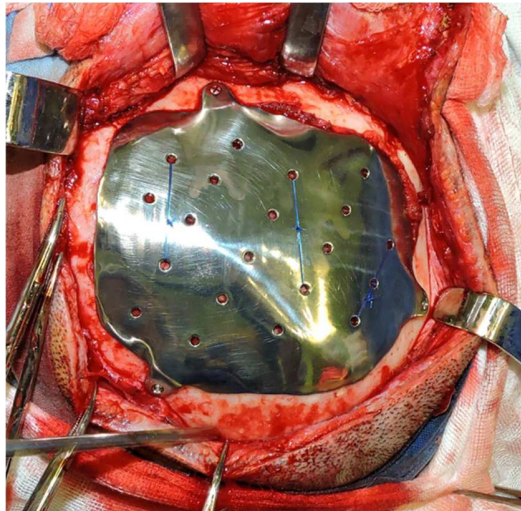


Figura 5: Colocación y fijado de la prótesis final en el sitio del defecto



Fig. 6: Imágenes de control tras 8 meses del evento quirúrgico

Una vez autorizado el diseño de la prótesis, es fabricado el implante de titanio mediante un sistema de troquelado de 5 cabezas (Grupo Borgatta™, México) con las dimensiones finales de la prótesis de 9cm X 10.5cm con un grosor de 3mm y un peso de 110gr, el procedimiento se llevó a cabo bajo anestesia general balanceada en el Hospital General Regional No. 2 Villa Coapa del Instituto Mexicano del Seguro Social en la Ciudad de México.

Se realizó abordaje a través de cicatriz previa, mediante disección meticulosa para separar la duramadre del tejido fibroso de la previa incisión, exponiendo tejido óseo sano y defecto en toda su extensión, con preservación del músculo temporal. Se colocó la prótesis de titanio (Fig. 5); fue fijada con tornillos 1.5 x 6mm en orificios troquelados en la prótesis. Asimismo la duramadre fue aplicada en los orificios de la superficie de la prótesis para evitar espacios muertos o fondos de saco entre la prótesis y las meninges; se realizó cierre del colgajo dejando un drenaje mediante presión negativa, mismo que es retirado al tercer día de estancia intrahospitalaria con manejo antimicrobiano. No se reportaron complicaciones o eventualidades de ningún tipo durante o tras el procedimiento

Actualmente a los 8 meses de control el sujeto se encuentra evolucionado favorablemente sin presencia de complicaciones postoperatorias, con estado neurológico estable, sin presencia de reacción de rechazo a cuerpo extraño, con controles clínicos e imagenológicos



periódicos; aun en rehabilitación por fractura de fémur izquierdo con uso de muletas (Fig. 6).

## DISCUSIÓN

Hoy en día, las craneotomías son la principal causa de defectos craneales, además, es posible encontrar desperfectos congénitos, iatrogénicos, entidades patológicas, procesos infecciosos<sup>6</sup> como entidades causantes de daño estructural en el cráneo; por tal motivo la craneoplastia provee importantes beneficios, tales como: soporte y restauración normal del flujo dinámico de líquido cerebroespinal, reducción en la formación de pseudomenocele secundario y protección de estructuras vitales<sup>8</sup> Gracias a la introducción de las herramienta de imágenes en 3D, ha ayudado a los cirujanos en el logro de resultados funcionales y estéticos óptimos, tal fue nuestro caso, en donde gracias a la planificación y diseño a través de la estrecha comunicación del equipo de trabajo, se efectuó la personalización y adecuación de la prótesis para las necesidades estético-funcionales del sujeto.

La innovación de software de diseño asistido por computadora/ modelado asistido por computadora (CAD/CAM) y la transferencia de imágenes digitales y comunicación en medicina (DICOM) que han facilitado el desarrollo múltiples programas patentados para el uso del esqueleto craneomaxilofacial permitiendo al cirujano analizar al paciente con medidas en las tres dimensiones, modelar la anatomía perdida con imágenes en espejo; esta reconstrucción virtual puede ser transferida a la realidad como modelos esteriolitográficos, y en prótesis personalizadas como se presenta en este artículo.<sup>7-9</sup>

Distintos materiales se han utilizado desde autoinjertos a xenoinjertos y sustitutos óseos, incluyendo polimetilmetacrilato, hidroxiapatita, fosfato cálcico, polietileno poroso y titanio. El PEEK, es muy bien conocido y ampliamente usado para cirugía de columna, y actualmente utilizado como material de reconstrucción de craneoplastia.<sup>10</sup> En el caso de las prótesis personalizadas pueden ser fabricadas de materiales de grado médico como es el titanio, en lugar de la realización de el



modelaje de mallas del mismo material en modelos esteriolitográficos o mediante prensas para conformar su anatomía previa al procedimiento quirúrgico. Estas prótesis hechas a la medida no requieren una preparación previa, ya que el modelaje se lleva a cabo con un ingeniero biomédico con las especificaciones que el cirujano requiera<sup>9-11</sup> En nuestro caso se decidió emplear como material para el moldeado y producción de la prótesis el titanio, debido a que diversos autores han señalado sus ventajas como material para elaboración de prótesis tales como: costo considerablemente menor que otros materiales, así como su bio-compatibilidad, resistencia y menor riesgo o igual riesgo de complicaciones. Es necesario hacer mención que la resistencia mecánica del titanio es también un inconveniente, ya que es difícil de conformar y moldear intra-operatoriamente<sup>12</sup>

William LR y cols. en su estudio retrospectivo de 151 craneoplastías hechas a la medida de titanio, reportaron como complicación temprana más frecuente la presencia de hematoma en 4 casos (4.6%), así como a los

seromas, hematoma e infecciones como complicaciones tardías más comunes<sup>13</sup>. De igual forma, en un estudio retrospectivo en el Instituto Nacional de Neurociencias en Singapur se analizaron 132 pacientes con craneotomía descrompresiva y subsecuente cranioplastía con PEEK versus implantes de titanio, se observó que el rango de complicaciones con PEEK y titanio fue de 25% y 27.8% respectivamente, con una 27.3% de complicaciones en conjunto. No se mostraron diferencias estadísticamente significativas.<sup>10</sup>

En cuanto a costos, el precio de un implante hecho a la medida de PEEK es de 4,500 USD (aprox.),<sup>10</sup> en comparación del costo de la fabricación del implante mencionado en este artículo (3,365 USD aprox) es mucho mayor. En México, actualmente los costos altos no son justificación para la utilización del PEEK, obteniendo los mismos beneficios al emplear una prótesis personalizada de titanio.

El tiempo recomendado para la reconstrucción es de aproximadamente 3 meses, ya que el cuero cabelludo debe tener una cicatrización total con re-vascularización





adecuada. Además la presión intracraneal y el estado neurológico deben ser estables; asimismo no deberá existir evidencia de infección sistémica o local. En pacientes sanos, la craneoplastía temprana después de 5 a 8 semanas puede ayudar a su recuperación<sup>8</sup>.

En nuestro caso, aunque el tiempo que transcurrió desde el primer evento quirúrgico hasta la reconstrucción misma del defecto no fue el descrito como adecuado, no hubo complicaciones en lo referente al cuero cabelludo y la revascularización del mismo.

## REFERENCIAS

1. Mayén JC, Guerrero N, Caro J, Zúñiga IR, Aspectos clínicos y epidemiológicos del trauma cráneo encefálico en México. *Vigilancia Epidemiology*, 2008 25, 1-4.
2. Zhao H, Liao Y, Xu D, Wang O, Gan O, You C, et al. Prospective randomized evaluation of therapeutic decompressive craniectomy in severe traumatic brain injury with mass lesions (PRECIS): study protocol for a controlled trial. *BMC Neurology* 2016, 16:1
3. Sedney CL, Julien T, Manon J, Wilson A, The effect of craniectomy size on mortality, outcome, and complications after decompressive craniectomy at a rural trauma center. *J Neurosci Rural Pract*, 2014;5:212-7
4. Yuh EL, Dillon WP, Intracranial Hypotension and Intracranial Hypertension, *Neuroimag Clin N Am*, 2010; 20: 597-617
5. Riordan M, Chin L, Intracranial Pressure Monitors, *Atlas Oral Maxillofacial Surg Clin N Am*, 2015; 23: 147-150
6. González-de Santiago MA, Chaurand J, Sandoval B, Reconstrucción craneal con implante personalizado, *Rev Esp Cir Oral Maxilofac*. 2011; 33(1):40-44
7. Markiewicz MR, Bell RB, The Use of 3D Imaging Tools in Facial Plastic Surgery. *Facial Plast Surg Clin N Am*, 2011; 19: 655-682
8. Winn HR, Youmans Neurological Surgery, 6ta Ed. 2011, Chap 32, Cranioplasty, Elsevier Saunders, pp 481-486
9. Patel A, Otterburn D, Saadeh P, Levine J, Hirsch DL. 3D Volume Assessment Techniques and Computer-Aided Design and Manufacturing for Preoperative Fabrication of Implants in Head and Neck Reconstruction. *Facial Plast Surg Clin N Am*, 2011; 19: 683-709
10. Thien A, King NKK, Ang BT, Wang E, Ng I, Comparison of Polyetheretherketone



- and Titanium Cranioplasty after Decompressive Craniectomy, *World Neurosurg.* (2015) 83, 2:176-18
11. Sunderland, Edwards G, Mainprize J, Antonyshyn O, A technique for intraoperative creation of patient-specific titanium mesh implants, *Plast Surg* 2015;23(2):95-99.
12. Sanan A; Haines SJ, Repairing Holes in the Head: A History of Cranioplasty, *Neurosurgery*, Número: Volume 40(3), March 1997, pp 588-603
13. Williams LR, Fan KF, Bentley RB: Custom-made titanium cranioplasty: early and late complications of 151 cranioplasties and review of the literature. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2015; 44: 599–608
14. Jaskolka MS, Olavarria G, Reconstruction of Skull Defects, *Atlas Oral Maxillofacial. Surg Clin N Am*, 2010; 18: 139–149
15. Castelan J, Schaeffer L, Daleffe A, Fritzen D, Salvaro V, Pinto da Silva F, Manufacture of custom-made cranial implants from DICOM images using 3D printing, CAD/CAM technology and incremental sheet forming, *Braz. J. Biom. Eng.* 2014, 30(3), 265-273

Correspondencia:

Dr. Miguel Angel González de Santiago

Email: maglezsan1@hotmail.com

Recibido: 27/06/2016 Aprobado: 20/12/2016
--

**Conflicto de intereses:** El autor declara no presentar conflictos de intereses