

# Multidetector row computed tomographic angiography of the abdominal aorta and lower limbs arteries

A new diagnostic tool in patients with peripheral arterial occlusive disease

M. ROMANO<sup>1,2</sup>, B. AMATO<sup>3</sup>, K. MARKABAOU<sup>3</sup>, O. TAMBURRINI<sup>4</sup>, M. SALVATORE<sup>1</sup>

**Aim.** The aim of this study is to evaluate the accuracy of multidetector row CT angiography (MDC-TA) of the abdominal aorta and lower extremities arteries in patients with peripheral arterial occlusive disease who did not receive any prior treatment whether interventional or surgical.

**Methods.** Twenty-two patients with peripheral vascular occlusive disease (16 male, 6 female, age range 44-85 years) underwent MDCTA of the abdominal aorta and lower extremities. Digital subtraction angiography (DSA) of the same districts was performed within 3 months. Images were blindly interpreted by 2 interventional radiologists and compared with the results of digital subtraction angiography.

**Results.** Sensitivity and specificity of MDCTA were 92% and 94%, respectively, with positive and negative predictive values of 93% and 95%. Overall diagnostic accuracy was 93%. Normal arterial segments and 100% occlusions were correctly identified in all cases by MDCTA. Moderately stenotic segments interpretation in the calves appeared to be more controversial, but no statistical difference in accuracy in this district was noted with respect to accuracy in more proximal arteries.

**Conclusion.** MDCTA of the abdominal aorta and lower extremities is a feasible, accurate imaging modality in clinical practice when compared to DSA.

**Key words:** Tomography, X-ray computed - Angiography - Arteries, extremities - Aorta abdominal.

Received November 19, 2002.  
Accepted for publication May 6, 2003.

Address reprint requests to: M. Romano, M.D., Via Luca da Penne 3, 80122 Naples Italy. E-mail: maurizio.romano@ibb.cnr.it

<sup>1</sup>Department of Radiology and Radiotherapy  
"Federico II" University, Naples, Italy

<sup>2</sup>Institute of Biostructures and Bioimages  
National Research Council, Naples, Italy

<sup>3</sup>Department of Surgery

"Federico II" University, Naples, Italy

<sup>4</sup>Unit of Radiology, "Magna Graecia" University  
Catanzaro, Italy

Peripheral arterial occlusive disease is a progressive health problem, with reported incidences of 5-9% in men at least 55 years old.<sup>1-3</sup> Diagnosis can be easily made by means of clinical examination and ankle-brachial index measurement, but therapy depends greatly on morphologic information on the involved arteries.

Digital subtraction angiography (DSA) is considered the actual gold standard in patients referred for evaluation of peripheral arterial occlusive disease, with a well defined role in treatment planning and patient follow-up. However, DSA remains an invasive, time consuming technique, that is usually repeated several times in these patients' lifetime whether for diagnostic or therapeutic purposes, with an increasing cumulative risk for complications at the arterial puncture site. Spiral computed tomographic angiography (CTA) is an evolving technique, competing with both catheter angiography and magnetic resonance angiography.



Figure 1.—Coronal maximum intensity projection multi-detector CT angiographic image of the abdominal aorta and lower extremity arteries. Excellent depiction of the arterial bed, without venous contamination. Arterial calcifications are well visible.

Most head and neck, thoracic and abdominal CTA studies result feasible, with good results when compared to DSA of the same districts.<sup>4-15</sup> However, until recently, CTA had a limited role in the evaluation of pelvic and lower limbs vessels in patients with peripheral arterial occlusive disease, mainly due to the impossibility to scan with sufficient spatial resolution the large volume involved. The recent introduction of multidetector row CT angiography (MDCTA) can overcome these limitations;<sup>16</sup> MDCTA offers shorter acquisition times, greater coverage and higher spatial



Figure 2.—Three-dimensional reconstruction at the level of the calf. Note the excellent visualization of the small stenosis at the arch of the left anterior tibial artery (small arrow).

resolution with respect to CTA, making it possible to acquire data from the abdominal aorta to the arteries of the feet in less than 1 minute.

We hereby describe our results of MDCTA of the abdominal aorta and lower extremities arterial bed in patients with vascular occlusive disease and compare them to findings at DSA.

### Materials and methods

MDCTA of the abdominal aorta and lower extremities was performed in 22 patients with peripheral vascular occlusive disease (16 male, 6 female, age range 44-85 years). DSA of the same districts was available in all cases, performed within 3 months from the MDCTA study; no therapeutic procedure like angioplasty, stent implantation, surgical bypass or fibrinolysis was performed in the period between the 2 imaging studies. Written informed consent was obtained from all patients.

Renal function tests were within normal limits in all cases. All patients had normal coagulation tests at the time of DSA and MDCTA.

MDCTA was performed with a 4 channel multislice CT unit (Marconi, MX8000). Patients were positioned supine on the CT table, with the feet directed towards the gantry, so that the abdomen and the entirety of the lower extremities could be included in the scanning volume. Volume scans were performed from the body of L1 through the feet following the intravenous injection of 150 ml of non-ionic contrast medium (300 mgI/ml) at a rate of 4 ml/s using a power injector. We used a fixed scan delay of 28 seconds without preliminary bolus timing in order to shorten the procedure time. We used an effective section thickness of 3.2 mm, pitch of 7, 0.75 s gantry rotation period, 120 kV of tube voltage and a current of 145 mA. Images were reconstructed every 1.6 mm.

The volumetric data were transferred to a 3D console (Vitrea 2, Vital Images) for processing. Volume images, maximum intensity projections (MIP), multiplanar (MPR) and curved planar reformations were obtained; bone was removed by drawing regions of interest on a limited number of slices, which were then automatically interpolated on all the remaining images, with little to moderate need for further editing. Total acquisition time ranged between 15 and 25 minutes, with differences depending mainly on time to venous access; image processing time ranged between 30 and 50 minutes.

Volume, MIP MPR, curved MPR images together with the axial images were rendered anonymous and transferred in a separate folder on the graphic console to be independently analyzed by 2 radiologists with experience in vascular and interventional radiology and CT imaging of vessels. A typical MIP anteroposterior view of the whole scanned volume is shown in Figure 1. Figure 2 shows a 3D volumetric reconstruction of the arteries of the calf in the same patient.

Patients underwent DSA within 3 months of MDCTA. A pigtail 5F catheter was positioned into the suprarenal abdominal aorta through a transfemoral approach for aortic angiography and was subsequently withdrawn in an infrarenal position for iliac and lower limbs arteries angiography. Image acquisition rate was 3/s for the aorto-iliac arteries and 2/s for

the remaining lower extremities arteries. Forty-five degree oblique views were routinely obtained for the iliac arteries. Angiography of the lower extremities run-off was performed sequentially, with separate administrations of contrast medium. The average total amount of contrast injected for each examination was 200 ml (range 180-250 ml). Images were rendered anonymous and printed on film for independent analysis.

Two interventional radiologists with experience both in MDCTA and DSA independently analysed the images from the 2 modalities. The 2 independent readers were instructed to divide each artery from the infrarenal abdominal aorta to the feet into 3 segments, proximal, middle and distal; for each patient a total of 81 arterial segments were then analyzed using each of the 2 modalities, MDCTA and DSA (3 aortic, 18 iliac, 18 femoral, 12 tibial, 6 each for popliteal, tibio-peroneal, peroneal, pedal and plantar arteries), for a total of 1 782 arterial segments analyzed.

Each segment had to be classified as normal (0), 1-50% stenotic (1), 51-75% stenotic (2), 76 to 99% stenotic (3) or occluded (4). For stenosis measurement the most normal appearing vessel proximal or distal to the analyzed segment was used. Stenosis measurement was performed using an electronic caliper.

DSA images were analyzed separately from MDCTA images, and at least 1 month was allowed between analysis of DSA and MDCTA of the same patient. Arterial division in segments was the same used for CTA as well as stenosis classification. Measurement was performed on anonymized hard copies using a caliper.

Lesion length was evaluated by using anatomic landmarks as references for comparison between the 2 imaging modalities.

Accuracy of MDCTA was calculated using DSA as standard. Sensitivity, specificity, positive and negative predictive values and diagnostic accuracy were calculated; each arterial segment was classified as true negative, true positive, false negative or false positive. A consensus reading was obtained after independent assessment of all the images.

Interobserver agreement was evaluated using Cohen's  $k$  statistic, graded as poor ( $k < 0.1$ ), slight ( $k = 0.1-0.4$ ), fair ( $k = 0.41-0.6$ ), good ( $k = 0.61-0.8$ ) and excellent ( $k = 0.81-1.00$ ).  $\chi^2$  test was used for the comparison of sensitivity, specificity, positive and negative predictive values and diagnostic accuracy of DSA and MDCTA.

### Results

MDCTA were performed uneventfully in all cases. Average MDCTA scan time was 58 seconds. Satisfactory enhancement of the arterial lumen was obtained in all patients and in all districts. No venous enhancement disturbing image interpretation and computed reconstruction was noted by the 2 readers at MDCTA.

Stenotic lesion grading concurred in 1 640 arterial segments (92%). Complete arterial occlusions and normal arterial segments were in all cases interpreted correctly by MDCTA, independently from the anatomic location.

We had 142 (8%) cases of arterial segments stenosis misinterpretation by MDCTA, 102 (5.7%) by 1 grade and 40 (2.3%) by 2 or more grades; almost all these lesions were located in the calf, where diagnostic accuracy was 85%, compared to an overall diagnostic accuracy of 93%; however, diagnostic accuracy did not differ significantly between lesions located in the calf and above-knee lesions. Sixty-nine percent of misinterpreted stenosis were classified as false positive and 31% as false negatives. All cases of misinterpretation regarded stenosis with a grade 1, 2 or 3 at DSA.

Overall sensitivity and specificity of MDCTA were 92% and 94% respectively, with positive and negative predictive values of 93% and 95%. Overall diagnostic accuracy was 93%.

Lesion length evaluations by MDCTA and DSA resulted to be not statistically different.

Treatment planning using MDCTA resulted identical in 95% of patients to the planning resulting from DSA images.

Interobserver agreement resulted excellent for DSA ( $k = 0.823$ ) and good for MDCTA,

with a  $k$  value of 0.801. Intraobserver agreement resulted excellent as well between the 2 modalities for both observers ( $k = 0.851$  for observer I and 0.875 for observer II).

### Discussion

Treatment planning in patients with peripheral arterial obstructive disease requires imaging of the entire aorto-femoro-popliteal and infrapopliteal arterial bed, since atherosclerotic disease of those districts is most frequently multifocal and since therapeutic options for a given stenotic or occluded arterial segment can be conditioned by the presence of lesions located elsewhere in the same or contralateral arterial district.

MDCTA has overcome single detector row spiral CT limitations;<sup>16-19</sup> Rubin *et al.*<sup>16</sup> in their experience MDCTA of lower extremity stated that both in-flow and run-off can be reliably depicted with minimal venous enhancement. We found in the literature only 1 article<sup>20</sup> comparing DSA and MDCTA in the evaluation of lower extremities arteries in patients with peripheral arterial occlusive disease; however the authors focused only on therapeutically relevant stenosis (over 50% reduction of luminal diameter), reporting sensitivity and specificity of 86%.

In our population of patients with peripheral arterial occlusive disease MDCTA of the abdominal aorta and lower extremity arteries resulted feasible in all cases, with short acquisition and postprocessing times.

Findings at MDCTA consistently concurred with those at DSA; 100% occlusions and normal arterial segments were correctly identified at MDCTA in all cases. Overall sensitivity and specificity, positive and negative predictive values were well above 92%; diagnostic accuracy was 93%. Agreement between the 2 observers resulted excellent, with  $k$  values greater than 0.85 for both readers. Interobserver variability resulted as well very good, with  $k$  values greater than 0.80 for both imaging techniques.

The evaluation of moderately stenotic arterial segments appeared to be more controversial in our population, particularly the

analysis of the infrapopliteal district; the great majority of cases of arterial segments stenosis misinterpretation by MDCTA was located in the calves. When we examined performance according to the anatomic district, MDCTA of aorto-iliac and femoro-popliteal districts performed almost perfectly when compared to DSA results, with sensitivity and specificity ranging above 92%. When studying infrapopliteal arteries, we observed a slight decrease in MDCTA performance, particularly in diagnostic accuracy (85%); however, the differences with the overall MDCTA performance and with the performance in the aorto-iliac and femoro-popliteal districts were found to be not statistically significant. Results analyzed on the basis of therapeutic approach when a consensus reading was obtained showed no statistical differences between the 2 imaging modalities.

Venous contamination of the images, particularly at the level of the calves, was present in 11% of MDCTA examination; however, both observers judged the venous opacification to be very mild, not disturbing arterial analysis.

Other non invasive techniques can be used to assess lower extremities vessels. Sonography is relatively inexpensive and non-invasive, but remains a time consuming and operator-dependent technique, with unsatisfactory result in the evaluation of lesions located in the calves or in the detection of lesions distal to high grade stenosis.<sup>21</sup>

Magnetic resonance angiography (MRA) of the lower limbs has improved with the use of gadolinium enhanced 3D sequences together with stepping patient tables, with reported sensitivity and specificity ranging between 81-97% and 60-96%;<sup>22-24</sup> however, therapeutically relevant mural calcifications are not depicted by MRA and the presence of endovascular metallic stents can result in significant artifacts. Patients with pacemaker are not examinable by MRA. Lack of ionizing radiation is a major advantage of MRA; however, the typical patient undergoing MDCTA for peripheral vascular disease is relatively old, and MDCTA of abdominal aorta and lower extremities has shown to expose patients to a dose 3.9 times lower than that of DSA of the same district.<sup>16</sup>

A drawback of our study is that DSA were performed between 1 to 3 months from MDCTA studies, and atherosclerotic disease could have progressed in this time interval, changing the status of the stenosis; however, no therapy was performed on the patients between the 2 imaging studies nor patients reported a change in their symptoms in the same time interval making it reasonable the assumption that the degree of the stenosis was unchanged.

## Conclusions

In conclusion, we believe that MDCTA of the abdominal aorta and lower extremities in patients with peripheral arterial occlusive disease with no previous interventions is an accurate imaging modality in clinical practice when compared to DSA. It has shown to be a less invasive, less time consuming technique with respect to DSA, permitting the use of significantly lower contrast medium volumes and reducing the radiation dose to the patients.<sup>16</sup>

Larger series are necessary to better evaluate MDCTA performance compared to DSA, particularly in infrapopliteal arteries lesions.

## References

1. Fowkes FG, Housley E, Cawood EH, MacIntyre CC, Ruckley CV, Prescott RS. Edinburgh Artery Study: prevalence of asymptomatic and symptomatic peripheral arterial disease in the general population. *Int J Epidemiol* 1991;20:384-92.
2. Stoffers HE, Kaiser V, Knotterus JA. Prevalence in general practice. In: Fowkes FGR, editor. *Epidemiology of peripheral vascular disease*. London: Springer-Verlag; 1991.p.109-15.
3. Prince MR, Narasimham DL, Stanley JC, Chenevert TL, Williams DM, Marx MV. Breath-hold gadolinium-enhanced MR angiography of the abdominal aorta and its major branches. *Radiology* 1995;197:785-92.
4. Bluemke DA, Chambers TP. Spiral CT angiography: an alternative to conventional angiography. *Radiology* 1995;195:317-9.
5. Rubin GD, Dake MD, Napel SA, McDonnell CH, Jeffrey RBJ. Abdominal spiral CT angiography: initial clinical experience. *Radiology* 1993;186:147-52.
6. Kaatee R, Beek FJ, de Lange EE, van Leeuwen MS, Smits HF, van der Ven PJ *et al*. Renal artery stenosis: detection and quantification with spiral CT angiography *versus* optimized digital subtraction angiography. *Radiology* 1997;205:121-7.
7. Prokop M. Protocols and future directions in imaging

- of renal artery stenosis: CT angiography. *J Comput Assist Tomogr* 1999;23:101-10.
8. Phillips CD, Bubash LA. CT angiography and MR angiography in the evaluation of extracranial carotid vascular disease. *Radiol Clin North Am* 2002;40:783-98.
  9. Berg MH, Manninen HI, Rasanen HT, Vanninen RL, Jaakkola PA. CT angiography in the assessment of carotid artery atherosclerosis. *Acta Radiol* 2002;43:116-24.
  10. Hirai T, Korogi Y, Ono K, Nagano M, Maruoka K, Uemura S *et al*. Prospective evaluation of suspected stenocclusive disease of the intracranial artery: combined MR angiography and CT angiography compared with digital subtraction angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 2002;23:93-101.
  11. Fishman EK. From the RSNA refresher courses. CT angiography: clinical applications in the abdomen. *Radiographics* 2001;21:S3-16.
  12. El Sherif A, McPherson SJ, Dixon AK. Spiral CT of the abdomen: increased diagnostic potential. *Eur J Radiol* 1999;31:43-52.
  13. Marchal G, Bogaert J. Non-invasive imaging of the great vessels of the chest. *Eur Radiol* 1998;8:1099-105.
  14. Remy J, Remy-Jardin M, Artaud D, Fribourg M. Multiplanar and three-dimensional reconstruction techniques in CT: impact on chest diseases. *Eur Radiol* 1998;8:335-51.
  15. Lawler LP, Fishman EK. Multi-detector row CT of thoracic disease with emphasis on 3D volume rendering and CT angiography. *Radiographics* 2001;21:1257-73.
  16. Rubin GD, Schmidt AJ, Logan LJ, Sofilos MC. Multi-detector row CT angiography of lower extremity arterial inflow and runoff: initial experience. *Radiology* 2001;221:146-58.
  17. Jones TR, Kaplan RT, Lane B, Atlas SW, Rubin GD. Single- versus multi-detector row CT of the brain: quality assessment. *Radiology* 2001;219:750-5.
  18. Rubin GD. Data explosion: the challenge of multidetector-row CT. *Eur J Radiol* 2000;36:74-80.
  19. Hu H, He HD, Foley WD, Fox SH. Four multidetector-row helical CT: image quality and volume coverage speed. *Radiology* 2000;215:55-62.
  20. Puls R, Knollmann F, Werk M, Gebauer B, Gaffke G, Steinkamp H *et al*. Multi-slice spiral CT: 3D CT angiography for evaluating therapeutically relevant stenosis in peripheral arterial occlusive disease. *Rontgenpraxis* 2001;54:141-7.
  21. Zierler RE, Zierler BK. Duplex sonography of lower extremity arteries. *Semin Ultrasound CT MR* 1997;18:39-56.
  22. Loewe C, Schoder M, Rand T, Hoffmann U, Sailer J, Kos T *et al*. Peripheral vascular occlusive disease: evaluation with contrast-enhanced moving-bed MR angiography versus digital subtraction angiography in 106 patients. *AJR Am J Roentgenol* 2002;179:1013-21.
  23. Lundin P, Svensson A, Henriksen E, Jonason T, Forssell C, Backbro B *et al*. Imaging of aortoiliac arterial disease. Duplex ultrasound and MR angiography versus digital subtraction angiography. *Acta Radiol* 2000;41:125-32.
  24. Winterer JT, Schaefer O, Uhrmeister P, Zimmermann-Paul G, Lehnhardt S, Althoefer C *et al*. Contrast enhanced MR angiography in the assessment of relevant stenoses in occlusive disease of the pelvic and lower limb arteries: diagnostic value of a 2-step examination protocol in comparison to conventional DSA. *Eur J Radiol* 2002;41:153-60.

## Angiografia con TC spirale multidetettore dell'aorta addominale e degli arti inferiori

Un nuovo strumento diagnostico in pazienti con arteriopatia ostruttiva periferica

La vasculopatia occlusiva arteriosa è un'entità nosologica progressiva, con incidenze riportate del 5-9% in pazienti di sesso maschile con età maggiore di 55 anni<sup>1-3</sup>. La diagnosi può essere effettuata facilmente mediante l'esame clinico e la misurazione dell'indice caviglia-braccio, ma la terapia dipende prevalentemente da informazioni morfologiche dettagliate delle arterie coinvolte.

L'angiografia con sottrazione digitale (DSA) è attualmente considerata il gold-standard in pazienti valutati per arteriopatia occlusiva cronica, con un ruolo ben definito in letteratura nella pianificazione della terapia e nel follow-up. Tuttavia, la DSA rimane una metodica invasiva, con tempi di esecuzione relativamente lunghi, che viene ripetuta di solito più volte in questi pazienti, sia per scopi diagnostici che terapeutici, con un aumento del rischio cumulativo di complicazioni al punto di accesso arterioso. L'angiografia con TC spirale (CTA) è una tecnica in evoluzione, attualmente in contrapposizione sia alla DSA che all'angiografia con risonanza magnetica. La

maggior parte di studi CTA a livello di testa e collo, torace e addome, risultano fattibili, con buoni risultati quando paragonati alla DSA dei medesimi distretti<sup>4-15</sup>. Tuttavia, la CTA ha avuto finora un ruolo limitato nella valutazione delle arterie pelviche e degli arti inferiori in pazienti vasculopatici cronici principalmente a causa dell'impossibilità di esaminare con sufficiente risoluzione spaziale l'enorme volume corporeo coinvolto. L'introduzione recente dell'angiografia con TC spirale multidetettore (MDCTA) ha permesso di superare questi limiti<sup>16</sup>; la MDCTA offre tempi di acquisizione più brevi, maggiore copertura volumetrica e maggiore risoluzione spaziale rispetto alla CTA, rendendo possibile l'acquisizione di dati dall'aorta addominale fino alle arterie dei piedi in un tempo di scansione inferiore al minuto.

Descriviamo di seguito i nostri risultati sulla MDCTA dell'aorta addominale e del letto arterioso periferico degli arti inferiori in pazienti con arteriopatia ostruttiva cronica, paragonandoli con i risultati della DSA degli stessi distretti.

## Materiali e metodi

La MDCTA dell'aorta addominale e degli arti inferiori è stata eseguita in 22 pazienti con arteriopatia periferica ostruttiva cronica (16 di sesso maschile, 6 di sesso femminile, età 44-85 anni). La DSA degli stessi distretti era disponibile in tutti i casi, eseguita entro 3 mesi dalla MDCTA; nessuna procedura terapeutica come angioplastica, inserimento di stent metallici, bypass chirurgici o fibrinolisi è stata eseguita nel lasso di tempo tra i 2 studi. Un consenso informato è stato ottenuto in tutti i casi.

I test di funzionalità renale erano entro limiti normali in tutti i casi. Tutti i pazienti avevano regolari parametri di coagulazione al momento degli esami di MDCTA e DSA.

La MDCTA è stata eseguita con una unità TC spirale multidetettore a 4 canali (Marconi, MX8000). I pazienti venivano posizionati supini sul lettino della TC, con i piedi diretti verso il gantry in modo da poter includere nel volume l'addome e tutti gli arti inferiori. Le scansioni venivano effettuate da un livello passante per la limitante superiore di L1 fino ai piedi dopo l'iniezione intravenosa di 150 ml di mezzo di contrasto non ionico (300 mg/ml) alla velocità di 4 ml al secondo utilizzando un iniettore automatico. Abbiamo usato un ritardo per la partenza della scansione fisso a 28 secondi, senza utilizzare un bolo preliminare di misurazione del tempo di circolo per abbreviare la durata della procedura. Abbiamo usato uno spessore di sezione effettivo di 3,2 mm, pitch 7, periodo di rotazione del gantry di 0,75 secondi, 120 kV di voltaggio del tubo e una corrente di 145 mA. Le immagini venivano ricostruite ogni 1,6 mm.

I dati volumetrici così ottenuti venivano trasferiti a una console di ricostruzione ed elaborazione (Vitrea 2, Vital Images). Venivano ottenute immagini di ricostruzione volumetrica, proiezioni di massima intensità (MIP), ricostruzioni multiplanari (MPR) e ricostruzioni multiplanari curve; l'osso veniva rimosso dalle immagini, contornandolo con regioni di interesse in un numero limitato di immagini assiali, che venivano interpolate automaticamente sull'intero set di dati, con la necessità di minime ulteriori modifiche. Il tempo totale di acquisizione è stato di 15-25 minuti, con differenze dipendenti nella maggior parte dei casi dal tempo necessario a ottenere un adeguato accesso venoso. Il tempo di ricostruzione ed elaborazione delle immagini è variato da 30 a 50 minuti.

Le immagini di volume, MIP, MPR e MPR curve, così come le singole immagini assiali, venivano rese anonime e trasferite in una cartella separata sulla console di ricostruzione per essere analizzate indipendentemente da 2 radiologi con esperienza in radiologia vascolare e interventistica e in angiografia con TC. Una immagine MIP dell'intero volume analizzato è mostrata in Figura 1. La Figura 2 mostra una ricostruzione tridimensionale volumetrica delle arterie infragenicolari dello stesso paziente.

I pazienti sono stati sottoposti a DSA entro 3 mesi dalla MDCTA. Un catetere pigtail 5F veniva posizionato nell'aorta addominale soprarenale con un approccio transfemorale per aortografia addominale e, in seguito, ritirato in posizione sottorenale per angiografia iliaca e degli arti inferiori. Le immagini venivano acquisite con 3 frame/secondo per le arterie aorto-iliache e 2 frame/secondo per il resto degli arti inferiori. Proiezioni oblique a 45° sono state effettuate routinariamente sulle arterie iliache. L'angiografia del run-off degli arti inferiori è stata effettuata sequenzialmente, con iniezioni separate di contrasto. Per ogni esame venivano somministrati, in media, 200 ml di contrasto iodato (range 180-250 ml). Le immagini venivano rese anonime e stampate su pellicola per l'analisi.

Due radiologi vascolari e interventisti con esperienza in MDCTA e DSA hanno analizzato indipendentemente le immagini delle 2 modalità. Ogni arteria è stata divisa in 3 segmenti, prossimale, medio e distale; per ogni paziente sono stati analizzati un totale di 81 segmenti arteriosi con MDCTA e DSA (3 aortici, 18 iliaci, 18 femorali, 12 tibiali, 6 poplitei, tibio-peronieri, pedali e plantari), per un totale di 1 782 segmenti.

Ogni segmento è stato classificato come normale (0), con stenosi dell'1-50% (1), con stenosi del 51-75% (2), con stenosi del 76-99% (3) o occluso (4). Per la misurazione delle stenosi è stato utilizzato il tratto arterioso con aspetto normale più vicino alla stenosi, prossimale o distale. Le stenosi sono state misurate con un righello elettronico sulla console di ricostruzione.

Le immagini della DSA sono state analizzate separatamente dalle immagini MDCTA ed è stato lasciato trascorrere almeno 1 mese tra l'analisi della DSA e MDCTA dello stesso paziente. La divisione arteriosa in segmenti è stata la stessa utilizzata per la MDCTA, così come la classificazione delle stenosi. Le misurazioni sono state effettuate sulle pellicole anonime.

La lunghezza delle lesioni è stata comparata tra le 2 modalità utilizzando come riferimento reperi anatomici.

L'accuratezza della MDCTA è stata calcolata utilizzando la DSA come riferimento. Sono state calcolate sensibilità, specificità, valore predittivo positivo e negativo e accuratezza diagnostica; ogni segmento arterioso è stato classificato come vero negativo, vero positivo, falso negativo o falso positivo. Una lettura di consenso è stata ottenuta sui casi discordanti al termine dell'analisi indipendente di tutti i pazienti.

La concordanza interosservatore è stata valutata usando la statistica  $k$  di Cohen, valutata come scarsa ( $k < 0,1$ ), moderata ( $k = 0,1-0,4$ ), discreta ( $k = 0,41-0,6$ ), buona ( $k = 0,61-0,8$ ) ed eccellente ( $k = 0,81-1,00$ ). Il test del  $\chi^2$  è stato utilizzato per il paragone delle sensibilità, specificità, valore predittivo positivo e negativo e dell'accuratezza diagnostica della DSA e della MDCTA.

## Risultati

Le MDCTA sono state eseguite senza complicanze in tutti i casi. Il tempo medio di scansione è stato di 58 secondi. È stata ottenuta, in tutti i pazienti, una opacificazione soddisfacente del lume arterioso. Non è stata notata dai 2 lettori una opacizzazione del letto venoso tale da disturbare l'interpretazione o la ricostruzione delle immagini alla MDCTA.

La classificazione delle stenosi è stata concordante in 1 640 segmenti arteriosi (92%). Le occlusioni complete e i segmenti arteriosi normali sono stati interpretati correttamente dalla MDCTA in tutti i casi, indipendentemente dalla loro localizzazione.

Abbiamo avuto 142 casi (8%) di errata interpretazione di stenosi alla MDCTA, 102 (5,7%) di 1 grado e 40 (2,3%) di 2 o più gradi; quasi tutte queste lesioni erano localizzate a livello infragenicolare, dove l'accuratezza diagnostica era dell'85% contro un'accuratezza diagnostica globale del 93%. Tuttavia, le accuratezze diagnostiche per lesioni stenotiche a livello delle gambe e al di sopra del ginocchio non hanno mostrato differenze statisticamente significative. Il 69% delle lesioni interpretate erroneamente è stato classificato come falso positivo e il 31% come falso negativo. Tutti i casi di errata interpretazione riguardavano stenosi del grado 1, 2 o 3 alla DSA.

La sensibilità e specificità globale della MDCTA sono state del 92% e 94% rispettivamente, con valori predittivi positivi e negativi del 93% e 95%. L'accuratezza diagnostica globale è stata del 93%.

La valutazione della lunghezza delle lesioni con MDCTA e DSA non ha mostrato differenze statisticamente significative.

La pianificazione terapeutica, utilizzando i dati della MDCTA, è risultata identica a quella basata sulla DSA nel 95% dei pazienti.

L'accordo interosservatore è risultato eccellente per la DSA ( $k=0,823$ ) e buono per la MDCTA ( $k=0,801$ ). L'accordo intraosservatore è risultato eccellente per tutte e 2 le metodiche per entrambi gli osservatori ( $k=0,851$  e  $0,875$  per gli osservatori I e II, rispettivamente).

## Discussione

La pianificazione terapeutica in pazienti con arteriopatia cronica ostruttiva richiede l'analisi morfologica dell'intero distretto arterioso aorto-femoro-popliteo e infrapopliteo, dato che la malattia aterosclerotica è frequentemente multifocale e visto che le opzioni terapeutiche per un dato distretto arterioso possono essere condizionate dalla presenza di lesioni localizzate altrove nel letto arterioso prossimale, distale o controlaterale.

La MDCTA ha risolto i problemi della CT spirale con singolo detettore<sup>16-19</sup>; Rubin *et al.*<sup>16</sup> nella loro esperienza sulla MDCTA delle estremità inferiori han-

no dimostrato che sia l'in-flow che il run-off possono essere efficacemente dimostrati con minima opacificazione venosa. Abbiamo trovato in letteratura un unico articolo<sup>20</sup> che paragonasse DSA e MDCTA nella valutazione delle arterie delle estremità inferiori in pazienti con arteriopatia cronica ostruttiva; tuttavia, gli Autori hanno focalizzato la loro attenzione solo su stenosi terapeuticamente rilevanti (riduzione del calibro >50%), riportando sensibilità e specificità dell'86%.

Nella nostra popolazione di pazienti con arteriopatia cronica ostruttiva, la MDCTA dell'aorta e degli arti inferiori è risultata fattibile in tutti i casi, con tempi di acquisizione ed elaborazione relativamente brevi.

I risultati della MDCTA si sono ben correlati con quelli della DSA; le occlusioni complete e i segmenti regolarmente pervi sono stati correttamente identificati dalla MDCTA in tutti i casi. Sensibilità, specificità, valore predittivo positivo e negativo sono stati tutti superiori al 92%; l'accuratezza diagnostica è risultata del 93%.

L'accordo tra i 2 osservatori indipendenti è risultato eccellente, con valori di  $k$  maggiori di 0,85 per entrambi gli osservatori. La variabilità interosservatore è risultata molto buona, con valori di  $k$  superiori a 0,80 per entrambe le modalità di imaging.

La valutazione di segmenti arteriosi moderatamente stenotici sembra essere più controversa nella nostra popolazione di pazienti, in particolare a livello infrapopliteo, dove era localizzata la maggior parte dei segmenti erroneamente interpretati dalla MDCTA. L'esame dell'accuratezza, in base alla localizzazione delle stenosi, ha mostrato che la MDCTA dei distretti aorto-iliaci e femoro-poplitei ha un'accuratezza pressoché identica a quella della DSA, con sensibilità e specificità superiori al 92%. Nel distretto infrapopliteo è stato osservato un lieve calo dell'accuratezza della MDCTA, in particolare dell'accuratezza diagnostica (85%); tuttavia, le differenze con l'accuratezza globale della MDCTA e con l'accuratezza dei distretti aorto-iliaci e femoro-poplitei non sono state significativamente differenti. I risultati analizzati in base all'approccio terapeutico, dopo una lettura in consensus dei dati, non ha mostrato differenze significative tra le 2 modalità.

La contaminazione venosa delle immagini, particolarmente a livello infragenicolare, era presente nell'11% degli esami MDCTA; tuttavia entrambi gli osservatori hanno giudicato l'opacificazione venosa lieve e non influenzante l'analisi delle arterie.

Altre tecniche non invasive possono essere utilizzate per lo studio dei vasi degli arti inferiori. L'eco color-Doppler è relativamente economico e non invasivo, ma resta una tecnica con tempi di esecuzione lunghi e operatore-dipendente, con risultati insoddisfacenti nella valutazione di stenosi infrapoplitee o nella determinazione di lesioni distali a stenosi di alto grado<sup>21</sup>.

L'angiografia con risonanza magnetica (MRA) degli



arti inferiori è recentemente evoluta con l'uso di sequenze 3D con contrasto paramagnetico endovenoso e movimento automatico del lettino portapazienti, con riportati valori di sensibilità e specificità dell'81-97% e 60-96%, rispettivamente <sup>22-24</sup>; tuttavia, la MRA non è in grado di evidenziare calcificazioni parietali, che hanno rilevanza terapeutica, e la presenza di stent metallici o clip metalliche può risultare in artefatti significativi. I pazienti con pacemaker non possono essere sottoposti a MRA. L'assenza di radiazioni ionizzanti è un vantaggio della MRA rispetto alla MDCTA; tuttavia, il tipico paziente vasculopatico cronico sottoposto a MDCTA è in età relativamente avanzata. Inoltre, la MDCTA del distretto aorto-iliaco-femoropopliteo e infrapopliteo espone il paziente a una dose di radiazioni 3,9 volte minore rispetto alla DSA degli stessi distretti <sup>16</sup>.

Un punto debole del nostro studio è che la DSA è stata effettuata fino a 3 mesi dalla MDCTA e la patologia aterosclerotica potrebbe essere progredita nell'intervallo, cambiando lo stadio delle stenosi; tuttavia, i pazienti non sono stati sottoposti a nessuna terapia nel medesimo lasso di tempo, né hanno riportato alcun cambiamento nella loro sintomatologia, rendendo ragionevole l'assunzione della stazionarietà delle stenosi maggiori.

### Conclusioni

In conclusione, noi riteniamo che la MDCTA dell'aorta addominale e degli arti inferiori in pazienti con vasculopatia ischemica cronica non sottoposti a precedente terapia sia una modalità di imaging accurata quando paragonata alla DSA. Ha dimostrato di essere meno invasiva, di più rapida esecuzione, permettendo l'uso di minori quantità di mezzo di contrasto e riducendo la dose di radiazioni al paziente <sup>16</sup>.

Ulteriori studi sono tuttavia necessari per meglio valutare l'accuratezza della MDCTA, particolarmente in stenosi localizzate al di sotto del ginocchio.

### Riassunto

**Obiettivo.** Valutare l'accuratezza della TC spirale multidetettore (MDCTA) dell'aorta addominale e delle arterie degli arti inferiori in pazienti con arteriopatia ostruttiva cronica che non hanno ricevuto alcuna precedente terapia, interventistica o chirurgica.

**Metodi.** Ventidue pazienti con arteriopatia ostruttiva cronica (16 di sesso maschile e 6 di sesso femminile, età 44-85 anni) sono stati sottoposti a MDCTA dell'aorta addominale e degli arti inferiori. Un'angiografia digitale con sottrazione (DSA) degli stessi distretti è stata eseguita in tutti i casi entro 3 mesi. Le immagini sono state interpretate da 2 radiologi interventisti separatamente e confrontate con i risultati della DSA.

**Risultati.** La sensibilità e la specificità della MDCTA sono risultate del 92% e 94% rispettivamente, con valore predittivo positivo e negativo del 93% e 95%. L'accuratezza diagnostica era del 93%. Segmenti arteriosi normali e occlusioni del 100% sono stati interpretati correttamente in tutti i casi. La classificazione di segmenti arteriosi moderatamente stenotici a livello di gamba appariva più discordante tra le 2 metodiche, ma non è stata rilevata alcuna differenza statistica in tali distretti con l'accuratezza della MDCTA in arterie più prossimali.

**Conclusioni.** La MDCTA dell'aorta addominale e degli arti inferiori è una modalità di diagnostica per immagine fattibile nella pratica clinica e accurata, quando paragonata alla DSA.

Parole chiave: Tomografia assiale computerizzata - Angiografia - Aorta addominale.