



Fundació
La Marató de TV3

XVII SIMPOSIUM

Lesiones medulares y cerebrales adquiridas



ANÁLISIS CUANTITATIVO Y MEDIANTE SIMULACIÓN INFORMÁTICA DE ABORDAJES MÍNIMAMENTE INVASIVOS DE LESIONES VASCULARES INTRACRANEALES

Alberto Prats Galino

Facultat de Medicina UB



1. Resumen del proyecto

El objetivo principal de este proyecto consistía en establecer y caracterizar qué procedimientos basados en técnicas mínimamente invasivas, básicamente endoscópicas endonasaes (EE) extendidas, podrían emplearse para el tratamiento de lesiones vasculares intracraneales.

Identificamos tres rutas principales para acceder a las lesiones vasculares de la circulación cerebral, que comprenden los abordajes conocidos como: 1) transcribiforme, 2) transtuberulum/transplanum y 3) de la unión clival/craneovertebral.

La exposición quirúrgica proporcionada por estas tres vías de abordaje, relacionadas con los diferentes territorios vasculares, ha sido evaluada y analizada mediante sistemas de neuronavegación guiada por imagen, conforme a un estudio preoperatorio de angio-TC y RM cerebral. Se ha utilizado un estudio TC postoperatorio para reconstruir y cuantificar cada abordaje. Asimismo se ha implementado un sistema muy versátil basado en el empleo de documentos PDF-3D con el que pueden generarse presentaciones virtuales para la simulación, entre otros, de abordajes neuroquirúrgicos a la base de cráneo.

2. Resultados

Los objetivos generales del proyecto se han cumplido en su totalidad, habiéndose caracterizado los tres corredores anatómicos previstos que permiten el acceso a la circulación arterial cerebral anterior y posterior, empleando técnicas avanzadas de microdissección guiada por neuronavegación, procedimientos especialmente diseñados para su cuantificación y sistemas de visualización y simulación informática.

Los principales resultados del estudio han sido los siguientes:

1. Hemos demostrado, mediante simulación anatómica, que es posible emplear vías EE extendidas para acceder a determinados aneurismas que se asienten en la circulación cerebral anterior y posterior: A) por vía transcribiforme pueden exponerse las arterias

cerebral anterior (segmento A2), frontopolar, orbitaria y pericallosa; B) por vía transtuberculum/transplanum es posible acceder a lesiones específicas que se asienten en las arterias cerebral anterior, comunicante anterior, oftálmica e hipofisarias superior e inferior, cerebral posterior (segmento P1), comunicante posterior y parte distal de la basilar, y C) por vía transclival/craneovertebral se tiene acceso a la circulación posterior, y específicamente a las arterias basilar, cerebelosa superior proximal, cerebelosa anteroinferior, cerebelosa posteroinferior, unión vertebrobasilar y espinal anterior.

2. Se ha establecido una nueva clasificación con base anatómica, clínica y quirúrgica de los segmentos del nervio troclear, que permite describir con precisión sus relaciones anatómicas, comparando su visualización tanto por vía endoscópica como por vía microscópica convencional.

3. Hemos realizado un análisis retrospectivo del tratamiento de aneurismas intracraneales por vía ventral, comparando los resultados y complicaciones entre las vías tradicionales y los abordajes transesfenoidales extendidos más recientes. Estos últimos pueden representar un procedimiento quirúrgico de elección en determinados casos y en centros especializados, cuando no puedan emplearse técnicas endovasculares.

4. Hemos desarrollado una nueva metodología para cuantificar la *working area* y *surgical freedom* en abordajes EE, que combina sistemas de neuronavegación y de posproceso de imágenes. Asimismo se ha demostrado a través de métodos cuantitativos el efecto de la eliminación progresiva de estructuras nasales sobre el corredor EE supraselar, obteniéndose el mejor resultado con una turbinectomía monolateral.

5. Se ha demostrado, utilizando técnicas de simulación anatómica y modelización 3D, que el abordaje EE transclival extendido con una petrosectomía anterior y condilectomía medial permite el acceso a la superficie anterolateral de tronco de encéfalo y fosa craneal posterior a través de corredores seguros alrededor de los principales elementos neurovasculares.

6. Hemos descrito un nuevo procedimiento para la oclusión temporal de la arteria carótida interna con un catéter Fogarty por vía EE para su control intraoperatorio. Este tipo de control es necesario en el tratamiento neuroquirúrgico de numerosas patologías vasculares y tumorales.

7. Hemos desarrollado una metodología innovadora de microdissección cerebral guiada por neuronavegación empleando imágenes de RM de muy alto campo (7 teslas). Ello permite abrir nuevas líneas para la planificación de rutas seguras hacia las regiones centrales del cerebro, potencial asiento de malformaciones vasculares u otras patologías, así como a otras regiones de especial complejidad, como el seno cavernoso.

8. Se han descrito las técnicas de neuroimagen más avanzadas disponibles en la actualidad para la visualización de las vías auditivas. El empleo de imágenes de RM 7T en material *ex vivo* es el que permite una mayor resolución para su estudio a nivel del tronco del encéfalo. Este estudio es previo a la descripción de corredores seguros al tronco del encéfalo y médula espinal utilizando procedimientos mínimamente invasivos.

9. Por último, hemos publicado el procedimiento para la simulación de los tres abordajes EE analizados mediante sistemas de realidad virtual, incluida su planificación, cuantificación y validación anatómica en el laboratorio. En este campo, implementamos un sistema basado en la creación de documentos PDF-3D que permite: a) la visualización e interacción con modelos anatómicos complejos de la base del cráneo, b) la incrustación de imágenes seccionales de cualquier modalidad, incluidas las procedentes de estudios de imagen en formato DICOM, c) la preparación de presentaciones para la simulación de abordajes neuroquirúrgicos, y d) su fácil distribución, ya que solo precisa de un Adobe Reader® de libre acceso. La versatilidad del sistema desarrollado se ha comprobado generando documentos con fines docentes y de investigación en áreas afines, como la simulación de vías de abordaje anestésico a la columna vertebral.

3. Relevancia y posibles implicaciones

Los modelos de simulación anatómica y de simulación informática desarrollados en el presente estudio para el acceso a lesiones vasculares intracraneales por vías EE pueden tener una gran potencialidad como investigación traslacional:

- En concordancia con nuestros resultados, ya ha sido practicado, según nos consta por primera vez, un abordaje EE extendido transclival para el tratamiento de un pequeño aneurisma en el origen de la arteria cerebelosa posteroinferior en el Hospital Clínic. La intervención fue realizada con éxito por tres de los miembros del equipo de investigación. En definitiva, este tipo de abordajes representa una alternativa terapéutica real para determinadas lesiones vasculares intracraneales en centros especializados.
- Se ha comprobado que la colocación de un catéter Fogarty por vía EE, descrita en nuestro reciente estudio en cadáver, se ha podido también replicar fácilmente en dos pacientes, abriendo nuevas posibilidades en el control transitorio de la carótida interna en aquellas intervenciones que lo precisen.
- El sistema desarrollado para generar documentos PDF-3D se ha mostrado de gran utilidad para informar a los pacientes del tipo de tratamiento al que van a ser sometidos. Dado su diseño abierto, es previsible el empleo de este tipo de documentos en diferentes ámbitos relacionados con la formación, habiéndolo ya incorporado al ámbito académico (grado, posgrado, doctorado y presentaciones virtuales en congresos).
- Finalmente, nuestros resultados abren múltiples líneas de investigación relacionadas con la planificación de nuevos corredores quirúrgicos seguros, gracias al desarrollo de procedimientos específicos de cuantificación de tales procedimientos, su simulación con sistemas virtuales y la pionera incorporación de las técnicas de microdissección guiada por neuronavegación con imágenes de RM de muy alto campo (7T) en los estudios neuroquirúrgicos.

4. Bibliografía generada

Iaconetta G, de Notaris M, Benet A, Rincon J, Cavallo LM, Prats-Galino A, Samii M, Cappabianca P.

The trochlear nerve: microanatomic and endoscopic study.

Neurosurg Rev. 2013; 36(2):227-37; discussion 237-8.

doi: 10.1007/s10143-012-0426-x.

Di Somma A, de Notaris M, Ensenat J, Alobid I, Bernal-Sprekelsen M, Cavallo LM, Prats-Galino A, Cappabianca P.

The ventral route to intracranial aneurysm: from the origin towards modern transsphenoidal surgery. An historical review and current perspective.

Rhinology 2014; 52(3):195-207. doi: 10.4193/Rhin13.165.

Di Somma A, de Notaris M, Stagno V, Serra L, Enseñat J, Alobid I, San Molina J, Berenguer J, Cappabianca P, Prats-Galino A.

Extended endoscopic endonasal approaches for cerebral aneurysms: anatomical, virtual reality and morphometric study.

Biomed Res Int 2014;2014:703792. doi: 10.1155/2014/703792.

de Notaris M1, Prats-Galino A, Enseñat J, Topczewski T, Ferrer E, Cavallo LM, Cappabianca P, Solari D.

Quantitative analysis of progressive removal of nasal structures during endoscopic suprasellar approach.

Laryngoscope. 2014;124(10):2231-7. doi: 10.1002/lary.24693.

d'Avella E, Angileri F, de Notaris M, Enseñat J, Stagno V, Cavallo LM, Gonzales JB, Weiss A, Prats-Galino A.

Extended endoscopic endonasal transclival approach to the ventrolateral brainstem and related cisternal spaces: anatomical study. Neurosurg Rev. 2014;37(2):253-60;

discussion 260. doi: 10.1007/s10143-014-0526-x.

Alarcon C, de Notaris M, Palma K, Soria G, Weiss A, Kassam A, Prats-Galino A.

Anatomic study of the central core of the cerebrum correlating 7-T magnetic resonance imaging and fiber dissection with the aid of a neuronavigation system.

Neurosurgery. 2014;10 Suppl 2:294-304; discussion 304.
doi: 10.1227/NEU.0000000000000271.

Maffei C, Soria G, Prats-Galino A, Catani M.

Imaging white-matter pathways of the auditory system with diffusion imaging tractography.

Handb Clin Neurol. 2015;129:277-88. En: *The Human Auditory System* (G.G. Celesia and G. Hickok, eds.) Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-444-62630-1.00016-0.

Mavar-Haramija M, Prats-Galino A, Méndez JA, Puigdelívol-Sánchez A,

de Notaris M. Interactive 3D-PDF Presentations for the Simulation and Quantification of Extended Endoscopic Endonasal Surgical Approaches.

J Med Syst. 2015;39(10):127. doi: 10.1007/s10916-015-0282-7.

Prats-Galino A, Mavar M, Reina MA, Puigdelívol-Sánchez A, San-Molina J, De Andrés JA.

Three-dimensional interactive model of lumbar spinal structures.

Anaesthesia. 2014;69(5):521 (letter to the editor). doi: 10.1111/anae.12690.

Prats-Galino A1, Reina MA, Mavar Haramija M, Puigdelívol-Sánchez A, Juanes Méndez JA, De Andrés JA.

3D interactive model of lumbar spinal structures of anesthetic interest.

Clin Anat. 2015 Mar;28:205-12. doi: 10.1002/ca.22479.

de Notaris M, Palma K, Serra L, Enseñat J, Alobid I, Poblete J, Gonzalez JB, Solari D, Ferrer E, Prats-Galino A.

A three-dimensional computer-based perspective of the skull base.

World Neurosurg. 2014;82(6Suppl):S41-8. doi: 10.1016/j.wneu.2014.07.024.

Ruggeri A, Enseñat J, Prats-Galino A, Lopez-Rueda A, Berenguer J, Cappelletti M, De Notaris M, d'Avella E.

Endoscopic endonasal control of the paraclival internal carotid artery by Fogarty balloon catheter inflation.

Anatomic study. J Neurosurg [pendiente de publicación].

Documentos PDF-3D generados para formación publicados en repertorios:

- Prats Galino A., Mavar M, de Notaris M.

Virtual 3D Model of Extended Endoscopic Endonasal Approaches.

<http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/55224>

- Prats-Galino A, Reina MA, Mavar M, Puigdemívol-Sánchez A, San JL, de Andrés JA.

Virtual 3D Model of the Lumbar Spine and its Contents.

<http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/44844>

- Berenguer C, Mavar M, Prats-Galino A.

Virtual Model of the Human Skull at the Final Embryonic Period.

<http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/45143>