



## ORIGINAL

### Estudio de concordancia diagnóstica entre la angiorresonancia magnética y la arteriografía en la isquemia crítica de miembros inferiores



J.D. Herrera Mingorance\*, S. Lozano Alonso, J.P. Linares Palomino, R. Ros Vidal, J.B. Cuenca Manteca y L.M. Salmerón Febres

Unidad de Gestión Clínica de Angiología y Cirugía Vascular Intercentros de Granada, Complejo Hospitalario Universitario de Granada (Hospital Universitario San Cecilio), Granada, España

Recibido el 31 de octubre de 2014; aceptado el 21 de noviembre de 2014  
Disponibile en Internet el 28 de enero de 2015

#### PALABRAS CLAVE

Diagnóstico;  
Extremidad inferior;  
Arteriografía;  
Técnica de sustracción;  
Angiografía por resonancia magnética;  
Isquemia

#### Resumen

**Objetivos:** Evaluar la validez y correlación diagnóstica de la angiorresonancia magnética 3D con gadolinio (ARM) respecto a la angiografía por sustracción digital (ASD) en pacientes con isquemia crítica.

**Material:** Un total de 40 pacientes, 28 de ellos varones, con media de edad de 69 años, y con 3 o más factores de riesgo vascular en 24 de ellos, diagnosticados de isquemia crítica de miembro inferior en categorías 4 de Rutherford (n=19), 5 (n=16) y 6 (n=5), que fueron tratados en nuestro servicio mediante técnica endovascular entre septiembre de 2012 y de 2014.

**Métodos:** Evaluación retrospectiva de imágenes angiográficas intraoperatorias, comparándolas con las imágenes de ARM previa a la intervención (no más de 3 meses entre ambas). Se dividió el árbol arterial en 9 segmentos agrupados en sector ilíaco, femoropoplíteo y distal. Se calcularon la sensibilidad (S), especificidad (E), valor predictivo positivo y negativo, y coeficiente kappa (K), para cada segmento, sector y de forma global.

**Resultados:** Las S y E globales fueron del 88,3 y 89% respectivamente. En el sector ilíaco 93 y 100%, en el femoropoplíteo 93 y 92%, y en el distal 84 y 65%. El índice kappa global fue de 0,76, en el sector ilíaco 0,94, en el femoropoplíteo 0,88 y en el distal 0,47. Fue imposible el análisis del 10% de sectores distales por contaminación venosa en la ARM.

**Conclusiones:** La ARM puede considerarse una alternativa válida a la ASD en el sector iliofemoro-poplíteo. A nivel distal, los resultados de la ARM deben interpretarse con cautela debido al descenso del índice de concordancia con el *gold standard*.

© 2014 SEACV. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [damianherrer@gmail.com](mailto:damianherrer@gmail.com) (J.D. Herrera Mingorance).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.angio.2014.11.016>

0003-3170/© 2014 SEACV. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

**KEYWORDS**

Magnetic resonance angiography;  
Angiography;  
Ischemia;  
Diagnosis;  
Lower limb;  
Subtraction technique

**Magnetic resonance angiography compared with digital subtraction angiography in patients with critical limb ischemia****Abstract**

**Objectives:** To evaluate the validity of 3-D magnetic resonance angiography (MRA) with gadolinium and compare the diagnostic results with digital subtraction angiography (DEA) in patients with critical limb ischemia.

**Material:** The study consisted of 40 patients diagnosed with lower limb critical ischemia treated using an endovascular technique in our unit between September 2012 and September 2014. There were 28 males. The mean age was 69 years, and 24 of them had more than 3 vascular risk factors. They had Rutherford scores of 4 (n = 19), 5 (n = 16), and 6 (n = 5).

**Methods:** A retrospective evaluation was performed on the intra-operative angiography images, comparing them with the MRA images obtained before the intervention (no more than 3 months between them). The arterial tree was divided into 9 segments, grouped in the iliac, femoropopliteal and distal sectors. The sensitivity (S), specificity (Sp), positive and negative predictive values, and kappa coefficient (K) for each segment, as well as overall.

**Results:** The overall S and Sp was 88.3 and 89%, respectively. In the iliac sector, it was 93 and 100%, in the femoropopliteal, 93 and 92%, and in the distal 84 and 65%, respectively. The overall kappa index was 0.76, with 0.94 in the iliac sector 0.88 in the femoropopliteal, and 0.47 in the distal. The analysis of 10% of the distal sectors was impossible, due to venous contamination in the MRA.

**Conclusions:** MRA may be considered as a valid alternative to DSA in the iliac-femoropopliteal sector. At distal level, the MRA results should be interpreted with caution due to the decrease in the concordance index with the *gold standard*.

© 2014 SEACV. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

**Introducción**

La enfermedad arterial periférica es una enfermedad con alta prevalencia en nuestra población (entre un 15 y un 20% de los sujetos mayores de 70 años)<sup>1</sup>, habitualmente coexistente con enfermedad vascular en otras localizaciones. La presencia, en estadios avanzados, de dolor en reposo o lesiones tróficas (isquemia crítica) implica la necesidad de tratamiento de revascularización precoz, por el elevado riesgo de pérdida de la extremidad<sup>2</sup>. Dicha revascularización puede realizarse mediante procedimientos endovasculares o cirugía abierta (o ambos de manera combinada), dependiendo del tipo y extensión de las lesiones vasculares identificadas en la pruebas de imagen que se realizan a los pacientes<sup>3</sup>.

Aunque la arteriografía por sustracción digital (ASD) aún sigue siendo la técnica considerada *gold standard* para la evaluación del árbol vascular en pacientes con enfermedad arterial periférica, otros métodos de imagen cada vez cobran mayor importancia. Entre ellos, la angiorrresonancia magnética 3D con gadolinio (ARM) ofrece varias ventajas respecto a la ASD, ya que no es una prueba invasiva, no supone una exposición a radiación ionizante ni precisa del uso de contraste yodado. Su utilidad en pacientes con isquemia crónica de miembros inferiores está ampliamente contrastada<sup>4-6</sup>, con una sensibilidad y especificidad, para lesiones hemodinámicamente significativas, mayores del 90% comparadas con las de la ASD. La mayoría de estudios, no obstante, incluyen solo a pacientes claudicantes que no representan bien a la gran mayoría de pacientes tratados, que son aquellos con isquemia crítica (categorías 4 a 6 de Rutherford)<sup>7</sup>.

El objetivo de este estudio es evaluar la validez y correlación diagnóstica de la ARM respecto a la ASD en pacientes con isquemia crónica avanzada de miembros inferiores tratados en nuestro servicio.

**Material y métodos****Pacientes**

Se incluyó, de manera retrospectiva, a 40 pacientes no consecutivos tratados en nuestro servicio mediante técnica endovascular entre septiembre de 2012 y septiembre de 2014, 29 de ellos hombres, con una media de edad de 69,7 años. Las características clínicas están detalladas en la [tabla 1](#).

Todos los casos presentaban isquemia crítica de la extremidad inferior tratada, y en un 53% de ellos, con presencia de lesiones tróficas (categorías 5 y 6 de Rutherford). Se incluyeron aquellos casos en los que la ARM y el procedimiento endovascular distaban temporalmente menos de 3 meses, y se excluyeron aquellos casos en los que no se disponía de imágenes angiográficas intraoperatorias de al menos un 80% de segmentos analizados.

**Técnica de arteriografía por sustracción digital**

Las imágenes arteriográficas del estudio se tomaron de los procedimientos de revascularización de los pacientes, previamente al tratamiento de las lesiones vasculares identificadas. Se empleó un equipo radiológico móvil (Philips

**Tabla 1** Características epidemiológicas y clínicas de los pacientes incluidos

	Valor	%
Rutherford	4	47
	5	40
	6	13
Edad en años		69 (62-76)
Sexo masculino		70
Fumador		52
Hipertensión arterial		70
Dislipidemia		65
Diabetes mellitus		70
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica		15
Insuficiencia renal		22
Fibrilación auricular		5
Infarto agudo de miocardio previo		22

Pulsera, Philips Medical Systems, Eindhoven, Países Bajos) efectuando una punción Seldinger ipsi- o contralateral con inyección de contraste yodado desde el mismo introductor o desde catéter recto hidrofílico (Slip-Cath Beacon, Cook Medical, Bloomington, Indiana, Estados Unidos) para visualizar mejor el sector distal. Se usó contraste yodado soluble no iónico Ultravist 300 (Bayer Schering Pharma AG, Berlín, Alemania). Se tomaron imágenes digitales con sustracción del sector ilíaco, femoral, poplíteo y distal, que fueron guardadas en un dispositivo de almacenamiento de datos (*pen drive*) para su revisión posterior

### Técnica de angiorresonancia magnética 3D con gadolinio

La ARM fue realizada en un centro especializado, empleando un equipo de resonancia magnética de 1,5 T Magnetom Symphony (Siemens Medical Solution, Erlangen, Alemania). Las series fueron sector aortoiliaco, sector femoropoplíteo y distal, tras la administración de 15 ml de Gadobutrol (Bayer Schering Pharma AG, Berlín, Alemania) con una inyección bifásica de 6 ml a 0,8 ml/s y 9 ml a 0,5 ml/s seguida de 50 ml de suero fisiológico a 0,5 ml/s. Se realizaron reconstrucciones de máxima intensidad de proyección que fueron almacenadas para su análisis en formato CD, que se envió al hospital para su análisis.

### Valoración de las imágenes

La valoración de las imágenes de ARM y de ASD las realizó un primer explorador en 2 momentos distintos (con una semana entre ambos), ocultando el resultado de la valoración de las pruebas. Un segundo explorador evaluó también las imágenes de las ARM, ocultando los resultados de la valoración por el primero.

Se dividió el árbol arterial en 9 segmentos para la extremidad inferior a tratar (arteria ilíaca común, ilíaca externa, femoral común, femoral profunda, femoral superficial, tronco tibioperoneo, tibial anterior, tibial posterior y peronea). Dichos segmentos se agruparon en

3 sectores: ilíaco (arterias ilíaca común y externa), femoropoplíteo (arterias femoral común, superficial y profunda) y distal (tronco tibioperoneo, arterias tibial anterior, posterior y peronea). Para cada segmento (se analizaron un total de 360), tanto en ARM como en ASD, se determinó la severidad de las lesiones como: 1 = estenosis menor del 50%, 2 = estenosis mayor o igual al 50%, 3 = oclusión. El tiempo empleado en analizar ambas pruebas para cada paciente fue de 20 min aproximadamente.

El objetivo del estudio es evaluar la correlación diagnóstica de la ARM y la ASD, así como la validez interna de la primera respecto de la segunda (considerada el *gold standard*). Asimismo se ha estudiado la variabilidad interobservador para la ARM. Para facilitar el análisis, se creó una variable binaria en la que se agruparon lesiones no significativas (1) y significativas (2 y 3). En aquellos casos en los que diferían las valoraciones de la ARM entre los investigadores, se tomó como correcta la decidida de manera conjunta entre ambos.

### Análisis estadístico

Se empleó el paquete estadístico SPSS IBM® Statistics 22.0 (IBM Corporation, Nueva York, Estados Unidos). Para la comparación de ASD y ARM se realizaron tablas de contingencia para cada segmento (usando las variables binarias), calculando sensibilidad, especificidad, valores predictivos positivo y negativo, considerando la ASD como *gold standard*. Se hizo igual para cada sector y de forma global. Se calculó el índice kappa, empleado para establecer el grado de acuerdo entre ambas pruebas y entre ambos exploradores, para cada segmento o sector: un índice entre 0,81 y 1,0 indica una concordancia perfecta, entre 0,61 y 0,80 alta concordancia o sustancial, entre 0,41 y 0,60 moderada, entre 0,21 y 0,40 discreta, menor de 0,20 insignificante (según los estándares de referencia propuestos por Landis y Coch en 1977)<sup>8</sup>.

### Resultados

Fue imposible la valoración de la ARM en un 10% (n = 4) de los pacientes a nivel distal, debido a la intensa contaminación venosa. Tampoco se pudieron valorar un 22% de las ASD de los segmentos ilíaco común, por no disponer de imágenes arteriográficas intraoperatorias de dicho nivel, por lo que se analizaron los segmentos desde arteria ilíaca externa (se corresponde con el sector ilíaco) hacia distal.

Tomando la ASD como *gold standard*, se detectaron lesiones significativas en el 22% de sectores ilíacos, 42% de sectores femoropoplíteos y 63% de sectores distales estudiados (tabla 2). La arteria femoral común fue la menos afectada por las lesiones significativas (13%), mientras que la arteria tibial posterior fue la más afectada (74%) y en la que se encontró un mayor número de oclusiones (n = 21). Para cada segmento, los resultados de sensibilidad, especificidad, valores predictivos y coeficiente kappa se recogen en la tabla 3.

En el sector ilíaco, los valores de sensibilidad y especificidad fueron los más altos de la serie. En el sector femoropoplíteo y en el distal, la especificidad es el parámetro más afectado, cuyo valor decrece conforme más distal es

**Tabla 2** Estenosis significativas ( $\geq 50$ ) y oclusiones identificadas por segmento analizado, mediante DSA. Entre paréntesis respecto del total de segmentos analizados

	n (%)
A. iliaca externa	7 (22)
A. femoral común	5 (13)
A. femoral profunda	10 (25)
A. femoral superficial	27 (69)
A. poplítea	28 (72)
Tronco tibioperoneo	23 (60)
A. tibial anterior	25 (69)
A. tibial posterior	26 (74)
A. peronea	21 (60)

el segmento (tabla 3). Las sensibilidad y especificidad globales obtenidas fueron del 88,3 y del 89%. A nivel iliaco se obtuvo una sensibilidad del 93% y especificidad del 100%, a nivel femoropoplíteo se obtuvo una sensibilidad del 93% y una especificidad del 92% y a nivel distal se obtuvo una sensibilidad del 84% y una especificidad del 65%.

Respecto al índice kappa, a nivel global fue de 0,76 (alta concordancia). Al igual que la especificidad, decrece conforme más distal es el segmento o sector estudiado: a nivel iliaco es de 0,94, en el femoropoplíteo 0,88 y en el distal 0,47. Comparando la variabilidad interobservador, el índice kappa global fue 0,91 (concordancia casi perfecta), a nivel iliaco fue de 1, a nivel femoropoplíteo 0,92 y a nivel distal 0,88 (tabla 4).

## Discusión

El diagnóstico y tratamiento del paciente con isquemia crítica sigue siendo un reto a día de hoy. La edad y la comorbilidad del paciente vascular hacen que sea imperativo el uso de métodos diagnósticos y terapéuticos lo menos invasivos posible y con menor riesgo de complicaciones. Así, en los últimos años, el desarrollo de las técnicas endovasculares ha permitido tratar lesiones apropiadas en pacientes añosos y pluripatológicos con menor tasa de complicaciones y una estancia hospitalaria reducida respecto a la cirugía convencional. En el campo del diagnóstico vascular, la

**Tabla 3** Valores de sensibilidad, especificidad, valores predictivos positivo y negativo e índice kappa por segmentos

	S (%)	E (%)	VPP (%)	VPN (%)	K
A. iliaca externa	85	100	100	96	0,9
A. femoral común	80	96	80	96	0,77
A. femoral profunda	90	93	81	97	0,8
A. femoral superficial	96	75	90	90	0,75
A. poplítea	93	91	96	83	0,82
Tronco tibioperoneo	65	80	83	60	0,43
A. tibial anterior	84	73	88	66	0,55
A. tibial posterior	96	77	93	88	0,77
A. peronea	90	40	68	71	0,29

E: especificidad; K: índice kappa; S: sensibilidad; VPN: valor predictivo negativo; VPP: valor predictivo positivo.

**Tabla 4** Concordancia diagnóstica entre observadores, mediante índice kappa

A. iliaca externa	1
A. femoral común	1
A. femoral profunda	0,92
A. femoral superficial	0,90
A. poplítea	0,92
Tronco tibioperoneo	0,88
A. tibial anterior	0,92
A. tibial posterior	0,92
A. peronea	0,85

arteriografía, considerada *gold standard*, con una técnica y complicaciones similares desde su descripción por Seldinger en 1953<sup>9</sup>, está siendo desplazada por el uso de otros métodos de imagen como la ARM. El hecho de no tratarse de una prueba invasiva supone la posibilidad de realizarla ambulatoriamente sin precisar ingreso hospitalario, lo cual la convierte además en una técnica coste-efectiva. No expone al paciente a radiación de tipo ionizante y no tiene el riesgo de nefrotoxicidad por contraste yodado, aunque sí de fibrosis sistémica nefrogénica (sobre todo en pacientes diabéticos con función renal alterada)<sup>10</sup>. En algunas ocasiones la ARM puede visualizar arterias no visibles mediante la ASD<sup>11</sup>.

La utilidad de la ARM en la isquemia crónica de miembros inferiores está bien establecida mediante múltiples estudios en los que se ha comparado con la arteriografía de miembros inferiores, la ecodoppler arterial o la angio-TC<sup>4-6</sup>. En la mayoría de estos estudios, los pacientes incluidos son claudicantes (estadio II de Fontaine)<sup>7</sup>, lo cual no representa bien a aquellos con isquemia crítica de miembros inferiores, que suponen la inmensa mayoría de los pacientes que precisan revascularización de miembro inferior en un Servicio de Cirugía Vascular como el nuestro.

Los valores de sensibilidad y especificidad global reflejados en la mayoría de estudios oscilan entre el 88 y el 98% para la sensibilidad y entre el 93 y el 97% para la especificidad. En nuestro estudio la sensibilidad y la especificidad globales han sido más bajas (88,3 y 89% respectivamente). Una de las razones puede ser el hecho de haber incluido en el estudio solo a pacientes con isquemia crítica<sup>12</sup>. Se sabe que en este tipo de pacientes predomina la afectación distal (donde la ARM encuentra más dificultades diagnósticas, debido al menor calibre de los vasos), la contaminación venosa (más evidente cuando existen úlceras o celulitis), los artefactos por el movimiento (también más frecuentes al tratarse de enfermos con dolor de reposo)<sup>6</sup>.

A nivel supragenicular, la ARM parece ofrecer una calidad de imagen semejante a la de la ASD, con valores de sensibilidad y especificidad suficientemente altos y buena correlación diagnóstica (siempre mayor de 0,75), por lo que la identificación de lesiones en estos segmentos es fiable.

A nivel infragenicular se ha observado una llamativa caída de la especificidad mientras que la sensibilidad se ha mantenido en valores similares. Esto es consecuencia del alto número de falsos positivos cuando se exploran segmentos infrageniculares, quizá por magnificación de las lesiones. Por ello, la identificación de lesiones en la ARM en el sector distal no siempre se corresponde con la realidad, encontrando en las imágenes intraoperatorias ausencia de lesiones o lesiones

no significativas donde se interpretaba por la ARM la presencia de una estenosis mayor del 50% o incluso una oclusión. Esta sobrestimación de lesiones a nivel distal ya se describe en otros estudios y es una de las limitaciones de la ARM<sup>13</sup>. La imposibilidad en nuestro estudio de valorar, en un 10% de los pacientes, el sector distal por la intensa contaminación venosa coincide con lo publicado en la literatura.

La concordancia diagnóstica interobservador encontrada ha sido muy alta de forma global, obteniéndose un índice kappa de 0,91. La reproducibilidad de los resultados es total a nivel ilíaco. Esta mínima variabilidad interobservador supone una de las ventajas de esta prueba diagnóstica frente a otras cuya interpretación requiere de más experiencia y puede ser más subjetiva, como es el caso de la ecografía.

Existen varias limitaciones en este estudio que merecen ser mencionadas, tales como su diseño retrospectivo y la valoración de las imágenes de la ASD por un único investigador. Aunque transcurrió una semana entre la valoración de las imágenes de la ARM y de la ASD por el primer explorador (no se realizó de manera inmediata), no se ocultó el nombre de los pacientes en ningún momento, factor que también hay que tener en cuenta al interpretar la validez de los resultados de este estudio.

Con el desarrollo tecnológico en el campo de la resonancia magnética nuclear, han aparecido las técnicas de imagen en paralelo, la adquisición de secuencias híbridas o las de alta resolución temporal, todas ellas con objeto de reducir la contaminación venosa en territorios distales<sup>14-16</sup>. La aparición de equipos de angiorresonancia 3 Teslas está suponiendo un avance con excelentes resultados según lo publicado recientemente, con una mayor resolución espacial<sup>17-19</sup>. Además, los últimos avances en TC multidetector están revolucionando la angiotomografía computarizada con resultados prometedores<sup>20</sup>.

## Conclusión

Según este estudio, la ARM puede ser una alternativa válida a la ASD en la identificación de lesiones significativas en los sectores ilíaco y femoropoplíteo, en pacientes con isquemia crítica de miembros inferiores. A nivel distal es preciso interpretar los datos con más cautela, debido a la caída de especificidad y del índice de correlación diagnóstica, ya que tiende a sobrestimar las lesiones.

## Responsabilidades éticas

**Protección de personas y animales.** Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

**Confidencialidad de los datos.** Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

**Derecho a la privacidad y consentimiento informado.** Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

1. Félix Redondo FJ, Fernández Bergués D, Baena Díez JM, Mostaza JM, Vila J. Prevalencia y características clínicas de la enfermedad arterial periférica en la población general del estudio Hermex. *Rev Esp Cardiol.* 2012;65:726-33.
2. Peña Cortés R, Sanz Pastor N, Fernández Samos R, Alonso Argüeso G, Ortega Martín JM, Vaquero Morillo F. Tratamiento de la isquemia crítica de las extremidades inferiores. *Cirugía distal y endovascular. Angiología.* 2012;64:232-8.
3. Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, Nehler MR, Harris KA, Fowkes FGR, on behalf of the TASC II Working Group. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2007;33:51-70.
4. Soule B, Hingorani A, Ascher E. Comparison of magnetic resonance angiography (MRA) and duplex ultrasound arterial mapping (DUAM) prior to infrainguinal arterial reconstruction. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2003;25:139-46.
5. Hofmann WJ, Forstner R, Kofler B, Binder K, Ugurluoglu A, Magometshnigg H. Pedal artery imaging: A comparison of selective digital subtraction angiography, contrast enhanced magnetic resonance angiography and duplex ultrasound. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2002;24:287-92.
6. Collins R, Burch J, Cranny G, Aguiar Ibáñez R, Craig D, Wrigth K, et al. A systematic review of duplex ultrasound, magnetic resonance angiography and computed tomography angiography for the diagnosis and assessment of symptomatic, lower limb peripheral arterial disease. *Health Technol Assess.* 2007;11:1-184.
7. Gjønaess E, Morken B, Sandbaek G, Strandén E, Slagsvold VE, Jorgensen JJ, et al. Gadolinium-enhanced magnetic resonance angiography, colour duplex and digital subtraction angiography of the lower limb arteries from the aorta to the tibio-peroneal trunk in patients with intermittent claudication. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2006;31:53-8.
8. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 1977;33:159-74.
9. Seldinger S. Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography. *Acta Radiol.* 1953;39:368-76.
10. Stratta P, Canavese C, Aime S. Gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging, renal failure and nephrogenic systemic fibrosis/nephrogenic fibrosing dermopathy. *Curr Med Chem.* 2008;15:1229-35.
11. Pomposelli F. Arterial imaging in patients with lower extremity ischemia and diabetes mellitus. *J Vasc Surg.* 2010;52:815-915.
12. Hingorani A, Ascher E, Markevich N. Magnetic resonance angiography versus duplex arteriography in patients undergoing lower extremity revascularization: Which is the best replacement for contrast arteriography? *J Vasc Surg.* 2004;39:717-22.
13. Lee V, Martin D, Krinsky G, Rofsky N. Gadolinium-enhanced MR angiography: Artifacts and pitfalls. *Am J Radiol.* 2000;175:197-205.
14. Berg F, Bangard C, Bovenschulte H, Hellmich M, Nijenhuis M, Lackner K, et al. Feasibility of peripheral contrast-enhanced magnetic resonance angiography at 3.0 Tesla with a hybrid technique: Comparison with digital subtraction angiography. *Invest Radiol.* 2008;43:642-9.
15. Pereles F, Collins J, Carr J, Francois C, Morasch M, McCarthy RM, et al. Accuracy of stepping-table lower extremity MR angiography with dual level bolus timing and separate calf acquisition: Hybrid peripheral MR angiography. *Radiology.* 2006;240:283-90, 27.
16. De Vries M, Nijenhuis RJ, Hoogeveen RM, de Haan MW, van Engelshoven JM, Leiner T, et al. Contrast-enhanced peripheral MR angiography using SENSE in multiple stations: Feasibility study. *J Magn Reson Imaging.* 2005;21:37-45, 13.
17. Langer S, Krämer N, Mommertz G, Koeppel TA, Jacobs MJ, Wazir NA, et al. Unmasking pedal arteries in patients with

- critical ischemia using time-resolved contrast-enhanced 3D MRA. *J Vasc Surg.* 2009;49:1196–202.
18. Ganguli S, Pedrosa I, Smith MP, Niendorf ER, Fredericks S, Rofsky NM, et al. Low dose pedal imaging resonance angiography at 3 tesla with time-resolved imaging of contrast kinetics: A feasibility study. *Invest radiol.* 2008;43:650–5.
  19. Matthew M, Tefera G, Thornton F, Siepmann D, Turnipseed W, et al. Clinical utility of time-resolved imaging of contrast kinetics (TRICKS) magnetic resonance angiography for infrageniculate arterial occlusive disease. *J Vasc Surg.* 2007;45:543–8.
  20. Portugaller HR, Schoellnast H, Hausegger KA, Tiesenhausen K, Amann W, Berghold A, et al. Multislice spiral CT angiography in peripheral arterial occlusive disease: A valuable tool in detecting significant arterial lumen narrowing? *Eur Radiol.* 2004;14:1681–7.