

Angiografía cerebral por tomografía en el diagnóstico de aneurismas cerebrales en pacientes con hemorragia subaracnoidea

César Alberto Pinilla Gómez, MD*
Juan Carlos Mantilla Suárez, MD** †
Oliverio Vargas Pérez, MD**
Eduardo Higuera Escalante, MD**
Juan José Rey Serrano, MD MSc††

Resumen

Antecedentes: El 85% de los casos de hemorragia subaracnoidea no traumática (HSA) es secundaria a ruptura de un aneurisma intracraneano. Su identificación y localización temprana permiten intervenir al paciente con miras a disminuir el vasoespasmio y re-sangrado, causales de la alta morbilidad y mortalidad que tiene esta entidad. **Objetivo:** Evaluar la exactitud diagnóstica de la angiografía topográfica (angioTC) frente a la angiografía por sustracción digital (angioDSA). **Metodología:** En nueve pacientes con HSA atendidos en un servicio de radiología, se comparó la exactitud diagnóstica de la angioTC frente a angioDSA. **Resultados:** La capacidad de la angioTC para diagnosticar HSA tiene sensibilidad de 80,0% (IC95% 69,7-90,2 %), especificidad de 66,6% (IC95% 49,6-83,6%), valor predictivo positivo de 80% (IC95% 69,7-90,2) y valor predictivo negativo de 66,6% (IC95% 49,6-83,6%). **Conclusión:** La angioTC es un método de imágenes diagnósticas útil en nuestro medio para la detección de aneurismas cerebrales luego de HSA. [Pinilla CA, Mantilla JC, Vargas O, Higuera E, Rey JJ. *Angiografía cerebral por tomografía en el diagnóstico de aneurismas cerebrales en pacientes con hemorragia subaracnoidea. MedUNAB 2006; 9:93-97*].

Palabras clave: Hemorragia subaracnoidea, Aneurisma cerebral, Angiografía cerebral por tomografía computarizada helicoidal, Angiografía cerebral por sustracción digital.

Summary

Non-traumatic subarachnoid hemorrhage (SAH) secondary to rupture of a cerebral aneurysm is an event associated with high mortality and morbidity. 85% of this SAH are due to intracranial aneurysm rupture, so early identification and localization is important to decrease the possibilities of vasospasm and rebleeding, with better management planning and execution. This is a descriptive study, analyzing radiological archives from September 2004 to July 2005 of a series of 9 patients with SAH. The accuracy of Angio CT was compared to an Angio DSA in patients with non-traumatic SAH. Results: When comparing Angio CT using Angio DSA as reference, the following data was obtained: Sensitivity: 80,0% CI (69,7-90,2%), Specificity: 66,6% CI (49,6-83,6%), PPV: 80% CI (69,7-90,2%), and a NPV: 66,6% CI (49,6-83,6%). Conclusions: Angio CT is a useful diagnostic method to diagnose cerebral aneurysms in our institution. [Pinilla CA, Mantilla JC, Vargas O, Higuera E, Rey JJ. *Angio CT to intracranial aneurysm diagnosis in patients with subarachnoid hemorrhage. MedUNAB 2006; 9: 93-97*].

Key words: Subarachnoid hemorrhage, Cerebral aneurysm, Cerebral angiography by helical computed tomography, Cerebral angiography by digital subtraction.

* Residente, Especialización en Radiología e Imágenes Diagnósticas, Universidad Autónoma de Bucaramanga, Fundación Oftalmológica de Santander Clínica Carlos Ardila Lülle, Bucaramanga, Colombia.

** Profesor Asociado, Especialización en Radiología e Imágenes Diagnósticas, Universidad Autónoma de Bucaramanga, Fundación Oftalmológica de Santander Clínica Carlos Ardila Lülle, Bucaramanga, Colombia.

† Director Médico, Fundación Oftalmológica de Santander Clínica Carlos Ardila Lülle, Bucaramanga, Colombia.

†† Departamento de Medicina Preventiva, Fundación Oftalmológica de Santander Clínica Carlos Ardila Lülle, Bucaramanga, Colombia.

Correspondencia: Dr. Pinilla, Carrera 50 No 79-80, Apartamento 1102, Barranquilla, Colombia. E-mail: capi197@gmail.com

Artículo recibido: 26 de mayo de 2006; aceptado: 23 de julio de 2006.

Introducción

La hemorragia subaracnoidea no traumática (HSA) debida a la ruptura de un aneurisma cerebral es un evento catastrófico asociado con altas tasas de morbilidad y mortalidad. En Estados Unidos tiene una incidencia de un caso por cada 10.000 habitantes, de los cuales un 12% muere antes de recibir atención médica, otro 40% muere durante el mes posterior al episodio, y más de la tercera parte de los que sobreviven quedan con secuelas neurológicas mayores.¹

El diagnóstico de la hemorragia subaracnoidea (HSA) depende principalmente de la sospecha clínica y se confirma con la tomografía computarizada sin contraste; la cual tiene una sensibilidad del 98% cuando se realiza en las primeras doce horas del suceso. Aproximadamente el 85% de las HSA son secundarias a ruptura de aneurismas intracraneanos; su identificación, localización y caracterización en forma precisa y temprana permite la planeación y ejecución de una mejor terapéutica, lo cual es de vital importancia para disminuir las posibilidades de vasoespasmio y resangrado, eventos que se presentan en el 4% de los pacientes durante las primeras 24 horas posHSA, y del 1 al 2% para cada día hasta las siguientes cuatro semanas.¹

El método de diagnóstico por imágenes estándar para la detección de los aneurismas intracraneanos es la arteriografía cerebral por sustracción digital (DSA cerebral), técnica que permite obtener imágenes de alta resolución.¹⁻⁶ Sin embargo, es un método invasivo, con un riesgo de 0,07% de complicación neurológica permanente en pacientes con HSA, aneurismas cerebrales y malformaciones arteriovenosas.^{7, 8} Por otro lado, es un examen relativamente costoso, que consume tiempo y necesita de un equipo especializado (angiógrafo), así como de personal altamente capacitado para su realización, lo cual limita su disponibilidad.

Las características del estudio ideal para la detección y caracterización de los aneurismas intracraneanos son bajo costo, disponibilidad, fácil realización e interpretación, ausencia de complicaciones y de invasión al paciente, y que ilustre con un alto grado de exactitud la presencia de los aneurismas.⁹ Por lo anteriormente enunciado, se ha desarrollado gran interés en torno a los métodos de imágenes diagnósticas no invasivos, en especial en la angioTC como un método alterno, complementario e, incluso, sustitutivo de la DSA cerebral, pues reúne muchas de las características mencionadas.

En nuestro medio se utiliza la DSA cerebral como el método inicial para el estudio de las hemorragias subaracnoideas no traumáticas, no obstante la existencia de informes en la literatura de la gran exactitud diagnóstica de la angioTC en la detección de aneurismas cerebrales e, incluso, evidencia de aneurismas visualizados en angioTC que no fueron observados en la DSA cerebral.^{3, 10, 11} La tabla 1 ilustra las principales diferencias de los dos métodos diagnósticos.^{2, 3, 8, 12-15}

Tabla 1. Diferencias entre DSA cerebral y angioTC

Aspecto	DSA cerebral	AngioTAC
Resolución de la imagen	Excelente	Buena
Precisión diagnóstica	90-100%	74-100%
Abordaje	Invasivo	No invasivo
Riesgo de complicación neurológica permanente	0,07%	Ninguno
Tiempo para la adquisición de imágenes	20 minutos	20 segundos
Costo	\$1.190.000	\$460.000
Detección de aneurismas muy periféricos	Excelente	Regular
Entrenamiento para su realización	Radiólogo	Tecnólogo

En este informe se presenta la exactitud diagnóstica de la angioTC como método no invasivo frente al patrón de referencia angioDSA en el estudio de los pacientes con HSA que clínicamente es secundaria a ruptura de aneurisma intracraneano.

Metodología

Este es un estudio descriptivo de una serie de pacientes atendidos entre septiembre de 2004 y junio de 2005 en el servicio de Radiología de la Fundación Oftalmológica de Santander Clínica Carlos Ardila Lülle de Bucaramanga, Colombia. Todos los pacientes tenían clínica de HSA confirmada por tomografía computadorizada (TC). El estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Institución.

Tanto la TC cerebral simple como el angioTC se realizó con un equipo Toshiba Asteion® de un detector, para luego hacer la DSA cerebral con un angiógrafo digital Toshiba®. Se hizo seguimiento de los pacientes para confrontar los hallazgos imaginológicos con el resultado final de cirugía, embolización, tratamiento médico, muerte o cualquier otro evento relevante.

El análisis estadístico en Epi Info 6.0, iniciando con la caracterización clínica de los pacientes. El análisis de la capacidad diagnóstica del angioTC se hizo en Epidat 5.0 para calcular sensibilidad, especificidad y valores predictivos positivo (VPP) y negativo (VPN), teniendo como referente los hallazgos en la DSA cerebral.

Resultados

Se estudiaron nueve pacientes, ocho mujeres (88,8%) y un hombre (11,1%). El rango de la edad fue de 44 a 81 años. El inicio de los síntomas tuvo una mediana de 5 horas (intervalo intercuartil entre 3 y 168 horas). Siete pacientes tenían antecedentes de riesgo cardiovascular como hipertensión arterial, obesidad o dislipidemia. Cuatro de ellos manifestaban cefalea moderada a severa al ingreso, clase Hunt y Hess 2. Tres de los pacientes tenían coágulo mayor o igual a 1 mm de espesor en cisternas verticales, grado 3 de Fisher.

La tabla 2 presenta los hallazgos por método de estudio. A dos de ellos no se les evaluó por DSA cerebral, uno por

su condición clínica grave (Hunt Hess 3 y Fisher 3, caso 1) quien fue llevado a cirugía, confirmándose el diagnóstico de aneurisma mediano (9 mm) en la arteria comunicante anterior establecido con angioCT. Al caso 9 se le diagnosticó aneurisma gigante (17 mm) en la arteria cerebral anterior derecha, falleciendo antes de realizarse el DSA cerebral y el tratamiento quirúrgico.

En dos pacientes no se identificó aneurisma cerebral alguno las dos técnicas. El caso 7 presentó HSA (Fisher 3) de predominio interpeduncular, de causa no conocida; en este paciente se descartó la presencia de aneurismas por medio de DSA cerebral al mes y tres meses del episodio agudo. El caso 8 presentó HSA diagnosticada por TC simple con cuadro clínico sutil (Fisher 1), sin que fuera posible hacer seguimiento con DSA cerebral para verificar el diagnóstico.

Se identificaron siete aneurismas por medio de angioTC cerebral y cinco con DSA cerebral, para un total de ocho aneurismas diagnosticados con los dos métodos. En los pacientes sometidos a los dos estudios se identificaron cinco aneurismas con angioTC, de ellos cuatro fueron verdaderos positivos y uno falso positivo, para una sensibilidad del 80,0% (IC95% 69,7-90,2). Las imágenes 1a, 1b, 1c y 1d corresponden a la paciente con diagnóstico verdadero positivo de aneurisma de la arteria carótida interna derecha porción C7 a la cual se le realizó clipaje.

Tres aneurismas no fueron detectados por la angioTC. Dos fueron verdaderos negativos y uno falso negativo, para una especificidad del 66,6% (IC95% 49,6-83,6), VPP de 80% (IC95% 69,7-90,2%) y VPN de 66,6% (IC95% 49,6-83,6).

El 44% de los aneurismas detectados por ambos métodos diagnósticos correspondió a aneurismas medianos de 5 a 12 mm. Se identificaron dos aneurismas gigantes, uno en la punta de la arteria basilar, de 26 mm de diámetro mayor confirmado por DSA cerebral, quién recibió tratamiento endovascular con coils; el segundo estaba localizado en la arteria cerebral anterior derecha, de 17 mm de diámetro que no se confirmó por DSA cerebral ni por cirugía ya que falleció antes de cualquier otro procedimiento (figura 2).

Un aneurisma pequeño de 3 mm de diámetro mayor, localizado por la angioTC en la arteria cerebral media

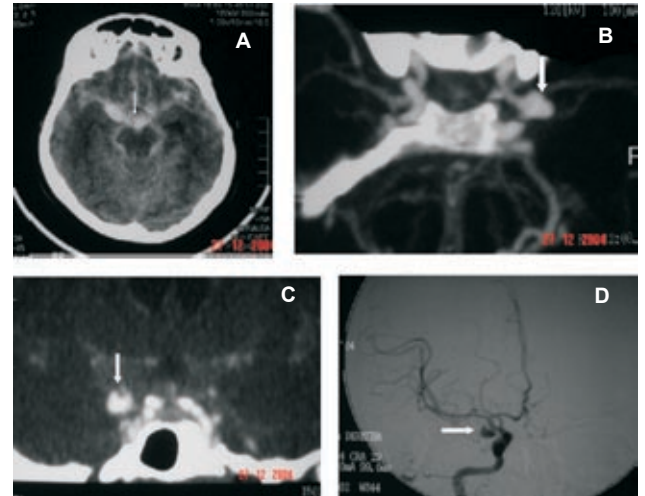


Figura 1. A. TC cerebral simple de una paciente de 69 años con HSA de predominio interpeduncular, grado 3 en la escala de Fisher. B. AngioTC con reconstrucción 3D en MIP, vista superior, identificándose aneurisma mediano de la carótida interna supraclinoidea derecha. C. AngioTC con reconstrucción 2D coronal MPR, identificándose aneurisma mediano en el sitio descrito. D. AngioDSA en la que se confirma la presencia del aneurisma.

derecha fue un falso positivo confirmado en la DSA cerebral y por cirugía. En esta misma paciente se presentó un resultado falso negativo dado un aneurisma mediano de 6 mm de la arteria comunicante posterior izquierda no identificado en la angioTC y que se hizo evidente en la angioDSA y luego en cirugía.

De los nueve pacientes estudiados, tres de ellos fueron llevados a cirugía, uno se embolizó con coils, tres fallecieron antes de la cirugía, uno de ellos antes de la DSA cerebral. A los dos pacientes sin evidencia de aneurismas no se les encontró la causa del sangrado.

Discusión

La angioTC tiene una serie de ventajas en comparación con la DSA cerebral, entre las cuales se destacan: es un método no invasivo, con menor riesgo de complicaciones y morbilidad, se puede realizar en forma más rápida,

Tabla 2. Hallazgos imaginológicos de los pacientes estudiados

Caso	AngioTC		DSA cerebral	
	Localización	Tamaño	Localización	Tamaño
1	Comunicante anterior derecha	Mediano	Comunicante anterior derecha*	Mediano*
2	Cerebral media derecha	Pequeño	Comunicante posterior derecha	Mediano
3	Comunicante anterior	Mediano	Comunicante anterior	Mediano
4	Basilar	Grande	Basilar	Grande
5	Carótida interna derecha	Mediano	Carótida interna derecha	Mediano
6	No identificado		No identificado	
7	No identificado		No identificado	
8	Comunicante posterior derecha	Mediano	Comunicante posterior derecha	Mediano
9	Cerebral anterior derecha	Grande		

*Hallazgo en cirugía

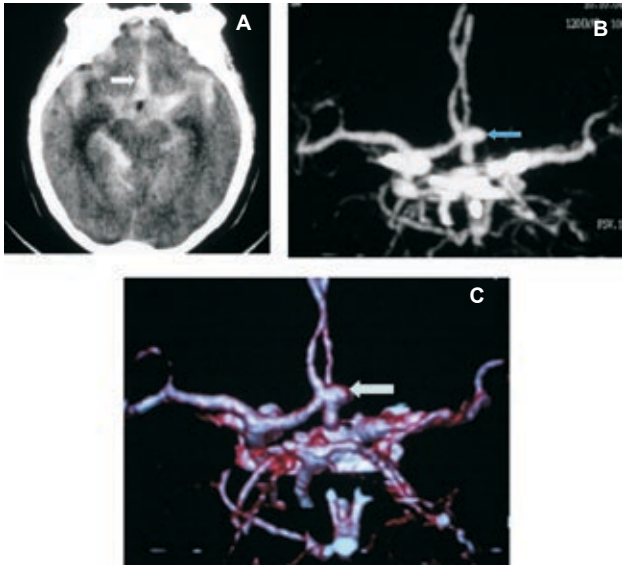


Figura 2. A. TC cerebral simple de una paciente de 58 años con HSA de predominio interhemisférico, grado 3 en la escala de Fisher. B. AngioTC con reconstrucción 3D coronal oblicua en MIP, identificándose aneurisma mediano de arteria comunicante anterior. C. AngioTC con reconstrucción 3D en *volume rendering*.

es menos costoso, requiere menor entrenamiento para su realización, no necesita sedación en la mayoría de los pacientes y puede utilizarse en aquellos que se encuentren críticamente enfermos o inestables.^{2, 3, 12, 13} Dadas las características mencionadas de la AngioTC y su comprobada exactitud, esta nueva herramienta del arsenal imaginológico ha venido ganando aceptación, de manera tal que se ha constituido en el primer examen a realizar en todo paciente con HSA no traumática por sospecha de aneurisma cerebral roto; no obstante la DSA continúa siendo el patrón de referencia en el estudio de estos pacientes.¹⁻⁶

Chappell et al publicaron un metaanálisis de 21 artículos que analizaron 1.251 pacientes, los cuales presentaban HSA o síntomas sugestivos de aneurismas, razón por la que fueron sometidos a angioTC y DSA cerebral para su diagnóstico; informaron para angioTC sensibilidad de 93,3% y especificidad de 87,8% al comparar la con la DSA como el patrón de oro.² No obstante, la literatura soporta que el angioTC es un estudio con muchas ventajas y una exactitud diagnóstica tal que se acerca a la DSA como patrón de referencia.^{1-3, 6, 10, 11, 16} A ello hay que sumar que es un procedimiento menos riesgoso e incómodo para el paciente y más fácil de realizar, con un menor costo.^{2, 10, 13} Otros estudios han mostrado que la angioTC con equipo helicoidal de detector único se compara favorablemente con la DSA en la detección de aneurismas intracraneales; por ejemplo, Alberico y et al mostraron la presencia de aneurismas intracraneales por angioTC en 23 de 24 aneurismas, lo que implica sensibilidad de 96% y especificidad de 100%.¹⁷ Por otra parte, Korogi et al compararon la angioCT con los hallazgos quirúrgicos, observaron una sensibilidad del 64% en aneurismas muy pequeños (< 3 mm), 83% en pequeños

(3-4mm), 95% en medianos (5-12mm) y 100% en grandes (>13mm), con una especificidad media del 88%.¹¹

En nuestro estudio la angioTC mostró indicadores de capacidad diagnóstica muy alentadores.^{2, 18} Sin embargo, el escaso número de casos recolectados impide hacer una validación adecuada de los datos estadísticos obtenidos. La sensibilidad y el valor predictivo positivo se vieron disminuidos por la presencia del único resultado falso negativo, el cual correspondió a un aneurisma mediano de 6 mm localizado en la arteria comunicante posterior izquierda que no se identificó en la angioTC. En este caso en particular el error se debió a que la atención en la interpretación de las imágenes se centró en el único hallazgo falso positivo correspondiente a un aneurisma pequeño de 3 mm localizado en la arteria cerebral media derecha. La evaluación inicial de este caso se hizo en la pantalla del tomógrafo donde no se visualizó el verdadero aneurisma y, posteriormente, en las proyecciones impresas, donde se identificó erróneamente la presencia del aneurisma falso positivo.

White et al revisaron 11 estudios que comparaban angioTC y DSA, encontrando para la angioTC una sensibilidad del 96% para aneurismas mayores de 3 mm y del 61% para aneurismas de 2 ó 3 mm. Por lo tanto, la probabilidad posprueba depende del tamaño y la prevalencia de aneurismas en la población investigada.¹⁹ Van Gelder actualizó en 2002 la revisión sistemática de White et al, al incluir nueve estudios con un total de 619 pacientes, observaron que la prevalencia de aneurismas cerebrales era muy alta, con un rango de 0,4 a 1,1 aneurismas por paciente, y una sensibilidad de angioTC de 66 a 98%, sin falsos negativos cuando el tamaño del aneurisma era mayor de 7 mm. El rango de sensibilidad fue de 53% (IC95% 44-62) para los aneurismas de 2 mm, a 95% (IC95% 92-97) para los aneurismas de 7 mm, evidenciándose un incremento progresivo de la sensibilidad del angioTC para la detección de aneurismas cerebrales con relación al mayor tamaño de los mismos.¹⁸

Otro aspecto a tener en cuenta es la localización del aneurisma. Korogi et al informaron que de 47 aneurismas detectados en 35 pacientes por DSA, la sensibilidad para la angioTC de acuerdo a la localización fue mayor (90,4%) cuando el aneurisma se localizaba en la arteria cerebral media, y menor (66,7%) cuando se localizaba en el sistema vertebro basilar, aunque estos hallazgos también estaban influidos por el menor tamaño (< 3 mm) de los aneurismas en dicha localización.¹¹ Planteamientos similares han sido hechos por otros autores.^{3, 13, 20}

Según Anderson et al, quienes **estudiaron** 173 pacientes, no se identificaron 24 aneurismas con la angioTC, todos ellos en pacientes con múltiples aneurismas, lo que ilustra la dificultad diagnóstica que representan los aneurismas pequeños no rotos en pacientes con múltiples aneurismas.²¹ Sin embargo, el Estudio Internacional de Investigadores de Aneurismas Intracraneales no Rotos evaluó 2.621 pacientes de 53 centros en Canadá, Estados Unidos y Europa, informado una tasa acumulada de ruptura de aneurismas menores de 10 mm en pacientes sin

historia de HSA de un 0,05% por año, mientras que en pacientes con historia de HSA era de 0,5 % por año, por lo que concluyeron que la detección de pequeños aneurismas no rotos no es necesariamente crítica.²²

El hallazgo de un aneurisma pequeño en angioTC siempre tiene el riesgo de ser un falso positivo, por lo que un pequeño aneurisma solitario debe ser investigado mediante DSA a menos que la probabilidad preprueba de ruptura aneurismática sea muy alta, evitando de esta manera la realización de cirugías no indicadas. Si la HSA está presente y no se identifican aneurismas en la angioTC se debe realizar la DSA en búsqueda de un aneurisma roto.¹⁸ Por otra parte, la localización del aneurisma cerebral también tiene implicaciones en la especificidad de la angioTC, como se evidenció en nuestro estudio en el cual el aneurisma falso positivo se localizó en la arteria cerebral media derecha. Los sitios en los que con más frecuencia se presentan falsos positivos son las arterias cerebral anterior, comunicante, del sistema vertebro basilar y la carótida interna.^{11, 23}

Existe en la literatura varios informes con grandes series de pacientes que han sido llevados a cirugía solo con el reporte del angioTC y a quienes se les ha realizado DSA de control poscirugía, sin observarse discrepancias entre los hallazgos.^{10, 13, 24, 25} Anderson et al analizaron 173 pacientes con diagnóstico de HSA con angioTC, DSA o ambos; en el 48% de los pacientes la cirugía se basó en los hallazgos de la angioTC solamente. La sensibilidad y especificidad para la detección de aneurismas en este grupo fue del 90 y 100%, respectivamente, al comparar con la DSA posquirúrgica, pues ocho aneurismas no se detectaron en el preoperatorio, todos ellos de un tamaño menor o igual a 4 mm.^{10, 21} A pesar de tratarse de una serie pequeña de pacientes, el presente informe muestra, a la luz de la literatura actual, que la angioTC es una alternativa viable en nuestro medio para el diagnóstico de los pacientes con HSA no traumática.

Referencias

1. Wouter N, Schievink I. Intracranial aneurysms. *N Engl J Med* 1997; 336: 28-40.
2. Chappell E, Castro F, Good M. Comparison of computed tomographic angiography with digital subtraction angiography in the diagnosis of cerebral aneurysm: a meta-analysis. *Neurosurgery* 2003; 52:624-31.
3. Villablanca J, Jahan R, Lim S, Duckwiler G, Patel A, et al. Detection and characterization of very small cerebral aneurysms by using 2D and 3D helical CT angiography. *Am J Neuroradiol* 2002; 23:1187-98.
4. Osborn AG. Angiografía cerebral. Madrid, Marban, 2 ed, 2000: 105, 241-76.
5. Velthuis B, Leeuwen M, Witkamp T. CT angiography: source images and post processing techniques in the detection of cerebral aneurysms. *Am J Roentgenol* 1997; 169:1411-7.
6. van Gijn, J, Rinkel GJE. Subarachnoid haemorrhage: diagnosis, causes and management. *Brain* 2001; 124: 249-78.
7. Cloft H, Joseph G. Risk of cerebral angiography in patients with subarachnoid hemorrhage, cerebral aneurysm, and arteriovenous malformation. *Stroke* 1999; 30:317-20.
8. Dion JE, Gates PC, Fox AJ, Barnett HJ, Blom RJ. Clinical events following neuroangiography: A prospective study. *Stroke* 1987; 18:997-1004.
9. Jayaraman M, Mayo-Smith W, Tung G, Haas RA, Rogg JM, Mehta NR, et al. Detection of intracranial aneurysm: multi-detector row CT angiography compared with DSA. *Radiology* 2004; 230:510-8.
10. Matsumoto M, Sato N, Nakano M, Endo Y, Watanabe Y, Sasaki T, et al. Three-dimensional computerized tomography angiography-guided surgery of acutely ruptured cerebral aneurysms. *J Neurosurg* 2001; 94:718-27.
11. Korogi Y, Takahashi M, Katada K, Ogura Y, Hasuo K, Ochi M, et al. Intracranial aneurysms: detection with three-dimensional CT angiography with volume rendering – comparison with conventional angiographic and surgical findings. *Radiology* 1999; 211:497-506.
12. Tampieri D, Leblanc R, Oleszek J, Pokrupa R, Melancon D. Three-dimensional computed tomographic angiography of cerebral aneurysms. *Neurosurgery* 1995; 4:749-55.
13. Hoh B, Cheung A, Rabinov J, Pryor JC, Carter BS, Ogilvy CS. Results of a prospective protocol of computed tomographic angiography in place of catheter angiography as the only diagnostic and pretreatment planning study for aneurysms by combined neurovascular team. *Neurosurgery* 2004; 54:1329-42.
14. Shrier D, Tanaka H, Numaguchi Y, Konno S, Patel U, Shibata D. CT Angiography in the evaluation of acute stroke. *Am J Neuroradiol* 1997; 18:1011-20.
15. Tomandl B, Köstner N, Schempershofe M, Huk WJ, Strauss C, Anker L, et al. CT angiography of intracranial aneurysms: a focus on post processing. *Radiographics* 2004; 24:637-55.
16. Velthuis BK, Van Leeuwen MS, Witkamp TD, Ramos LM, Berkelbach van Der Sprenkel JW, Rinkel GJ. Computerized tomography angiography in patients with subarachnoid hemorrhage: From detection to treatment without conventional angiography. *J Neurosurg* 1999; 91:761-7.
17. Alberico RA, Patel M, Casey S, Jacobs B, Maguire W, Decker R. Evaluation of the circle of Willis with three-dimensional CT angiography in patients with suspected intracranial aneurysm. *Am J Neuroradiol* 1995; 16:1571-8.
18. van Gelder JM. Computed tomographic angiography for detecting cerebral aneurysms: implications of aneurysm size distribution for the sensitivity, specificity, and likelihood ratios. *Neurosurgery* 2003; 53:597-606.
19. White PM, Teadsale E, Wardlaw JM, Easton V. Can noninvasive imaging accurately depict intracranial aneurysm? A systematic review. *Radiology* 2000; 217:361-70.
20. Ochi T, Shimizu K, Yasuhara Y, Shigesawa T, Mochizuki T, Ikezoe J. Curved planar reformatted angiography: Usefulness for the evaluation of aneurysms at the carotid siphon. *Am J neuroradiol* 1999; 20:1025-30.
21. Anderson GB, Steinke DE, Petruk KC, Ashforth R, Findlay JM. Computed tomographic angiography versus digital subtraction angiography for the diagnosis and early treatment of ruptured intracranial aneurysms. *Neurosurgery* 1999, 45:1315-22.
22. International Study of Unruptured Intracranial Aneurysms Investigators. Unruptured intracranial aneurysms: Risk of rupture and risk of surgical intervention. *N Engl J Med* 1998; 339:1725-33.
23. Kangasniemi M, Makela T, Koskinen S, Porras M, Poussa K, Hernesniemi J. Detection of intracranial aneurysms with two-dimensional and three-dimensional multislice helical computed tomographic angiography. *Neurosurgery* 2004; 54:336-41.
24. Zouaoui A, Sahel M, Marro B, Clemenceau S, Dargent N, Bitar A, et al. Three-dimensional computed tomographic angiography in detection of cerebral aneurysm in acute subarachnoid hemorrhage. *Neurosurgery* 1997; 41:125-30.
25. Velthuis BK, Rinkel GJ, Ramos LM, Witkamp TD, Berkelbach van der Sprenkel JW, Vandertop WP, et al. Subarachnoid hemorrhage: aneurysm detection and preoperative evaluation with CT angiography. *Radiology* 1998; 208: 423-30