



## Original

# Eficacia de la angiotomografía con multidetectores en el diagnóstico del trauma arterial de extremidades<sup>☆</sup>

Tatiana Suárez Poveda<sup>a</sup>, Carlos H. Morales Uribe<sup>b,\*</sup>, Ricardo Cruz Vásquez<sup>a</sup>,  
María del Pilar Montoya Arango<sup>a</sup> y Martín Ochoa Escudero<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Radiología, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

<sup>b</sup>Departamento de Cirugía, Universidad de Antioquia, Hospital Universitario San Vicente de Paúl, Medellín, Colombia

## INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

## Historia del artículo:

Recibido el 10 de mayo de 2012

Aceptado el 11 de julio de 2012

On-line el 11 de octubre de 2012

## Palabras clave:

Angiotomografía con

multidetectores

Arteriografía

Lesión arterial de extremidades

## RESUMEN

**Objetivo:** Determinar la eficacia diagnóstica de la angiotomografía multidetectores en el diagnóstico del trauma arterial de las extremidades en pacientes con sospecha de lesión arterial sin indicación de cirugía inmediata.

**Métodos:** Durante 44 meses, entre agosto del 2004 y abril del 2008, se realizó angiotomografía multidetectores de 64 canales a 99 extremidades con sospecha de lesión vascular traumática. Los estudios fueron interpretados por el radiólogo de turno y sus hallazgos se compararon con los de cirugía o los del seguimiento clínico. Se evaluó la variabilidad interobservador comparando la lectura de la angiotomografía realizada por el radiólogo de turno con la lectura retrospectiva de un radiólogo experto en trauma.

**Resultados:** La angiotomografía multidetectores como método diagnóstico del trauma vascular de las extremidades interpretada por el radiólogo general demostró una sensibilidad del 98% (IC 95%: 93-100), una especificidad del 88% (IC 95%: 77-99), un valor predictivo positivo del 91% (IC 95%: 82-99), un valor predictivo negativo del 97% (IC 95%: 90-100), una razón de verosimilitud positiva de 8,24 (3,6-18,7) y una razón de verosimilitud negativa de 0,02 (0-0,15). La variabilidad interobservador comparando la interpretación de la angiotomografía del radiólogo de turno con la del radiólogo experto en trauma tuvo una kappa de 0,869.

**Conclusión:** La angiotomografía con multidetectores es un método de imagen con una alta precisión diagnóstica en el trauma arterial de las extremidades permitiendo un adecuado y oportuno enfoque terapéutico. Podría considerarse como nuevo patrón de oro para el diagnóstico del trauma arterial de extremidades.

© 2012 AEC. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

## Efficacy of multidetector computed angiography in the diagnosis of limb arterial injuries

## A B S T R A C T

**Objective:** To determine the diagnostic usefulness of multidetector computed angiography in the diagnosis limb arterial injuries in patients with suspicion of arterial injury with no indication of immediate surgery.

## Keywords:

Multidetector computed  
angiography

<sup>☆</sup> Este trabajo fue presentado en el XXXIV Congreso Colombiano de Radiología, en Medellín, en agosto de 2009.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: cmorales@medicina.udea.edu.co (C.H. Morales Uribe).

0009-739X/\$ – see front matter © 2012 AEC. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ciresp.2012.07.003>

## Angiography Limb arterial injuries

**Methods:** Non-invasive 64-channel multidetector computed tomography (MDCT) was performed on 99 limbs suspected of having a traumatic vascular injury over a 44-month period between August 2004 and April 2008. The results were interpreted by the duty radiologist and his findings were compared with those from surgery or clinical follow-up. Inter-observer variability was evaluated by comparing the reading of the MDCT by the duty radiologists with the retrospective reading by radiology specialist in trauma.

**Results:** MDCT as a diagnostic method of vascular injury of the limbs, interpreted by a general radiologist showed a sensitivity of 98% (95% CI: 93-100), a specificity of 88% (5% CI: 77-99), a positive predictive value of 91% (95% CI: 82-99), a negative predictive value of 97% (95% CI: 90-100), a positive likelihood ratio of 8.24 (3.6-18.7), and a negative likelihood ratio of 0.02 (0-0.15). The inter-observer variability by comparing the interpretation of the MDCT by the duty radiologist with that of the radiology specialist in trauma had a kappa of 0.869.

**Conclusion:** Multidetector computed angiography is a high precision diagnostic imaging method in arterial injury of the limbs, offering a suitable and appropriate therapeutic approach, and could be considered as new gold standard for the diagnosis of arterial injuries of the limbs.

© 2012 AEC. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

## Introducción

En los pacientes con trauma arterial de las extremidades los estudios de imagen se indican ante la presencia de signos blandos de lesión vascular y con índices tobillo-brazo (ITB) menores de 0,9<sup>1-3</sup>. Durante muchos años el método diagnóstico de referencia ha sido la arteriografía por sustracción digital. Se requiere de otra modalidad no invasiva y de rápida ejecución, y limitar la arteriografía a los casos que requieren terapia endovascular. El ultrasonido doppler es operador dependiente y tiene limitaciones técnicas en pacientes con heridas extensas, hemorragia y dolor<sup>4-7</sup> y la angiorresonancia en la mayoría de las instituciones no está disponible las 24 h<sup>8</sup>. Por lo anterior se ha incrementado el uso de la angiotomografía en la evaluación de los pacientes con trauma arterial de las extremidades<sup>9,10</sup>. El propósito del presente estudio fue evaluar con un estudio observacional la eficacia de la angiotomografía multidetectores en el diagnóstico del trauma arterial de las extremidades con sospecha de lesión arterial sin indicación de cirugía inmediata y evaluar la variabilidad interobservador entre un radiólogo general y un radiólogo especializado en trauma.

## Materiales y métodos

### Pacientes

Se realizó un estudio prospectivo de evaluación de una prueba diagnóstica en pacientes admitidos en el Hospital Universitario San Vicente de Paúl (Medellín, Colombia) con sospecha clínica de lesión arterial traumática de las extremidades sin indicación de cirugía inmediata el cual fue aprobado por el Comité de Posgrado del Departamento de Radiología de la Universidad de Antioquia y el Comité de Ética del Hospital Universitario San Vicente de Paúl (HUSVP) de Medellín (Colombia). Se obtuvo el consentimiento informado por parte de los pacientes o un familiar cercano cuando las condiciones clínicas del paciente no le permitían dar el consentimiento.

Se incluyó en el estudio a todos los pacientes con edad mayor o igual a 15 años, hemodinámicamente estables, con sospecha clínica de lesión arterial traumática de las extremidades sin indicación de cirugía inmediata, a los que, tras ser evaluados por el grupo de cirujanos de trauma, se les ordenó angiotomografía multidetectores de la extremidad afectada. Fue indicación de cirugía inmediata la presencia de «signos duros» o definitivos de lesión arterial: sangrado arterial, choque hemorrágico, ausencia de pulso, frémito/soplo, hematoma en expansión o signos de isquemia. Se excluyó a los pacientes con contraindicación para la aplicación de medios de contraste yodados intravenosos, pacientes cuya angiotomografía no pudo interpretarse adecuadamente debido a artefactos por cuerpos extraños metálicos y a los hemodinámicamente inestables.

Durante 44 meses (desde agosto de 2004 hasta abril de 2008) 96 pacientes (82 hombres, 14 mujeres) con sospecha de trauma arterial de las extremidades fueron admitidos en el HUSVP y se les practicó angiotomografía multidetectores de la extremidad lesionada. La edad promedio fue 31 años DE 13,6 (rango 15-76).

La indicación de la angiotomografía en los diferentes casos fue: disminución de pulso en 57 casos, trayectoria del proyectil en territorio vascular en 15 casos, antecedente de sangrado en 24 casos, hematoma pequeño que no aumentó de tamaño en 12 casos, luxación o luxofractura en 36 casos, hallazgos sugestivos de lesión nerviosa en 11 casos, diagnóstico tardío de lesión arterial en 9 casos, otras indicaciones (frialdad, masa pulsátil, hematoma creciente, soplo y thrill) en 6 casos y trauma cerrado grave de los tejidos blandos en 3 casos. La mayoría de los casos presentaban 2 o más signos sugestivos de lesión vascular en el momento de la evaluación inicial. No se realizó ultrasonido doppler para medición del ITB por no disponer del dispositivo en el Servicio de Urgencias.

### Angiotomografía

Todas las angiotomografías se realizaron con tomógrafo GE Prospeed multidetectores de 64 canales. Para el estudio de las extremidades superiores, la extremidad lesionada se elevó por encima de la cabeza y se aseguró con cinta adhesiva para

disminuir los artefactos originados por los movimientos torácicos. Si la condición del paciente no lo permitía por fracturas de hombro por ejemplo, se aseguraron ambas extremidades a los lados del paciente. Para la angiogramía de miembros inferiores se aseguraron las extremidades a la mesa de examen.

Por cada estudio se administraron 100 cc de medio de contraste yodado intravenoso no iónico (Iopamidol 300 mg de yodo por ml) a una velocidad de inyección de 4 ml/s. Se utilizó miliamperaje de 350 y kilovoltaje de 120. Se realizó adquisición de imágenes en fase arterial con retardo calculado con el programa Smart Prep. Los cortes se realizaron con colimación de 2,5 mm, intervalo de 2,5 mm y reconstrucciones a 1,25 mm. Las imágenes fueron transferidas a las estaciones de trabajo AW 3.1 y AW 4.4 GE para realización de reconstrucciones multiplanares y tridimensionales (proyección de máxima intensidad y reconstrucciones volumétricas).

### Interpretación de las imágenes y estándar de referencia

Las angiogramías fueron interpretadas por el radiólogo general de turno en la estación de trabajo en el momento de la realización del estudio y, posteriormente, en forma retrospectiva, por un radiólogo experto en trauma, el cual desconocía tanto los hallazgos de la primera lectura así como el resultado de la arteriogramía cuando se realizó, los hallazgos quirúrgicos y los datos del seguimiento clínico.

Con base en el informe del radiólogo de turno el cirujano definió la conducta a seguir con cada paciente y así estos se dividieron en 2 grupos: pacientes que recibieron tratamiento no quirúrgico y pacientes que recibieron tratamiento quirúrgico. Para el grupo de tratamiento no quirúrgico la prueba de referencia fue el seguimiento clínico que se realizó después de 2 semanas de practicada la angiogramía y en él se evaluó la presencia de pulsos distales, soplos o masa pulsátil en el sitio de la lesión. En el grupo de tratamiento quirúrgico la prueba de referencia fue la descripción operatoria.

### Análisis estadístico

Se determinó la sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y negativo y razones de verosimilitud de la angiogramía multidetectores comparada con los hallazgos quirúrgicos y el seguimiento clínico. Se calculó la variabilidad interobservador entre la lectura del radiólogo de turno y del radiólogo experto en trauma.

Se definió en la angiogramía como lesión la presencia de oclusión, pseudoaneurisma, fístula arteriovenosa, flap intimal o extravasación activa del medio de contraste, y como no lesión la ausencia de estos hallazgos. Se consideró en cirugía como lesión la presencia de oclusión, pseudoaneurisma o fístula arteriovenosa, y como no lesión la ausencia de estos hallazgos. Se definió en el seguimiento clínico y telefónico como lesión la presencia de signos clínicos indicativos de lesión vascular y como no lesión la ausencia de estos.

Las características operativas se calcularon con el programa EPIDAT 3.0.

## Resultados

En total, 99 extremidades (casos) con sospecha de lesión vascular traumática fueron evaluadas con angiogramía multidetectores en 96 pacientes (tabla 1). Las angiogramías de 68 casos estuvieron disponibles para la evaluación por el radiólogo experto en trauma (tabla 2).

Un total de 43 casos presentaron trauma contuso, 24 herida por arma cortopunzante, 30 herida por arma de fuego de carga única y 2 herida por arma de fuego de carga múltiple.

Las reparaciones vasculares practicadas fueron: en 15 casos se realizó injerto de safena, en 3 injerto sintético, en 7 anastomosis termino-terminal. Otros procedimientos realizados fueron: fasciotomías (11), trombectomías (15), venorrafias (11) y amputación supracondílea (1).

La angiogramía interpretada por el radiólogo de turno demostró 56 lesiones vasculares de las cuales 42 se confirmaron por cirugía. Hubo 5 resultados falsos positivos. A 13 pacientes con lesión demostrada en la angiogramía se les realizó manejo no operatorio por tratarse de lesiones distales en extremidades bien perfundidas, ninguna de ellas presentó complicaciones durante el seguimiento. El radiólogo de turno interpretó como negativos 38 estudios angiogramígrafos, uno de ellos fue un falso negativo. El seguimiento clínico promedio fue de 32 días (rango 15-65). No se encontraron lesiones arteriales durante el seguimiento clínico en los pacientes a quienes se les realizó tratamiento no quirúrgico. A 2 pacientes que no acudieron a revisión al hospital, se les hizo seguimiento telefónico 30 días después de la angiogramía. A ellos se les indagó sobre la presencia de dolor, masa en el sitio de la lesión, claudicación y sobre el regreso a las actividades normales. Cinco pacientes no intervenidos quirúrgicamente no tuvieron seguimiento clínico y fueron excluidos del análisis.

**Tabla 1 – Hallazgos en la angiogramía por el radiólogo de turno**

Radiólogo de turno	n
Hallazgo	99
Oclusión	33
Falso aneurisma	17
Fístula arteriovenosa	6
Extravasación del medio de contraste	2
Colgajo intimal	0
Normal	41

**Tabla 2 – Hallazgos en la angiogramía por el radiólogo experto**

Radiólogo especialista	n
Hallazgo	68
Oclusión	18
Falso aneurisma	12
Fístula arteriovenosa	5
Extravasación del medio de contraste	2
Colgajo intimal	1
Normal	30

**Tabla 3 – Lesiones vasculares reportadas en la angiografía**

Vaso	n
<i>Extremidad superior</i>	
Axila	2
Circunfleja humeral	1
Braquial	9
Radial	4
Ulnar	1
<i>Extremidad inferior</i>	
Femoral común	1
Femoral superficial	13
Femoral profunda	3
Poplítea	14
Tibial anterior	2
Tibial anterior y peronea	2
Tibial anterior y posterior	1
Tibial anterior y posterior y peronea	2
Muscular	2
Arteria tibial posterior	1
Ninguna	41
<b>Total</b>	<b>99</b>

Estuvieron disponibles 68 estudios para interpretación por parte del radiólogo especialista en trauma, tuvo 36 resultados verdaderos positivos, 30 verdaderos negativos, 2 falsos negativos y no tuvo resultados falsos positivos.

La tabla 3 muestra la distribución de los vasos lesionados reportados en la angiografía (fig. 1). La angiografía reveló lesiones distales en 13 pacientes (4 arterias radiales, 1 arteria ulnar, 8 vasos infrapoplíteos). Estos pacientes recibieron tratamiento no quirúrgico y tuvieron un curso clínico satisfactorio.

Los resultados de las lecturas del radiólogo de turno y del experto se muestran en las tablas 4 y 5. Las características operativas del estudio realizado por el radiólogo de turno fueron: sensibilidad 98% (IC 95%: 93-100), especificidad 88% (IC 95%: 77-99), VPP 91% (IC 95%: 82-99), VPN 97% (IC 95%: 90-100), razón de verosimilitud positiva 8,24 (3,62-18,77) y razón de verosimilitud negativa 0,02 (0,00-0,15).

**Figura 1 – Oclusión de arteria poplítea. Reconstrucción 3D.**

La interpretación del radiólogo experto mostró los siguientes resultados: sensibilidad 94% (IC 95%: 86-100), especificidad 100% (IC 95%: 98-100), VPP 100% (IC 95%: 98-100), VPN 93% (IC 95%: 83-100), razón de verosimilitud positiva (indeterminada) y razón de verosimilitud negativa 0,05 (0,01-0,20).

La variabilidad interobservador entre el radiólogo de turno y el radiólogo experto demostró una buena concordancia ( $\kappa$ : 0,869).

Todos los resultados falsos positivos interpretados por el radiólogo de turno fueron lesiones distales que no influyeron en el manejo de los pacientes. Hubo 2 lecturas falsas negativas por el radiólogo experto: un falso aneurisma de la arteria femoral superficial, que tampoco diagnosticó el radiólogo de

**Tabla 4 – Correlación de la angiografía y la prueba de referencia (hallazgos operatorios/seguimiento clínico) por el radiólogo general de turno**

Angiografía	Prueba de referencia		N° de pacientes
	Positiva para lesión	Negativa para lesión	
Positiva	51	5	56
Negativa	1	37	38
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>42</b>	<b>94</b>

**Tabla 5 – Correlación de la angiografía y la prueba de referencia (hallazgos operatorios/seguimiento clínico) por el radiólogo experto**

Angiografía	Prueba de referencia		N° de pacientes
	Positiva para lesión	Negativa para lesión	
Positiva	36	0	36
Negativa	2	30	32
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>30</b>	<b>68</b>

turno. A este paciente se le realizó el diagnóstico por arteriografía y se le practicó embolización con coils. El otro falso negativo fue un paciente en quien la angiotomografía reveló un adelgazamiento arterial de la arteria tibial posterior, sin otros hallazgos, interpretado como lesión. El paciente desarrolló un síndrome compartimental que requirió fasciotomía y se confirmó durante el seguimiento la ausencia de lesión.

## Discusión

Los resultados de este estudio sugieren que la angiotomografía multicorte es una modalidad altamente eficiente para el diagnóstico de lesiones arteriales de extremidades. Operativamente el estudio reveló buen desempeño en la interpretación del radiólogo de turno y del radiólogo experto, aun en lesiones distales. Se encontró muy buena concordancia interobservador entre el radiólogo de turno y el radiólogo experto en trauma.

En el HUSVP de Medellín se ha acumulado una significativa experiencia con la angiotomografía para el diagnóstico del trauma vascular de las extremidades como lo demuestran 2 estudios realizados en esta institución, en los cuales se reportan porcentajes de sensibilidad y especificidad cercanos al 100%<sup>11,12</sup>.

Los resultados falsos positivos fueron lesiones distales que no influyeron en el manejo de los pacientes. El adelgazamiento arterial debe correlacionarse con los signos clínicos de hipertensión compartimental y no necesariamente corresponde a la presencia de lesión. Nosotros concluimos que los resultados falsos negativos del radiólogo experto fueron debidos a una fase arterial inapropiada.

La principal limitación de nuestro estudio fue la falta de medición del ITB por falta del doppler en el Servicio de Urgencias. En los grandes centros de trauma la arteriografía o la angiotomografía solo se ordenan en los pacientes con signos blandos y que tengan un ITB anormal.

Otra limitación fue la no realización del seguimiento clínico en todos los pacientes. En 5 casos no se realizó debido a que muchos de los pacientes que se atienden en nuestra institución residen fuera del área urbana y presentan dificultades para el desplazamiento o no asisten a revisión cuando son dados de alta por mejoría de su enfermedad.

El estudio ideal para evaluar el desempeño de la angiotomografía en lesiones de extremidades debería comparar todos los pacientes con la intervención quirúrgica o la arteriografía, pero hay poderosas razones clínicas para su no realización como las exploraciones quirúrgicas no terapéuticas y la doble exposición al medio de contraste e irradiación de los pacientes a quienes se les realicen los 2 estudios.

Igualmente es deseable un seguimiento mayor en todos los pacientes puesto que pueden aparecer lesiones tardías no evidentes en el momento de la realización de la angiotomografía. El seguimiento telefónico no es un buen método de seguimiento pero solo en 2 pacientes fue la única opción.

Otros estudios publicados han demostrado resultados similares<sup>9,13</sup> por lo cual se concluye que la angiotomografía es un procedimiento seguro y confiable para el diagnóstico del trauma vascular de las extremidades. El principal inconveniente de estas investigaciones fue la exclusión de pacientes

con trauma vascular de los segmentos distales de las extremidades (antebrazos, manos y pies) y pacientes con trauma en más de un segmento anatómico de la misma extremidad. Lo anterior se debe a que tales estudios fueron realizados con tomógrafo helicoidal de un solo canal el cual no ofrece la suficiente resolución espacial para evaluar vasos de pequeño calibre (como los de los segmentos distales) y no permite evaluar extensiones anatómicas largas en una sola adquisición. Con la idea de superar los inconvenientes de la tecnología helicoidal de corte único, aparecieron los equipos multicortes y, consecuentemente, la angiotomografía multi-detectores la cual, gracias a su mayor resolución espacial y temporal, permite evaluar vasos de pequeño calibre y territorios vasculares extensos en una misma extremidad<sup>14-17</sup>.

Algunos estudios comparan la angiotomografía multicortes con la angiografía por sustracción digital, demostrando la confiabilidad de la angiotomografía para el diagnóstico de estenosis y oclusión en la enfermedad arterial oclusiva de los miembros inferiores<sup>18-20</sup>. Lo mismo podría decirse de su uso en el trauma arterial de las extremidades según concluyen recientes estudios donde se presenta la angiotomografía como una modalidad de imagen sensible y específica en la evaluación arterial de miembros inferiores<sup>21-23,10</sup>. Esos estudios demuestran sensibilidad y especificidad entre 90 y 100% usando como pruebas de referencia la intervención quirúrgica y la arteriografía. Más recientemente Inaba et al. demostraron en una evaluación prospectiva de 73 pacientes que la angiotomografía es una modalidad diagnóstica altamente sensible y específica y pudiera reemplazar a la angiografía por sustracción digital para la evaluación de lesiones arteriales de extremidades<sup>24</sup>.

En conclusión, con los resultados obtenidos se puede afirmar que la angiotomografía multidetectores es un método de imagen con una alta precisión diagnóstica en la evaluación del trauma arterial de las extremidades permitiendo un adecuado y oportuno enfoque terapéutico y podría considerarse como nuevo patrón de oro para el diagnóstico de trauma arterial de extremidades. Publicaciones de varias partes del mundo con resultados similares construyen la evidencia. La variabilidad interobservador mostró buena concordancia entre el radiólogo general y el radiólogo experto lo que indica que la interpretación por el radiólogo general es suficientemente confiable para determinar el tratamiento indicado.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## BIBLIOGRAFÍA

- Weaver FA, Yellin AE, Bauer M, Oberg J, Ghalambor N, Emmanuel RP, et al. Is arterial proximity a valid indication for arteriography in penetrating extremity trauma? A prospective analysis. *Arch Surg*. 1990;125:1256-60.
- Britt LD, Weireter Jr LJ, Cole FJ. Newer diagnostic modalities for vascular injuries. *The Way We Were. The Way We Are. Surg Clin North Am*. 2001;81:263-79.

3. Frykberg ER, Crump JM, Vines FS, McLellan GL, Dennis JW, Brunner RG, et al. A reassessment of the role of arteriography in penetrating proximity extremity trauma: a prospective study. *J Trauma*. 1989;29:1041-50.
4. Meissner M, Paun M, Johansen K. Duplex scanning for arterial trauma. *Am J Surg*. 1991;161:552-5.
5. Knudson MM, Lewis FR, Atkinson K, Neuhaus A. The role of duplex ultrasound arterial imaging in patients with penetrating extremity trauma. *Arch Surg*. 1993;128:1033-7.
6. Bynoe RP, Miles WS, Bell RM, Greenwold DR, Sessions G, Haynes JL, et al. Noninvasive diagnosis of vascular trauma by duplex ultrasonography. *J Vasc Surg*. 1991;14:346-52.
7. Fry WR, Smith RS, Sayers DV, Henderson VJ, Morabito DJ, Tsoi EK, et al. The success of duplex ultrasonographic scanning in diagnosis of extremity vascular proximity trauma. *Arch Surg*. 1993;128:1368-72.
8. Yaquinto JJ, Harms SE, Siemers PT, Flamig DP, Griffey RH, Foreman ML. Arterial injury from penetrating trauma: evaluation with single-acquisition fat-suppressed MR imaging. *AJR Am J Roentgenol*. 1992;158:631-3.
9. Busquets AR, Acosta JA, Colon E, Alejandro KV, Rodríguez PL. Helical computed tomographic angiography for the diagnosis of traumatic arterial injuries of the extremities. *J Trauma*. 2004;56:625-8.
10. Rieger M, Mallouhi A, Tauscher T, Lutz M, Jaschke WR. Traumatic arterial injuries of the extremities: initial evaluation with MDCT angiography. *AJR Am J Roentgenol*. 2006;186:656-64.
11. Soto JA, Munera F, Morales C, Lopera JE, Holguín D, Guarín O, et al. Focal arterial injuries of the proximal extremities: helical CT arteriography as the initial method of diagnosis. *Radiology*. 2001;218:188-94.
12. Soto JA, Munera F, Cardoso N, Medina Sl. Diagnostic performance of helical CT angiography in trauma to large arteries of the extremities. *J Comput Assist Tomogr*. 1999;23:188-96.
13. Anderson SW, Foster BR, Soto JA. Upper extremity CT angiography in penetrating trauma: use of 64-section multidetector CT. *Radiology*. 2008;249:1064-73.
14. Rubin GD, Shiau MC, Schmidt AJ, Fleischmann D, Logan L, Leung AN, et al. Computed tomographic angiography: historical perspective and new state-of-the-art using multi detector-row helical computed tomography. *J Comput Assist Tomogr*. 1999;23:S83-90.
15. Duddalwar VA. Multislice CT angiography: a practical guide to CT angiography in vascular imaging and intervention. *Br J Radiol*. 2004;77:S27-38.
16. Becker CR, Wintersperger B, Jakobs TF. Multi-detector-row CT angiography of peripheral arteries. *Semin Ultrasound CT MR*. 2003;24:268-79.
17. Rubin GD. MDCT imaging of the aorta and peripheral vessels. *Eur J Radiol*. 2003;45:S42-9.
18. Heijenbrok-Kal MH, Kock MC, Hunink MG. Lower extremity arterial disease: multidetector CT. Angiography-meta-analysis. *Radiology*. 2007;25:433-9.
19. Elsharawy M, Moghazy K. Can multi-detector computed tomographic angiography replace conventional angiography prior to lower extremity arterial reconstruction? *Acta Chir Belg*. 2006;106:193-8.
20. Albrecht T, Foert E, Holtkamp R, Kirchin MA, Ribbe C, Wacker FK, et al. 16-MDCT angiography of aortoiliac and lower extremity arteries: comparison with digital subtraction angiography. *AJR Am J Roentgenol*. 2007;189:702-11.
21. Shah N, Anderson SW, Vu M, Pieroni S, Rhea JT, Soto JA. Extremity CT angiography: application to trauma using 64-MDCT. *Emerg Radiol*. 2009;16:425-32.
22. Uyeda JW, Anderson SW, Sakai O, Soto JA. CT angiography in trauma. *Radiol Clin North Am*. 2010;48:423-38.
23. Inaba K, Potzman J, Múnera F, Munoz R, Rivas L, Dunham M, et al. Multi-slice CT angiography for arterial evaluation in the injured lower extremity. *J Trauma*. 2006;60:502-6.
24. Inaba K, Branco BC, Reddy S, Park JJ, Green D, Plural D, et al. Prospective evaluation of multidetector computed tomography for extremity vascular trauma. *J Trauma*. 2011;70:808-15.