

NeuroPort: Retractor tubular personalizado para cirugías mínimamente invasivas fabricado mediante impresión 3D por estereolitografía

C. J. González Leal¹, C. A. Torres Cisneros¹, M. E. Cervantes Castro¹, J. A. Morales Gómez², E. García Estrada², G.A. De la Rosa Hernández², O. E. Cervantes García³

¹Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.

²Servicio De Neurocirugía, Y Terapia Endovascular Neurológica, Facultad De Medicina Y Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” Universidad Autónoma De Nuevo León, Monterrey, México

³Coordinación De Ingeniería Biomédica, Facultad De Medicina Y Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” Universidad Autónoma De Nuevo León, Monterrey, México.

arturo.torrescsnrs@uanl.edu.mx

Abstract— NeuroPort is a low cost customized biodevice for minimal invasion surgeries designed within Servicio Neurocirugía UANL and Departamento de Ingeniería Biomédica; and manufactured by stereolithography, a high-resolution 3D printing method. This biodevice provides a channel of approach for subcortical and intraventricular cerebral surgical procedures with an intended use in the treatment of diseases such as brain tumors, anomalies or vascular malformations, parenchymal hematomas, among others. It has a design that minimizes tissue damage by displacing the tissues of the brain during the advance toward the desired abnormality; in addition to its integration with neuronavigational equipment and its own lighting system. All these features designed to make the surgical procedure faster and safer for the patient, facilitating the work of the neurosurgeon.

Palabras clave— Canal, impresión 3D, región subcortical, Neuroport, resina, resonancia magnética, retractor, sistema de iluminación.

I. INTRODUCCIÓN

El acceso quirúrgico a la región subcortical para el tratamiento de patologías en neurocirugía siempre ha sido una dificultad que superar debido a la deformación directa que sufre el parénquima subyacente por el uso de retractores. El uso de éstos puede causar isquemia o el cese de la perfusión local conduciendo a la muerte celular o atrofia neuronal a largo plazo [5].

Además, la presión generada por retractores de poca área puede hacer que el tejido sobresalga en los bordes limitando la visualización y utilizar retractores adicionales puede derivar en un desgarro cortical y comprometer la barrera hematoencefálica.

En la actualidad el uso del neuronavegador microscopio y endoscopio para la aproximación y el tratamiento de estas anomalías se ha vuelto más común [10]. Mientras que la neuronavegación puede guiar un abordaje de precisión [16,13]. El microscopio permite realizar una extracción limpia [12]. Sin embargo, actualmente su integración es a

menudo limitada lo que requiere que el cirujano se traslade de una tecnología a otra durante la cirugía.

Algunos métodos han sido desarrollados como softwares que permiten la integración del neuronavegador con el microscopio para optimizar la visión de los objetos, no obstante, presentan problemas de posicionamiento y costos elevados [9].

Nuevas técnicas han sido incursionadas para proteger el tejido cerebral subyacente durante la cirugía, como los retractores tubulares o puertos cerebrales (Fig. 1) [7]; éstos permiten minimizar las craneotomías para la resección, mejorar la visualización de la anomalía y una extracción quirúrgica segura.

II. METODOLOGÍA

Diseño metodológico

El proceso para producir un dispositivo NeuroPort inicia cuando al paciente le es detectada una lesión profunda que amerite un procedimiento quirúrgico cerebral subcortical o intraventricular.

En ese punto es posible que el paciente ya cuente con una resonancia magnética que se utilizó para diagnosticar la patología y asignar el tratamiento. En su defecto le es asignado el estudio de imagen para su posterior análisis.



Fig. 1. Imagen representativa del uso de NeuroPort. Autoría Propia.

La resonancia magnética es utilizada para definir las dimensiones del dispositivo. A través de un software que

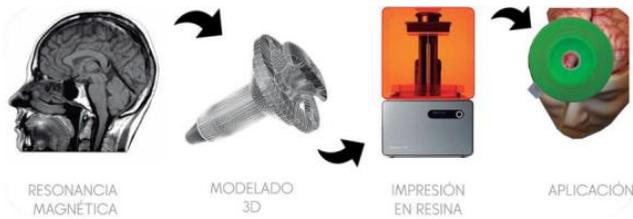


Fig. 2. Proceso de fabricación. Autoría Propia.

permite analizar el estudio, provee datos como la profundidad, el diámetro y la posición de la lesión en el paciente.

El diseño del modelo digital es producido mediante SolidWorks basado en los requerimientos de las medidas particulares de cada lesión. Está dividido en dos partes principales: el retractor (parte interna) y el canal (parte externa). Ambas partes tienen características generales, como su forma cilíndrica para distribuir mejor la presión y poca holgura entre ambas partes para que se comporten como una sola pieza durante su avance hacia la anomalía.

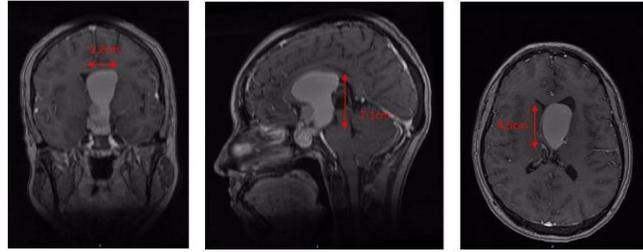
En esta parte también se considera un hueco para colocar un sistema de iluminación en los bordes del canal (o parte externa del dispositivo) y una cavidad central dentro del retractor (parte interna) para su posterior integración con el puntero del neuronavegador.

Para manufacturar el dispositivo, el modelo digital se imprime directamente utilizando el método de impresión 3D por estereolitografía. En nuestro caso la impresora FormLab 2 posee una resolución de 0.05 mm, suficiente para obtener una estructura sólida y compleja con un acabado superficial liso.

La estereolitografía es una tecnología láser que emplea una resina líquida sensible a la luz UV. De tal forma que un láser UV escanea la superficie de la resina y endurece de forma selectiva el material correspondiente a la sección cruzada del producto, de manera que la pieza 3D se crea desde abajo hacia arriba. Los apoyos necesarios se generan de forma automática y se retiran de forma manual al finalizar el proceso.

La resina utilizada es la resina “DENTAL SG” con un costo por litro de \$10,060.0 pesos, está certificada como biocompatible por la norma ISO 10993- 1:2009 / AC: 2010: no es mutagénica, citotóxica, ni induce eritema o edema y tampoco causa toxicidad sistemática.

El producto final consume aprox. 80ml de resina. Después es extraído de la impresora y sometido a una limpieza de rutina con alcohol isopropílico para retirar los excesos de resina. Al hueco disponible de la parte externa se le anexa una placa con un circuito de luces led y se sella con más resina, la cual se cura con luz ultravioleta y se somete al mismo lavado con alcohol. El tiempo de diseño del dispositivo oscila entre 6 a 8 horas y su impresión 3D tarda alrededor de 9 horas.



Previo a su aplicación quirúrgica es llevado a esterilización mediante gas plasma de peróxido de hidrogeno

Fig. 3. Imagen por resonancia magnética contrastada que muestra la lesión con medidas 3.2 x 7.1 x 4.5 cm en eje laterolateral, rostrocaudal y dorsoventral, respectivamente. Autoría Propia.

la validación del proceso de esterilización se realiza mediante un indicador visual de Plasma STERIS Valisafe V3503970 que se coloca dentro de un empaque de grado médico ESTERIROLL especialmente diseñado para contener el indicador de H₂O₂. Este proceso se realiza cada vez que el dispositivo va a ser reutilizado.

Para mejorar el desempeño de NeuroPort durante la cirugía, se le integra un sistema iluminación al dispositivo para evitar el uso de fuentes externas de luz y mejorar la visibilidad del cirujano.

Además, como se mencionó, cuenta con un canal central diseñado para la integración del puntero de un neuronavegador, también conocido como “frameless stereotactic surgery” [6]. Este canal obliga a coincidir las puntas de ambos dispositivos; así, el sistema de neuronavegación permite localizar el extremo del puntero con relación a la anomalía que se desea abordar y debido a que la punta de NeuroPort coincide con éste, es posible guiar el puerto utilizando este sistema, y de esta manera tomar en cuenta estructuras críticas del cerebro y determinar las mejores vías o caminos de abordaje.

III. RESULTADOS

Caso clínico

Se presenta el caso de un paciente de género femenino de 30 años, quien acudió al Servicio de Neurocirugía y Terapia Endovascular del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” tras presentar cefalea holocraneana opresiva, la cual ha progresado en intensidad y frecuencia de presentación en el último año.

A su ingreso la paciente se encontraba somnolienta y durante su exploración se apreció una disminución de la agudeza visual predominante en ojo derecho y papiledema. En la resonancia magnética simple y contrastada de cerebro se apreció a nivel selar y supraselar una lesión heterogénea con múltiples calcificaciones asociada a componente quístico (Fig. 3) con medidas 3.2 x 7.1 x 4.5 cm en eje laterolateral, rostrocaudal y dorsoventral, respectivamente.

Técnica operativa

Se colocó una válvula de derivación ventriculoperitoneal parietal derecha para el manejo agudo de la hidrocefalia, y en

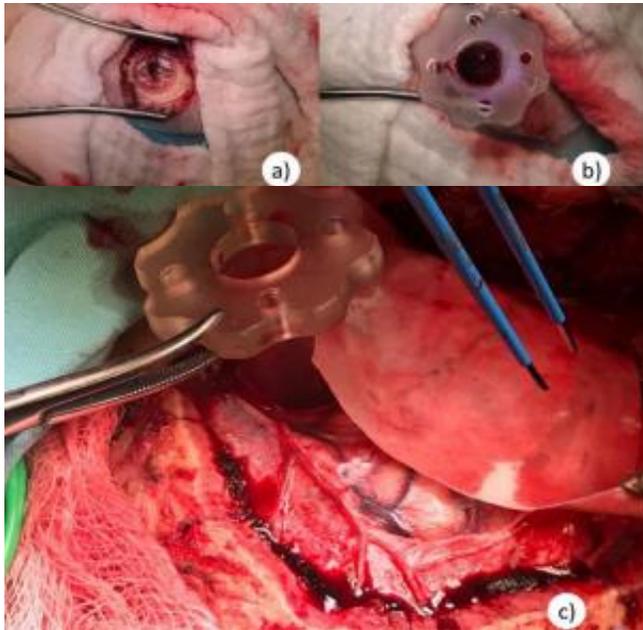


Fig. 4. Imágenes intraoperatorias. (a) y (b) Minicraneotomía e inserción del NeuroPort para la válvula de derivación. (c) Canal de abordaje para la resección de la lesión Autoría Propia.

un segundo tiempo se realizó una mini craneotomía frontal izquierda y abordaje transcortical – transventricular para la resección de la lesión antes descrita, ambos procedimientos transcurrieron sin complicaciones Fig. 4.

Reporte postquirúrgico

La paciente fue vigilada durante su periodo posoperatorio. Fue reportado un craneofaringioma. Actualmente se encuentra neurológicamente íntegra, con mejoría de la agudeza visual.

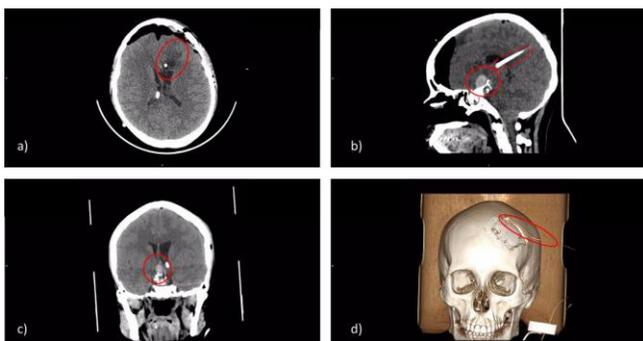
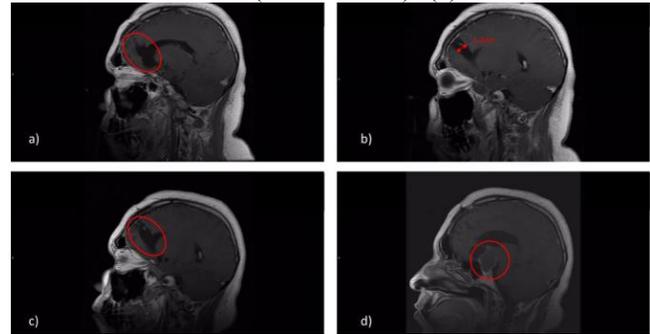


Fig. 5. Tomografía computarizada de control posoperatorio. (a) Daño mínimo por el uso del retractor NeuroPort durante la operación. (b) Remanente de la lesión (aprox. 20%) y válvula de derivación (lado derecho). (c) Remanente de la lesión (vista en corte coronal). (d) Vista de la craneotomía junto con un drenaje para controlar la hidrocefalia (se retiró días después del procedimiento). Autoría Propia.

la operación. (b) Remanente de la lesión (aprox. 20%) y válvula de derivación (lado derecho). (c) Remanente de la



lesión (vista en corte coronal). (d) Vista de la craneotomía junto con un drenaje para controlar la hidrocefalia (se retiró días después del procedimiento). Autoría Propia.

Fig. 6. Procedimiento sin el uso de NeuroPort. Imagen por resonancia magnética contrastada. Las Figuras (a) y (b) muestran la lesión causada por el procedimiento inmediatamente después de su operación. Las figuras (c) y (d) se tomaron 6 meses después; en la primera se puede observar que el daño tisular no presenta mejoría y la segunda muestra el remanente del tumor (aprox. 40%). Autoría Propia.

Continuará su vigilancia por medio de estudios de imagen seriados por parte del Servicio de Neurocirugía y Terapia Endovascular. Se programó una resección endoscópica transnasal del remanente de la lesión (20% aproximadamente) Fig. 5

Caso clínico de contraste

Se presenta otro paciente de 30 años de género masculino el cual fue reportado un craneofaringioma en la misma región y de tamaño similar. En el procedimiento quirúrgico se realizó un abordaje frontal para la resección de la anomalía usando retractores planos convencionales. Posterior a la operación el paciente se encontraba neurológicamente estable y se programó un segundo abordaje para la resección del tumor remanente. Al siguiente año el paciente fue diagnosticado con un aneurisma cerebral sin ruptura al cual se le dio su respectivo tratamiento.

Sin embargo, aún que el paciente se presentó íntegro después del primer procedimiento se aprecia en la (Fig. 6) que el abordaje causó daño al parénquima y necrosis en las células subyacentes, es posible que el aneurisma fuera a causa de este procedimiento.

IV. DISCUSIÓN

Dentro de este estudio la efectividad del dispositivo respecto a retractores planos convencionales en términos de seguridad y daño parenquimático no fue abordado. A pesar de eso otros estudios ya han comparado ambos tipos de dispositivos y son justificante para validar las conclusiones [14,8,7,4].

El método de manufactura que se utiliza para obtener el dispositivo NeuroPort, es el más adecuado por sus características y beneficios. Los retractores tubulares comerciales solo ofrecen medidas estándar y debido a esto se debe buscar un tamaño aproximado al necesario de acuerdo con la patología que presenta el paciente.

En cambio, en la impresión 3D el tamaño del dispositivo se ajusta a las necesidades del paciente, derivando en un dispositivo del tamaño justo para la lesión que se desea abordar, a un costo menor que el de un retractor tubular comercial. Éste avance en la personalización de un dispositivo para su uso quirúrgico no ha sido reportado por ningún producto con características similares.

Cabe mencionar que las propiedades físicas y químicas si se pueden alterar después de reutilizar el biodispositivo. Seguimos las indicaciones del fabricante (FormLabs) que valida la esterilización a 5 ciclos para utilizarlo 5 veces o menos, siempre y cuando las condiciones físicas de la pieza sean adecuadas. Antes de cada uso, el endopuerto es cuidadosamente inspeccionado por un bioingeniero calificado que participó en su desarrollo y fabricación. En los casos presentados cada dispositivo fue utilizado solo tres veces en el mismo paciente, a menos que se encontrara un defecto.

En el caso clínico la baja contundencia que presentan las imágenes post operatorias mostradas se debe a la ausencia de imágenes por resonancia magnética debido a complicaciones financieras y el tiempo que este estudio de imagen tarda en llevarse a cabo (aproximadamente 1 hora). Al ser postoperatorio el tiempo disponible del paciente para hacer el estudio es bajo y se opta por realizar estudios de corto tiempo como lo es la tomografía computarizada (15 minutos).

De cualquier manera, se presenta un segundo caso de contraste, donde el procedimiento quirúrgico se realizó con retractores planos convencionales y se observa en las imágenes post operatorias el daño causado por el uso de este tipo de puertos. Un posible aneurisma pudo derivarse de este procedimiento esto debido a la debilitación de las paredes arteriales con el rose de los retractores planos.

V. CONCLUSIONES

NeuroPort es un biodispositivo seguro, que reduce el daño tisular durante las intervenciones quirúrgicas profundas y es fabricado mediante una impresora 3D de escritorio. Es de bajo costo y posee el mismo desempeño que retractores tubulares comerciales, además tiene la capacidad de cubrir las necesidades individuales de cada paciente mediante su personalización.

REFERENCIAS

[1] Shoakazemi A, Evins AI, Burrell JC, Stieg PE, Bernardo A. (2015). A 3D endoscopic transtubar transcallosal approach to the third ventricle. DOI: 10.3171/2014.11. JNS14341.

- [2] Morales-Gómez JA, Garcia-Estrada E, Leos-Bortoni JE, Delgado-Brito M, Flores-Huerta LE, De La CruzArriaga AA, Torres-Díaz LJ, de León ÁRM. (2018). Cranioplasty with a low - cost customized polymethylmethacrylate implant using a desktop 3D printer. DOI: 10.3171/2017.12.JNS172574.
- [3] Kim BJI, Hong KS, Park KJ, Park DH, Chung YG, Kang SH. (2012). Customized Cranioplasty Implants Using Three-Dimensional Printers and Polymethyl-Methacrylate 12 Casting. DOI: 10.3340/jkns.2012.52.6.541.
- [4] McLaughlin N1, Prevedello DM, Engh J, Kelly DF, Kassam AB. (2013). Endoneurosurgical resection of intraventricular and intraparenchymal lesions using the port technique. DOI: 10.1016/j.wneu.2012.02.022.
- [5] Evins A. (2017). Minimally invasive tubular retraction and transtubar approaches in neurosurgery. University of Naples.
- [6] Sommer B, Grummich P, Hamer H, Bluemcke I, Coras R, Buchfelder M, Roessler K. (2013). Frameless stereotactic functional neuronavigation combined with intraoperative magnetic resonance imaging as a strategy in highly eloquent located tumors causing epilepsy. DOI: 10.1159/000355216.
- [7] Eichberg DG, Buttrick S, Brusko GD, Ivan M, Starke RM, Komotar RJ. (2017). Use of Tubular Retractor for Resection of Deep-Seated Cerebral Tumors and Colloid Cysts: Single Surgeon Experience and Review of the Literature. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.12.023.
- [8] Herrera SR, Shin JH, Chan M, Kouloumberis P, Goellner E, Slavin KV. (2010). Use of transparent plastic tubular retractor in surgery for deep brain lesions: a case series.
- [9] White T, Chakraborty S, Lall R, Fanous AA, Boockvar J, Langer DJ. (2017). Frameless stereotactic insertion of viewsite brain access system with microscope-mounted tracking device for resection of deep brain lesions: technical report. DOI: 10.7759/curius.1012.
- [10] Hong CS, Prevedello DM, Elder JB. (2015). Comparison of endoscope- versus microscope-assisted resection of deep-seated intracranial lesions using a minimally invasive port retractor system. DOI: 10.3171/2015.1.JNS141113.
- [11] Singh L, Agrawal N. (2009). Cylindrical channel retractor for intraventricular tumour surgery--a simple and inexpensive device. DOI: 10.1007/s00701-009-0256-y.
- [12] Ratre S, Yadav YR, Parihar VS, Kher Y. (2016). Microendoscopic Removal of Deep-Seated Brain Tumors Using Tubular Retraction 13 System. DOI: 10.1055/s-0036- 1580595.
- [13] Ritsma B, Kassam A, Dowlatshahi D, Nguyen T, Stotts G. (2014). Minimally Invasive Subcortical Parafascicular Transsulcal Access for Clot Evacuation (Mi SPACE) for Intracerebral Hemorrhage. DOI: 10.1155/2014/102307.
- [14] Recinos PF, Raza SM, Jallo GI, Recinos VR. (2011). Use of a minimally invasive tubular retraction system for deep-seated tumors in pediatric patients. DOI: 10.3171/2011.2.PEDS10515.
- [15] Singh H, Patir R, Vaishya S, Miglani R, Kaur A. (2018). Syringe Port: A Convenient, Safe, and Cost-Effective Tubular Retractor for Transportal Removal of Deep-Seated Lesions of the Brain. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.03.019.

- [16] Chakravarthi SS, Zbacnik A, Jennings J, Fukui MB, Kojis N, Rovin RA, Kassam AB. (2016). White matter tract recovery following medial temporal lobectomy and selective amygdalo-hippocampectomy for tumor resection via a ROVOT-m port-guided technique: A case report and review of literatura. DOI: 10.1016/j.inat.2016.07.004.
- [17] nodoCAST (29 de11 de 2018). Industria 4.0 Impresión 3D y Fabricación Aditiva. nodoCAST [Archivo de video]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=j_GZsZcST7w.