

Análisis prospectivo de 200 angiografías cerebrales diagnósticas consecutivas realizadas por residentes de terapia endovascular neurológica del servicio de neurocirugía del Hospital Universitario, U.A.N.L.

Ángel Martínez-Ponce de León¹, Román Garza-Mercado¹, Dagoberto Tamez-Montes¹, Gustavo Villarreal-Reyna¹, Guillermo Elizondo-Riojas², Manuel Sánchez-González¹, Hilario Paúl Alanís-Reséndiz¹

RESUMEN

La angiografía cerebral diagnóstica (ACD) es un procedimiento insustituible en múltiples situaciones clínicas, a pesar del avance en los métodos de diagnóstico no invasivos, como la angiotomografía y angiorresonancia cerebral. Se analizaron de manera prospectiva 200 angiografías cerebrales diagnósticas en 196 pacientes para determinar el índice de complicaciones neurológicas y no neurológicas. Se analizan también las indicaciones del procedimiento y los aspectos técnicos relacionados al mismo. No se presentó déficit neurológico permanente. El déficit neurológico transitorio se observó en cuatro pacientes (2%) y se resolvió en menos de 24 horas. Se presentaron 4 hematomas en el sitio de punción (2%), ninguno de ellos requirió tratamiento quirúrgico. Una paciente desarrolló insuficiencia renal aguda (0.5%). El tiempo promedio de fluoroscopia fue de 14 minutos (rango 9-22) y la cantidad promedio de contraste utilizado fue de 108 ml (rango de 80-220). El bajo índice de complicaciones relacionadas a la ACD justifican su realización como primera opción en ciertas situaciones clínicas o cuando los métodos de diagnósticos no invasivos son inespecíficos o no concluyentes.

Palabras clave: angiografía cerebral diagnóstica, enfermedad vascular cerebral, terapia endovascular neurológica, complicaciones.

PROSPECTIVE ANALYSIS OF 200 CEREBRAL DIAGNOSTIC ANGIOGRAMS DONE BY THE RESIDENTS OF ENDOVASCULAR THERAPY OF THE NEUROSURGICAL SERVICE OF THE UNIVERSITY OF NUEVO LEÓN MEXICO

ABSTRACT

Recent advances in non-invasive neurovascular imaging techniques, including magnetic resonance angiography and computed tomography angiography, have reduced the number of catheter-based cerebral angiograms performed for purely diagnostic reasons. However, diagnostic cerebral angiography remains as the most accurate technique for evaluation of the cerebro-vascular system, and is irremplazable in many clinical situations. 200 consecutive cerebral angiograms performed by residents of endovascular neurosurgery at our Institution

Recibido: 4 enero 2008. Aceptado: 22 enero 2008.

¹Servicio de Neurocirugía y Terapia Endovascular Neurológica, Hospital Universitario Dr. José Eleuterio González Universidad Autónoma de Nuevo León. ²Servicio Radiodiagnóstico e Imagen. Hospital Universitario Dr. José Eleuterio González. Universidad Autónoma de Nuevo León. Correspondencia: Ángel Martínez Ponce de León. Servicio de Neurocirugía y Terapia Endovascular Neurológica Hospital Universitario, U.A.N.L. (4o Piso) Av. Madero y Av. Gonzalitos s/n. Col. Mitras Centro. 64460 Monterrey, Nuevo León. México. E mail: angelmcarcelo@yahoo.com

were analyzed, with particular emphasis on indications for the procedure. We also analyzed neurological and non-neurological complications. No permanent neurological deficit occurs in our patients. Transient neurological deficit were seen in 4 patients (2%): focal seizures, bilateral amaurosis and mild headache post procedure. We had four post procedural inguinal haematomas requiring no treatment and one patient developed acute renal failure. The average of fluoroscopy time was 14 minutes (range 9-22) and the amount of contrast was 108 ml (range 80-220). The low rate of complications associated with a diagnostic cerebral angiography justifies its performance when non-invasive techniques are not conclusive.

Key words: cerebral angiography, cerebrovascular disease, endovascular neurosurgery, complications.

El 28 de junio de 1927, el neurólogo portugués Egas Moniz y su asociado neurocirujano, el doctor Pedro Manuel Almeida Lima, realizaron la primera angiografía cerebral en un joven de 20 años de edad con un tumor en la región pineal¹. El 7 de julio del mismo año, Moniz presentó este revolucionario método diagnóstico ante La Sociedad de Neurología de Paris con el título "*L'Encéphalographie artérielle: son importance dans la localisation des tumeurs cérébrales*"². Egaz Moniz fue galardonado con el premio Nóbel de medicina y fisiología en 1949, por la descripción de la lobotomía frontal para el tratamiento de trastornos psiquiátricos; sin embargo, nunca recibió reconocimiento por la angiografía cerebral, que en nuestros días sigue siendo el estándar dorado para el diagnóstico de la enfermedad vascular cerebral³.

A pesar de que en los últimos años las técnicas no invasivas para el estudio de la circulación craneocervical nos han dejado literalmente, sin palabras por la calidad y nitidez de sus imágenes, la angiografía cerebral diagnóstica (ACD) es un procedimiento irremplazable en múltiples situaciones clínicas^{4,5}. El propósito de esta revisión es analizar las indicaciones encontradas en el servicio para realizar una ACD, así como analizar los hallazgos y complicaciones de los primeros 200 procedimientos diagnósticos realizados por residentes del Programa de Terapia Endovascular Neurológica del Hospital Universitario de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

MATERIAL Y MÉTODOS

El 1º de marzo de 2005, dio inicio el programa de Terapia Endovascular Neurológica en la Institución. Este programa esta compuesto por dos residentes y

el equipo de profesores del servicio de neurocirugía, neurología y radiología de nuestro Hospital. Para el 1º de octubre del 2006, se realizaron 200 angiografías cerebrales diagnósticas por los residentes de este programa y se inició la redacción de este artículo.

La mayor parte de las angiografías fueron indicadas por el servicio de neurocirugía de este Hospital. En un porcentaje menor las angiografías fueron solicitadas por otros departamentos o servicios. Se incluyeron en este análisis procedimientos electivos y de urgencia. La fase diagnóstica de procedimientos terapéuticos (*i.e.* embolización de aneurismas o malformaciones, angioplastia intracraneal o carotídea) no fue incluida en este análisis.

Descripción de la técnica

La totalidad de los procedimientos fueron realizados bajo el consentimiento informado del paciente y/o de sus familiares. Los pacientes fueron interrogados y explorados por los residentes y profesores del programa para evaluar su estado neurológico antes del procedimiento. En los procedimientos electivos se indico un ayuno de 8 horas, durante el cual el paciente fue hidratado con solución fisiológica intravenosa. Se solicitó biometría hemática, química sanguínea y tiempos de coagulación en todos los pacientes. Los procedimientos se realizaron bajo monitorización continua de los signos vitales y en algunos casos se contó con un anesthesiólogo.

Todas las angiografías fueron realizadas a través de un abordaje en la arteria femoral. Previa asepsia de la región inguinal bilateral, se localizo el sitio de punción y se infiltro con lidocaina al 1%. La punción se realizó con una aguja arterial convencional. Una vez que se obtuvo flujo arterial continuo se utiliza la técnica de Seldinger para introducir una guía metálica corta y en forma subsiguiente se colocó un introductor femoral de 11 cm. Se realiza siempre un disparo de control en la arteria femoral. En la mayoría de los pacientes un catéter hidrofílico JB 2 de 5 Fr y una guía hidrofílica de 0.035 o 0.038 pulgadas (Terumo® Medical Corporation) fueron utilizadas como primera opción. En los pacientes menores de 12 años de edad se utilizaron introductores y catéteres 4 Fr. Los catéteres y guías se mantienen en solución fisiológica con 1 UI de heparina por ml en un recipiente contenedor.

Bajo control fluoroscópico se introduce el catéter y guía diagnóstica hasta llegar al cayado aórtico desde el cual se realiza aórtograma para catalogar el cayado aórtico como tipo I, II o III⁶. Esta clasificación del cayado aórtico es directamente proporcional a la dificultad para canalizar los troncos supra-aórticos,

incrementa la duración del procedimiento, la cantidad de contraste y el número de catéteres utilizados, así como el índice de complicaciones relacionadas al procedimiento^{6,7}. Especial énfasis se hace en evitar la formación de espacios muertos entre la punta del catéter y guía diagnóstica, ya que esto promueve la formación de trombos que pueden ser embolizados a la circulación cerebral⁸. El número de arterias canalizadas, así como las proyecciones tomadas de cada eje arterial varió dependiendo de la indicación y tipo de patología identificada en cada paciente. Durante el procedimiento se mantiene comunicación continua con el paciente.

Al término del procedimiento se retira el introductor femoral y se realizan 30 minutos de compresión manual sobre el sitio de punción arterial. Se utilizaron dispositivos de cierre arterial en algunos pacientes como el Angio-Seal™ Vascular Closure Device (St. Jude Medical Inc) o Perclose™ Suture-Mediated Closure System (Abbott Vascular, Inc). Se coloca parche compresivo y un costal de arena por 8 horas. Se indica reposo absoluto y estricto por las siguientes 24 horas.

Recolección de datos

Los datos generales del paciente así como la indicación del procedimiento fueron obtenidos desde el momento de la indicación del procedimiento. Al finalizar la angiografía el personal técnico de hemodinamia nos informó la cantidad de contraste utilizado, el tiempo de fluoroscopia y tiempo requerido para completar el estudio. Se incluyó también el tipo de anestesia utilizado además de los tipos y cantidades de catéteres y guías diagnósticas. Se incluyeron todo tipo de eventos transprocedimiento adversos.

Evaluamos el estado neurológico del paciente al término de la angiografía, antes de retirar el introductor femoral después de concluir la compresión del sitio de punción. Todos los pacientes sin excepción, fueron internados en este Hospital. A la mañana siguiente se realizó una nueva evaluación del estado neurológico, del sitio de punción y de pulsos distales. Una complicación neurológica se definió como la aparición de un nuevo signo o síntoma neurológico con o sin deterioro del estado neurológico previo al procedimiento. Las complicaciones neurológicas se dividieron en transitorias y permanentes. Las complicaciones no neurológicas se dividieron en complicaciones del sitio de punción y complicaciones sistémicas (reacción alérgica al medio de contraste, insuficiencia renal, infarto al miocardio, etc).

RESULTADOS

Un total de 200 angiografías cerebrales diagnósticas fueron realizadas en 196 pacientes en el periodo de 19 meses (marzo 2005 a octubre de 2006). 108 pacientes fueron hombres (54%), el resto mujeres. El promedio de edad fue de 48 años (rango 3 a 80). En ocho pacientes se utilizó anestesia general (4%), en ocho pacientes se utilizó sedación intravenosa (4%), en el resto de los pacientes se utilizó solamente anestesia local. Los procedimientos fueron realizados por residentes de terapia endovascular neurológica bajo supervisión y/o participación técnica de un profesor del servicio. Las indicaciones para la realización de la ACD se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Indicaciones para angiografía cerebral diagnóstica.

Aneurismas		
Supratentoriales		44
Infratentoriales		6
Malformaciones arteriovenosas		
MAV		28
Cavernomas		4
Angioma venoso		4
Tinciones tumorales		
Meningiomas		26
Glomus yugular		4
Estesioneuroblastoma		2
Enfermedad vascular cerebral isquémica		
Enfermedad carotídea aterosclerótica		28
Stroke en evolución		13
Enfermedad vertebrobasilar		8
Estenosis intracraneal		2
Enfermedad de pequeños vasos		1
Fístulas		
Fístula carótido-cavernosa		4
Fístula pial		4
Fístula dural		3
Fístula traumática de la ATS		1
Hemorragia intracerebral espontánea		10
Hemorragia subaracnoidea espontánea (Aneurisma no demostrado)		4
Vértigo		4

MAV: malformación arteriovenosa. ATS: arteria temporal superficial.

En 171 pacientes se utilizó solamente un catéter y guía diagnósticos (85.5%). En 22 pacientes (11%) se utilizó un segundo catéter (Simmons 2 o coronario derecho), en 6 pacientes (3%) un tercer catéter y en una paciente con un arco aórtico tipo III se utilizaron 4 catéteres y 3 guías diagnósticas (0.5%). Se identi-

có un arco aórtico tipo I en 168 pacientes; tipo II 26 pacientes y tipo III en 6 pacientes. La cantidad de contraste utilizado fue en promedio de 108 ml (rango de 80-220). La duración promedio de los procedimientos fue de 38 minutos (rango de 22 a 95) con un tiempo de fluoroscopia promedio de 14 minutos. Se utilizaron dispositivos de cierre arterial en 16 pacientes (8%) sin complicaciones asociadas a su uso. En el resto de los pacientes se realizó compresión manual por 30 minutos del sitio de punción, siendo necesario prolongar el tiempo de compresión en 8 pacientes por sangrado persistente.

Complicaciones transprocedimiento

No se presentaron fenómenos tromboembólicos ni disecciones arteriales durante ninguno de los procedimientos. Lo que resulta en un índice de 0% de complicaciones transprocedimiento.

Complicaciones neurológicas

No se presentaron complicaciones neurológicas permanentes en esta serie de pacientes. El índice de complicaciones neurológicas transitorias fue del 2%. Un paciente desarrolló, a los 45 minutos de haber concluido el procedimiento, amaurosis bilateral atribuible a toxicidad del medio de contraste. Esta complicación se resolvió gradualmente en una hora, sin déficit visual residual. Una paciente presentó en las primeras 24 horas posangiografía, un episodio de crisis convulsivas simples focalizadas a la extremidad superior derecha. Estas crisis convulsivas no se han repetido a 9 meses de seguimiento y se atribuyeron de igual forma a toxicidad del medio de contraste. En dos pacientes se presentó cefalea posangiografía con una duración menor a 24 horas.

Complicaciones no neurológicas

Se presentaron cuatro hematomas en el sitio de punción (2%), todos menores de 5 cm de diámetro y ninguno requirió tratamiento quirúrgico. Una paciente desarrolló insuficiencia renal aguda (0.5%) que respondió satisfactoriamente al tratamiento y no se presentó alergia al medio de contraste en esta serie de pacientes. Seis pacientes nos refirieron algún tipo de dolor en la extremidad inferior derecha y/o en el sitio de punción en los primeros 30 días posterior al procedimiento. En todos ellos se descartó un pseudoaneurisma en la arteria femoral mediante un ultrasonido Doppler.

DISCUSIÓN

Estamos de acuerdo en que el número de angiografías cerebrales seguirá disminuyendo en los próximos años conforme se vayan perfeccionando los métodos de diagnóstico no invasivos como la angioresonancia y la angiotomografía. Quizá llegará un momento en que la ACD sea solamente parte inicial de la terapéutica endovascular neurológica. Sin embargo, en este momento podemos concluir que la ACD continúa siendo el método de diagnóstico con mayor sensibilidad y especificidad en muchas de las manifestaciones de la enfermedad vascular cerebral⁵.

A poco más de 80 años de la realización de la primera angiografía cerebral por Moniz y Almeida, una gran cantidad de autores a lo largo de estos años han publicado sus hallazgos y complicaciones con este método diagnóstico⁹⁻²⁰. La introducción de nuevos materiales diagnósticos y el perfeccionamiento de los medios de contraste han hecho que paulatinamente la ACD sea un procedimiento más seguro⁸. El riesgo de una complicación neurológica transitoria o reversible en una ACD ha sido reportado en rangos desde 0.4 % a 12.2%^{9-20,21}. El riesgo de una complicación neurológica permanente varía de 0 al 5.4%^{9-20,21}. De interés histórico es la publicación de Baum, *et al* que en 1966 reportaron que el índice de complicaciones de la "no angiografía" se asemeja al de la angiografía, ya que muchas de las llamadas complicaciones angiográficas no son más que manifestaciones de la enfermedad de base²².

Hasta el momento la serie más grande analizada de manera prospectiva es aquella publicada por Willinsky *et al*, quienes en una sola institución reportan un índice de complicaciones neurológicas reversibles al 0.9% y permanentes del 0.5% en 2, 899 pacientes²¹. En este reporte se hace énfasis en que los procedimientos realizados por residentes de radiología tienen mayor posibilidad de tener una complicación que cuando se hace por médicos adscritos o neurorradiólogos (1.3 vs 0.5%). Hasta dónde nosotros sabemos, este es el primer reporte de angiografías realizadas por neurocirujanos en entrenamiento para terapia endovascular neurológica.

Los mecanismos por los cuales se puede presentar una complicación neurológica en una ACD son en principio los fenómenos tromboembólicos^{9,21}. La formación de émbolos puede ocurrir en la superficie de la guía, o en el interior del catéter diagnóstico, sobre todo si se deja un espacio muerto sin guía el tiempo necesario para la formación de un trombo. Es por eso nuestra insistencia en la práctica de dejar el

menor tiempo posible el catéter sin la guía. Otro mecanismo de complicaciones neurológicas son aquellas relacionadas a la ruptura de placas ateroscleróticas por la punta de la guía o del catéter^{13,21}. Lo anterior coincide con varios autores que describen que el índice de complicaciones es mayor en aquellos pacientes investigados por ataques isquémicos transitorios, *stroke* o soplo carotídeo²³. En nuestra práctica siempre hacemos especial atención a no canalizar ningún tronco supraórtico sin un disparo de control del *ostium* arterial. De igual forma de rutina se toma una proyección lateral de control de la bifurcación cervical, en caso de encontrar estenosis significativa los disparos angiográficos se realizarán desde la carótida común, subclavia o incluso desde el cayado aórtico.

El promedio de edad de los pacientes incluidos en nuestro estudio fue de 48 años, lo cual probablemente explique el bajo índice de complicaciones reportadas en nuestra serie. Heiserman *et al*, en un análisis prospectivo reportaron 0% de complicaciones neurológicas en 363 pacientes menores de 50 años de edad¹⁵. De igual forma, Dion *et al*, reportaron 0% de complicaciones neurológicas en 204 pacientes menores de 30 años de edad¹¹. En esta serie se incluyeron 9 pacientes menores 10 años de edad en los cuales no se presentó complicación alguna, lo cual coincide con reportes previos sobre la seguridad de la ACD en niños²⁴.

Más de una cuarta parte de los procedimientos fueron realizados para confirmar un aneurisma intracraneal roto ante la presencia de hemorragia subaracnoidea²⁵. En 50 pacientes se demostró al menos un aneurisma, sin deterioro de la condición neurológica ni ruptura transprocedimiento del aneurisma. En 15 pacientes se realizó una reconstrucción tridimensional del aneurisma y en aneurismas del segmento comunicante posterior de la arteria carótida interna se realizó un disparo de la carótida contralateral con compresión del eje arterial afectado (figura 1). Lo anterior brinda información de vital importancia ante la ruptura quirúrgica de un aneurisma. En la figura 2 se ejemplifica el caso de una mujer de 51 años con cefalea súbita e intensa y hemorragia intraventricular cuya angiotomografía de cerebro se reportó normal y al realizarse una angiografía cerebral se demostró un aneurisma de la arteria cerebelosa posteroinferior asociada a una fenestración de la arteria.

15 angiografías cerebrales se realizaron de urgencia (7.5%): diez de ellas con el diagnóstico de *stroke* en evolución y dos se realizaron de manera preoperatoria ante la presencia de una hemorragia intracerebral espontánea sugestiva de malformación



Figura 1. A. Se observa hemorragia subaracnoidea e intraventricular. B. En la angiografía se demuestra un aneurisma del segmento comunicante posterior de la arteria carótida interna izquierda. C. Se realiza una reconstrucción tridimensional de este eje arterial. D. Con compresión de la arteria carótida común izquierda se realiza un disparo en la arteria carótida interna derecha que demuestra el paso del medio de contraste al hemisferio cerebral izquierdo a través de la arteria comunicante anterior.

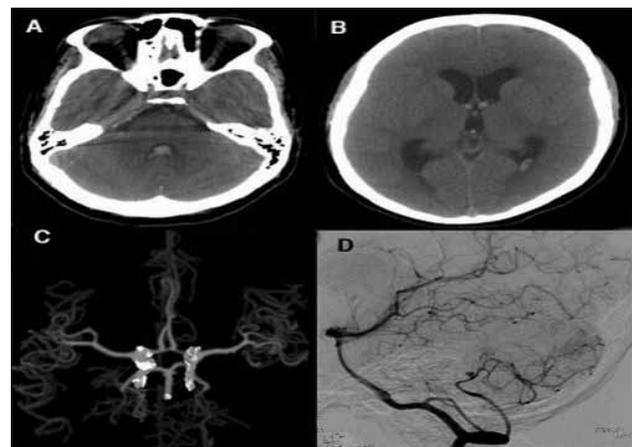


Figura 2. En A y B se observa hemorragia intraventricular en agujero de Monro y IV ventrículo además de hidrocefalia secundaria. C. Se observa un angioTAC de cerebro que no demuestra aneurismas. Se realiza una angiografía cerebral y un disparo de la arteria vertebral derecha. D. Se demuestra un aneurisma en el cuarto de la PICA asociado a una arteria fenestrada.

arteriovenosa. El menor de los pacientes de esta serie es un paciente de 3 años de edad con un meningioma de la convexidad cerebral izquierda que fue llevado a sala de hemodinamia con la intención de embolizar el tumor pero en la angiografía diagnóstica no se encontró tinción tumoral. No existieron complicaciones en este grupo de pacientes.

Por último, en nuestro análisis no encontramos una indicación más indiscutible para una ACD que la de "conocer el comportamiento" de una malformación

arteriovenosa (MAV) con sus arterias afrentes, características del nido y el tipo del drenaje venoso, ectasias venosas, aneurismas asociados, etc. La adecuada realización e interpretación de una angiografía en un paciente con una MAV ayuda a un equipo multidisciplinario a decidir cual de todas las opciones terapéuticas es mejor para el paciente (figura 3).

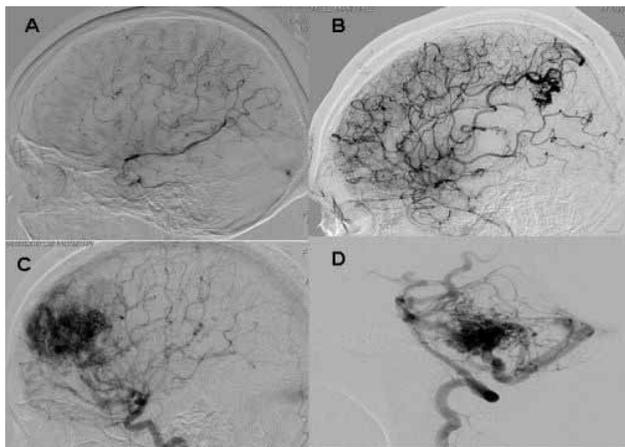


Figura 3. A. Llenado temprano de la vena basal de Rosenthal en una MAV opercular izquierda S&M III tratada con microneurocirugía y angiografía transoperatoria. B. MAV parietal izquierda S&M II tratada con angioembolización. C. MAV S&M III tratada inicialmente con angioembolización y posteriormente con radiocirugía. D. MAV infratentorial S&M III tratada con angioembolización, microneurocirugía y después con radiocirugía. (MAV: malformación arteriovenosa; S&M: grado en la clasificación de Spetzler y Martin).

Sólo reportaron una angiografía como normal (0.5%). Se trata de un paciente de 69 años de edad con vértigo central crónico, referido de la consulta de otorrinolaringología por no responder al tratamiento médico. En otros pacientes con vértigo se encontraron trombosis del seno transversal, fístula pial y una MAV. El bajo número de angiografías normales nos habla de la adecuada selección de los pacientes en esta serie.

CONCLUSIÓN

La angiografía cerebral diagnóstica conlleva a un riesgo bajo de complicaciones neurológicas transitorias y/o permanentes, además de complicaciones no neurológicas potencialmente letales. La adecuada selección del paciente para una angiografía cerebral exige al médico tratante un conocimiento extenso de la patología a la que se enfrenta, así como la minuciosa valoración del paciente y sus factores de riesgo. Al valorar el riesgo/beneficio de una ACD si se decide llevarla a cabo, ésta debe de ser realizada por médicos capacitados en el área de las neurociencias para

disminuir al máximo el índice de complicaciones relacionadas al procedimiento.

REFERENCIAS

1. Krayenbühl H, Yasargil MG. *Cerebral angiography*. 2ª Edición. New York: Thieme Medical Publishers Inc, 1979:1-4.
2. Moniz E. L. Encéphalographie artérielle: son importance dans la localisation des tumeurs cérébrales. *Rev Neurol* 1927;34:72-89.
3. Ligon LB. The mystery of angiography and the "Unawarded" Nobel Prize: Egas Moniz and Hans Christian Jacobaeus. *Neurosurgery* 1998;43:602-11.
4. Osborn AG. *Diagnostic cerebral angiography*. 2ª Edición. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins: 1999: ix (prefacio).
5. Chappell ET, Moure FC, Good MC. Comparison of computed tomographic angiography with digital subtraction angiography in the diagnosis of cerebral aneurysms: a meta-analysis. *Neurosurgery* 2003; 52:624-31.
6. Myla S. Carotid access techniques: an algorithmic approach. *Carotid Intervention* 2001; 3:2-12.
7. Simmons CR, Tsao EC, Thompson JR. Angiographic approach to difficult aortic arch: a new technique. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med* 1973; 119:605-12.
8. Gawel M, Burkett M, Rose FC. Platelet activation following cerebral angiography. *Acta Neurol Scand* 1980; 61:240-3.
9. Waugh JR, Sacharias N. Arteriographic complications in the DSA era. *Radio* 1992; 182:243-6.
10. Grzyska U, Freitag J, Zeumer H. Selective cerebral intraarterial DSA: complication rate and control of risk factors. *Neuroradiol* 1990; 32:296-9.
11. Dion JE, Gates PC, Fox AJ, Barnett HJ, Blom RJ. Clinical events following neuroangiography: a prospective study. *Stroke* 1987; 18:997-1004.
12. Earnest F, Forbes G, Sandok BA. Complications of cerebral angiography: prospective assessment of risk. *AJR Am J Roentgenol* 1984;142:247-53.
13. Eisenberg RL, Bank WO, Hedgcock MW. Neurologic complications of angiography in patients with critical stenosis of the carotid artery. *Neurology* 1980;30:892-895.
14. Faught E, Trader SD, Hanna GR. Cerebral complications of angiography for transient ischemia and stroke: prediction of risk. *Neurology* 1979; 29:4-15.
15. Heiserman JE, Dean BL, Hodak JA. Neurologic complications of cerebral angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 1994; 15:1401-7.
16. Komiyama M, Yamanaka K, Nishikawa M, Izumi T. Prospective analysis of complications of catheter cerebral angiography in the digital subtraction angiography and magnetic resonance era. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 1998; 38:534-9.
17. Leffers AM, Wagner A. Neurologic complications of cerebral angiography: a retrospective study of complication rate and patient risk factors. *Acta Radiol* 2000; 41:204-10.
18. Mani RL, Eisenberg RL, McDonald EJ, Jr, Pollock JA, Mani JR. Complications of catheter cerebral arteriography: analysis of 5,000 procedures. I. Criteria and incidence. *AJR Am J Roentgenol* 1978; 131:861-5.
19. McIvor J, Steiner TJ, Perkin GD, Greenhalgh RM, Rose FC. Neurological morbidity of arch and carotid arteriography in cerebrovascular disease: the influence of contrast medium and radiologist. *Br J Radiol* 1987; 60:117-22.
20. Olivecrona H. Complications of cerebral angiography. *Neuroradiol* 1977;14:175-81.
21. Willinsky RA, Taylor SM, terBrugge K, Farb RI, Tomlinson G, Montanera W. Neurologic complications of cerebral angiography: prospective analysis of 2,899 procedures and review of

- the literature. *Radiol* 2003; 227:522-8.
22. Baum S, Stein GN, Kuroda KK. Complications of "no arteriography". *Radiol* 1966; 86:835-8.
 23. Leow K, Murie JA. Cerebral angiography for cerebrovascular disease: the risks. *Br J Surg* 1988; 75:428-30.
 24. Burger IM, Murphy KJ, Jordan LC, Tamargo RJ, Gailloud P. Safety of cerebral digital subtraction angiography in children. Complication rate analysis in 241 consecutive diagnostic angiograms. *Stroke* 2006; 37:2535-9.
 25. Cloft HJ, Joseph GJ, Dion JE. Risk of cerebral angiography in patients with subarachnoid hemorrhage, cerebral aneurysm, and arteriovenous malformation: a meta-analysis. *Stroke* 1999; 30:317-20.

AGRADECIMIENTOS

A los doctores Mario Campos Coy, Jefe del Departamento de Radiología e Imagen por el continuo apoyo al Programa de Terapia Endovascular Neurológica; al Samuel Pérez Cárdenas y Eduardo Alberto Cabañas Corona, quienes con todos los residentes del servicio de neurocirugía del Hospital Universitario, UANL coordinan los aspectos logísticos para la realización de las angio-grafías cerebrales, cuidan y vigilan a los pacientes.