



## Fluorescencia en Neurocirugía Vascular experiencia en un hospital de tercer nivel

Juan Alberto Paz Archila, Gabriela Michelle Pérez Rodas

Departamento de Neurocirugía Hospital Roosevelt, Guatemala, Departamento de Cirugía General Hospital Roosevelt, Guatemala. Autor correspondiente: Dr. Juan Alberto Paz Archila. E. Mail: juanpazz1988@gmail.com.

### RESUMEN

**Antecedentes:** La innovación en el campo de la Neurocirugía Vascular busca un método que proporcione imágenes transoperatorias de alta fidelidad, que proporcione imágenes en corto tiempo y que sea seguro para el paciente. La videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) es una técnica de imagen de fluorescencia utilizada para asesorar la cirugía cerebrovascular. Esta tecnología ha sufrido avances durante los últimos años, siendo uno de ellos la tecnología de fluorescencia multispectral, que combina las imágenes de angiografía con imágenes de microscopía en tiempo real. **Objetivo:** Mostrar la experiencia en pacientes intervenidos quirúrgicamente por patologías cerebrovasculares en hospital de tercer nivel utilizando videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) y tecnología de fluorescencia multispectral. **Métodos:** Una serie de 6 pacientes fueron intervenidos en hospital de tercer nivel utilizando videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) y tecnología de fluorescencia multispectral, obteniendo imágenes pre y post tratamiento para el asesoramiento de cada procedimiento. **Resultados:** Fueron realizados cuatro clipajes de aneurisma, una resección de malformación arteriovenosa y un bypass Carótida Externa-Carótida Interna, utilizando videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) y tecnología de fluorescencia multispectral, mostrando su valor en la toma de decisiones durante cada procedimiento. **Conclusión:** El desarrollo de imágenes vasculares intraoperatorias continúa en búsqueda del método ideal, rápido, seguro y que brinde información confiable sobre el flujo cerebral. Actualmente no contamos con dicho método, pero el uso de videoangiografía con verde indocianina (ICG) y tecnología de fluorescencia multispectral se ha establecido como un método sensible, fácil de utilizar y que permite continuar la dinámica de trabajo, sin embargo, aún es un método cualitativo con aristas por resolver. Por lo tanto, concluimos que es un método prometedor, pero por el momento debe ser complementado con el uso de doppler y neuromonitorización y no considerada como un método aislado para asesorar cirugía cerebrovascular segura.

**Palabras clave:** Angiografía, fluorescencia, neurocirugía vascular, realidad aumentada

### ABSTRACT

#### Fluorescence In Vascular Neurosurgery Experience In A Third Level Hospital

**Background:** Innovation in the field of Vascular Neurosurgery seeks a method that provides high-fidelity intraoperative images, that provides images in a short time and that is safe for the patient. Intraoperative indocyanine green (ICG) videoangiography is a fluorescence imaging technique used to assess cerebrovascular surgery. This technology has undergone advances in recent years, one of them being multispectral fluorescence technology, which combines angiography images with real-time microscopy images. **Objective:** To show the experience in patients undergoing surgery for cerebrovascular pathologies in a tertiary hospital using intraoperative videoangiography with indocyanine green (ICG) and multispectral fluorescence technology. **Methods:** A series of 6 patients underwent surgery in a tertiary hospital using intraoperative videoangiography with indocyanine green (ICG) and multispectral fluorescence technology, obtaining pre- and post-treatment images for advice on each procedure. **Results:** Four aneurysm clippings, one arteriovenous malformation resection and one External Carotid-Internal Carotid bypass were performed, using intraoperative videoangiography with indocyanine green (ICG) and multispectral fluorescence technology, showing its value in decision making during each procedure. **Conclusion:** The development of intraoperative vascular imaging continues in search of the ideal, fast, safe method that provides reliable information on cerebral flow. Currently we do not have such a method, but the use of videoangiography with indocyanine green (ICG) and multispectral fluorescence technology has been established as a sensitive, easy-to-use method that allows the work dynamic to continue; however, it is still a method qualitative with edges to resolve. Therefore, we conclude that it is a promising method, but for the moment it should be complemented with the use of Doppler and neuromonitoring and not considered as an isolated method to advise safe cerebrovascular surgery.

**Keywords:** Angiography, fluorescence, vascular neurosurgery, augmented reality

### INTRODUCCIÓN

La Neurocirugía Vascular, como su nombre lo indica, es la rama de la Neurocirugía dedicada al diagnóstico y tratamiento de todas aquellas patologías en relación directa con estructuras vasculares del Sistema Nervioso Central. El ob-

jetivo de toda cirugía cerebrovascular consiste en el cierre completo de la patología con preservación y funcionalidad de los vasos sanguíneos que la rodean con el fin de evitar complicaciones isquémicas, hemorrágicas e incluso la necesidad de reintervención.<sup>1</sup> Asociado a la técnica microquirúrgica es crítico obtener de ma-

nera rápida y precisa asesoramiento adecuado de la anatomía y sus variantes, así mismo del flujo sanguíneo asociado, ya que la efectividad y seguridad de estos procedimientos dependen de dicha información.<sup>2</sup>

Con el paso de los años se han desarrollado múltiples técnicas para la evaluación de la patencia de los vasos sanguíneos intracraneales y el flujo a través de ellos, dentro de éstas podemos mencionar el uso de Doppler, la angiografía con sustracción digital y la videoangiografía por fluorescencia.

La videoangiografía por fluorescencia utiliza la propiedad de ciertas moléculas de ser excitadas con longitudes de onda corta y la posterior emisión de luz a una onda de mayor longitud durante un período de tiempo corto. Las principales moléculas utilizadas para la videoangiografía son la fluoresceína y verde indocianina (ICG por sus siglas en inglés). El uso de la fluorescencia en el campo médico data desde el año 1,881 con Ehrlich y sus reportes de uso de fluoresceína en oftalmología, continuando los estudios hasta el inicio del uso del verde indocianina (ICG) en los años noventa y estableciéndose ésta última molécula a partir de los años 2000 como el principal componente utilizado para la videoangiografía transoperatoria por fluorescencia en Neurocirugía.<sup>3-5</sup> A partir del uso del verde indocianina se han desarrollado tecnologías asociadas que permiten la conjugación de imágenes de angiografía con microscopía en tiempo real como lo es la fluorescencia multiespectral (realidad aumentada).<sup>6</sup>

Presentamos la experiencia en 6 casos de pacientes intervenidos quirúrgicamente por patologías de tipo cerebrovascular en hospital de tercer nivel, todas las cirugías fueron asistidas con videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) y tecnología de fluorescencia multiespectral. Consideramos importante la ex-

posición de esta experiencia como punto de inicio para incentivar el mayor estudio y aumento de la casuística en el uso de este método complementario en procedimientos de Neurocirugía Vasculare en nuestro medio.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo fue realizado en un hospital de tercer nivel incluyendo pacientes que fueron intervenidos quirúrgicamente por patologías cerebrovasculares, siendo estas aneurismas cerebrales, malformaciones arteriovenosas y enfermedad de Moyamoya, durante el período de abril 2022 a enero 2023.

A todos los pacientes se les realizó estudios pre y postoperatorios pertinentes según el tipo de diagnóstico preoperatorio. Para aneurismas cerebrales se realizó angiotomografía cerebral mientras que para malformaciones arteriovenosas y enfermedad de Moyamoya se realizó angiorresonancia cerebral y angiografía con sustracción digital. En cada uno de los casos la indicación quirúrgica fue discutida en reunión multidisciplinaria. Las cirugías fueron realizadas con técnica quirúrgica descrita en la literatura. En todos los pacientes incluidos en este trabajo se les realizó videoangiografía con verde indocianina (ICG) antes, durante y al finalizar el tratamiento quirúrgico, según la necesidad de cada procedimiento.

La videoangiografía transoperatoria fue realizada con microscopio quirúrgico para Neurocirugía (M530 OHX, Leica Microsystems, Wetzler, Germany), equipado con filtro infrarrojo para uso de verde indocianina (ICG) y tecnología de fluorescencia multiespectral (GLOW800, Leica Microsystems, Wetzler, Germany).

## RESULTADOS

Se realizaron un total de seis procedimientos quirúrgicos por patologías cerebrovasculares guiados por videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) y tecnología de fluorescencia multiespectral. Los casos clínicos consistieron en cuatro clipajes de aneurisma, una resección de malformación arteriovenosa y un bypass Carótida Externa-Carótida Interna por enfermedad de Moyamoya. De los seis pacientes, cuatro eran del sexo femenino y dos masculino.

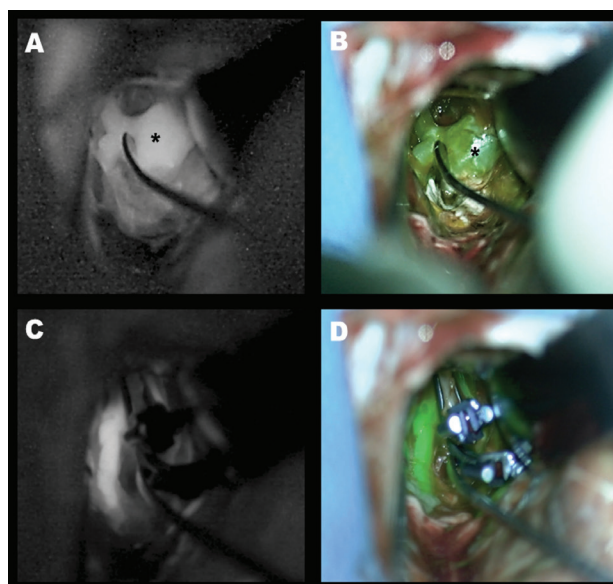
La totalidad de los pacientes intervenidos para clipaje de aneurisma fueron indicados por hemorragia subaracnoidea, las ubicaciones de los aneurismas fueron: uno en Arteria Cerebral Anterior Distal, uno en Arteria Comunicante Anterior, uno Paraclinoideo y uno en bifurcación de Arteria Cerebral Media. El total de los aneurismas mostró oclusión completa por medio del uso de videoangiografía transoperatoria y tecnología de fluorescencia multiespectral, dicha oclusión fue confirmada con angiotomografía posoperatoria. Los cuatro aneurismas tenían configuración irregular o cuello ancho, presentando aneurisma residual u orejas de perro, por lo que fue necesaria la recolocación del clip o reforzamiento con clip secundario para completar el aislamiento del aneurisma de la circulación normal.

La malformación arteriovenosa operada se localizaba en el lóbulo semilunar inferior del cerebelo. Para este procedimiento quirúrgico se utilizó videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) y tecnología de fluorescencia multiespectral al inicio de la cirugía para determinar la angioarquitectura de superficie de la malformación, así mismo fue utilizada durante la resección para cerrar paulatinamente arterias aferentes y fístulas arterio-venosas, finalmente se utilizó dicho recurso al final de la cirugía para corroborar la resección total de la patología.

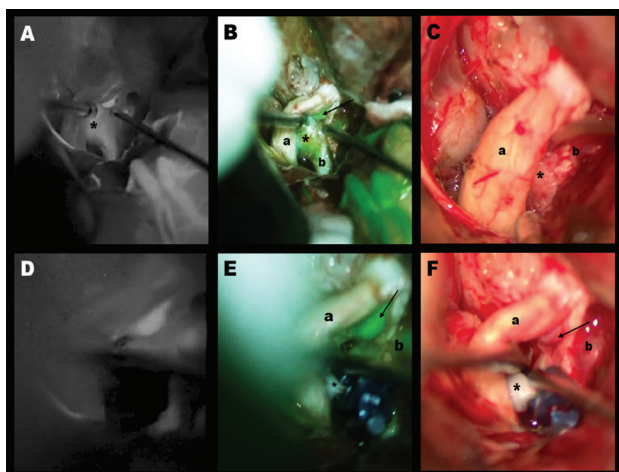
Para el caso de enfermedad de Moyamoya fue realizado el procedimiento de bypass Arteria Carótida Externa-Carótida Interna asociado a Ecefaloduromiosiangiosis. Se realizó bypass específicamente entre Arteria Temporal Superficial y Arteria Cerebral Media en su segmento M4 a nivel temporal. Para este procedimiento se utilizó la videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) y tecnología de fluorescencia multiespectral al inicio del procedimiento para evaluación cualitativa del flujo de arteria donante y receptora, finalmente se utilizó para evaluar la patencia del bypass realizado.

### Caso Número 1

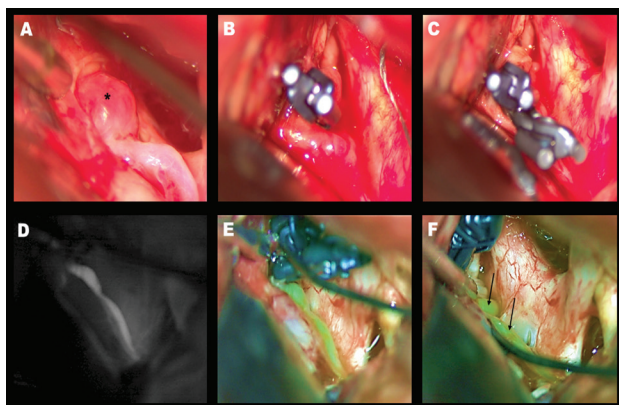
Paciente femenina de 74 años quien consulta por alteración de la conciencia secundario a hemorragia subaracnoidea (Hunt y Hess III, Fisher Modificado 3). Es diagnosticada con aneurisma roto a nivel de Arteria Cerebral Anterior variante Azygos, por lo que es llevada a sala de opera-



**Figura 1.** Clipaje de Aneurisma Arteria Cerebral Anterior variante Azygos. Videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG), identificándose aneurisma (\*) (A). Imagen de tecnología de fluorescencia multiespectral mostrando la integración de las imágenes de videoangiografía con verde indocianina (ICG) y microscopía de campo claro (B). Imágenes de Videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) y tecnología de fluorescencia multiespectral post clipaje de aneurisma, se muestra el reforzamiento del clipaje con un segundo clip por aneurisma residual (C y D).



**Figura 2.** Clipaje de Aneurisma roto Arteria Comunicante Anterior. Secuencia de imágenes de microscopía en tiempo real que muestran el aneurisma (\*), clipaje piloto y reforzamiento para aislamiento completo de la circulación cerebral normal (A-C). Videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) posterior al clipaje de aneurisma (D). Imágenes de tecnología de fluorescencia multispectral posterior al clipaje mostrando cierre del aneurisma y patencia de Arterias Cerebrales Anteriores (E-F).



**Figura 3.** Clipaje de Aneurisma roto Paraclinoideo derecho. Secuencia de imágenes de videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG), tecnología de fluorescencia multispectral y microscopía en tiempo real que muestran el aneurisma (\*), Nervio Óptico (a), Arteria Carótida Interna segmento clinóideo (b), Arteria Oftálmica (flecha negra) antes del clipaje (A-C). Secuencia de imágenes de videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG), tecnología de fluorescencia multispectral y microscopía en tiempo real posteriormente a clipaje (D-F).

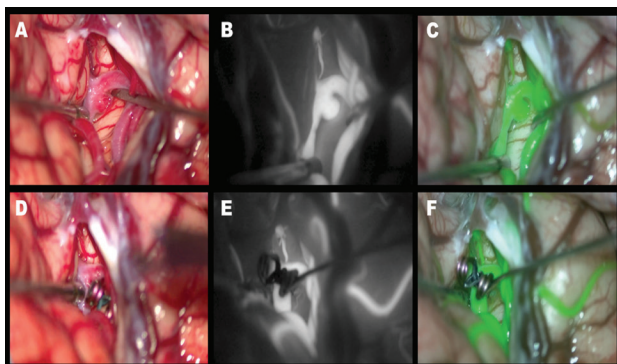
ciones para realización de clipaje de aneurisma. Se realiza videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) y tecnología de fluorescencia multispectral antes del clipaje para determinar las características del aneurisma, en este caso luego del clipaje se determina cuello residual del aneurisma por lo que se procede a reforzar con segundo clip, determinándose un cierre completo transoperatorio, así como postoperatorio mediante angiotromografía (Figura 1).

### Caso Número 2

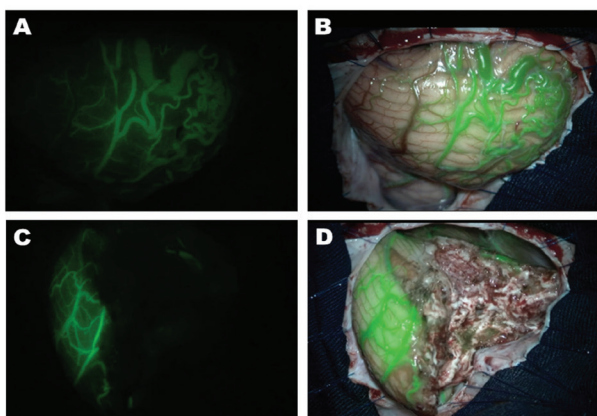
Paciente femenina de 42 años quien consulta por alteración conductual de 24 horas de evolución, a la evaluación clínica paciente con signos de irritación meníngea (Hunt y Hess II). Es diagnosticada mediante estudios complementarios con hemorragia subaracnoidea (Fisher Modificado 3) secundaria a ruptura de aneurisma a nivel de Arteria Comunicante Anterior. En este procedimiento por la morfología del aneurisma, el cual era de cuello ancho se realizó videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) y tecnología de fluorescencia multispectral, evidenciando aún flujo a través del aneurisma, por lo que se procedió a reforzar el cierre con un segundo clip. Se evidencia cierre completo del aneurisma en el transoperatorio y confirmado en el postoperatorio mediante angiotomografía (Figura 2).

### Caso Número 3

Paciente femenina de 69 años quien consulta a Oftalmólogo por disminución de la agudeza visual de 8 meses de evolución en ojo derecho, por lo que deciden realizar estudios diagnósticos, siendo evidenciado aneurisma paraclinoideo derecho. Paciente es llevada a sala de operaciones para realización de clipaje de aneurisma. Se realiza el mismo protocolo de realización de videoangiografía transoperatoria con



**Figura 4.** Clipaje de Aneurisma bifurcación de Arteria Cerebral Media derecha. Secuencia de imágenes de microscopía en tiempo real, videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) y tecnología de fluorescencia multiespectral que muestran el aneurisma antes del clipaje (A-C). Secuencia de imágenes de microscopía en tiempo real, videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) y tecnología de fluorescencia multiespectral posteriormente al clipaje mostrando la colocación de 2 clip para adecuada reconstrucción de bifurcación arterial (D-F).



**Figura 5.** Resección de Malformación Arteriovenosa Cerebelar. Imágenes de videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) y tecnología de fluorescencia multiespectral que muestran angioarquitectura de superficie de la malformación arteriovenosa (A y B). Imágenes de videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) y tecnología de fluorescencia multiespectral que muestran resección total de malformación arteriovenosa (C y D).

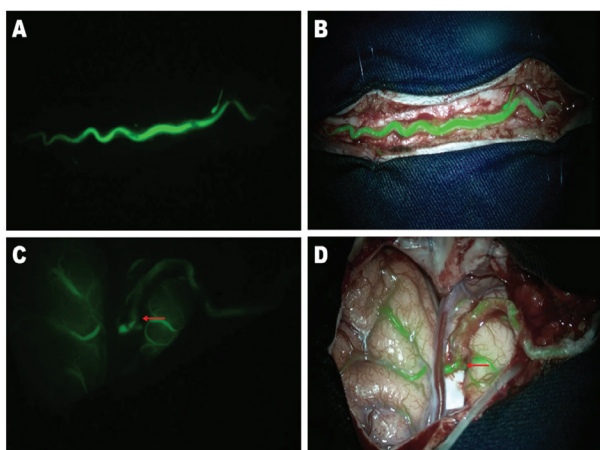
verde indocianina (ICG) y tecnología de fluorescencia multiespectral pre y post clipaje, en este caso se evidencia inadecuada oclusión del aneurisma por lo que se procede a recolocación de clip, corroborando adecuada exclusión de la circulación normal transoperatoriamente y en el postoperatorio mediante angiogramografía (Figura 3).

#### Caso Número 4

Paciente masculino de 57 años quien consulta a médico particular por episodios de cefalea de 2 años de evolución, facultativo realiza investigación, diagnosticando de manera incidental aneurisma a nivel de bifurcación de Arteria Cerebral Media derecha no roto, por lo que refiere para tratamiento quirúrgico. En este caso luego de la videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) y tecnología de fluorescencia multiespectral se evidencia cuello residual por lo que se coloca un segundo clip para lograr el adecuado cierre y reconstrucción de la bifurcación (Figura 4).

#### Caso Número 5

Paciente femenina de 42 años referida por médico particular con historia de haber consultado 4 meses antes por ataxia y disidiadocinesia, por lo que diagnostica mediante estudios complementarios malformación arteriovenosa rota a nivel de lóbulo semilunar inferior del cerebelo lado derecho. Paciente es llevada a sala de operaciones para resección de malformación arteriovenosa. Particularmente en este caso fue útil la videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) y tecnología de fluorescencia multiespectral para cerrar de manera ordenada y adecuada los aferentes a la malformación, así como para determinar que la malformación estaba excluida totalmente de la circulación normal del cerebelo antes del cierre de la vena de drenaje, el cual es el paso final de este tipo de



**Figura 6.** Bypass Arteria Carótida Externa-Carótida Interna por Enfermedad de Moyamoya. Imágenes de videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) y tecnología de fluorescencia multiespectral que muestran patencia de Arteria Temporal Superficial (A y B). Imágenes de videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) y tecnología de fluorescencia multiespectral que muestran patencia de bypass Arteria Temporal Superficial y Arteria Cerebral Media en su segmento M4 a nivel temporal (flecha roja) (C y D).

procedimiento quirúrgico. La angiografía con sustracción digital postoperatoria muestra completa resección de malformación (Figura 5).

### Caso Número 6

Paciente masculino de 16 años de edad que consulta por debilidad de miembro superior derecho, siendo investigado con exámenes complementarios es diagnosticado con enfermedad de Moyamoya. Paciente es llevado a sala de operaciones para realización de bypass Arteria Carótida Externa-Carótida Interna asociado a Ecefaloduromiosiangiosis, utilizando la videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) y tecnología de fluorescencia multiespectral para evaluar la patencia del bypass, confirmada luego por medio de angiografía con sustracción digital en el postoperatorio (Figura 6).

### DISCUSIÓN

La videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) es una técnica de imagen de fluorescencia que se utiliza para asesorar la ci-

rugía cerebrovascular con el fin de realizar procedimientos cada vez más seguros. Existen otros métodos que pueden ser utilizados también para guiar este tipo de procedimientos quirúrgicos, como lo es el uso de doppler, la neuromonitorización y el uso de angiografía transoperatoria con sustracción digital.<sup>1-3</sup> Cada uno de los métodos mencionados presentan aristas que no les permiten ser utilizados por sí solos, por ejemplo el doppler puede dar falsos positivos al momento de transmitirse la pulsación cerebral cercana al vaso que se evalúa, la neuromonitorización nos ayuda a evaluar si existe la oclusión de algún vaso que repercute en la función neurológica del paciente, pero no permite evaluar si una patología vascular está totalmente excluida de la circulación normal, mientras tanto la angiografía transoperatoria con sustracción digital es considerada el gold standard, pero existe riesgo de lesión vascular, así mismo precisa de una sala híbrida de alto costo o en su defecto la necesidad de llevar al paciente a una sala de hemodinamia para la obtención de la misma, la hacen un método que puede tomar entre ocho y veinte minutos como mínimo para la obtención, lo cual puede tener efectos irreversibles en un área cerebral en isquemia transitoria.<sup>1,2</sup>

Según Wiebers et al. la incidencia de infarto cerebral luego de clipaje de aneurisma no roto es de 11.3%,<sup>7</sup> mientras que Goertz et al. Publica que en aneurismas rotos llega al 37.9%,<sup>8</sup> así mismo, la incidencia de aneurismas tratados de manera incompleta según la serie publicada por Ozgiray et al. corresponde del 5%. Reitz et al. reportan hasta un 10% de tratamientos fallidos para malformaciones arteriovenosas.<sup>9</sup> Los datos anteriores evidencian una incidencia importante de eventos contraproducentes al objetivo principal de la cirugía cerebrovascular, por lo tanto el desarrollo tecnológico se ha enfocado desde los años 2000 en desarrollar un método seguro para el paciente y de fácil adquisición técnica que permita obtener información pre-

cisa y en tiempo real para obtener un flujo de trabajo dinámico con el menor número de interrupciones con el objetivo de mejorar las estadísticas de procedimientos con resultados no deseados.<sup>1</sup>

En los últimos treinta años ha cobrado auge el estudio de la fluorescencia para asesorar los procedimientos en Neurocirugía Vascul. La molécula en la cual se han enfocado la mayor parte de estudios y desarrollo en los años más recientes es el verde indocianina, que es una tricarbonina con una absorción de luz casi infrarroja a los 790 nm y con una emisión máxima a 835 nm. Utilizada a una dosis de 0.2 – 0.5 mg/, el 98% del verde indocianina se une a proteínas plasmáticas<sup>10</sup>, siendo evidente en vasos sanguíneos cerebrales luego de 10 segundos aproximadamente. Después de alrededor de 4 minutos es metabolizada por el hígado, lo cual permite realizar múltiples disparos durante un procedimiento quirúrgico. A la vez series clínicas han informado una correlación del 75% (Washington et al.)<sup>11</sup> a más del 90% (Raabe et al.)<sup>10</sup> entre la videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) y la angiografía con sustracción digital transoperatoria.

Actualmente compañías dedicadas a la creación de microscopios para el área de neurocirugía han centrado sus trabajos en el complemento de la videoangiografía con verde indocianina (ICG) con tecnología de fluorescencia multiespectral (realidad aumentada), lo cual permite la combinación de la información del campo oscuro con el verde indocianina y la microscopía en tiempo real, dando como resultado la visualización del flujo sanguíneo superpuesto a las estructuras nerviosas.<sup>4,6,12-14</sup>

Presentamos la experiencia del uso de videoangiografía transoperatoria con verde indocianina (ICG) y de tecnología de fluorescencia multiespectral en 6 procedimientos cerebrovasculares.

Cada procedimiento cerebrovascular conlleva un planeamiento exhaustivo, sin embargo, exponemos que el uso de esta tecnología nos ayudó en la toma de decisiones durante cada cirugía, representándose en el clipaje de aneurismas en la decisión de reforzamiento del clipaje en tres de los cuatro aneurismas y en el restante en el reposicionamiento del clip. En la resección de malformación arteriovenosa nos asesoró en la identificación y cierre de los shunt arteriovenosos, así como a definir la resección total de la misma. Durante la realización del bypass por enfermedad de Moyamoya nos ayudó a elegir los vasos donante y receptor, así como en determinar la patencia del bypass.

El desarrollo de la herramienta ideal, que permita obtener información intraoperatoria de buena calidad, que sea segura para el paciente y que no requiera interrupción del procedimiento quirúrgico, es el objetivo de múltiples estudios actualmente. A pesar de aún tener algunas aristas, por ejemplo, la menor calidad de la videoangiografía en vasos ateromatosos, o escondidos por estructuras nerviosas o el llenado retrasado de algunos aneurismas complejos que no es detectable<sup>1</sup>, consideramos que es una herramienta prometedora, con una correlación alta según la literatura con la angiografía con sustracción digital transoperatoria, considerada actualmente como el gold estándar. Consideramos así mismo que no debe seleccionarse como una herramienta aislada, al contrario, incluirla como una herramienta sinérgica con el doppler y la neuromonitorización para incrementar la seguridad intraoperatoria del paciente y disminuir la morbimortalidad de la cirugía cerebrovascular.

## CONCLUSIÓN

El uso de imágenes vasculares intraoperatorias es un campo que cada día tiene avances en la rapidez de obtención, la calidad y la confiabilidad

de las mismas. La videoangiografía intraoperatoria con verde indocianina (ICG) y la tecnología de fluorescencia multispectral permiten una visualización cualitativa del flujo sanguíneo en 3D, manteniendo la visión microquirúrgica en tiempo real, lo cual asegura un flujo de trabajo dinámico. Su ergonomía, eficiencia en tiempo y costo sobre la angiografía con sustracción digital transoperatoria les posiciona como herramientas con un futuro prometedor en este campo. Sin embargo, estas tecnologías aún requieren mayor investigación para mejorar la sensibilidad en relación a la angiografía con sustracción

digital transoperatoria considerada aún el gold standard de las imágenes vasculares transoperatorias, así mismo deben ser asociada a otras herramientas de apoyo como el doppler y la neuromonitorización para aumentar la seguridad y eficacia de la cirugía cerebrovascular.

#### DECLARACION DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores no refirieron ningún conflicto de intereses en la realización de este estudio.

#### REFERENCIAS

- Greuter, L. et al. (2021) 'Augmented reality fluorescence imaging in cerebrovascular surgery: A single-center experience with thirty-nine cases', *World Neurosurgery*, 151, pp. 12–20. doi:10.1016/j.wneu.2021.03.157.
- Nickele, C. et al. (2018) 'A pilot comparison of multispectral fluorescence to Indocyanine Green videoangiography and other modalities for Intraoperative Assessment in vascular neurosurgery', *Operative Neurosurgery*, 17(1), pp. 103–109. doi:10.1093/ons/opy237.
- Zhao, X. et al. (2019) 'Application of fluorescein fluorescence in vascular neurosurgery', *Frontiers in Surgery*, 6. doi:10.3389/fsurg.2019.00052.
- Foster, C.H. et al. (2019) 'Application of indocyanine green during arteriovenous malformation surgery: Evidence, techniques, and practical pearls', *Frontiers in Surgery*, 6. doi:10.3389/fsurg.2019.00070.
- Scerrati, A. et al. (2014) 'Indocyanine Green video-angiography in neurosurgery: A glance beyond vascular applications', *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 124, pp. 106–113. doi:10.1016/j.clineuro.2014.06.032.
- Martirosyan, N.L. et al. (2015) 'Integration of indocyanine green videoangiography with Operative Microscope', *Operative Neurosurgery*, 11(2), pp. 252–258. doi:10.1227/neu.0000000000000681.
- Pogue, B.W. et al. (2010) 'Review of Neurosurgical Fluorescence Imaging Methodologies', *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 16(3), pp. 493–505. doi:10.1109/jstqe.2009.2034541.
- Goertz, L. et al. (2018) 'Preoperative three-dimensional angiography may reduce ischemic complications during clipping of ruptured intracranial aneurysms', *World Neurosurgery*, 120. doi:10.1016/j.wneu.2018.09.026.
- Reitz, M. et al. (2011) 'How to deal with incompletely treated avms: Experience of 67 cases and review of the literature', *Trends in Neurovascular Surgery*, pp. 123–129. doi:10.1007/978-3-7091-0661-7\_22.
- Ewelt, C. et al. (2015) 'Fluorescence in neurosurgery: Its diagnostic and therapeutic use. review of the literature', *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 148, pp. 302–309. doi:10.1016/j.jphotobiol.2015.05.002.
- Xue, T. et al. (2021) 'Intraoperative Indocyanine Green Video Angiography (ICG-VA) with flow 800 software in complex intracranial aneurysm surgery', *Chinese Neurosurgical Journal*, 7(1). doi:10.1186/s41016-021-00247-z.
- Athanasopoulos, D. et al. (2020) 'Real-time overlapping of Indocyanine Green—video angiography with White Light Imaging for vascular neurosurgery: Technique, implementation, and clinical experience', *Operative Neurosurgery*, 19(4), pp. 453–460. doi:10.1093/ons/opaa050.
- Reinhart, M.B. et al. (2015) 'Indocyanine Green', *Surgical Innovation*, 23(2), pp. 166–175. doi:10.1177/1553350615604053.
- Tahhan, N. et al. (2022) 'Intraoperative cerebral blood flow monitoring in Neurosurgery: A review of Contemporary Technologies and Emerging Perspectives', *Neurochirurgie*, 68(4), pp. 414–425. doi:10.1016/j.neuchi.2021.10.005.