

Utilidad del ultrasonido Doppler en el tratamiento quirúrgico de los aneurismas cerebrales

José Alonso Valderrama Flores,* Antonio Zárate Méndez,** Manuel Hernández Salazar,*** Cuauhtémoc Gil Ortiz Mejía,**** Bertín Martínez Silva,¹ Juan Carlos Luján Guerra,¹ Juan Lucino Castillo¹

RESUMEN

Antecedentes: los aneurismas cerebrales son una afección relativamente frecuente en nuestro medio, compleja en el diagnóstico y en el tratamiento. La técnica de ultrasonido Doppler microvascular transoperatorio como auxiliar diagnóstico, con medición de flujos en tiempo real, es útil para optimizar el clipaje de los aneurismas.

Objetivo: demostrar la utilidad del ultrasonido Doppler como auxiliar en el clipaje de aneurismas cerebrales en el Centro Médico Nacional 20 de Noviembre.

Pacientes y método: se realizó estudio ultrasonográfico en 18 pacientes con aneurisma cerebral del Centro Médico Nacional 20 de Noviembre del ISSSTE, entre julio y diciembre de 2008. Ultrasonido Doppler transcraneal en las 24 horas de internamiento; ultrasonido Doppler microvascular durante el procedimiento quirúrgico, valorando flujo vascular sobre el domo aneurismático, las arterias proximal y distal al aneurisma y las arterias adyacentes, registrando flujos antes y después de la colocación del clip sobre el cuello aneurismático y 24 horas posterior al clipaje.

Resultados: 72.1% con clipaje completo exitoso (ausencia de flujo sobre el domo y cuello aneurismático, con flujo distal arterial sin cambios y arterias adyacentes sin cambios en sus flujos). Tres pacientes (16.6%) con colocación óptima del clip en el segundo intento. El 100% de los pacientes no tuvo aneurisma en la angiografía cerebral posoperatoria.

Conclusiones: el ultrasonido Doppler microvascular transquirúrgico en los pacientes sometidos a clipaje de aneurisma es un método auxiliar diagnóstico, no invasivo, con alta sensibilidad y especificidad que permite verificar en tiempo real la adecuada colocación del clip sobre el cuello del aneurisma, disminuyendo así las complicaciones.

Palabras clave: aneurismas, Doppler transcraneal, clipaje de aneurisma.

ABSTRACT

Background: Brain aneurysms are a relatively common entity; it is a complex pathology in the diagnosis and the treatment. The technique of microvascular Doppler ultrasound diagnosis during surgery as an assistant, with measurement of flows in real time, is helpful to optimize the aneurysms clipping.

Objective: To demonstrate the utility of Doppler ultrasound as an assistant in clipping cerebral aneurysms in the National Medical Center 20 de Noviembre of Mexico.

Patients and method: We performed ultrasonographic study in 18 patients with cerebral aneurysm of the National Medical Center 20 de Noviembre, ISSSTE, from July to December 2008. Transcranial Doppler ultrasound in the 24 hours of internment; microvascular Doppler ultrasound during the surgical procedure, assessing vascular flow in aneurysm dome, proximal and distal arteries and adjacent arteries to the aneurysm, recording flows before and after placement of the clip on the neck of the aneurysm and 24 hours after clipping.

Results: 72.1% with complete successful clipping (no flow on the aneurysm dome and neck with distal blood flow unchanged and adjacent arteries without changes in their flows). 3 patients (16.6%) with optimal positioning of the clip in the second attempt. 100% with no aneurysm in the postoperative cerebral angiography.

Conclusions: Microvascular transurgical Doppler ultrasound in patients clipping aneurysm is a method of auxiliary diagnostic, non-invasive, with high sensitivity and specificity that allows real-time verify the proper placement of the clip on the neck of the aneurysm, thus reducing complications.

Key words: aneurysm, transcranial Doppler, clipping aneurysm.

El origen de los aneurismas cerebrales se mantiene en controversia, hay factores que refieren un factor genético como en el caso de los aneurismas familiares o enfermedades del tejido conectivo vinculados con los cromosomas 2q, 8q y 9p.¹⁻⁶ Los aneurismas cerebrales se han descrito desde el siglo XIX; en 1885, Sir Víctor Horsley operó un aneurisma que comprimía el quiasma óptico y le ligó las dos carótidas en el cuello, la lesión fue descrita como un “gran quiste de sangre”. En 1920, Harvey Cushing operó un paciente con diagnóstico de tumor de hipófisis y encontró un aneurisma que ocasionó una hemorragia incontrolable, causando la muerte del paciente.⁷ En 1936 Walter Dandy operó un caso de aneurisma de la carótida cavernosa, mediante la técnica del taponamiento con músculo. Paralelamente la angiografía cerebral, iniciada por Egas Moniz y Almeida Lima, permitía “ver” los aneurismas y planificar su ligadura, clipaje, o ambos.⁷ Se calcula que la incidencia general de los aneurismas cerebrales es de 2%. En series de autopsias se reporta una prevalencia promedio de 5%.⁸ El 50% de los aneurismas se rompe en algún momento de la vida.⁹ Los aneurismas se diagnostican principalmente cuando presentan ruptura y producen hemorragia subaracnoidea y de estos pacientes, incluso 15% fallece antes de recibir atención médica, con un índice de mortalidad total de 45%. Alrededor de 30% de los que sobreviven queda con una incapacidad moderada o grave.⁹ En 1980 Fisher demostró la relación directa entre la cantidad de sangre

en las cisternas y su distribución, con la aparición del vasoespasmio, lo que confirma el efecto de la degradación de los productos sanguíneos, en especial de la oxihemoglobina, en la pared de los vasos arteriales basales determinando una arteritis, responsable del estrechamiento de la luz de los vasos que dio lugar al término angiográfico de vasoespasmio. Diferentes estudios han demostrado que tras una hemorragia subaracnoidea, existe un riesgo de resangrado de 3 a 4% en las primeras 24 horas, incluso antes de su llegada a un hospital, con un riesgo adicional de 1 a 2% por día durante el primer mes, por ello los índices tan altos de resangrado de inmediato, con picos de incidencia a los días 7, 14 y 20 y que disminuye gradualmente hasta llegar a cerca de 3% año después de los tres primeros meses.¹⁰ La mortalidad ligada al resangrado se cifra en 70%.¹¹ Estos datos apoyan que se adopten protocolos de tratamiento urgentes y eficaces.¹¹ La prevalencia de aneurismas incidentales en la población general se ha estimado en 0.5-1%, con un riesgo anual de sangrado entre 1 y 2%. Estas lesiones pueden ser diagnosticadas en dos situaciones: que se encuentre el aneurisma en paciente que nunca ha tenido hemorragia subaracnoidea y el hallazgo ha sido fortuito o al investigar un síntoma inespecífico mediante algún procedimiento de diagnóstico o por sospecha de aneurismas familiares.

En 1842, el físico y matemático austriaco Christian Doppler formuló el principio del efecto Doppler para tratar de explicar el color de las estrellas. En 1982 Aaslid comenzó a utilizar el Doppler transcraneal en el estudio de pacientes con enfermedades cerebrovasculares.¹¹ Este principio del ultrasonido Doppler establece la relación entre la velocidad de un objeto en movimiento y el cambio de frecuencia que produce al reflejar una onda en función de la frecuencia emitida, la velocidad del objeto y el coseno del ángulo de incidencia, según la expresión:

$$f = 2 v f_0 \cos q / c$$

f_0 es la frecuencia emitida, v la velocidad del objeto, q el ángulo de incidencia, y c la velocidad de propagación de la onda en el medio.¹²

La mala conductancia del hueso para el ultrasonido hizo que la aplicación de este principio a la circulación intracraneal se retrasara hasta 1982 con los primeros

* Neurocirujano, adscrito al servicio de Cirugía Cerebrovascular.

** Neurocirujano, Subdirector Médico.

*** Neurocirujano, Jefe de la División de Neurociencias.

**** Neurocirujano, Departamento de Neurocirugía.

¹ Neurocirujano, residente de Neurocirugía. Centro Médico Nacional 20 de Noviembre, ISSSTE, México, DF.

Correspondencia: Dr. José Alonso Valderrama Flores. Av. Félix Cuevas 540, colonia Del Valle, CP 03229, México, DF. Correo electrónico: lucinocastillo@hotmail.com
Recibido: enero, 2009. Aceptado: noviembre, 2009.

Este artículo debe citarse como: Valderrama-Flores JA, Zárate-Méndez A, Hernández-Salazar M, Gil-Ortiz-Mejía C y col. Utilidad del ultrasonido Doppler en el tratamiento quirúrgico de los aneurismas cerebrales. *Rev Esp Med Quir* 2010;15(4):189-195.

trabajos de Aaslid. Para la insonación de las arterias basales se utilizan las llamadas “ventanas óseas”, que son zonas del cráneo que permiten el paso de los ultrasonidos. Habitualmente se emplea la ventana transtemporal, la ventana suboccipital y la ventana orbitaria (Figura 1).¹³ Una de las limitaciones fundamentales del Doppler transcraneal es que la fiabilidad de sus resultados es muy dependiente de la experiencia del operador. Además, existe una serie de fuentes de error, muchas veces debido a la dificultad en la correcta identificación de la arteria explorada, a la ausencia de ventana o a la variabilidad anatómica del polígono de Willis, o a variaciones en el trayecto y la disposición de los vasos, como ocurre con frecuencia en la circulación posterior. Pese a estas limitaciones, se ha demostrado que el Doppler transcraneal es una herramienta útil en la evaluación no invasiva de los estados patológicos de la circulación cerebral, y en la investigación de los trastornos dinámicos o respuestas fisiológicas del flujo cerebral.¹⁴⁻¹⁶

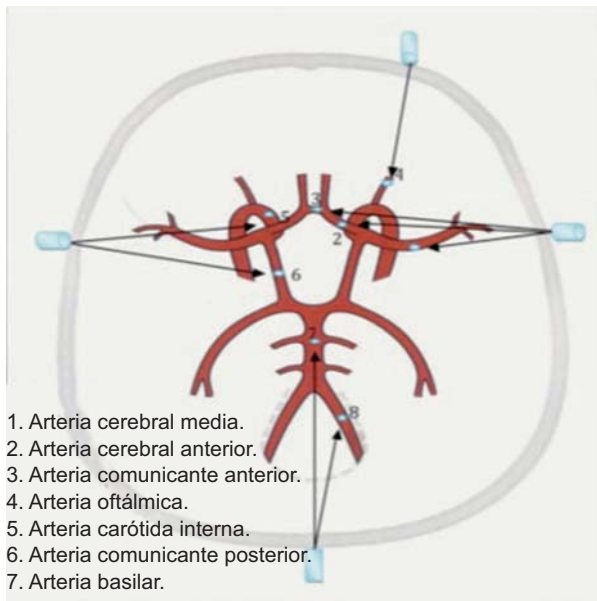


Figura 1. Ventanas para el uso del Doppler transcraneal.

Aplicaciones clínicas del ultrasonido Doppler transcraneal (DTC) y microvascular cerebral

La primera aplicación clínica del ultrasonido Doppler transcraneal fue la detección y seguimiento del vasoespasmismo en la hemorragia subaracnoidea. Desde entonces han ido sugiriéndose otras aplicaciones; lo que llevó en

1990 a la Academia Americana de Neurología a delinear un listado de aquellas en las que la experiencia había demostrado su utilidad y reproductibilidad.¹¹ En ese momento, las aplicaciones clínicas reconocidas eran:

1. Detección de estenosis severas (>65%) de las arterias basales cerebrales.
2. Estudio de los patrones de circulación colateral en pacientes con estenosis severa u oclusión conocida.
3. Evaluación y seguimiento de pacientes con vasoconstricción de cualquier causa, particularmente tras la hemorragia subaracnoidea.
4. Detección de malformaciones arteriovenosas y estudio de las suplencias arteriales y sus flujos.
5. Estudio de los cambios en la velocidad y flujo de pacientes con sospecha de muerte cerebral.

Actualmente las aplicaciones de posible utilidad o en investigación son:

- Estudio de la recuperación funcional tras el ictus.
- Valoración de las áreas funcionales (lenguaje y memoria) para la cirugía de la epilepsia.
- Estudio diagnóstico de demencias.
- Monitorización perioperatoria.
- Monitorización en técnicas endovasculares, resucitación, etc.
- Trombosis venosas cerebrales.
- Diagnóstico o seguimiento de otros procesos (anemia falciforme, enfermedad de Takayasu, enfermedad de moyamoya, dolicoectasias vasculares, meningitis, migraña, trastornos del sueño).^{17,18}

PACIENTES Y MÉTODO

Con el conocimiento de la devastadora morbilidad y mortalidad y su repercusión social e individual que representan los aneurismas cerebrales, se busca un coadyuvante en la técnica que tal vez es uno de los retos más importantes en la cirugía, pues se requiere la más grande destreza, habilidad y conocimiento del neurocirujano para efectuar con éxito el clipaje de un aneurisma; aun con todas estas cualidades el clipaje de un aneurisma puede no ser llevado a cabo correctamente, cerrando una arteria vital o no logrando el clipaje total del saco aneurismático, por lo que se intenta un auxiliar diagnóstico temprano. El tratamiento quirúrgico de los aneurismas cerebrales, la colocación de un clip sobre

el cuello de un aneurisma, es el fin resolutorio de dicho procedimiento, en una ley de “todo o nada”, pero en muchos casos no es fácil o factible corroborar de manera visual la colocación adecuada del clip y, aun en manos expertas, es latente la incertidumbre de que pasen inadvertidos incidentes, como atrapamiento de la arteria de la cual depende el aneurisma o de arterias adyacentes con consecuente estenosis u oclusión de la misma; flujo residual o persistente del saco aneurismático, lo cual, para fines clínicos, representa al paciente un potencial infarto cerebral en el territorio vascular afectado o un resangrado aneurismático.¹⁹ Hasta el momento la forma más fiable y de protocolo en la mayor parte de los hospitales donde se realizan procedimientos de clipaje de aneurisma es la angiografía cerebral posoperatoria, la cual tiene como inconvenientes que es un procedimiento invasivo, requiere tecnología de alto nivel y personal calificado con disponibilidad inmediata, los riesgos y desventajas de movilizar a un paciente en el posoperatorio inmediato, además de los riesgos inherentes al procedimiento.

El uso del ultrasonido Doppler microvascular transoperatorio como método auxiliar diagnóstico, no invasivo, portátil, con medición de flujos en tiempo real, es una herramienta de gran ayuda para optimizar la colocación de clips en los aneurismas y de esta manera prever las potenciales complicaciones de un clipaje aneurismático inadecuado.²⁰ Se intentó demostrar la utilidad del ultrasonido Doppler como auxiliar diagnóstico transoperatorio en el clipaje de aneurismas cerebrales. En el Centro Médico Nacional 20 de Noviembre se cuenta con el equipo Nicolet Companion III, Portable Transcranial Doppler System de la marca Viasys Health Care, con el cual se realiza monitoreo vascular cerebral transcranial en los pacientes con diagnóstico de aneurisma cerebral, monitorizando en los pacientes con hemorragia subaracnoidea secundaria a rotura aneurismática las características del flujo vascular por el riesgo potencial de vasoespasma prequirúrgico y posquirúrgico. Su uso transquirúrgico microvascular es para evidenciar la ausencia de flujo en el aneurisma posterior al clipaje y la preservación de la circulación en las arterias implicadas adyacentemente.²¹ Este estudio comunica la experiencia en la utilidad del uso de ultrasonido Doppler, con sonda microvascular de 20 MHz, en la monitorización

transoperatoria del clipaje de los aneurismas cerebrales. Se seleccionaron 18 pacientes, admitidos en el Centro Médico Nacional 20 de Noviembre, ISSSTE, entre julio y diciembre de 2008, con diagnóstico de aneurisma cerebral, corroborado mediante panangiografía cerebral. A los pacientes se les realizó en las primeras 24 h de su internamiento un estudio de ultrasonido Doppler transcranial mediante sonda de 2 MHz para monitorizar los valores de flujo vascular cerebral, en circulación anterior y posterior, derecha e izquierda. Se realizó ultrasonido Doppler microvascular con sonda de 20 MHz durante el procedimiento quirúrgico, valorando el flujo vascular en la arteria proximal y distal al aneurisma, en las arterias adyacentes cuando anatómicamente estaban involucradas por su vecindad. Todos los pacientes fueron intervenidos quirúrgicamente para clipaje de aneurisma cerebral mediante craneotomía pterional (a través del pterion, punto craneométrico que corresponde con la porción final de la sutura esfenoparietal) o por abordaje suboccipital lateral, en todos los pacientes se utilizaron clips de titanio Yasargil. Durante el procedimiento quirúrgico, se hicieron registros de flujo vascular mediante sistema portátil de ultrasonido Doppler transcranial y microvascular con sonda microvascular de 20 MHz, antes y después de la colocación del clip sobre el cuello aneurismático, sobre el domo aneurismático, la arteria de la cual dependía el aneurisma a nivel proximal y distal inmediato, y de las ramas arteriales adyacente al aneurisma (cuando así se requirió). En todos los pacientes se realizó panangiografía cerebral posoperatoria. Se realizaron seguimientos de ultrasonido Doppler transcranial con sonda de 2 MHz a las 24 a 28 h después del clipaje de aneurisma como parte de la monitorización de la hemorragia subaracnoidea para detección, vigilancia o seguimiento de vasoespasma cerebral.

RESULTADOS

En este estudio predominaron los pacientes de género femenino (88.1%) con una relación 8:1. La distribución por edades fue de 30 a 39 años: 5.55%, de 40 a 49 años: 33.3% (el grupo de edad con mayor frecuencia), de 50 a 59 años y de 60 a 69 años: 22.2% cada grupo, los pacientes mayores a 70 años representaron 16.6%. En cuanto a su localización hemisférica, 9 fueron izquier-

dos, 7 derechos y 2 bilaterales; de estos pacientes el primero tenía un aneurisma de arteria carótida interna izquierda en segmento comunicante y dos del lado derecho en la arteria cerebelosa posteroinferior y en la arteria cerebral media (M2). En el segundo paciente se encontró un aneurisma en la arteria cerebral media del segmento insular (también llamado M2) derecho y otro en la arteria comunicante anterior, que llenaba por el disparo de medio de contraste desde la carótida izquierda con el domo horizontalizado dirigido hacia la derecha.

Respecto a la situación vascular de los aneurismas, predominaron los dependientes de la arteria carótida interna (ACI) con 38.8%, uno en el segmento cavernoso y los demás fueron supraclinoideos. Tres pacientes tuvieron aneurismas múltiples; un paciente con dos aneurismas del lado derecho: uno en ACI segmento 7 comunicante y otro en arteria cerebral media (M2) [Figura 2]. En todos los pacientes se colocó la sonda microvascular de 20 MHz del ultrasonido Doppler sobre la pared vascular de la arteria de la cual dependía el aneurisma a nivel proximal y distal al mismo, en el domo aneurismático, y en las arterias ayacentes, después de la colocación del clip de titanio sobre el cuello del aneurisma en el primer intento con intención definitiva. En 72.1% de los pacientes se registró un clipaje completo exitoso (ausencia de flujo sobre el domo y cuello aneurismático, con flujo distal arterial sin cambios y arterias adyacentes sin cambios en sus flujos), en dos pacientes (11.1%) se encontró persistencia de flujo en el aneurisma

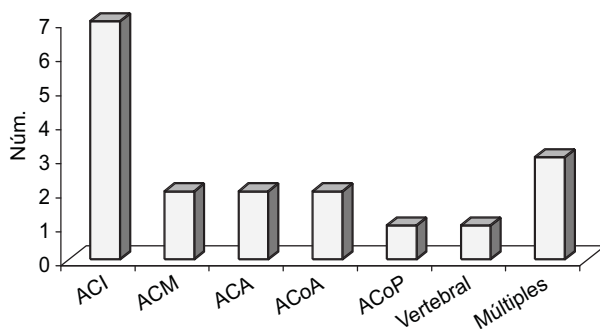


Figura 2. Localización vascular del aneurisma.

ACI: arteria carótida interna; ACM: arteria cerebral media; ACA: arteria cerebral anterior; ACoA: arteria comunicante anterior; ACoP: arteria comunicante posterior.

por que el clip sólo logró una oclusión parcial del flujo arterial, ambos pacientes tuvieron aneurismas grandes complejos, multilobulados, ateromatosos de la arteria carótida interna (ACI) 1 en el segmento cavernoso y otro en el segmento clinoideo. En dos pacientes (11.1%) se evidenció un aumento notorio y significativo en la velocidad de flujo a nivel de la arteria proximal y distal al aneurisma por clipaje incidental de la arteria de la cual dependía el aneurisma, en un caso correspondió a ACI con aneurisma a nivel oftálmico y el otro en la arteria cerebral media segmento M2. En un caso (5.5%) se evidenció ausencia de flujo en una arteria adyacente independiente que rodeaba a un aneurisma de la arteria cerebral media, segmento M2, multilobulado, la cual se clipó incidentalmente al atraparse en la pared posterior del cuello aneurismático (rama frontal ascendente). En 27.7% de los casos se logró evidenciar oportunamente la colocación inadecuada del clip, lo que permitió su recolocación de manera inmediata. En 72.1% de los pacientes el clipaje del aneurisma fue exitoso en el primer intento, en tres pacientes (16.6%) se logró la colocación óptima definitiva del clip en el segundo intento. En un paciente (5.5%) con aneurisma complejo de la ACI segmento oftálmico, se logró la oclusión completa del aneurisma con la colocación de dos clips Yasargil de 17 mm al tercer intento. En un paciente (5.5%) con aneurisma complejo, de la ACI izquierda, en segmento cavernoso, después de cinco intentos no se logró la oclusión del aneurisma con la colocación de los clips debido a su complejidad, por lo cual se realizó exclusión de la arteria carótida interna, con oclusión con seda a nivel cervical (mediante abordaje cervical) y colocación de clip a nivel de la arteria carótida interna, segmento precomunicante, realizando pruebas de perfusión contralateral de la circulación derecha sobre la arteria cerebral anterior y la arteria cerebral media, durante 20 minutos. Este paciente no mostró déficit clínico agregado en el posoperatorio, pero a las 72 horas presentó vasoespasmo con hemiparesia fasciocorporal derecha 3/5 y afasia de tres días de duración que recuperó *ad integrum*.

En la angiografía cerebral posoperatoria se evidenció ausencia del aneurisma en los 18 (100%) pacientes sometidos a clipaje de aneurisma. En ningún paciente se observó saculación residual. En un paciente (5.5%) con aneurisma complejo de la arteria carótida interna

(ACI), segmento oftálmico, se observó estenosis de la ACI a nivel de la colocación del clip de aproximadamente 15%, sin presentar déficit clínico del paciente, ni cambios hemodinámicos significativos en las mediciones de velocidad de flujo mediante ultrasonido Doppler transcraneal de control. En el paciente en el que se realizó exclusión carotídea izquierda, se observó perfusión vascular cerebral izquierda por llenado de la ACI derecha y circulación posterior izquierda. Mediante medición de velocidad de flujo con ultrasonido Doppler transcraneal se apreciaron valores de la arteria cerebral media izquierda en límites inferiores normales (43-47 cm/s). La sonda de 20 MHz microvascular tiene 1 mm de diámetro, es poco flexible, con memoria semimaleable en espiral por su colocación en el momento de su esterilización, por lo que su movilización dentro del reducido espacio quirúrgico requiere adiestramiento. Debe colocarse con exactitud, firmeza y delicadeza durante por lo menos 15 segundos para su adecuada monitorización sobre la superficie vascular y en una angulación de 30°, lo que ocasionó que incidentalmente se tocara el tercer nervio craneal en un paciente con aneurisma complejo de la ACI izquierda en segmento supraclinoideo, que provocó clínicamente ptosis palpebral y midriasis izquierda que persistieron 10 días, sin secuelas aparentes. En otro paciente, por lo mismos motivos, se lesionó una pequeña vena del valle silviano, que provocó un sangrado transitorio, mínimo, que fue controlado con bipolar y satin hemostático, sin complicaciones. Estos dos pacientes no presentaron déficit clínico relevante. En 88.8% no hubo complicaciones. Ningún paciente,

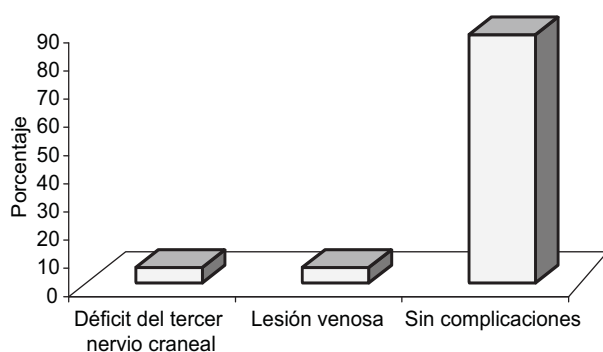


Figura 3. Complicaciones de la utilización microvascular del ultrasonido Doppler.

una semana después del evento quirúrgico, tuvo déficit clínico secundario al uso de la sonda microvascular del ultrasonido Doppler (Figura 3).

En el posoperatorio inmediato tres pacientes (16.6%) tuvieron somnolencia, bradipsiquia leve a moderada, un paciente tuvo afasia transitoria de aproximadamente tres días de duración, y en un paciente posperado de abordaje frontal interhemisférico por aneurisma de la arteria cerebral anterior (A2) se acentuó la apatía. Un paciente (5.5%) presentó paresia transitoria del motor ocular común izquierdo. Un paciente (5.5%) tuvo hemiparesia fasciocorporal derecha de tres días de evolución por vasoespasma a las 72 h posteriores al clipaje del aneurisma. Un paciente (5.5%) –quien a su ingreso tenía una escala de Hunt-Hess IV y hemorragia subaracnoidea Fischer IV y requirió manejo en la Unidad de Terapia Intensiva– falleció por complicaciones de neumonía nosocomial y desequilibrio metabólico a los 48 días posteriores a su intervención quirúrgica. Doce (66.6%) pacientes no tuvieron déficit neurológico agregado en el posoperatorio durante su estancia hospitalaria (Figura 4).

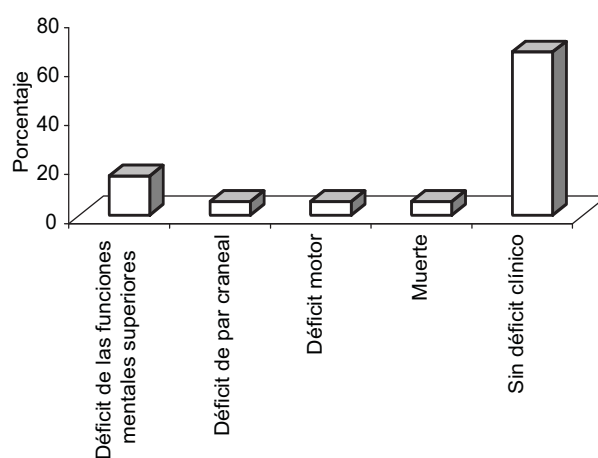


Figura 4. Complicaciones generales.

CONCLUSIONES

El ultrasonido Doppler microvascular transquirúrgico en los pacientes sometidos a clipaje de aneurisma es un auxiliar diagnóstico, no invasivo, con sensibilidad y especificidad altas, rápido, de bajo costo y alto impacto, de gran ayuda al permitir verificar en tiempo real la adecuada colocación del clip sobre el cuello del aneurisma,

con lo que se optimiza su colocación anatómica, hace posible colocar de manera segura el menor número de clips necesarios y permite resolver de manera inmediata potenciales y devastadoras complicaciones, como oclusión parcial del aneurisma, que se traduce en persistencia del aneurisma, nueva formación del aneurisma y el inherente riesgo del sangrado. Además, evita isquemia e infarto cerebral en el territorio vascular implicado al verificar sus flujos vasculares permitiendo de esta manera diagnosticar inmediata y oportunamente la oclusión arterial, parcial o completa, iatrogénica al momento de la colocación del clip. Asimismo, es un equipo de fácil transportación, que requiere mínimo mantenimiento y de aplicaciones versátiles que puede utilizarse para varias aplicaciones vasculares cerebrales y en múltiples afecciones. Los resultados de este análisis en el Centro Médico Nacional 20 Noviembre, del ISSTE, justifican y nos permiten continuar con la utilización del ultrasonido Doppler microvascular. Actualmente este protocolo es de uso rutinario y obligado en los pacientes sometidos a clipaje de aneurisma y nos orienta a proponer su uso en todos los hospitales de nuestro país que cuenten con servicio de Neurocirugía y se realicen procedimientos quirúrgicos cerebro-vasculares.

REFERENCIAS

1. Bilguvar K, Yasuno K, Niemela M, Ruigrok Y, et al. Susceptibility loci for intracranial aneurysm in European and Japanese populations. *Nat Genet* advanced online publication (November 9, 2008). doi:10.1038/ng.240. <http://dx.doi.org/10.1038/ng.240>
2. Bonita R. Cigarette smoking, hypertension and risk of subarachnoid hemorrhage. A population-base case-control study. *Stroke* 1986;17:831-835.
3. Bromberg JEC, Rinkel GJE, Algra A, Limburg M, van Gijn J. Outcome in familial subarachnoid hemorrhage. *Stroke* 1995;26:961-963.
4. Canbrao A, Pinto A, Ferro H, et al. Smoking and aneurysmal subarachnoid hemorrhage: A case-control study. *J Cardiovasc Risk* 1994;1:155-158.
5. Davis G, Swalwel C. The incidence of acute cocaine or methamphetamine intoxication in deaths due to ruptured cerebral (berry) aneurysms. *J Forensic Sci* 1996;41:626-628.
6. Juvela S, Hillborn M, Numminen H, Koskinen P. Cigarette smoking and alcohol consumption as risk factors for aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Stroke* 1993;24:639-646.
7. Ljunggren B, Sharma S, Buchfelder M. History of aneurysm surgery. In: Ratcheson R, Wirth F, editors. *Concepts in Neurosurgery*. Baltimore: Williams and Wilkins, 1994;p:1-11.
8. Silvestrini M, Troisi E, Razzano C, Caltagirone C. Correlations of flow velocity changes during mental activity and recovery from aphasia in ischemic stroke. *Neurology* 1998;50:191-195.
9. Cuadrado ML, González JL, Egido JA, et al. Activation of the damaged hemisphere in poststroke recovery. A longitudinal study. 3rd Congress of the Federation of Neurological Sciences, Sevilla, September, 1998.
10. Bassi P, Bandera R, Loiero M, Tognoni G, Mangoni A. Warning signs in subarachnoid hemorrhage. A cooperative Study. *Acta Neurol Scand* 1991;84:277-281.
11. Assessment: transcranial Doppler. Report of the American Academy of Neurology, Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee. *Neurology* 1990;40(4):680-681.
12. Rorick MB, Nichols FT, Adams RJ. Transcranial Doppler correlation with angiography in detection of intracranial stenosis. *Stroke* 1994;25:1931-1934.
13. Tettenborn B, Estol C, DeWitt D, et al. Accuracy of transcranial Doppler in the vertebrobasilar circulation. *J Neurol* 1990;237:159.
14. Serena J, Segura T, Perez-Ayuso MJ, Bassaganyas J, et al. The need to quantify right-to-left shunt in acute ischemic stroke. A case-control study. *Stroke* 1998;29:1322-1328.
15. Ley-Pozo J, Ringelstein EB. Noninvasive detection of occlusive disease of the carotid siphon and MCA. *Ann Neurol* 1990;28:640-647.
16. Muller M, Hermes M, Brückmann H, Schimrigk K. Transcranial Doppler ultrasound in the evaluation of collateral blood flow in patients with internal carotid artery occlusion: correlation with cerebral angiography. *Am J Neurorad* 1995;16:195-202.
17. Petty GW, Mohr JP, Pedley TA, Tatemichi TK, et al. The role of transcranial Doppler in confirming brain death: sensibility, specificity and suggestions for performance and interpretation. *Neurology* 1990;40:300-303.
18. Egido JA, Castrillo C, Sanchez M, Rabano J. Takayasu's arteritis: transcranial Doppler findings and follow-up. *J Neurosurg Sci* 1996;40:121-124.
19. Assistance of intraoperative microvascular Doppler in the surgical obliteration of spinal dural arteriovenous fistula: cases description and technical considerations. *Neurosurgical Clinic, University of Messina School of Medicine, Messina, Italy. Discussion* 137, 2003;145(2):133-137.
20. Stendel R, Pietila T, Al Hassan AA, Schilling A, Brock M. Intraoperative microvascular Doppler ultrasonographic in cerebral aneurysm surgery. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2000;68(1):29-35.
21. Knecht S, Deppe M, Ebner A, Henningsen H, et al. Noninvasive determination of language lateralization by functional transcranial Doppler sonography. A comparison with the Wada test. *Stroke* 1998;29:82-86.