



Universidad del
Rosario

**VIDEOANGIOGRAFÍA INTRAOPERATORIA CON VERDE DE INDOCIANINA
Y FLOW-800: POTENCIALES BENEFICIOS CLÍNICOS Y QUIRÚRGICOS EN
CIRUGIA NEUROVASCULAR EN UN HOSPITAL DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ.**

Paula Alejandra Barajas Solano

**Trabajo presentado como requisito para optar por el
título de Neuroirujana.**

Bogotá, Colombia.

2020

**VIDEOANGIOGRAFÍA INTRAOPERATORIA CON VERDE DE INDOCIANINA
Y FLOW-800: POTENCIALES BENEFICIOS CLÍNICOS Y QUIRÚRGICOS EN
CIRUGIA NEUROVASCULAR EN UN HOSPITAL DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ.**

Autor

Paula Alejandra Barajas Solano

Director

William Mauricio Riveros Castillo

Facultad de Medicina

**Especialización en Neurocirugía
Universidad del Rosario**

Bogotá, Colombia.

2020

VIDEOANGIOGRAFÍA INTRAOPERATORIA CON VERDE DE INDOCIANINA Y FLOW-800: POTENCIALES BENEFICIOS CLÍNICOS Y QUIRÚRGICOS EN CIRUGIA NEUROVASCULAR EN UN HOSPITAL DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ.

Barajas-Solano Paula Alejandra¹

Madriñan-Navia Humberto José¹

Torres Jorge²

Riveros William Mauricio^{2,3}

1. Residente Neurocirugía, Universidad del Rosario, Escuela de Medicina y Ciencias de la salud, Bogotá, Colombia.
2. Servicio Neurocirugía, Hospital Universitario Mayor-MEDERI- Barrios Unidos, Hospital Universitario La Samaritana, Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia.
3. Co-director centro de excelencia en cirugía vascular del laboratorio de microcirugía e investigación Hospital de la Samaritana (CIENHUS), Bogotá, Colombia.

OBJETIVO

Evaluar la aplicación del análisis de la videoangiografía intraoperatoria con verde de indocianina (ICG-VA) y FLOW-800, por primera vez en nuestro país, para el manejo quirúrgico de patología vascular cerebral y carotídea en un hospital en Bogotá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se presenta una serie de pacientes intervenidos durante Febrero del 2019 en nuestra institución (Hospital Universitario La Samaritana) con aneurismas intracraneales y enfermedad carotídea. El ICG-VA intraoperatorio se utilizó para determinar remanentes del cuello aneurismático y la permeabilidad de los vasos después del clipaje y tras la realización de endarterectomias. Se registraron y correlacionaron dichos hallazgos con las imágenes postoperatorias.

RESULTADOS

Los estudios postoperatorios revelaron oclusión completa de los domos aneurismáticos en el total de los pacientes. No hubo oclusiones inesperadas en arterias relacionadas, incluidas las ramas arteriales mayores y menores.

DISCUSIÓN

Lograr determinar la oclusión completa de las lesiones aneurismáticas al igual que evaluar la mejoría de flujos en los vasos adyacentes establece un reto para los neurocirujanos, sin embargo la ICG-VA intraoperatoria brinda información inmediata permitiendo modificaciones quirúrgicas oportunas. El desarrollo reciente del algoritmo FLOW-800 integrado en el microscopio quirúrgico permite una

evaluación semicuantitativa del flujo sanguíneo cerebral facilitando la toma de dichas decisiones sin interrumpir el flujo de trabajo en el quirófano.

CONCLUSIONES

La ICG-VA es un método rápido de evaluación del flujo sanguíneo que brinda información en tiempo real permitiendo verificar la oclusión completa del aneurisma así como la restauración adecuada del flujo carotideo. En casos seleccionados se debe considerar como método fundamental para la evaluación del flujo sanguíneo intraoperatorio.

PALABRAS CLAVES

FLOW 800; ICG; indocyanine green; videoangiography

OBJECTIVE

To evaluate the application of intraoperative videoangiography analysis with indocyanine green (ICG-VA) and FLOW-800, for the first time in our country, for the surgical management of cerebral and carotid vascular pathology in a hospital in Bogotá

MATERIALS AND METHODS

A serie of patients underwent surgery during February 2019 in our institution (La Samaritana University Hospital) with intracranial aneurysms and carotid disease. Intraoperative ICG-VA was used to determine remnants of the aneurysmal neck and the permeability of the vessels after clipping and after performing endarterectomies. These findings were recorded and correlated with the postoperative images.

RESULTS

Postoperative studies revealed complete occlusion of aneurysmal domes in the total number of patients. There were no unexpected occlusions in related arteries, including major and minor arterial branches.

DISCUSSION

Being able to determine the complete occlusion of aneurysmal lesions as well as assessing the improvement of flows in the adjacent vessels establishes a challenge for neurosurgeons, however, the intraoperative ICG-VA provides immediate information allowing timely surgical modifications. The recent development of the FLOW-800 algorithm integrated in the surgical microscope allows a semiquantitative evaluation of cerebral blood flow facilitating the making of such decisions without interrupting the workflow in the operating room

CONCLUSIONS

The ICG-VA is a rapid method of blood flow assessment that provides real-time information allowing verification of complete aneurysm occlusion as well as proper restoration of carotid flow. In selected cases, it should be considered as a fundamental method for the evaluation of intraoperative blood flow.

KEYWORDS

FLOW 800; ICG; indocyanine green; videoangiography

INTRODUCCIÓN

El verde de indocianina (ICG) es un compuesto fluorescente que se ha utilizado durante décadas en una variedad de aplicaciones médicas; aprobado por la FDA en 1956, ha sido ampliamente empleado en pruebas para la función hepática y en oftalmología(1). Durante los últimos años se ha utilizado para mejorar la visualización de tejidos en oncología, cirugía plástica, neurocirugía y otros campos(2). Por sus características bioquímicas la aplicación de rayos infrarrojos, tras su administración intravenosa, genera un aumento en la longitud de onda de dicha sustancia (fluorescencia) lo que resulta en un marcado contraste del tinte que será captado por una cámara incorporada al microscopio quirúrgico(3) logrando una visualización adecuada de la vasculatura cerebral.

La primera aplicación de ICG en la angiografía cerebrovascular se realizó de forma experimental en un modelo animal canino(4) y la primera descripción de su uso en cirugía para manejo de un aneurisma cerebral fue en 2003(5). Raabe et al. evaluaron la viabilidad y la calidad de la videoangiografía ICG para establecer la permeabilidad de los vasos arteriales y venosos, además de definir la exclusión adecuada del saco aneurismático permitiendo cambios quirúrgicos en tiempo real y generando resultados bastante favorables que se han reforzado en nuevos estudios durante la última década.

Teniendo en cuenta que asegurar la integridad de la perfusión tisular es uno de los principios más importantes de la cirugía cerebral y de médula espinal(5) durante los últimos años se ha introducido la videoangiografía intraoperatoria con verde de indocianina integrada al microscopio (ICG-VA) como una alternativa en la neurocirugía vascular que permita visualizar los vasos cerebrales durante el manejo quirúrgico de diferentes patologías vasculares siendo un complemento útil para el estudio intraoperatorio de la dinámica del flujo venoso y arterial, tanto en vasos patológicos como normales. Debemos considerar además que la

interrupción del flujo vascular puede ocurrir durante los procedimientos neuroquirúrgicos, de forma planeada o inadvertida, impactando de forma significativa en el desarrollo de déficit neurológico posoperatorio y resultados clínicos desfavorables lo que ha llevado a los investigadores a introducir métodos que aumenten la seguridad en este tipo de procedimientos.

Tradicionalmente los neurocirujanos se basan en la inspección directa de los vasos cerebrales con ayuda de un microscopio quirúrgico, sin embargo, no siempre es posible confirmar, bajo visión directa con adecuada seguridad, la oclusión completa del cuello aneurismático, oclusión de una fístula dural, la integridad de los vasos aferentes y eferentes, así como la permeabilidad de un injerto de bypass.

Durante años el uso de angiografía postoperatoria, se ha posicionado como el método estándar para realizar una evaluación apropiada de los resultados anatómicos en la cirugía neurovascular, sin embargo, al documentar un hallazgo anormal en dichos estudios y plantear la necesidad de un nuevo procedimiento quirúrgico, la alteración en el vaso comprometido ya ha generado un infarto en el tejido cerebral lo que desencadena en sintomatología neurológica y sus morbilidades.

Por lo anterior, la angiografía intraoperatoria se indica para casos difíciles que involucren aneurismas complejos, generando un impacto significativo sobre el procedimiento quirúrgico en 7 a 34% de los casos(6)(7)(8)(9). No obstante, la angiografía por sustracción digital intraoperatoria es técnicamente exigente, costosa, implica tiempo y recursos humanos adicionales, y generalmente se reserva para aneurismas complejos.

Por lo tanto, todavía existe la necesidad de un método simple y confiable, con alta resolución y rápida realización que permita la observación intraoperatoria y la documentación del flujo sanguíneo en vasos grandes y pequeños.

Recientemente, se ha tenido avance no solo en la implementación de la videoangiografía intraoperatoria con verde de indocianina (ICG-VA), si no también en el desarrollo de softwares integrados en microscopios quirúrgicos (FLOW 800 Software Analysis Tool, microscopios Pentero y Kinevo; Carl Zeiss Co.) que

permiten a los investigadores realizar un análisis semicuantitativo del flujo sanguíneo en arterias, parénquima cerebral y venas.

El objetivo de este estudio fue evaluar la aplicación del análisis de la videoangiografía intraoperatoria con verde de indocianina (ICG-VA) y FLOW-800, por primera vez en nuestro país, para el manejo quirúrgico de patología vascular cerebral y carotídea en un hospital en Bogotá, comparando los hallazgos intraoperatorios con los resultados imagenológicos postoperatorios y determinar el valor clínico de este método.

MATERIALES Y METODOS

POBLACIÓN

Este estudio incluyó 3 pacientes con aneurismas intracraneales y 2 pacientes con enfermedad carotídea que fueron llevados a cirugía programada para manejo quirúrgico con clipaje y endarterectomias (Tabla 1). El total de los pacientes fueron masculinos con edades comprendidas entre 48 y 75 años (media, 61 años). Se confirmó ausencia de antecedentes de alergia al yodo o reacciones anafilácticas previas a medios de contraste, y se obtuvo el consentimiento informado por escrito. Los procedimientos quirúrgicos se realizaron sin modificaciones en la técnica quirúrgica. La ICG-VA y el análisis con la plataforma vascular flow 800 se realizó antes y después de la oclusión aneurismática así como en las endarterectomias.

Los datos obtenidos fueron revisados retrospectivamente para explorar las diferentes aplicaciones específicas de este método; principalmente para excluir la posibilidad de estenosis u oclusión de la arteria principal o sus ramas al igual que para documentar intraoperatoriamente la oclusión completa de los aneurismas cerebrales al igual que para evaluar la dinámica de flujo en los vasos posterior a la intervención.

Tabla 1. Características de los pacientes evaluados con videoangiografía intraoperatoria con verde de indocianina y plataforma vascular FLOW 800

Nº	Edad	Diagnostico	Cirugía	ICG-VA	Hallazgos del cirujano SIN ICG-VA	Hallazgos posterior a ICG-VA	Dificultades técnicas	Influencia del ICG-VA en decisiones quirúrgicas	Hallazgos en imágenes postoperatorias
1	63	Aneurisma incidental de ACM derecha	Clipaje	Antes y despues	Clipaje completo sin oclusion de vasos adyacentes	Oclusión de ramas distales	Campo no ajustado	Reposicionamiento de gancho de aneurisma y remodelado del domo por placa aterosclerótica.	Clipaje completo, no infartos ni oclusiones de vasos adyacentes
2	50	Aneurisma incidental de ACM izquierda	Clipaje	Antes y despues	Clipaje completo sin oclusion de vasos adyacentes	Clipaje completo sin oclusion de vasos adyacentes	Ninguna	Ninguna	Clipaje completo, no infartos ni oclusiones de vasos adyacentes
3	48	Aneurisma incidental de ACM derecha	Clipaje	Antes y despues	Clipaje completo sin oclusion de vasos adyacentes	Clipaje completo sin oclusion de vasos adyacentes	Ninguna	Ninguna	Clipaje completo, no infartos ni oclusiones de vasos adyacentes
4	75	Estenosis carotidea derecha >70%	Endarterectomia carotidea.	Antes y despues	Resección adecuada de placa con mejoría de flujos.	Mejoría de dinámica de flujos.	Ninguna	Ninguna	No infartos
5	68	Estenosis carotidea izquierda >70%	Endarterectomia carotidea.	Antes y despues	Resección adecuada de placa con mejoría de flujos.	Mejoría de dinámica de flujos.	Ninguna	Ninguna	No infartos

ICG-VA CON ANÁLISIS FLOW 800

Para la realización de la ICG-VA el anestesiólogo administró ICG por vía intravenosa según indicación del cirujano una vez se lograra la disección y exposición adecuada del parenquima y vasos a evaluar, inmediatamente antes y después de realizar clipajes y endarterectomias.

Se realizaron inyecciones múltiples en casos seleccionados, sin exceder nunca la dosis diaria máxima de 5 mg / kg.

El análisis de flujo se basó en el uso del software FLOW 800, integrado en el microscopio quirúrgico (KINEVO; Carl Zeiss). El algoritmo calculó las intensidades de fluorescencia en las áreas expuestas en función de las unidades de intensidad arbitraria promedio (AI) detectadas por la cámara, los mapas se mostraron como una escala de grises de intensidades máximas de fluorescencia y como una escala de color, dependiendo del tiempo hasta la fluorescencia semimáxima.

El análisis de estos datos se podía realizar inmediatamente por el cirujano y todo el equipo quirúrgico permitiendo la toma de decisiones quirúrgicas oportunas, (Figura 1).

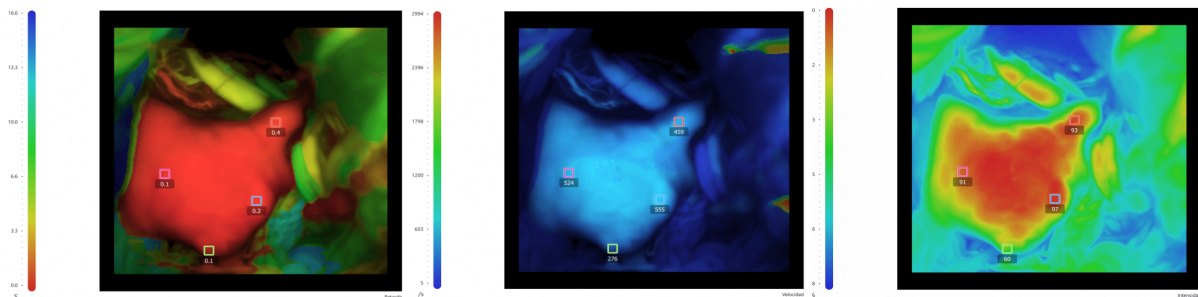


Figura 1. Aneurisma ACM; Imágenes procesadas FLOW-800; retardo, velocidades e intensidad

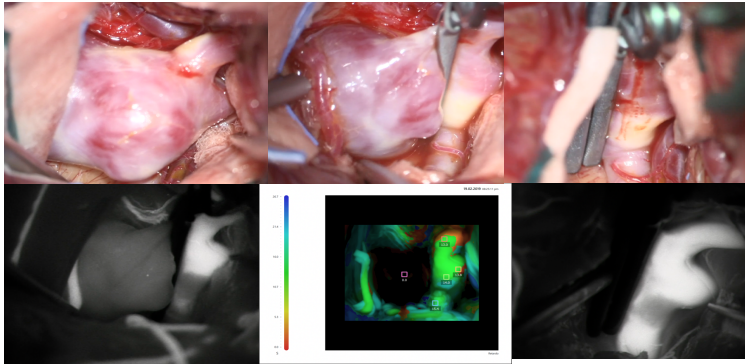


Figura 2. Aneurisma ACM clipado, Imágenes intraoperatorias procesadas FLOW-800; retardo, ICG e intensidad

RESULTADOS

Se realizaron un total de 11 ICG-VA y análisis FLOW-800 en 5 pacientes. El tiempo de preparación para realización del análisis varió de 2 a 4 minutos, y el tiempo requerido para la interpretación varió de 40 a 50 segundos. No hubo fallas de hardware, pero hubo una falla del usuario, cuando la dirección del láser NIR no se encontraba orientada de forma adecuada hacia el campo quirúrgico de interés. No se observaron efectos secundarios después de la inyección intravenosa del ICG. Para las 11 ICG-VA la calidad de imagen y la resolución espacial fueron excelentes, permitiendo la evaluación intraoperatoria en tiempo real de la circulación cerebral, en sus fases arterial, capilar y venosa, comparable a aquellas realizadas en la DSA, (figura 2).

En todos los casos, los resultados imagenológicos postoperatorios correspondieron a los hallazgos angiográficos de la ICG-VA, sin hallazgos inesperados, como oclusión inadvertida de las estructuras vasculares. En un caso, la información proporcionada por la ICG-VA cambió significativamente el procedimiento quirúrgico.

DISCUSIÓN

En el manejo neuroquirúrgico de diversas patologías vasculares (aneurismas, FAV, MAV, estenosis carotídeas, entre otros) el objetivo principal es ocluir completamente el saco aneurismático, nido malformativo o realizar una adecuada endarterectomía mientras se preserva el flujo sanguíneo en las arterias principales aferentes y eferentes, incluyendo pequeñas perforantes. Una causa fundamental de resultados adversos en estos procedimientos es la oclusión inadvertida de los vasos aferentes y eferentes durante el clipaje definitivo, temporal o durante la disección, considerando que la inspección visual directa intraoperatoria suele ser insuficiente para revelar dichas lesiones.

Además de las reglas básicas para la disección y exposición del parénquima cerebral y las estructuras vasculares subyacentes, el uso del clipaje temporal, la coagulación bipolar controlada, la reconstrucción correcta del saco y cuello aneurismático así como la selección de clips permanentes de tamaño y forma adecuados son fundamentales para obtener resultados posquirúrgicos favorables (11)(12)(13). Sin embargo, incluso en las manos más experimentadas, pueden detectarse residuos inesperados en el cuello, así como oclusiones de ramas no detectadas en el transoperatorio. En diversos estudios realizados se ha documentado que según la técnica y el método de evaluación, la tasa de residuos de aneurisma oscila entre el 4% y el 19% (14)(15)(16)(17)(18)(19)(20)(21), y las oclusiones inesperadas de los vasos varían entre el 0,3% y el 12%(14)(16)(17)(18)(19).

La evaluación intraoperatoria y la corrección inmediata de los residuos inesperados del cuello u oclusiones vasculares sería la solución ideal. Sin embargo, la selección de un método confiable, aplicable y rentable sigue siendo un desafío. Los métodos utilizados clínicamente son principalmente DSA intraoperatorio y ecografía Doppler microvascular intraoperatoria con el desarrollo reciente de la ICG-VA como un complemento razonable.

El ICG es un tinte soluble en agua, inodoro, con una fuerte afinidad por las proteínas plasmáticas (albúmina y lipoproteínas a y b)(1). Se aplica por vía intravenosa difundiendo rápidamente por la circulación corporal y se elimina por vía hepática con una vida media plasmática de 3 a 4 minutos. Se difunde por toda

la circulación permaneciendo unido en un 98% a las proteínas plasmáticas lo que permite visualizar fácilmente los vasos sanguíneos con técnicas de imagen fluorescente. La dosis recomendada es de 0,2-0,5 mg/kg peso; sin exceder una dosis diaria máxima de 5 mg / kg(10).

El ICG tienen un rango de absorción espectral de 750–800 nm, con un pico de emisión en 832 nm. Como las longitudes de onda de excitación y fluorescencia se encuentran dentro de la ventana óptica, el colorante se puede ver bajo varias capas de tejido. Además, los tejidos tienen un bajo grado de autofluorescencia cercana al infrarrojo (NIR) en comparación con el ICG, lo que permite su clara diferenciación.

Con el software FLOW 800, se realiza un análisis semicuantitativo del flujo sanguíneo en el área del cerebro expuesta por la craneotomía. En particular, el algoritmo integrado en el microscopio quirúrgico es capaz de reconstruir mapas de intensidad basada en la unidad arbitraria de intensidad promedio de fluorescencia infrarroja detectada por la cámara del microscopio y los mapas de tiempo de retraso basados en el tiempo necesario para alcanzar el 50% de la intensidad máxima de fluorescencia. Además, es posible estudiar en múltiples regiones de interés las curvas de fluorescencia detectadas por la cámara durante el registro ICG-VA.

Kamp y col. fueron los primeros autores en explorar el uso del análisis cuantitativo integrado de microscopio de ICG-VA para la evaluación del flujo sanguíneo(22).

Estos autores estudiaron 30 pacientes con patologías vasculares, y fueron los primeros en plantear la posibilidad de usar los diferentes parámetros derivados del análisis FLOW 800 en aplicaciones clínicas y decisiones quirúrgicas intraoperatorias.

En particular, demostraron que los mapas del tiempo de retraso son de gran valor, ya que proporcionan una representación inmediata de la modificación del flujo sanguíneo, ya sea como un efecto de la enfermedad en sí, o en relación con el daño iatrogénico a las arterias manipuladas en el quirófano(22).

A pesar de la variedad de aplicaciones que se han descrito hasta ahora para la ICG-VA, es notable el reducido número de artículos que informan su uso, junto

con el análisis cuantitativo de la plataforma FLOW-800 para explorar la perfusión cerebral en el contexto intraoperatorio.

Aunque podría lograrse una experiencia similar también con el ICG-VA clásico, el uso del análisis de flujo sanguíneo por el software FLOW 800 permite interpretar mejor la perfusión cerebral logrando identificar cambios vasculares fisiopatológicos específicos relacionados con la manipulación quirúrgica.

El uso de esta tecnología se ha ampliado en estudios recientes para el manejo de patologías asociadas como resección de lesiones intracraneales e intramedulares entendiendo que la cirugía tumoral, comprende en últimas un procedimiento neurovascular(20)(21)(22).

Reconocemos que nuestro estudio es solo una evaluación retrospectiva de la aplicación de ICG-VA con el análisis FLOW 800, en una serie limitada de pacientes con lesiones neurovasculares, según la experiencia específica de nuestro grupo. Además, no se realizó ninguna comparación con otras técnicas de monitoreo del flujo sanguíneo, lo que impide generar mediciones sobre la sensibilidad y la especificidad para esta tecnología. No obstante, creemos que los resultados de este estudio resaltan que comprender los cambios fisiopatológicos en la circulación cerebral que están directamente relacionados con la presencia de la lesión vascular, y a veces, con la cirugía y su manipulación inherente, podría asociarse con mejores resultados quirúrgicos en casos seleccionados.

CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio indican que la ICG-VA con FLOW 800 es un método útil y rápido que permite la evaluación del flujo sanguíneo con una fiabilidad aceptable, proporcionando información en tiempo real sobre la dinámica de flujo cerebral así como la exclusión completa de las lesiones vasculares. La ICG-VA a menudo se contrasta con otras técnicas de monitoreo intraoperatorio como la DSA, la tomografía computarizada intraoperatoria y la ecografía doppler microvascular, concluyendo que la ICG-VA debería complementar en lugar de reemplazar estos métodos alternativos de imagen.

Se deben realizar estudios futuros con una población más grande para confirmar todas las ventajas potenciales de esta técnica en el manejo quirúrgico de las diversas patologías neurovasculares.

1. Reinhart MB, Huntington CR, Blair LJ, Heniford BT, Augenstein VA. Indocyanine Green :Historical Context, Current Applications, and Future Considerations. *Surg Innov.* 2016;23(2):166–75.
2. Alander JT, Kaartinen I, Laakso A, Pättilä T, Spillmann T, Tuchin V V., et al. A Review of indocyanine green fluorescent imaging in surgery. *Int J Biomed Imaging.* 2012;2012.
3. Raabe A, Beck J, Seifert V. Technique and image quality of intraoperative indocyanine green angiography during aneurysm surgery using surgical microscope integrated near-infrared video technology. *Zentralbl Neurochir.* 2005;66(1):1–6.
4. Choromokos E, Kogure K, David NJ. Infrared absorption angiography. *J Biol Photogr Assoc.* 1969;37(2):100–4.
5. Raabe A, Ph D, Beck J, Ph D. TECHNIQUE APPLICATION N EAR - INFRARED I NDOCYANINE G REEN V IDEO. 2003;52(1):17–9.
6. Derdeyn CP, Moran CJ, Cross DT, Grubb RL, Dacey RG. Intraoperative digital subtraction angiography: A review of 112 consecutive examinations. *Am J Neuroradiol.* 1995;16(2):307–18.
7. Martin NA, Bentson J, Vinuela F, Hieshima G, Reicher M, Black K, et al. Intraoperative digital subtraction angiography and the surgical treatment of intracranial aneurysms and vascular malformations. *J Neurosurg.* 1990;73(4):526–33.
8. Chiang VL, Gailloud P, Murphy KJ, Rigamonti D, Tamargo RJ. Routine intraoperative angiography during aneurysm surgery. *J Neurosurg.* 2002;96(6):988–92.
9. Batjer HH, Frankfurt AI, Purdy PD, Smith SS, Samson DS. Use of etomidate, temporary arterial occlusion, and intraoperative angiography in surgical treatment of large and giant cerebral aneurysms. *J Neurosurg.* 1988;68(2):234–40.
10. Cordero E, Enseñat J, Macho J, González JJ, Sánchez M, Fernández C, et al. Videoangiografía intraoperatoria con verde de indocianina durante la cirugía de aneurismas cerebrales. Experiencia inicial en 10 intervenciones quirúrgicas. *Neurocirugia.* 2010;21(4):302–5.
11. Dashti R, Rinne J, Hernesniemi J, et al. Microneurosurgical management of proximal middle cerebral artery aneurysms. *Surg Neurol* 2007; 67:6-14.
12. Hernesniemi J. Mechanisms to improve treatment standards in neurosurgery, cerebral aneurysm surgery as example. *Acta Neurochir* 2001(Suppl 78):127-34.

13. Hernesniemi J, Niemela M, Karatas A, et al. Some collected principles of microneurosurgery: simple and fast, while preserving normal anatomy: a review. *Surg Neurol* 2005;64:195-200.
14. Alexander T, Macdonald R, Weir B, et al. Intraoperative angiography in cerebral aneurysm surgery: a prospective study of 100 craniotomies. *Neurosurgery* 1996;39:10-7.
15. Drake C, Allcock J. Postoperative angiography and the "slipped" clip. *J Neurosurg* 1973;39:683-9.
16. Feuerberg I, Lindquist C, Lindqvist M, et al. Natural history of postoperative aneurysm rests. *J Neurosurg* 1987;66:30-4.
17. Macdonald R, Wallace M, Kestle J. Role of angiography following aneurysm surgery. *J Neurosurg* 1993;79:826-32.
18. Proust F, Hannequin D, Langlois O, et al. Causes of morbidity and mortality after ruptured aneurysm surgery in a series of 230 patients. The importance of control angiography. *Stroke* 1995;26:1553-7.
19. Rauzzino MJ, Quinn CM, Fisher WS. Angiography after aneurysm surgery: indications for "selective" angiography. *Surg Neurol* 1998;49: 32-40.
20. Samson D, Hodosh R, Reid W, et al. Risk of intracranial aneurysm surgery in the good grade patient: early versus late operation. *Neurosurgery* 1979;5:4226.
21. Suzuki J, Kwak R, Katakura R. Review of incompletely occluded surgically treated cerebral aneurysms. *Surg Neurol* 1980;13:306-10.
22. Kamp MA, Slotty P, Turowski B, Etminan N, Steiger HJ, Hänggi D, et al: Microscope-integrated quantitative analysis of intraoperative indocyanine green fluorescence angiography for blood flow assessment: first experience in 30 patients. *Neurosurgery* 70 (1 Suppl Operative):65–74, 2012