

INTÉRÊT DE L'ARTÉRIO-SCANNER DANS LE BILAN DES ARTÉRIOPATHIES DES MEMBRES INFÉRIEURS : ÉTUDE PRÉLIMINAIRE

F Walter (1), B Leyder (1), J Fays (1), JF Bronner (2), B Lehalle (2), A Blum (1) et J Roland (1)

ABSTRACT

Evaluation of CT-angiography of lower limb arteries: a preliminary study

Purpose. The purpose of this study was to assess the feasibility of CT Angiography (CTA) with a single row of detectors and to compare it to digital subtraction angiography (DSA) in the evaluation of lower limb peripheral arterial disease.

Material and methods. A total of 22 patients underwent 24 lower limb Helical CTA using a Somatom Plus 4A (Siemens) and 24 DSA using an Angiostar unit (Siemens). CT angiography was performed in one acquisition (collimation 3mm/ couch motion 9mm/ interval 2mm) with tube rotation time of 0.75 sec from the aortic bifurcation to the calf. DSA was performed after catheterization of a common femoral artery using the Seldinger technique. Arteries were classified in four categories (normal or stenosis <50%, stenosis >50%, occlusion, aneurysm). VRT images and axial source images were assessed by two independent radiologists whereas digital angiographies were read by a vascular radiologist.

Results. Global interobserver agreement was good (Kappa=0.71). The degree of agreement between CTA and DSA ranged from low to excellent (0.25 to 0.97) depending on the artery.

Conclusion. Lower limb CT angiography is a promising non invasive technique. VRT allows quick evaluation. However, is not accurate enough to replace digital angiography.

Key words: Angiography. comparative studies. Arteries. CT. Computed tomography (CT). helical.

J Radiol 2001,82;473-9

RÉSUMÉ

But. Déterminer la faisabilité et l'intérêt de l'artério-scanner monobarrette des membres inférieurs dans le bilan des artériopathies.

Matériel et méthodes. Dans le cadre d'une étude prospective portant sur 22 patients, 24 artério-scanners ont été réalisés sur un Somatom Plus 4A (Siemens) et confrontés à l'angiographie (Angiostar, Siemens). Les artério-scanners ont été réalisés en une seule acquisition en 3/9/2 avec une durée de rotation du tube de 0,75 sec. L'exploration débutait au carrefour aortique et s'étendait au tiers inférieur des jambes. Trois ml/kg de Visipaque 320® étaient injectés. Les artères étaient classées normale ou sténosée inférieure à 50 %, sténosée supérieure à 50 %, thrombosée ou anévrysmale, sauf pour les jambes où les artères étaient classées en perméable ou thrombosée. Seul le VRT était analysé.

Résultats. Le Kappa global interobservateur était de 0,71. Le degré de concordance entre l'artério-scanner et l'angiographie était moyen à excellent en fonction du segment étudié avec un K = 0,97 (carrefour), 0,64 (artère iliaque primitive), 0,66 (artère iliaque externe), 0,77 (artère fémorale superficielle), 0,36 (artère fémorale profonde), 0,54 (artère poplitée), 0,50 (trépid).

Conclusion. Cette technique ouvre des perspectives intéressantes comme méthode d'évaluation non invasive des artériopathies oblitérantes des membres inférieurs. Le VRT permet une lecture rapide des données. Sa valeur reste insuffisante pour se substituer à l'angiographie.

Mots-clés : Angiographie. Études comparatives. Angio-scanner. Scanner hélicoïdal.

INTRODUCTION

Le bilan d'imagerie dans les artériopathies oblitérantes des membres inférieurs (AOMI) repose depuis de longues années sur l'artériographie, d'abord conventionnelle, puis numérisée. Depuis quelques années, l'angio-IRM des membres inférieurs avec injection de chélates

de Gadolinium s'impose comme une technique non invasive et tend à se substituer à l'artériographie par cathétérisme. L'angioscanner hélicoïdal est déjà largement utilisé dans l'exploration des axes carotidiens (1-3), de l'aorte thoracique et de l'aorte abdominale et ses branches (4). Son application dans le bilan des AOMI était jusqu'à présent limitée en raison de l'insuffisance du volume couvert par l'acquisition (5-7). Les progrès technologiques des scanners monobarrettes (vitesse de rotation du tube de 0,75 sec, détecteurs céramiques) ainsi que les avancées informatiques (mémoire, vitesse de calculs) rendent aujourd'hui possible l'angioscanner de la

totalité de l'arbre artériel des membres inférieurs, depuis la bifurcation aortique jusqu'au tiers distal des artères jambières. Le but de cette étude prospective est d'évaluer la faisabilité et l'intérêt de l'artério-scanner des membres inférieurs dans le bilan des AOMI en le comparant à l'angiographie numérisée considérée comme le standard de référence.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Vingt-deux patients (18 hommes et 4 femmes) âgés de 20 à 77 ans (âge

(1) Service d'Imagerie Guilloz, Hôpital Central, 29, avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny, 54035 Nancy Cedex (2) Service de Chirurgie Vasculaire, CHU de Brabois, Allée du Morvan, 54500 Vandœuvre.

Correspondance : F Walter
E-mail : f.walter@chu-nancy.fr

moyen : 65,2 ans) atteints d'une AOMI ont été inclus dans cette étude prospective après avoir donné leur consentement éclairé. Vingt patients ont bénéficié à la fois d'une angiographie numérisée et d'un angioscanner des membres inférieurs. Deux patients ont eu 2 angioscanners et 2 angiographies (avant et après angioplastie transpériéale). Au total, 24 angioscanners et 24 angiographies ont donc été pratiqués. Une créatininémie supérieure ou égale à 14 mg/l était un facteur d'exclusion.

L'angiographie numérisée était réalisée par voie artérielle fémorale commune, selon la technique classique de Seldinger avec un cathéter droit 4 French ou 5 French. L'acquisition sur les membres inférieurs se faisait par paliers (Angiostar, Siemens, Erlangen) avec une injection de 100 ml de Visipaque 320[®] (Nycomed, Amersham) à un débit de 10 ml/sec. Des incidences obliques sur les axes iliaques pouvaient être réalisées (30 ml injectés par incidence) et, enfin, une aortographie de face était systématiquement pratiquée (40 ml à 15 ml/sec). L'angioscanner se faisait en une seule acquisition hélicoïdale (Somatom Plus 4 A, Siemens, Erlangen) depuis le carrefour aortique jusqu'au tiers distal des jambes (région supramalléolaire). La collimation était de 3 mm, la vitesse d'avance de table par rotation du tube de 9 mm et l'incrément de reconstruction de 2 mm. Une quantité de 2 ml/kg de Visipaque 320[®] (Nycomed, Amersham), sans dépasser un volume de 150 ml, était injectée (injecteur automatique, Envision CT injector EHU700, Medrad) à un débit de 3 ml/sec dans une veine du pli du coude par un cathlon 18 G. Le délai entre le début de l'acquisition et l'injection était de 25-30 secondes. On demandait au patient de conserver une apnée pendant l'acquisition sur les axes iliaques, puis le patient reprenait une respiration calme. Les pieds étaient légèrement surélevés au moyen d'une cale en mousse, de manière à ce que le grand axe des membres inférieurs soit dans un plan horizontal. Le patient vidait sa vessie avant l'examen, en raison de son opacification possible par le produit de contraste injecté lors de l'angiographie préalable. L'acquisition se faisait dans le sens cranio-caudal et durait 55 secondes en moyenne. La vitesse de rotation du tube était de 0,75 seconde, les paramètres du tube étaient de 120 kV, 150-180 mAs. Les images étaient reconstruites avec un algorithme d'interpolation linéaire Slim et un filtre de convolution standard. Le champ de reconstruction était le plus serré possible. Les images de chaque jambe (au-dessus du genou jusqu'en distalité) étaient reconstruites séparément sur un petit champ centré. Des re-

constructions en mode de rendu volumique (VRT) étaient systématiquement réalisées sur une console de travail (Virtuoso, Siemens) en incidences de face antérieure et postérieure, oblique antérieure gauche (OAG) et oblique antérieure droite (OAD) pour la reconstruction d'ensemble et la reconstruction de chaque jambe. Les reconstructions ainsi obtenues pouvaient être agrandies et orientées spatialement selon les souhaits de l'opérateur. De même, une segmentation spatiale pour éliminer le squelette était parfois nécessaire. L'ensemble de ces reconstructions durait en moyenne 30 minutes.

Le délai moyen entre l'angioscanner et l'angiographie était de 68,3 heures.

L'angiographie numérisée était interprétée par un radiologue vasculaire expérimenté (JF).

Les angioscanners étaient interprétés indépendamment par deux radiologues différents, sans connaissance du résultat de l'angiographie. Ces deux lecteurs (FW et BL) utilisaient les images axiales en mode ciné et l'ensemble des reconstructions VRT. Les artères étaient classées en différents segments : carrefour aortique, iliaque primitive, hypogastrique, iliaque externe, fémorale superficielle, fémorale profonde, poplitée, trépid jambier et artères jambières.

On définissait les catégories suivantes : 0 (absence de sténose ou sténose < 50 %), S (sténose > 50 %), T (thrombose), A (anévrisme), pour l'évaluation des artères depuis le carrefour jusqu'au trépid jambier. Pour les artères jambières, on utilisait seulement deux catégories : 0 (perméable) ou T (thrombose).

On calculait la concordance interobservateur grâce au test Kappa de Cohen (8). De même, on définissait la concordance entre les deux techniques d'imagerie par le test Kappa pour chaque segment artériel considéré.

RÉSULTATS

Tous les examens d'angioscanner et d'angiographie numérisée étaient réalisés sans complication.

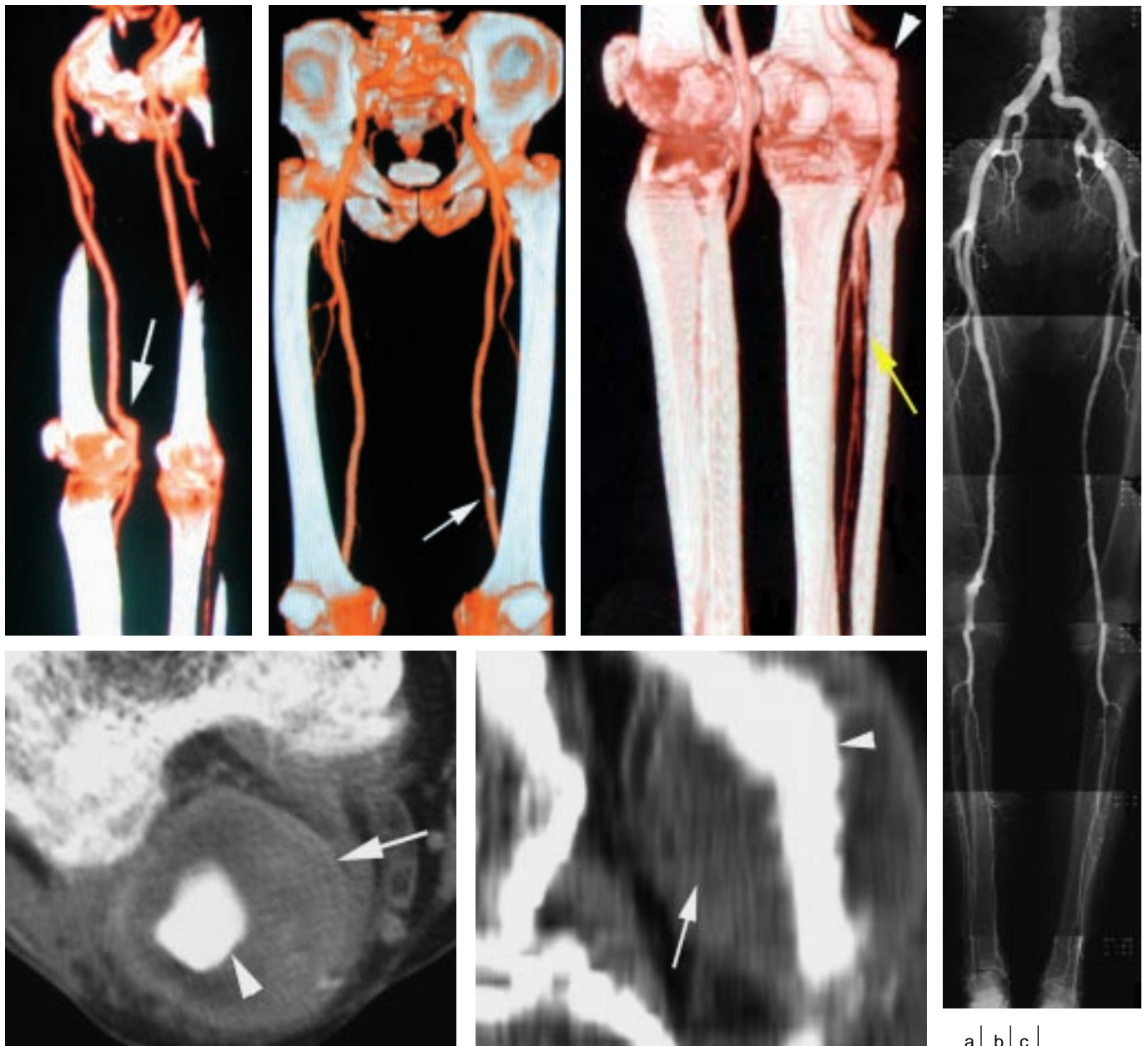
Pour un patient, le rehaussement du carrefour et des axes iliaques était inexistant, alors que le niveau de densité après injection des axes fémoraux et jambiers était insuffisant en angioscanner. Ce rehaussement tardif et de qualité médiocre s'expliquait par une insuffisance cardiaque majeure, qui avait été sous-estimée lors du choix du délai d'injection. L'interprétation de l'angioscanner était donc impossible dans

ce cas. Pour deux patients, il existait un début de retour veineux jambier, qui n'empêchait cependant pas l'analyse des artères tibiales et péronières. Il n'existait aucun flou cinétique sur les images (temps d'acquisition relativement court et bonne tolérance du produit de contraste).

Le coefficient global de concordance interobservateur pour l'angioscanner était de 0,71 (bonne concordance) pour les segments artériels depuis le carrefour jusqu'au trépid jambier. Il était de 0,76 (bonne concordance) pour l'évaluation des axes jambiers. Étant donné cette bonne reproductibilité interobservateur, nous n'utiliserons les résultats que d'un seul des deux radiologues (FW) ayant interprété les angioscanners. Le coefficient de concordance entre l'angiographie numérisée et l'angioscanner était de 0,97 (excellent) pour l'évaluation du carrefour aortique, de 0,64 (bon) pour les artères iliaques primitives, de 0,66 (bon) pour les artères iliaques externes, de 0,25 (faible) pour les artères hypogastriques, de 0,77 (bon) pour les artères fémorales superficielles, de 0,36 (faible) pour les artères fémorales profondes, de 0,54 (moyen) pour les artères poplitées et de 0,50 (moyen) pour le trépid jambier. Enfin, le coefficient Kappa de concordance entre l'angioscanner et l'angiographie numérisée était de 0,72 (bon) pour l'évaluation des artères jambières.

DISCUSSION

Nos résultats montrent une bonne reproductibilité interobservateur pour l'angioscanner des membres inférieurs. Ceci confirme le fait que l'interprétation des images en mode VRT (1, 2, 9) corréllée aux coupes axiales natives visualisées en mode ciné est rapide et aisée. Certains auteurs ont en effet montré l'apport de l'analyse des coupes axiales en complément d'un angiogramme global en projection d'intensité maximale (MIP) (5-7, 10). Comparativement à l'angiographie numérisée, la concordance était excellente ou bonne pour les artères de gros calibre ou dont le trajet s'écartait peu de l'axe Z de déplacement de la table (carrefour, artères iliaques primitives, iliaques externes, fémorales superficielles) (fig. 1 et 2). La concordance moyenne entre l'angioscanner et l'angiographie numérisée pour l'évaluation des artères poplitées ou du trépid jambier s'expliquait par le fait que ces artères, situées respectivement à proximité des condyles fémoraux et des os de la jambe, étaient dif-

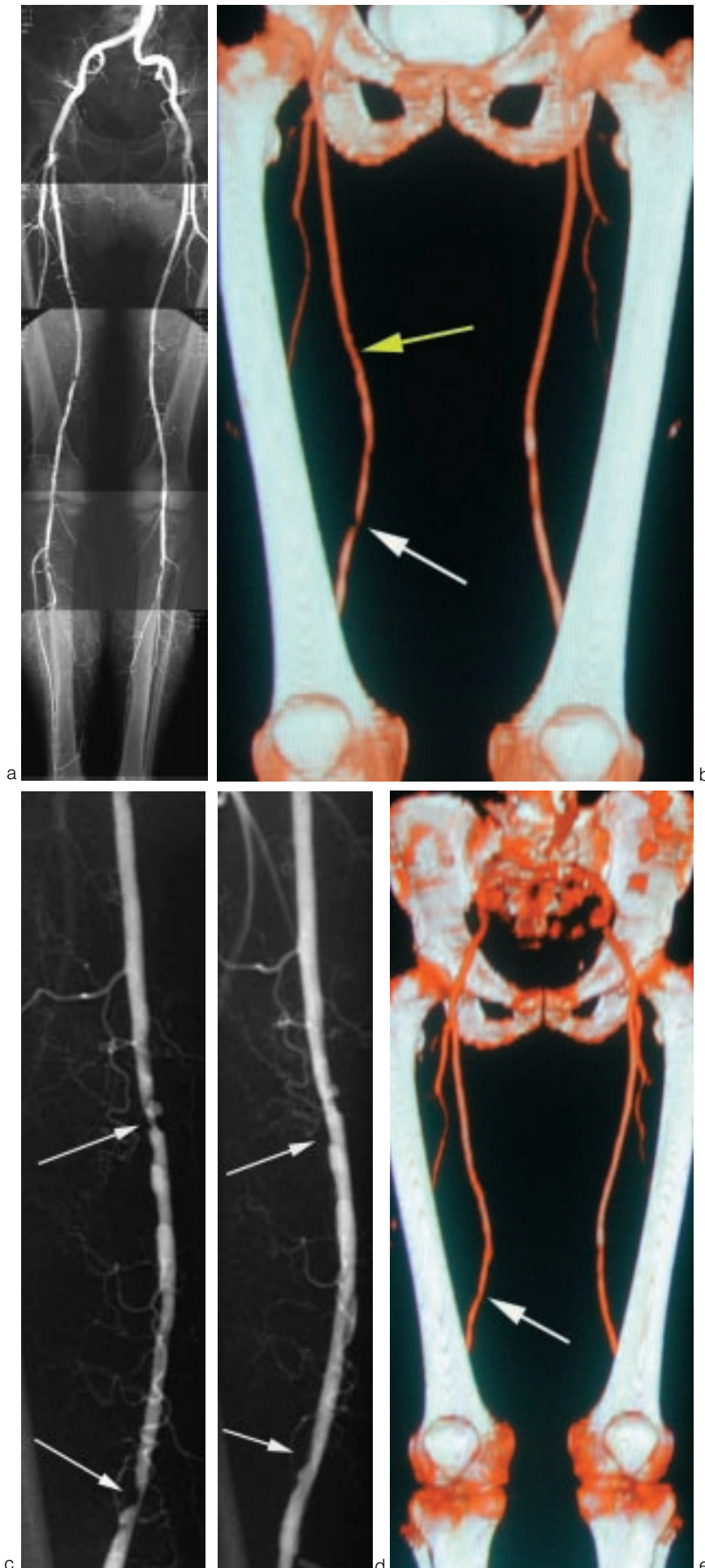
**Fig. 1 :**

- a :** Reconstruction VRT oblique antérieure gauche. Anévrisme de l'artère poplitée droite (flèche).
- b :** Vue antérieure de face en VRT. Noter une calcification pariétale du tiers inférieur de l'artère fémorale superficielle gauche sans sténose significative (flèche).
- c :** Vue postérieure gauche en VRT. L'anévrisme poplité droit est bien analysable (tête de flèche). Les trois artères jambières en aval sont perméables (flèche).
- d :** Coupe axiale. Noter l'important thrombus mural circonférentiel (flèche) et le chenal circulant élargi (tête de flèche).
- e :** Reconstruction MPR sagittale. Mêmes commentaires qu'en **d**.
- f :** Corrélation avec l'angiographie numérisée.

a	b	c	f
d	e		

Fig. 1 :

- a :** Note the right popliteal aneurysm (arrow) on this left anterior oblique VRT reconstruction.
- b :** The iliac and femoral arteries are well visualized. Note a wall calcification without significant stenosis on the left superficial femoral artery (arrow).
- c :** Left posterior oblique view on VRT reconstruction. The right popliteal aneurysm is well depicted (arrow's head). The 3 major run-off leg arteries are patent (arrow).
- d :** Axial slice after injection on the right popliteal artery. Note the thick mural thrombus (arrow) and the enlargement of the vascular lumen (arrow head).
- e :** Sagittal MPR reconstruction. Same comment as **d**.
- f :** Correlation with DSA.



faciles à isoler sur l'angiogramme en VRT où figurait le squelette (fig. 3). Enfin, une faible concordance était notée entre les deux techniques d'imagerie pour l'analyse des artères hypogastriques et des artères fémorales profondes dont la direction par rapport à l'axe Z était très oblique. Cette constatation a déjà été faite sur fantôme par le passé (11). La bonne corrélation entre l'angioscanner et l'angiographie numérisée pour l'évaluation des artères jambières était en partie liée à la simplification des critères d'analyse (perméabilité ou obstruction) que nous avons choisis. En effet, en l'absence d'étude antérieure à ce sujet, la résolution spatiale de l'angioscanner nous paraissait initialement insuffisante pour ce qui est de la recherche de sténose distale.

Devant une AOMI, après l'examen clinique et la mesure des pressions à la cheville, le recours à un examen d'imagerie est fréquemment nécessaire, afin de préciser le siège, l'étendue et la sévérité de la (les) lésion(s). L'échographie Doppler est un examen de réalisation simple et peu coûteux, qui permet dans un grand nombre de cas d'opter pour un traitement médical adéquat. Lorsqu'un geste chirurgical ou endovasculaire est envisagé, une angiographie numérisée est en général pratiquée, permettant, le cas échéant, la réalisation de l'angioplastie dans le même temps.

Fig. 2 :

a : Angiographie numérisée. Il existe une sténose serrée du tiers moyen et une autre du tiers inférieur de l'artère fémorale superficielle droite.

b : Vue antérieure de face en VRT. La sténose proximale est sous-estimée (flèche jaune). La sténose distale est en revanche bien visible (flèche blanche).

c : Angiographie numérisée avant ATP. Il s'agit de 2 sténoses serrées de l'artère fémorale superficielle droite (flèches).

d : Angiographie numérisée après ATP. Bon résultat (flèches).

e : Vue antérieure en VRT après ATP. Il n'existe plus de sténose significative (flèche).

Fig. 2:

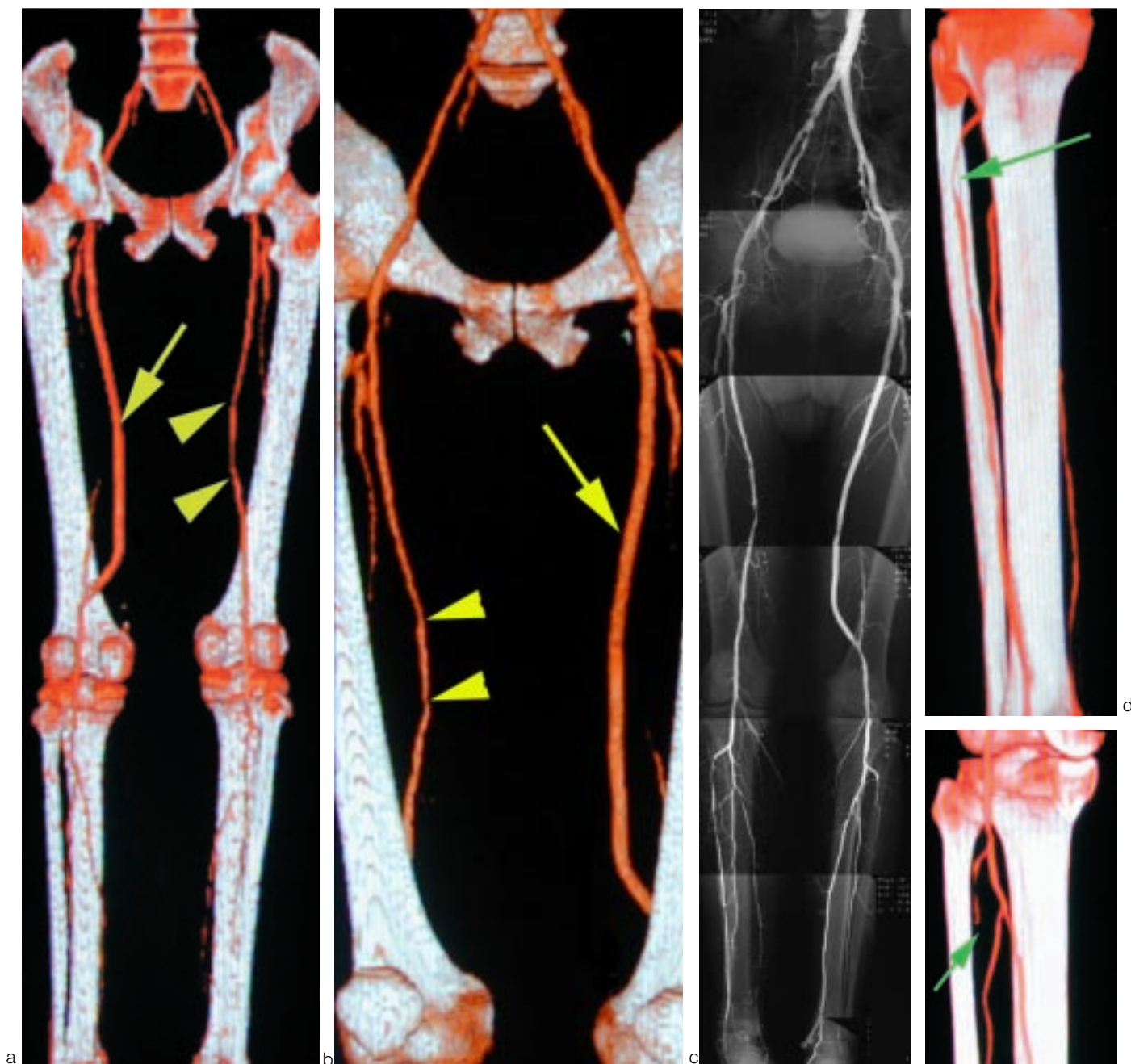
a : DSA showing a proximal and a distal tight stenosis of the right superficial femoral artery.

b : The tight distal stenosis of the right superficial femoral artery is well shown (white arrow). The proximal stenosis is underestimated (yellow arrow).

c : DSA. Before angioplasty. The two thigh stenoses are well depicted (arrows).

d : DSA. After angioplasty. Good result. The two lesions are no longer visible (arrows).

e : VRT reconstruction. After angioplasty. No more significant stenosis is visible.

**Fig. 3 :**

a : Vue postérieure en VRT. Le pontage fémoro-poplité gauche est perméable (flèche). Noter 2 sténoses de l'artère fémorale superficielle droite (têtes de flèche).

b : Vue antérieure en VRT. Mêmes commentaires qu'en **a**.

c : Corrélations avec l'angiographie numérisée.

d : Vue antérieure en VRT de la jambe droite. Noter la sténose serrée proximale de l'artère tibiale antérieure (flèche).

e : Vue postérieure oblique en VRT de la jambe gauche. Il existe une obstruction de l'artère tibiale antérieure (flèche).

Fig. 3 :

a : VRT reconstruction, posterior view. The left femoro-popliteal bypass is patent (arrow). Note two stenoses of the right superficial femoral artery (arrowheads).

b : VRT reconstruction. Anterior view. Same comment as **a**.

c : Correlation with DSA.

d : VRT reconstruction. Anterior view of the right leg. Note the tight stenosis of the proximal anterior tibial artery (arrow).

e : VRT reconstruction. Oblique posterior view of the left leg. There is occlusion of the anterior tibial artery (arrow).

L'émergence depuis quelques années de l'angio-IRM des membres inférieurs avec injection de chélates de Gadolinium tend à réduire petit à petit les indications classiques de l'angiographie. Cet examen, non invasif et non irradiant, offre en outre l'avantage de ne pas nécessiter d'injection de produit de contraste iodé (12). Cependant, l'angio-IRM des membres inférieurs possède une résolution spatiale encore insuffisante, notamment pour ce qui est de l'analyse du réseau artériel distal (7). De plus, les calcifications pariétales sont difficiles à repérer, puisqu'elles n'ont pas de signal et la paroi est souvent mal visualisée. Enfin, l'existence d'artefacts au contact direct de certaines endoprothèses métalliques (absence de signal) peuvent rendre difficile, voire impossible, l'évaluation de leur perméabilité (13).

Jusqu'à présent, l'angioscanner des membres inférieurs ne permettait pas de couvrir la totalité de la longueur de l'arbre artériel des membres inférieurs (5-7). Il était en effet nécessaire d'enchaîner plusieurs acquisitions l'une à la suite de l'autre et ainsi de multiplier les injections, conduisant à une dose totale de produit de contraste élevée (6, 7, 14). Un autre effet néfaste était l'existence fréquente d'un rehaussement veineux sur les images. La diminution du temps de rotation du couple tube-détecteur (0,75 sec) a permis de raccourcir la durée d'acquisition et d'accroître le volume exploré. Il est donc possible d'obtenir en une seule acquisition, grâce à une vitesse d'avance de table élevée (pitch de 3) avec une injection unique de produit de contraste iodé en bolus, un angiogramme complet des artères des membres inférieurs. L'utilisation d'un pitch élevé dégrade théoriquement la résolution spatiale longitudinale. Ceci est surtout vrai pour les vaisseaux dont la direction s'écartait de l'axe Z : les artères hypogastriques, fémorales profondes. Cet effet était partiellement compensé par l'utilisation de coupes fines (3 mm de collimation) et le choix d'un incrément de reconstruction fin (2 mm). Malgré l'optimisation de la vitesse d'acquisition, un rehaussement veineux était observé dans deux cas chez des patients présentant un hyperdébit secondaire à des ulcères cutanés distaux. Un rehaussement iliaque insuffisant était par ailleurs observé chez un patient. Une injection-test de produit de contraste n'était pas utilisée dans notre série, afin de ne pas majorer le volume total de produit de contraste. Le logiciel de détection d'arrivée de bolus (care-bolus) n'était pas non plus utilisé, car il n'était pas encore disponible au début de notre série. L'utilisation de l'un ou l'autre de ces moyens d'évaluation du délai d'injection devrait permettre d'obtenir un ni-

veau de densité intravasculaire optimal chez la plupart des patients.

Malgré l'utilisation d'une collimation fine (3 mm), la résolution spatiale (images axiales en matrice 512, angiogrammes VRT en matrice 256) nous paraît encore insuffisante par rapport à celle de l'angiographie numérisée (champ de 36 cm pour une matrice 1024). Cette constatation nous a conduits à renoncer dans cette étude à la quantification des sténoses des artères jambières (fig. 3), qui reste cependant un élément important du pronostic à court et à long terme (15). Cette résolution spatiale insuffisante en VRT explique en partie la concordance moyenne ou faible observée entre les deux techniques d'imagerie pour les artères de petit ou moyen calibres (artères poplitées, trépieds jambiers, artères hypogastriques et fémorales profondes). Pour certains auteurs, les reconstructions MIP sont plus précises que le VRT pour la détection des sténoses supérieures à 75 % (10). Les reconstructions VRT offrent en revanche l'avantage (1, 2, 16) de permettre l'analyse simultanée de la paroi, de la lumière et des calcifications murales (fig. 1). Nous constatons cependant que la perméabilité ou le degré de sténose de segments artériels très calcifiés étaient d'évaluation difficile et que les coupes axiales s'avéraient alors fort utiles à l'interprétation finale. Le même problème peut se poser quant à l'évaluation des endoprothèses métalliques. Le recours aux reconstructions multiplanaires curvilignes pourrait alors se révéler bénéfique dans ce cas de figure. Le nombre élevé de coupes axiales (de l'ordre de 400) générées par une telle acquisition, fait que l'utilisation du mode de lecture ciné pour l'interprétation est particulièrement rapide et adaptée.

Une des difficultés que nous rencontrions était de « dégager » un segment artériel de son environnement squelettique. Ceci pouvait être obtenu en faisant « tourner » l'angiogramme 3D ou encore en segmentant le volume reconstruit par des plans de recoupe. Le recours à une segmentation systématique pour effacer les structures squelettiques sur l'ensemble du volume ou à une soustraction d'images 3D, nous paraît cependant nécessaire à l'avenir si l'on veut obtenir un angiogramme comparable à celui fourni par l'angio-IRM ou l'angiographie numérisée. Enfin, l'usage prochain des détecteurs multibarrettes devrait permettre de faire l'acquisition en un seul bloc à la phase artérielle de la totalité de l'aorte abdominale et de l'arbre artériel complet des membres inférieurs. L'acquisition multicoupe permettra aussi d'augmenter la vitesse d'acquisition (et donc d'éviter un retour veineux jambier), de diminuer la quantité totale de produit de contraste injecté

et, enfin, d'améliorer encore la résolution spatiale longitudinale.

CONCLUSION

L'exploration de la totalité de l'arbre artériel dans les artériopathies oblitérantes des membres inférieurs est aujourd'hui réalisable en angioscanner spiralé avec rotation du tube de 0,75 sec. L'analyse des images sur les reconstructions VRT est aisée et rapide, mais ne permet pas encore d'obtenir des informations aussi précises que celles fournies par l'angiographie numérisée, malgré l'usage des coupes axiales natives. En particulier, la résolution spatiale des reconstructions VRT est encore insuffisante et l'existence de volumineuses lésions calcifiées pariétales peut gêner la détection des sténoses ou des obstructions. L'artério-scanner des membres inférieurs est donc aujourd'hui réalisable et pourrait être proposé dans certaines indications. Cette technique d'exploration présente cependant encore des insuffisances. Notre étude constitue donc un travail préliminaire avant l'utilisation prochaine des scanners multibarrettes, qui devraient permettre d'augmenter encore la vitesse d'acquisition, de diminuer la quantité de produit de contraste injectée et d'accroître la résolution spatiale longitudinale. Il restera cependant à définir dans le futur quelle place pourra occuper l'angioscanner (ou l'angio-IRM) des artères des membres inférieurs dans la prise en charge diagnostique des patients présentant une AOMI.

Références

- Marcus CD, Ladam-Marcus VJ, Bigot JL, Clément C, Baehrel B, Menanteau BP. Carotid arterial stenosis: evaluation at CT angiography with the volume-rendering technique. *Radiology* 1999;211: 775-80.
- Sahel M, Ourrad E, Zouaoui A *et al.* Angioscanner des anévrismes intracrâniens en rendu volumique (volume rendering technique). *J Radiol* 2000;81: 127-32.
- Blum A, Delfau F, Deneuille M *et al.* Évaluation des bifurcations carotidiennes avec l'acquisition hélicoïdale, les reconstructions 3D et les images MIP. *Rev Im Med* 1995;7:125-30.
- Walter F, Henrot P, Blum A *et al.* Valeur comparative de l'angio-IRM, du scanner hélicoïdal et de l'angiographie numérisée dans le bilan préopératoire des anévrismes de l'aorte abdominale. *J Radiol* 1998;79:529-39.
- Riecker O, Düber C, Schmiedt W, Zitzewitz H, Von Schweden F, Thelen M. Prospective comparison of CT angiography of the legs with intraarterial digital subtraction angiography. *AJR* 1996; 166:269-76.

6. Lawrence JA, Kim D, Kent KC, Stehling MK, Raptopoulos V. Lower extremity spiral CT angiography versus catheter angiography. *Radiology* 1995;194:903-8.
7. Rieker O, Düber C, Neufang A, Pitton M, Schweden F, Thelen M. CT angiography versus intraarterial digital subtraction angiography for assessment of aorto-iliac occlusive disease. *AJR* 1997; 169:1133-8.
8. Blum A, Feldmann L, Bresler F, Jouanny P, Briançon S, Regent D. Intérêt du calcul du coefficient Kappa dans l'évaluation d'une méthode d'imagerie. *Rev Im Med* 1995;176:441-3.
9. Rémy-Jardin M, Bonnel F, Masson P, Rémy J. Techniques de reconstruction en angioscanographie spiralée. *J Radiol* 1999;80:988-97.
10. Rieker O, Mildemberger P, Neufang A, Zitzewitz H, Von Schweden F, Thelen M. CT angiography in arterial occlusive disease: comparison of 3 rendering techniques. *RÖFO* 1997;167:361-70.
11. Blum A, Chapuis F, Gaucher H, Régent D. Principes et facteurs de qualité des images de l'acquisition hélicoïdale. In: A Blum, D Régent. *Scanner hélicoïdal : principes et modalités pratiques d'utilisation*. Édit. Masson Paris 1995,13-44.
12. Rubin GD, Zarins CK. MR and spiral/helical CT imaging of lower extremity occlusive disease. *Surg Clin North Am* 1995;75:607-19.
13. Shellock FG, Shellock VJ. Metallic stents: evaluation of MR imaging safety. *AJR* 1999;173:543-7.
14. Stehling MK, Lawrence JA, Weintraub JL, Raptopoulos W. CT angiography: Expanded clinical applications. *AJR* 1994;163:947-55.
15. Ishikawa M, Morimoto N, Sasajima T, Kubo Y. Three-dimensional computed tomographic angiography in lower extremity revascularization. *Surg Today* 1999;29:243-7.
16. Marcus C, Ladam-Marcus V, Bertini C, Jourdain L, Bonnet-Gausserand F, Menanteau B. Apport de la technique de rendu de volume en imagerie 3D vasculaire. *J Radiol* 1997;78:481-4.