

Valutazione non invasiva della pervietà degli stent coronarici dopo PTCA: ruolo della Tomografia Computerizzata Multistrato

Guido LIGABUE - Rosario ROSSI* - Carlo RATTI*
Marco FAVALI - Maria Grazia MODENA - Renato ROMAGNOLI

Scopo. La ristenoasi degli stent coronarici è un'evenienza conosciuta che, sebbene con bassa frequenza, può compromettere la buona riuscita di un trattamento di angioplastica coronarica. Per questo motivo i pazienti trattati eseguono controlli periodici. Recentemente si sta assistendo al sempre più diffuso impiego della TC multistrato (TCms) nello studio delle coronarie senza che siano però ancora state individuate chiaramente le indicazioni e soprattutto i limiti di questa metodica. Scopo del nostro lavoro è di verificare la possibilità di eseguire il follow up dei pazienti sottoposti ad angioplastica coronarica mediante TCms.

Materiale e metodi. Quarantotto pazienti, per un totale di 72 lesioni coronariche trattate, sono stati sottoposti a TCms una settimana prima dell'esecuzione dell'angiografia di controllo programmata e i risultati dei due esami sono stati confrontati. 34 stent su 72 (47,2%) sono stati impiantati sull'arteria discendente anteriore; 21/72 (29,2%) sull'arteria coronaria destra (29,2%); 17/72 (23,6%) sull'arteria circonflessa o su rami per il margine ottuso.

Risultati. Tramite TCms è stato possibile valutare la pervietà degli stent esaminati sulla base dell'opacizzazione del lume del vaso a valle della protesi. Una significativa ristenoasi intrastent, o l'occlusione dello stesso, sono state confermate dall'angiografia coronarica in 12 su 72 stent analizzati (16,7%). La TCms ha permesso inoltre di visualizzare meglio il lume del vaso trattato, distinguendolo dalle maglie dello stent, negli stent localizzati sulla discendente anteriore rispetto a quelli sulla circonflessa (28 stent su 34 [82,4%] vs 13/17 [76,5%]; $p < 0,05$; quelli della coronaria destra sono risultati i più difficili da valutare (11/21 [52,4%]). È stato inoltre possibile visualizzare il lume di 14/15 stent di calibre superiore a 3,5 mm [93,3%] rispetto a 35/45 stent con dimensione compresa tra 3,1 e 3,4 mm [77,8%]; e, infine, di 4/12 stent ≤ 3 mm/12 [33,3%]. All'analisi multivariata, le caratteristiche che permettono di visualizzare il lume di un vaso trattato sono: la localizzazione sulla discendente anteriore prossimale (OR 4,03 [IC 95%: da 2,34 a 8,05]; $p < 0,0001$) ed una dimensione $> 3,5$ mm dello stent (OR 2,97 [IC 95%: da 1,67 a 4,86]; $p < 0,01$).

Conclusioni. Allo stato attuale della tecnologia TCms lo studio degli stent più piccoli e posizionati su coronaria destra e coronaria circonflessa rimane difficoltoso; al contrario su vasi prossimali e con stent di calibre superiore a 3,5 mm l'indagine TCms appare promettente.

KEY WORDS: Tomografia Computerizzata Multistrato - Vasi Coronarici - Stent - Angiografia Coronarica - Angioplastica Coronarica.

Noninvasive evaluation of coronary artery stents patency after PTCA: role of Multislice Computed Tomography

Purpose. Restenosis of a coronary artery treated with stent implantation is a well-known process that can compromise over time the success of a coronary angioplasty and, accordingly, treated patients must undergo periodic controls. We have recently witnessed a shift towards a greater use of Multislice CT (msCT) in the study of coronary disease without its precise indications and limits having yet been underlined. The purpose of our study is to assess the role of msCT in the follow-up of patients treated with coronary angioplasty. **Materials and methods.** Forty-eight patients, for a total of 72 lesions, who underwent treatment with a slotted tube stent implant, had an msCT examination 1 week before scheduled coronary angiography, and the results were compared. 34 stents/72 (47.2%) were inserted on the left anterior descending; 21/72 (29.2%) on the right coronary; 17/72 (23.6%) on the circumflex artery or obtuse marginal branches.

Results. The observation of the opacification of the vessel located distally to treated segments allowed us to assess the patency of all stents. Coronary angiography identified a significant intrastent restenosis or a stent occlusion in 12 of the 72 stents analysed (16.7%). msCT enabled easier visualization of the lumen of the treated artery and its differentiation from the stent struts in the ones located on the left anterior descending artery than those on the circumflex (28 stents out of 34 [82.4%] vs 13/17 [76.5%]; $p < 0.05$), and on the right coronary artery, which were difficult to evaluate (11/21 [52.4%]). We were also able to visualize the lumen of 14/15 stents with a calibre over 3.5 mm [93.3%] vs 35/45 stent with dimensions between 3.1 e 3.4 mm [77.8%], and only 4 stents < 3 mm/12 [33.3%]. On multivariate analysis, the characteristics that were significantly and independently associated with accurate visualization of the lumen of a stented vessel were location on the proximal anterior descending artery (OR 4.03 [IC 95%: from 2.34 to 8.05]; $p < 0.0001$) and stent size of > 3.5 mm (OR 2.97 [IC 95%: from 1.67 to 4.86]; $p < 0.01$).

Conclusions. The msCT technology available at present makes the study of smaller stents and those positioned on the right coronary artery and circumflex rather complex; on the other hand msCT appears a promising study method for stents greater than 3.5 mm and for those positioned on the proximal segment of the left anterior descending artery.

KEY WORDS: Multislice Computed tomography, Coronary Vessel, Stents and Prostheses, Coronary Angiography, Percutaneous Coronary Intervention.

Introduzione

L'impianto di stent a livello delle coronarie è una procedura ormai consolidata che riduce notevolmente le complicanze

Introduction

Vascular stent implant at the level of the coronaries is a well-established procedure that significantly reduces the

Cattedra e Servizio di Radiologia 1 - *Cattedra e Servizio di Cardiologia - Azienda Ospedaliera Policlinico di Modena - Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia.

Pervenuto alla Redazione il 25.6.2003; revisionato il 27.7.2003; restituito corretto il 17.9.2003; accettato per la pubblicazione il 22.1.2004.

Indirizzo per la richiesta di estratti: Prof. R. Romagnoli - Cattedra e Servizio di Radiologia 1 - Policlinico di Modena - Via del Pozzo, 71 - 41100 Modena MO - Tel. 059/4224280 - Fax 059/4224290. E-mail: romagnoli.renato@unimo.it

precoci e tardive dell'angioplastica coronarica con pallone, come la dissezione e la chiusura del vaso [1, 2]. Sfortunatamente può comparire ugualmente ristenosi intrastent; tale evenienza è ormai ampiamente descritta [3-5] e può complicare, anche a distanza, l'impianto intracoronarico di stent [6-9]. Attualmente, la diagnosi certa di ristenosi può essere effettuata solo attraverso una coronarografia di controllo [10, 11]. In passato sono stati effettuati tentativi di valutazione della pervietà degli stent mediante Tomografia Computerizzata a fascio di elettroni (EBCT) [12]; tali lavori si limitano alla comparazione dell'andamento delle curve di enhancement del vaso a monte e a valle; pertanto la valutazione della pervietà è di tipo indiretto, anche se estrapolata da dati di tipo quantitativo. Diversi lavori [13, 14] hanno dimostrato che la TC Spirale Multistrato (TCms) è oggi in grado di visualizzare le coronarie in maniera affidabile ed effettuare diagnosi di stenosi critica del vaso in un numero tale di casi tali da poter proporre questa metodica come una valida alternativa «non invasiva» alla coronarografia [15]. Uno dei limiti riconosciuti della TCms è che non permette di stimare l'effettivo grado di ristenosi all'interno dello stent [16]. Recentemente sono comparsi in letteratura alcuni contributi che propongono l'impiego della TCms per la valutazione della ristenosi [17-19] ma nessuno ha sinora quantificato l'effettivo grado di difficoltà che incontra la metodica stessa nell'effettuare una diagnosi precisa di ristenosi.

Lo studio si è prefissato due finalità: dapprima testare la capacità della TCms di discriminare fra pervietà dello stent e occlusione dello stesso e a tale fine è stata posta a confronto la metodica in studio con il gold standard rappresentato dalla coronarografia; in secondo luogo valutare in quanti stent fosse possibile discriminare il lume del vaso dalle maglie dello stent per verificare la potenzialità della TCms di evidenziare la ristenosi intrastent.

Materiale e metodi

Protocollo di studio e selezione dei pazienti

Da maggio 2002 a gennaio 2003 sono stati selezionati 48 pazienti (età media $55,5 \pm 15$ anni; 35 maschi, 13 femmine) sottoposti ad angioplastica con impianto di stent, per un totale di 72 lesioni coronariche. Sono stati arruolati nello studio pazienti nei quali la procedura di angioplastica si è conclusa con successo e che non hanno riportato eventi cardiaci avversi nei 30 giorni successivi all'intervento. A tutti i pazienti inclusi nello studio è stato chiesto di sottoporsi a coronarografia di controllo dopo sei mesi o prima in caso di comparsa di angina o equivalenti. Tutti i pazienti hanno fornito consenso scritto sia alla procedura di angioplastica sia all'angiografia di controllo mediante TCms e angiografia coronarica.

Procedura interventistica

L'impianto di stent coronarici è stato effettuato impiegando la tecnica standard. A tutti i pazienti sono stati somministrati 300 mg di aspirina e 300 mg di clopidogrel per os prima della procedura. Durante la procedura sono inoltre stati iniettati 70 IU/kg di eparina non frazionata. Dopo l'impianto è stata prescritta aspirina (160 mg/die) e clopidogrel (75 mg/die) per 30 giorni. Dopo 6 mesi dalla procedura di angioplastica è stata effettuata una coronarografia di con-

early and late complications associated with balloon coronary angioplasty, such as dissection and closure of the vessel [1, 2]. Unfortunately, restenosis can also reappear inside the stent; such an eventuality has been well documented [3-5] and can eventually cause complications with the intra-coronary stent implant [6-9]. The only way to obtain an accurate diagnosis of restenosis is by carrying out selective coronary angiography [10, 11]. Attempts were carried out in the past to assess the patency of the stent by means of Electron Beam Computed Tomography (EBCT) [12]; such reports are limited to the comparison of the progression of the vessel's enhancement curve above and below, so assessment of patency is indirect even if it is extrapolated from quantitative data. Different studies [13, 14] have demonstrated that Multi Slice Computed Tomography (msCT) is able to effectively detect and diagnose critical coronary stenosis in such a vast number of cases that it would make a worthy "non-invasive" alternative to the coronary angiography [15]. One of the acknowledged limitations of this methodology is that the section of vessel directly involving the stent remains difficult to assess [16]. Although no one has yet quantified the effective degree of difficulty encountered by msCT when making an accurate diagnosis, much recent literature favours it in the assessment of restenosis [17-19].

The study had two aims: first, to check ability of msCT to differentiate between stent patency and stent occlusion by comparing msCT with the gold standard represented by coronary angiography; the second was to quantify in how many cases msCT can discriminate between the vessel lumen and stent struts with the aim of testing the potential role of msCT in detecting intrastent restenosis.

Materials and methods

Study protocol and patient selection

Between May 2002 and January 2003, 48 consecutive subjects (mean age $55,5 \pm 15$ years; 35 male, 13 female) with 72 lesions, who underwent coronary stent implants, were selected. Patients were enrolled according to whether their stent had been successfully placed, and whether they had encountered any adverse cardiac events during the first 30 days after the intervention. All the patients were asked to undergo a coronary angiography at six months or sooner if they had a recurrence of angina or equivalent. All patients gave their written informed consent for both the intervention and follow-up msCT angiography and coronary angiography.

Intervention procedures

Stent placement in the coronary artery was performed using the standard technique. All patients received 300 mg of aspirin before stent deployment and an oral load of 300 mg of clopidogrel. During the procedure, 70 IU/kg of unfractionated heparin was administered. Aspirin (160 mg/die) and clopidogrel (75 mg/die for 30 days) were prescribed to all patients after successful stent implantation. Follow-up angiography was performed at six months, unless an early re-

trollo, salvo che la comparsa di sintomi clinici indicassero la necessità di eseguire uno studio più ravvicinato. Le misurazioni angiografiche sono state effettuate impiegando un sistema automatico computerizzato (QCA-CMS, version 3.0, Medis, Leiden, The Netherlands). Le lesioni sono state caratterizzate secondo la classificazione proposta dall'American College of Cardiology/American Heart Association [20]. All'angiografia di controllo è stata definita ristenosi «critica» il restringimento del vaso $\geq 50\%$.

Indagine TCms

Una settimana prima della coronarografia di controllo tutti i pazienti sono stati sottoposti a indagine TCms utilizzando un apparecchio spirale multistrato che permette l'acquisizione contemporanea di 4 immagini assiali per ciascuna rotazione del sistema tubo-detettori (Lightspeed Plus, General Electric Medical System, Milwaukee, USA); il tempo minimo di rotazione è pari a 0,5 secondi. L'apparecchiatura TCms utilizzata è inoltre dotata di hardware e software per l'acquisizione prospettica delle immagini cardiache basandosi sulle rilevazioni del monitor elettrocardiografico collegato direttamente alla apparecchiatura.

Inizialmente è stata condotta una scansione senza somministrazione di mezzo di contrasto dal bulbo aortico fino alla punta del cuore per la scelta del volume di interesse e per visualizzare gli stent ed eventuali calcificazioni coronariche; sono stati utilizzati i seguenti parametri tecnici: modalità di acquisizione assiale, spessore di strato 2,5 mm, 120 Kv, 320 mA.

Per l'angiografia TCms delle coronarie è stato acquisito l'intero volume cardiaco da 2 cm cranialmente l'origine delle coronarie a 2 cm sotto la superficie diaframmatica del cuore con spessore di strato di 1,25 mm, intervallo di ricostruzione 0,6 mm, 140 Kv, 320 mA; il pitch e, quindi, la durata della scansione sono automaticamente adattati dalla macchina secondo la frequenza cardiaca del paziente; la nostra apparecchiatura infatti adatta la velocità di spostamento del lettino in modo da acquisire ciascuna sezione corporea per ciclo cardiaco: più bassa è la frequenza cardiaca e minore sarà il pitch che quindi varia da 0,275:1 con frequenza di 40 battiti per minuto (bpm) a 4:1 per 65 bpm. La durata dell'apnea dipende ovviamente dal pitch e dall'estensione del volume corporeo in esame.

Attraverso la vena cubitale sono stati somministrati 140 ml di mezzo di contrasto (Iomeron 350, Bracco s.p.a., Milano, Italia) a 3,5 ml/s; il ritardo di inizio della scansione è stato calcolato misurando il tempo di transito nell'aorta ascendente di un bolo di 20 ml di mdc. Se la frequenza cardiaca del paziente era superiore a 70 bpm è stato somministrato metoprololo per via endovenosa alla dose di 5 mg più, eventualmente, altri 5 mg *e.v.* in bolo.

I dati grezzi di ogni esame TCms sono stati ricostruiti a differenti percentuali dell'intervallo R-R (da 30% a 90% con incremento del 10%) per visualizzare ciascun vaso coronarico nella fase ottimale [13, 14].

Le immagini acquisite sono state successivamente trasferite su workstation (Advantage Windows 4.0, GE Medical System, Milwaukee, USA) per l'elaborazione con programma CARDIO IQ (GE Medical System, Milwaukee, USA). Le singole immagini assiali sono state rielaborate sia con ricostruzioni bidimensionali Multi Planar Reformat

study was indicated due to symptoms. Angiographic measurements were performed with an automated computed-based system (QCA-CMS, version 3.0, Medis, Leiden, The Netherlands). The lesions were characterized according to the American College of Cardiology/American Heart Association classification [20]. "Critical" restenosis was defined as stenosis diameter $\geq 50\%$ at follow-up angiography.

msCT examinations

A week before the control coronarography all the patients underwent a msCT study using a multi-slice spiral scanner which is capable of acquiring 4 axial images contemporarily for each rotation of the tube-detector system (Light-speed Plus, General Electric Medical System, Milwaukee, USA); the minimum rotation time is 0.5 seconds. The CT is also equipped with hardware and software for the prospective acquisition of cardiac images by relying on the findings of the ECG monitor that is connected directly to the scanner.

Initially, we scanned from the aortic bulb to the tip of the heart without first administering the contrast medium, so as to choose the volume of interest and to locate the stents and any coronary calcifications; the following technical parameters were used: axial acquisition mode, slice thickness of 2.5 mm, 120 Kv, 320 mA.

For the msCT coronary angiography, the entire cardiac volume was scanned from 2 cm, cranially over the origin of the coronaries to 2 cm below the diaphragmatic surface of the heart with a slice thickness of 1.25 mm; a reconstruction interval of 0.6 mm; 140 Kv and 320Ma. The pitch and, therefore, the scanning time are automatically adjusted according to the patient's heart rate; our scanner adapts table feed to acquire a body section for each cardiac cycle: a lower heart rate corresponds to a smaller pitch value that varies from 0.275:1 for an heart rate of 40 beats per minute (bpm) to 4:1 for 65 bpm. The scanning time depends obviously both on the pitch value and on the dimension of the body volume acquired.

140 ml of contrast medium (Iomeron 350, Bracco Ltd., Milan, Italy) was administered through the cubital vein at a rate of 3.5 ml/sec.; the initial scanning delay time was calculated by measuring the time it took for a 20 ml bolus of contrast medium to advance along the ascending aorta.

*If the patient presented a heart rate greater than 70 bpm 5mg of metoprolol was administered plus 5 mg *i.v.* if it was necessary.*

The rough data of each CT exam were reassembled at different percentages of the R-R interval (from 30% to 90% with an increase of 10%) to represent each coronary vessel in the optimal phase [13, 14].

The images obtained were then transferred onto the workstation (Advantage Windows 4.0, GE Medical System, Milwaukee, USA) for processing with the CARDIO IQ program (GE Medical System, Milwaukee, USA).

The individual axial images were re-elaborated with both, Multi Planar Reformat bi-dimensional reconstruction MPR, which can provide imaging on different planes from those captured, and three-dimensional Volume Rendering (VR), which is able to show the heart and neighbouring anatomical structures as three-dimensional objects that can be readily aligned (fig. 1).

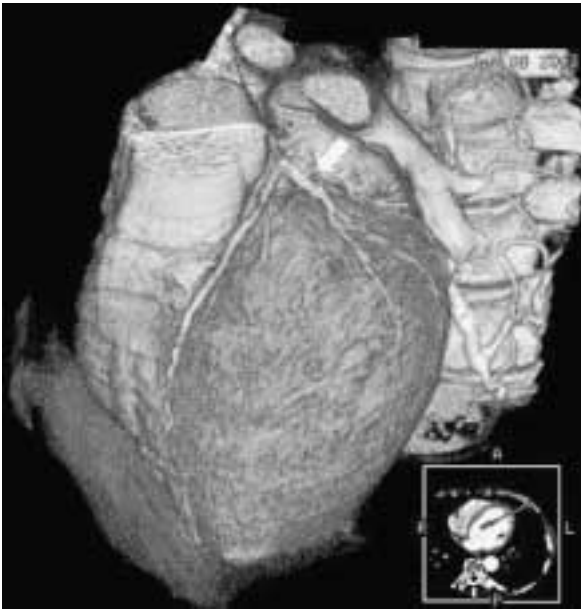


Fig. 1. — Esempio di immagine di Rendering Volumetrico (VR); tali rappresentazioni sono utili per la definizione del decorso e dell'anatomia delle coronarie. Nella figura si osserva la presenza dello stent posizionato sul tratto prossimale del ramo intermedio (freccia); il vaso a valle è ben opacizzato e presenta omogenea riduzione di calibro fino ai segmenti distali. Tale reperto lascia supporre la pervietà dello stent.

An example of a Volume Rendering image (VR). This type of image is useful for defining the anatomical route of the coronaries. In this example we can see a stent on the proximal tract of the intermediate branch (arrow). The vessel below the stent is well opacified with a homogeneous reduction in calibre as far as the distal segment. Such a finding indicates the patency of the stent.

(MPR), in grado di fornire immagini disposte su piani differenti da quello di acquisizione, sia con la rappresentazione tridimensionale di Rendering Volumetrico (VR) che è in grado di visualizzare il cuore e le strutture anatomiche contigue come oggetti tridimensionali orientabili a piacere nello spazio (fig. 1).

Sono state inoltre ricostruite immagini curvilinee MPR lungo il decorso dei vasi utilizzando come riferimento l'asse centrale del vaso e posizionando su di esso alcuni reperi: in tale maniera è possibile valutare lo stent sia lungo il suo asse maggiore sia visualizzarne il lume sempre ortogonalmente all'asse dello stesso (fig. 2).

Di ciascuno stent è stata inoltre indicata la sede basandosi sulla suddivisione dell'albero coronarico in 16 segmenti secondo lo schema fornito dalla American Heart Association [21]. Per rispondere al principale quesito dello studio, cioè verificare se è possibile mediante la TCms discriminare fra pervietà e occlusione, ciascuno stent è stato giudicato pervio quando era presente buona opacizzazione del vaso distalmente allo stent stesso e non pervio in assenza di flusso a valle, infine il giudizio TCms è stato posto a confronto con i risultati della coronarografia.

Per quanto riguarda la seconda finalità dello studio si è valutato in quanti stent era possibile discriminare il lume del vaso dalle maglie dello stent; pertanto le immagini sono state stimate come di buona qualità se era possibile visualizzare il lume del vaso ricoperto dallo stent; al contrario, se era-

Curved images were also reconstructed along the vessel routes using the central axis of the vessel itself as a reference point onto which some marks were positioned: in such a way it was possible to assess the stent, both along its long axis, and to view the lumen orthogonal to this axis (fig. 2).

The location of the stent was specified as outlined by the American Heart Association [21] that divides coronary arteries in 16 segments.

Regarding the primary object of the study, to verify the ability of msCT to discriminate between stent patency and occlusion, stents were considered patent whenever there was good opacification of the vessel below and were considered not patent if there was no opacification of the vessel below and therefore msCT was compared with coronary angiography.

With regard to the secondary aim of the study, we considered whether it was possible to visualize the arterial lumen and to differentiate it from stent struts; images were thus considered to be of good quality if the lumen of the vessel covered by the stent was clearly visible. On the other hand, they were considered non assessable if there were artefacts (e.g. due to variations in the cardiac frequency, or beam hardening).

Two radiologists assessed the images separately; whenever there was a discrepancy in their interpretation, the case was reconsidered until an agreement was reached.

Statistical analysis

Data were expressed as mean value \pm one standard deviation or as percentages. Intergroup comparison was performed with analysis of variance or with χ^2 test, when appropriate. Stepwise logistic regression analysis was performed to select the covariate independently correlated with a good visualization of the vessel covered by the stent. Statistical significance was accepted at $p < 0.05$.

Results

We studied 48 subjects with 72 lesions successfully treated with a slotted-tube stent implantation. 34 stents/72 (47.2%) were implanted on the descending anterior artery; 21/72 (29.2%) on the right coronary artery; 17/72 (23.6%) on the circumflex artery or obtuse marginal branches. 15 out of 72 (20.8%) implanted stents had a diameter ≥ 3.5 mm (mean: 3.67 ± 0.15 mm); 45 (62.5%) had a diameter between 3.1 and 3.4 mm (mean: 3.30 ± 0.15 mm); and 12 stents (16.7%) had a diameter ≤ 3.0 mm (mean: 2.78 ± 0.16 mm). Coronary angiography confirmed a significant in-stent restenosis in 9 of the 72 stents analysed (12.5% of the general case study) and stent occlusion was observed in 3 cases (4.1%) (fig. 3). Considering the presence or not of opacification of the vessel distal to the treated lesion we were able to assess the patency or the occlusion of all stents, whereas if we consider the ability to discriminate between the lumen and the stent was far easier to assess stents on the anterior descending artery than those on the circumflex artery (28 stents out of 34 [82.4%] vs 13/17 [76.5%]; $p < 0.05$), and on the right coronary, which proved difficult to evaluate (11 assessable stents out of 21 [52.4%]) (fig. 5). Significant differences were also encountered in relation to the calibre of the stent. In those with a calibre ≥ 3.5 mm, the



Fig. 2. — Esame TCms di controllo di stent di 3,2 mm di diametro posizionato a livello del tratto prossimale della discendente anteriore. Con le ricostruzioni mutliplanari è possibile rappresentare il vaso secondo piani corrispondenti alle proiezioni convenzionali coronarografiche come la obliqua anteriore destra (A) o quella ragno (B) e secondo piani scelti a piacere per esempio perpendicolari all'asse del vaso (C). La coronarografia di controllo conferma la pervietà dello stent stesso (D).
An msCT examination of a stent with a diameter of 3.2 mm positioned at the level of the proximal tract of the LAD. Thanks to multiplanar imaging of the vessel, it is possible to see the lumen in planes corresponding with conventional coronary angiography projections. Right anterior oblique (A); Spider (B) and in a plane of choice (C). Coronary angiography confirms the patency of the stent (D).

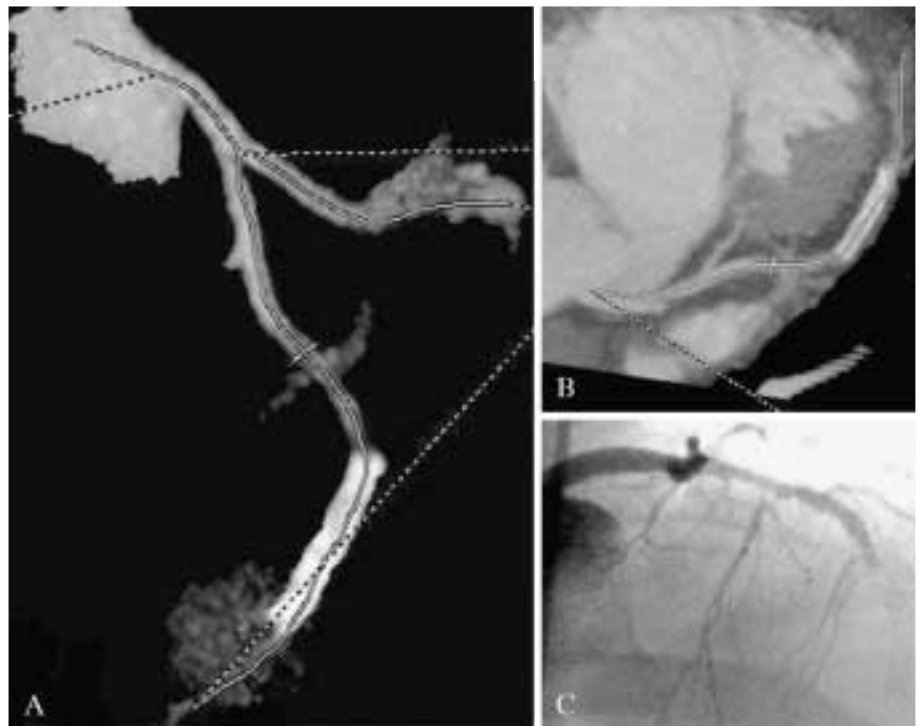


Fig. 3. — Paziente con occlusione dello stent a livello del terzo medio della discendente anteriore: sia l'immagine di Rendering Volumetrico (A), sia l'immagine MIP secondo la proiezione coronarografica "ragno" (B) evidenziano la mancata opacizzazione del vaso sia nella porzione ricoperta dallo stent sia a valle; la coronarografia (C), eseguita il giorno successivo, conferma il reperto TCms.
Patient with stent occlusion at the middle third of the anterior descending artery. Both Volume Rendering (A) and MIP in the spider projection image (B) show the lack of contrast enhancement of both the coronary segments covered by the stent and the ones distal to the stent. The coronary angiogram (C) performed the day after the msCT examination confirms the stent occlusion.

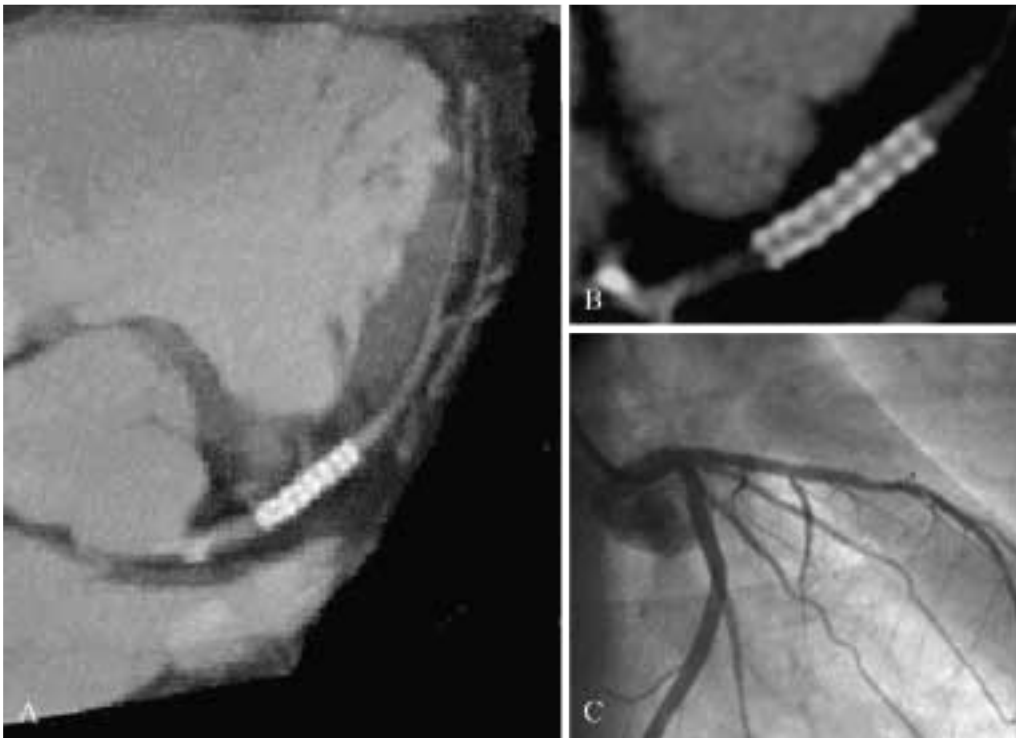


Fig. 4. — Immagini TCms di paziente portatore di stent a livello del terzo prossimale della discendente anteriore. L'immagine (A) dimostra la regolare opacizzazione dei segmenti di vaso distali rispetto allo stent. L'immagine (B) rappresenta una MPR lungo il piano passante per l'asse del vaso coperto dallo stent; in questo caso è possibile discriminare il lume del vaso dalle maglie dello stent. Alla coronarografia di controllo viene confermata la pervietà dello stent (C).

msCT angiography of a patient with a stent in the proximal left anterior descending artery. Image (A) shows the enhancement of the vessel segments distal to the portion of the previously treated coronary. Image (B) is a Multiplanar Reformat (MPR) along the segment of the vessel covered by the stent; in this case it is possible to discriminate the vessel lumen from the stent struts. At control coronary angiography the stent appears patent (C).

no presenti grossolani artefatti (e.g. da variazione della frequenza cardiaca, o da indurimento del fascio) sono state giudicate non valutabili.

Le immagini sono state valutate indipendentemente da due radiologi; in caso di discordanza interpretativa il caso è stato rivalutato congiuntamente fino al raggiungimento del consenso.

Analisi statistica

I dati sono stati espressi come media più una deviazione standard o come percentuale. Il confronto fra gruppi è stato effettuato con l'analisi della varianza o con il test del χ^2 quando appropriato. L'analisi di regressione logistica bivariata ci ha permesso di selezionare le covariate correlate indipendentemente alla buona visualizzazione del tratto di vaso compreso nello stent. Il livello di significatività è stato accettato con $p < 0,05$.

Risultati

Il gruppo di pazienti indagati includeva 48 soggetti con 72 lesioni trattate con impianto di stent: 34 stent/72 (47,2%) sono stati impiantati sull'arteria discendente anteriore; 21/72 (29,2%) sulla coronaria destra (29,2%); 17/72 (23,6%) sull'arteria circonflessa o su rami per il margine ottuso. Quindici su 72 stent impiantati (20,8%) risultava di diametro $\geq 3,5$ mm (media: $3,67 \pm 0,15$ mm); 45 (62,5%) di diametro compreso tra 3,1 e 3,4 mm (media: $3,30 \pm 0,15$ mm); e 12 stent (16,7%) risultavano di diametro $\leq 3,0$ mm (media: $2,78 \pm 0,16$ mm).

Una significativa ristenosi intrastent è stata riscontrata

coronary lumen beneath could be seen; as opposed to the stents between 3.1 and 3.4 mm, and above all, to those ≤ 3.0 mm (14 stents ≥ 3.5 mm/15 [93.3%] vs 35 stents between 3.1 e 3.4 mm/45 [77.8%]; and, finally, 4 stents ≤ 3 mm/12 [33.3%] turned out to be visible) (figure 6). Multivariable analysis revealed the characteristics statistically associated with an accurate visualization of the stent lumen that were: the position on the proximal anterior descending artery (OR 4.03 [IC 95%: from 2.34 to 8.05]; $p < 0.0001$) and a stent size of ≥ 3.5 mm (OR 2.97 [IC 95%: from 1.67 to 4.86]; $p < 0.01$).

Concordance percentage between the two radiologists was 94.4%; judgement about the treated visibility of vessel lumen was discordant in 6/72 cases (5.6%); in those cases consensus was reached after review of the case.

Discussion

Our study clearly shows that *msCT* is feasible and potentially useful as an alternative to coronary angiography in evaluating the patency of segments of the coronary artery treated with stent implant in all cases by means observation of opacification of the vessel distal to the lesion. The results of our study therefore confirm those recently reported by Kruger *et al.* [16].

It is known that only a small percentage of patients, who present chest pain after coronary interventions, are actually affected by restenosis at the level of the angioplasty. Therefore, it could be quite useless or even potentially hazardous to carry out coronary angiography on such a population with a low pre-test probability of restenosis [22]. A test

all'angiografia coronarica in 9 su 72 stent analizzati (12,5% della casistica generale) e occlusione dello stent è stata osservata in 3 casi (4,1%) (fig. 3). Utilizzando come criterio di pervietà la presenza o meno di opacizzazione del vaso a valle, è stato possibile in tutti i casi diagnosticarne la pervietà o l'occlusione, mentre se si considera la possibilità o meno di discriminare il lume del vaso dalle maglie dello stent sono risultati significativamente meglio valutabili gli stent della discendente anteriore (fig. 4) rispetto a quelli della circonflessa (28 stent su 34 [82,4%] vs 13/17 [76,5%]; $p < 0,05$); gli stent della coronaria destra sono risultati i più difficili da esaminare (11 stent valutabili/21 [52,4%]) (fig. 5). Differenze significative sono state riscontrate anche in relazione al calibro dello stent, nel senso che quelli di calibro $\geq 3,5$ mm permettono più spesso la visualizzazione del lume coronarico sottostante, rispetto a stent di dimensioni comprese tra 3,1 e 3,4 mm e, soprattutto, a stent di dimensioni $\leq 3,0$ mm (risultavano visualizzabili: 14 stent $\geq 3,5$ mm/15 [93,3%] vs 35 stent con dimensione compresa tra 3,1 e 3,4 mm/45 [77,8%]; e, infine, 4 stent ≤ 3 mm/12 [33,3%]) (fig. 6). All'analisi multivariata, le caratteristiche che permettono di visualizzare il lume del vaso ricoperto da stent sono: la localizzazione sulla discendente anteriore prossimale (OR 4,03 [IC 95%: da 2,34 a 8,05]; $p < 0,0001$) e la dimensione $\geq 3,5$ mm dello stent (OR 2,97 [IC 95%: da 1,67 a 4,86]; $p < 0,01$).

L'indice di concordanza fra i due radiologi è stato del 94,4%; il giudizio sulla visibilità o meno del lume vasale è stato discordante in 6 casi su 72 (5,6%); in queste occasioni si è raggiunto il consenso dopo revisione congiunta del caso.

Discussione

Lo studio dimostra chiaramente che l'angiografia coronarica mediante TCms è un esame fattibile e potenzialmente utile, in alternativa alla angiografia coronarica, per la valutazione della pervietà di tratti di arteria coronarica trattati con impianto di stent nella totalità dei casi attraverso la valutazione della opacizzazione del vaso a valle della lesione; pertanto i risultati del nostro studio appaiono sovrapponibili a quanto già riportato recentemente da Kruger *et al.* [16].

È noto che solo una piccola percentuale dei pazienti che presenta dolore toracico dopo procedure interventistiche in realtà è affetto da ristenosi nella sede dell'angioplastica; pertanto l'effettuazione di un'angiografia di controllo può rivelarsi inutile e potenzialmente dannosa in una tale popolazione con bassa probabilità pre test di essere affetta da patologia di rilievo [22]. Una metodica che viene utilizzata per la valutazione non invasiva delle arterie coronarie deve essere in grado non solo di indicare la pervietà o meno del vaso ma anche la presenza di ristenosi nella sede della protesi. Il nostro studio evidenzia come l'indagine TCms sia valida per lo studio di tratti di vaso prossimali, in particolare del tratto prossimale della discendente anteriore.

La rapida esecuzione e il fatto di non prevedere un accesso arterioso rappresentano i principali vantaggi dell'esame TCms; pertanto gli effetti collaterali cardiaci maggiori e quelli locali, a livello della sede di accesso arterioso, che possono verificarsi in corso di coronarografia, sono assenti.

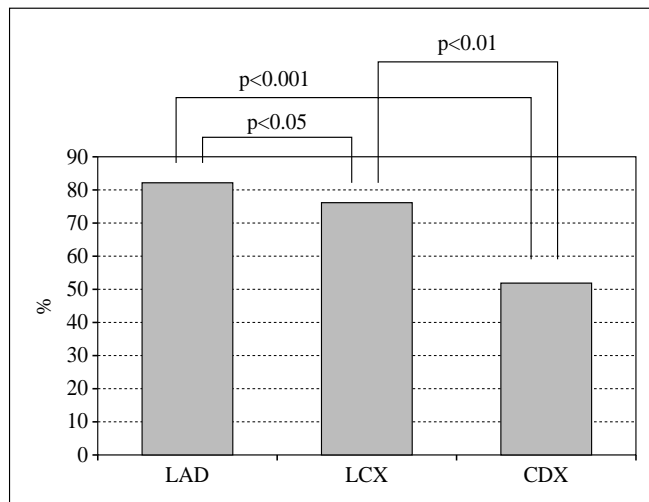


Fig. 5. — Percentuale di indagini TCms in cui è possibile visualizzare il lume del vaso sotteso alle maglie dello stent. Risulta evidente come sia possibile ottenere immagini di ottima qualità delle immagini quando si studiano stent posizionati a livello dell'arteria discendente anteriore; la più bassa performance è rilevabile a livello della coronaria destra (LAD = Arteria Discendente Anteriore Sinistra; LCX = Arteria Circonflessa Sinistra; CDX = Arteria Coronaria Destra).

Percentage of msCT examination in which it is possible to discriminate between vessel lumen and stent struts. It is clearly shown that good quality images can be achieved when the stent is positioned on the left anterior descending artery while the lowest percentage of good quality examinations is shown for the right coronary artery (LAD = Left Anterior Descending Artery; LCX = Left Circumflex Artery; CDX = Right Coronary Artery).

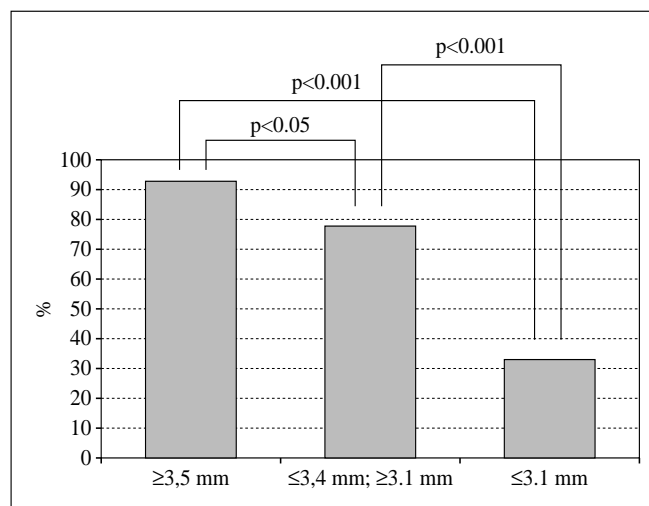


Fig. 6. — Percentuale di indagini in cui la TCms permette di discriminare fra lume del vaso e maglie dello stent con TCms in rapporto al calibro degli stent. Gli stent sono divisi in tre gruppi (gruppo 1 $>$ di 3,5 mm, gruppo 2 fra 3,1 e 3,4 mm, gruppo 3 sotto 3mm). La TCms mostra bassa affidabilità per stent del gruppo 3. La percentuale di esami di buona qualità per stent $> 3,5$ mm è del 93,3%.

Percentage of examinations in which msCT allows discrimination between vessel lumen and stent struts depending on the diameter of the stent. Stents are divided into three groups: group 1 $>$ 3.5 mm; group 2 between 3.1 and 3.4 mm; group 3 below 3mm. An msCT study showed low reliability for stents in group 3. The percentage of good quality examinations for stents > 3.5 mm is 93.3%.



Fig. 7. — Esempio di studio TCms per la valutazione della pervietà di stent collocato a livello del segmento atrio-ventricolare della coronaria destra. La rappresentazione di Rendering Volume (A) permette di localizzare la sede anatomica del vaso precedentemente trattato. L'immagine assiale (B) passante per il lume dello stent consente la distinzione fra il lume e le maglie dello stesso. L'immagine MIP (C) dimostra la regolare opacizzazione dei segmenti del vaso distalmente allo stent che pertanto viene giudicato pervio. Tale reperto è confermato dalla coronarografia di controllo (D).

An example of an msCT angiography for the study of the patency of a stent previously positioned at the level of the atrioventricular branch of right coronary artery. Volume Rendering (A) image allows precise localization of the stent. Axial image (B) of the stent parallel to the main axis of the vessel allows distinction between the vessel lumen and stent struts. Maximum intensity projection (MIP) image (C) shows regular opacification of the vessel below the stent, which is therefore assumed to be patent. Coronary angiography confirms the assumption (D).

Un altro vantaggio potenziale è rappresentato dal fatto che l'esame esplora panoramicamente l'intero torace e pertanto può permettere di rilevare la presenza di altre condizioni patologiche che interessano le camere cardiache, il pericardio o i grossi vasi del torace.

Sono emersi altresì alcuni limiti della metodica: il tratto intermedio della coronaria destra si studia con difficoltà a causa del suo orientamento nello spazio (perpendicolare rispetto alla direzione dell'acquisizione dell'immagine) e per la maggiore pulsatilità delle camere cardiache di destra rispetto a quelle di sinistra durante la fase del ciclo cardiaco in cui viene effettuata la scansione TCms [15, 23, 24].

Le stesse considerazioni sono valide per i tratti più distali della discendente anteriore, ma non per i tratti più distali della coronaria destra che si studiano quasi sempre bene (fig. 7) in quanto presentano un decorso parallelo al piano della scansione [25].

for non invasive evaluation of coronary arteries should not only be able to differentiate patency from stent occlusion but also to detect the intrastent restenosis. It is therefore fundamental to demonstrate in which cases the stent lumen can be visualized: in particular, the methodology has proved to be ideal for studying tracts of the proximal vessel, especially the proximal segments of the anterior descending artery.

The main advantages of the msCT exam are that it is very rapid, and does not require arterial access, only a peripheral venous access is necessary through which the bolus of contrast medium is injected. Therefore, major and local cardiac side effects, at the level of the access point, are absent. Another potential advantage of the msCT exam is that it provides a complete evaluation of the whole chest and, in doing so, can reveal the presence of other pathological conditions involving the cardiac ventricles, the pericardium or the large thoracic vessels.

In soggetti con frequenza cardiaca relativamente alta la durata della diastole si accorcia tanto che si possano riscontrare artefatti sulle immagini TCms per la risoluzione temporale non adeguata della metodica [25]; questi pazienti vanno pretrattati con terapia β -bloccante in quanto i risultati migliori si ottengono con frequenze attorno ai 60 bpm [25]. A tale proposito è opportuno sottolineare come anche nella nostra esperienza il ricorso al β -blocco si rende necessario per frequenze cardiache superiori a 70 bpm quando non sono presenti controindicazioni all'impiego di tale presidio farmacologico [26].

Anche aritmie o notevoli variazioni della frequenza cardiaca durante il mantenimento dell'apnea possono essere responsabili di artefatti. L'apparecchiatura utilizzata è dotata di un dispositivo di sincronizzazione con il tracciato ECG di tipo retrospettivo ma la stazione di lavoro non permette di combinare fra loro immagini retroricostruite a differenti percentuali dell'intervallo R-R; pertanto se si verifica un'importante variazione della frequenza cardiaca, o se compaiono extrasistoli, si ha una compromissione della qualità delle immagini ricostruite lungo piani obliqui o curvilinei tale da rendere difficoltosa la valutazione del vaso. Dotando la workstation di un software che permetta di selezionare le immagini acquisite a percentuali differenti dell'intervallo R-R in futuro si potrà probabilmente superare anche questo problema.

Alcuni pazienti non sono stati in grado di mantenere l'apnea per tutta la durata della scansione TC che è attorno ai 30 secondi (nel nostro studio è $31,9 \pm 4,1$ secondi): in questi casi l'esame TC presenta artefatti che non rendono valutabili le immagini acquisite dopo che il paziente ha interrotto l'apnea. Siccome abbiamo sempre effettuato scansioni TC condotte in senso cranio-caudale (dal bulbo aortico fino alla superficie diaframmatica del cuore) i tratti dell'albero coronarico più prossimali sono sempre risultati liberi da questi artefatti dovuti all'interruzione dell'apnea, presenti invece a livelli dei tratti più distali delle coronarie.

Come si evince dai risultati ottenuti la metodica risulta poco adatta per lo studio degli stent di dimensioni medio-piccole, cioè con calibro inferiore a 3 mm; in questi casi il lume del vaso risulta male valutabile soprattutto per due motivi tecnici: il primo è dovuto alla combinazione di artefatti dovuti all'indurimento del fascio di raggi X durante il passaggio attraverso il metallo di cui sono costituite le maglie dello stent cosiddetto "blooming artifact"; si verifica indurimento del fascio quando i raggi X attraversano una struttura particolarmente densa e che determina incremento dell'energia del fascio filtrando la componente a più bassa energia [27]; il blooming artifact è sostanzialmente dovuto a artefatto da volume parziale fra la rete metallica dello stent e le strutture circostanti [28]. Nell'immagine TCms, pertanto, le maglie dello stent appaiono più grandi delle loro dimensioni reali fino a mascherare il lume del vaso. A tale proposito risulta perciò auspicabile lo sviluppo di materiali di fabbricazione degli stent che mantengano le medesime proprietà meccaniche degli attuali ma che siano più "TC compatibili", cioè che posseggano la massima trasparenza al fascio di raggi X. In secondo luogo vanno considerate le dimensioni geometriche del fascio (1,25 mm di spessore) [28] che non permettono di discriminare il lume del vaso dalle maglie dello stent quando si studiano stent di calibro più piccolo. A tale pro-

Some limitations of msCT were: it was difficult to study the middle portion of the right coronary due to the movement of the right side of the heart during the cardiac cycle and due to its perpendicular position with respect to the direction of image acquisition [15, 23, 24]. This is also true of the distal tracts of the left anterior descending artery, but it is not the case with the the distal portions of the right coronary artery, which is almost always straight (fig. 7) due to its course is parallel to the direction of the msCT scans [25].

In patients with high heart rates the duration of the diastole is shortened and therefore artifacts can appear on msCT images due to the inadequate temporal resolution [25]; in these cases a beta-blocker agent has to be administered since the best results are obtained with a frequency of around 60 bpm. It must be pointed out that, just as in our study, it is mandatory to administered beta-blockers when the cardiac frequency is over 70 bpm, unless there are contraindications for the use of such drugs [26].

Other artifacts can be due to arrhythmia or notable variations in cardiac frequency during breath holding. Our scanner permits the retrospective synchronization of ECG trace but the workstation does not allow images to be combined from different R-R percentages; therefore, if there is a great variation of heart rate or if ectopic beats appear, the quality of images in oblique or curved planes is compromised and the evaluation of the vessel becomes difficult. This problem could probably be overcome in the future by equipping the workstation with software for the selection of the acquired images at different percentages of the R-R interval.

A few patients were not able to hold their breath for the entire duration of the msCT scan, which was around 30 seconds (in our study it was 31.9 ± 4.1 seconds). In such cases the msCT exam presents artifacts that prevent assessment of the images captured after apnea has been interrupted. Since we carried out msCT scanning in a cranial-caudal direction (-from the aortic bulb up to the diaphragmatic surface of the heart), the tracts of the coronary tree close to the origin were unaffected by these factors related to the interruption of apnea, while only the more distal tracts of the coronary are affected by such a problem.

As our results demonstrate, the methodology is not sufficient for the study of small-to-medium-sized stents with a caliber of less than 3 mm: the lumen of the vessel is barely assessable, above all, for two technical reasons: the first one is due to the combination of beam hardening that is caused by the passage through metallic stent struts and the so called blooming artifact; beam hardening is caused by an increase of X ray beam as it passes through a dense object that eliminates the low energy part of the beam [27]; the blooming artifact is primarily due to a volume averaging effect between stent struts and nearby structures [28]; in the msCT image, therefore, the stent struts appear to be larger than they actually are, so much so that they the lumen of the vessel itself is hidden. It would, therefore, be advantageous if stent materials were developed in such a way as to maintain the same mechanical properties, while becoming more "CT compatible", and more transparent to the X-ray as a result beam. The second consideration relates to the geometrical dimensions of the fascia (a thickness of 1,25 mm) [27] that do not allow

posito Beker *et al.* [28] osservano come gli stent siano ben visibili nelle immagini TCms anche se affermano che le dimensioni delle maglie dello stent siano ancora molto al di sotto del potere di risoluzione della TCms; la risoluzione spaziale per l'EBCT è di circa 6 paia di linee per cm (LP/CM), quella della TCms è di circa 9 LP/CM contro le 50 LP/CM dell'angiografo utilizzato per la coronarografia.

Si può affermare quindi che la valutazione della risteno- si intrastent mediante TCms rimane problematica e perciò la reale quantificazione del grado di risteno- si è possibile con sicura affidabilità solo con cateterismo cardiaco.

Conclusioni

I risultati dello studio dimostrano che l'angiografia corona- rica mediante TCms può essere considerata un metodo uti- le per la valutazione della pervietà degli stent coronarici uni- camente attraverso il rilievo della opacizzazione del vaso a valle non essendo possibile rilevare la risteno- si all'interno del- lo stent stesso. Inoltre la TCms consente di visualizzare il lume del vaso, ricoperto da protesi, quando ha calibro maggiore di 3,5 mm e quando gli stent sono posizionati sull'IVA prossimale.

a distinction between the lumen of the vessel and the stent struts (when studying stents of a smaller caliber). On this subject, Beker and his co-workers observed that stents are well visible on msCT images, although the size of the wires of coronary stent is far beyond the resolution of msCT. This is due to the limited spatial resolution of EBCT (6 lines pairs per cm LP/CM) and msCT (9 LP/CM) compared to cardiac catheter (50 LP/CM).

A definitive assessment of the degree of stenosis also remains problematic, and therefore a reliable evaluation is only possible with the use of cardiac catheters.

Conclusions

The results of our study suggests that the msCT angio- graphy can be considered a useful method for the evaluation of the patency of coronary stents but only with the observa- tion of the opacification of the vessel below the stent itself because msCT does not allow detection intrastent restenosis. Moreover msCT allows visualization of stent lumen of pros- theses with a diameter greater than 3.5 mm and of stents positioned on the proximal left anterior descending artery.

Bibliografia/References

- 1) Sigwart U, Puel J, Mirkovitch V *et al.*: Intravascular stents to prevent occlusion and restenosis after transluminal angio- plasty. *N Engl J Med* 316: 701-706, 1987.
- 2) Haude M, Erbel R, Straub U *et al.*: Results on intracoronary stents for mana- gement of coronary dissection after bal- loon angioplasty. *Am J Cardiol* 67: 691- 699, 1991.
- 3) Okabe T, Asakura Y, Asakura K *et al.*: Evaluation of restenosis in major vessels and side branches. *J Cardiol* 41: 215-224, 2003.
- 4) Loutfi M, Mulvihill NT, Boccalatte M *et al.*: Impact of restenosis and disease progression on clinical outcome after multivessel stenting in diabetic patients. *Catheter Cardiovasc Interv* 58: 451-454, 2003.
- 5) Ijsselmuiden AJ, Serruys PW, Scholte A *et al.*: Direct coronary stent implantation does not reduce the incidence of in-stent restenosis or major adverse cardiac events: six month results of a randomized trial. *Eur Heart J* 24: 421-429, 2003.
- 6) Fischman DL, Leon MB, Baim DS *et al.*: A randomized comparison of corona- ry-stent placement and balloon angio- plasty in patients with coronary artery disease: Stent Restenosis Study Investi- gators. *N Engl J Med* 331: 496-501, 1994.
- 7) Serruys PW, de Jaegere P, Kiemeneji I *et al.*: A comparison of balloon-expan- dable stent implantation with balloon angioplasty in patients with coronary artery disease: Benestent Study Group. *N Engl J Med* 331: 489-495, 1994.
- 8) Serruys PW, Emanuelsson H, van der Giessen W *et al.*: Heparin-coated Palmaz- Schatz stents in human coronary arteries: early outcome of the Benestent-II pilot study. *Circulation* 93: 412-422, 1996.
- 9) Erbel R, Haude M, Höpp HW *et al.*: Coronary-artery stenting compared with balloon angioplasty for restenosis after initial balloon angioplasty: Restenosis Stent (REST) Study Group. *N Engl J Med* 339: 1672-1678, 1998.
- 10) Antonucci D, Valenti R, Santoro GM *et al.*: Restenosis after coronary stenting in current clinical practice. *Am Heart J* 135: 510-518, 1998.
- 11) Di Mario C, Reimers B, Almagor Y *et al.*: Procedural and follow-up results with a new balloon expandable stent in unselected lesions. *Heart* 79: 234-241, 1998.
- 12) Pump H, Möhlenkamp S, Sehner CA *et al.*: Coronary arterial stent patency: assessment with Electrom-beam CT. *Radiology* 214: 447-452, 2000.
- 13) Kopp AF, Schroeder S, Kuetner A *et al.*: Coronary arteries: retrospective ECG- gated multi-detector row CT angiography with selective optimization of the image reconstruction window. *Radiology* 221: 683-688, 2001.
- 14) Achenbach S, Ulzheimer S, Baum U *et al.*: Noninvasive coronary angiography by retrospectively ECG-gated multislice CT. *Circulation* 102: 2823-2828, 2000.
- 15) Achenbach S, Giesler T, Ropers D *et al.*: Detection of coronary artery stenoses by contrast-enhanced, retrospectively- gated, multislice spiral computed tomo- graphy. *Circulation* 103: 2535-2538, 2001.
- 16) Kruger S, Mahnken A H, Sinha A M *et al.*: Multislice spiral computed tomo- graphy for the detection of coronary stent restenosis and patency. *International Journal of Cardiology* 89: 167-172, 2003.
- 17) Funabashi N, N. Komiya N, N. Yanagawa N *et al.*: Coronary artery patency after metallic stent implantation evaluated by multislice computed tomo- graphy. *Circulation* 107: 147-148, 2003.
- 18) Shaohong Z, Yongkang N, Zulong C *et al.*: Imaging of coronary stent by mul- tislice helical computed tomography. *Circulation* 106: 637- 38, 2002.
- 19) Nieman K, Ligthart JMR, Serruys PW *et al.*: Left main Rapamycin-coated stent: invasive versus noninvasive angio- graphic follow-up. *Circulation* 105: 130- 131, 2002.
- 20) Ryan TJ, Faxon DP, Gunnar RM *et al.*: Guidelines for percutaneous translumi- nal coronary angioplasty. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Management of Acute Myocardial Infarction). *J Am Coll Cardiol* 28: 1328-1428, 1996.
- 21) Maki DD, Birnbaum BA, Chakraborty DP *et al.*: Renal cyst pseudoenhance- ment: beam-hardening effects on CT numbers. *Radiology* 213: 468-472, 1999.
- 22) Becker CR, Knez A, Leber A *et al.*: Detection of aorony artery stenoses with multislice helical CT angiography. *JCAT* 26: 750-755, 2002.
- 23) Ryan TJ, Anderson JL, Antman EM *et al.*: ACC/AHA guidelines for the mana- gement of patients with acute myocar- dial infarction. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Management of Acute Myocardial Infarction). *J Am Coll Cardiol* 28: 1328-1428, 1996.
- 24) Hong C, Becker CR, Huber A *et al.*: ECG-gated reconstructed multi-detector row CT coronary angiography: effect of varying trigger delay on image quality. *Radiology* 220: 712-717, 2001.
- 25) Vogl TJ, Abdolmaali ND, Diebold T *et al.*: Techniques for the detection of corona- ry atherosclerosis: Multi-detector row CT coronary angiography. *Radiology* 223: 212-220, 2002.
- 26) Ryan TJ, Anderson JL, Antman EM *et al.*: ACC/AHA guidelines for the mana- gement of patients with acute myocar- dial infarction. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Management of Acute Myocardial Infarction). *J Am Coll Cardiol* 28: 1328-1428, 1996.
- 27) Maki DD, Birnbaum BA, Chakraborty DP *et al.*: Renal cyst pseudoenhance- ment: beam-hardening effects on CT numbers. *Radiology* 213: 468-472, 1999.
- 28) Becker CR, Knez A, Leber A *et al.*: Detection of aorony artery stenoses with multislice helical CT angiography. *JCAT* 26: 750-755, 2002.

*Prof. R. Romagnoli
Cattedra e Servizio di Radiologia I
Policlinico di Modena
Via del Pozzo, 71
41100 Modena MO
Tel. 059/4224280
Fax 059/4224290
E-mail: romagnoli.renato@unimo.it*