

Radiol med (2013) 118:1294–1308
DOI 10.1007/s11547-013-0933-z

CARDIAC RADIOLOGY
CARDIORADIOLOGIA

Role of MDCT coronary angiography in the clinical setting: economic implications

Ruolo dell'angiografia coronarica TCMS nella pratica clinica: implicazioni economiche

Roberto Malagò¹ • Andrea Pezzato¹ • Camilla Barbiani¹ • Domenico Tavella² • Paola Vallerio³
Anna Fratta Pasini³ • Luciano Cominacini³ • Roberto Pozzi Mucelli¹

¹Istituto di Radiologia, Azienda Ospedaliero Universitaria Integrata di Verona, Policlinico G.B. Rossi, P.le L.A. Scuro 10, 37134 Verona, Italy

²U.O. Cardiologia, Azienda Ospedaliero Universitaria Integrata di Verona, Policlinico G.B. Rossi, Verona, Italy

³U.O.C. di Medicina Interna, Azienda Ospedaliero Universitaria Integrata di Verona, Policlinico G.B. Rossi, Verona, Italy

Correspondence to: R. Malagò, Tel.: +39-045-8027489, Fax: +39-045-8027490, e-mail: rmalag@sirm.org

Received: 24 December 2011 / Accepted: 14 February 2012 / Published online: 27 May 2013

© Springer-Verlag 2013

Abstract

Purpose. This study evaluated the incremental value and cost-effectiveness ratio of introducing coronary angiography (CA) with multidetector computed tomography (MDCT-CA) in the diagnostic management of patients with suspected coronary artery disease (CAD) compared with the traditional diagnostic workup.

Material and methods. Five hundred and fifty consecutive patients who underwent MDCT-CA between January 2009 and June 2011 were considered. Patients with atypical chest pain and suspected obstructive CAD were directed to one of two diagnostic pathways: the traditional protocol (examination, stress test, CA) and the current protocol (examination, stress test, MDCT-CA, and CA, if necessary). The costs of each protocol and for the individual method were calculated. Based on the results, the cost-effectiveness ratio of the two diagnostic pathways was compared. A third, modified, diagnostic pathway has been proposed with its relative cost-effectiveness ratio (examination, MDCT-CA, stress test, and CA, if necessary).

Results. Stress test vs. MDCT-CA had an accuracy of 66%, a sensitivity and specificity of 21% and 87%, respectively, and a positive (PPV) and negative (NPV) predictive value of 40% and 70%, respectively. Comparison between conventional CA (CCA) and MDCT-CA showed a sensitivity and specificity of 92% and 89%, respectively, a PPV and NPV of 89%, and an accuracy of 92%. The traditional protocol has higher costs than the second

Riassunto

Obiettivo. Scopo del presente lavoro è stato valutare il valore incrementale dell'introduzione della angiografia coronarica mediante tomografia computerizzata multistrato (AC-TCMS) nella gestione diagnostica del paziente con sospetta malattia coronarica (CAD) rispetto al tradizionale workup diagnostico in termini di rapporto costo/efficacia.

Materiali e metodi. Sono stati considerati 550 pazienti consecutivi sottoposti ad AC-TCMS tra gennaio 2009 e giugno 2011. Sono stati considerati due percorsi diagnostici per pazienti con dolore toracico atipico e sospetta coronaropatia ostruttiva: il protocollo tradizionale (visita, stress test, coronarografia) e il protocollo attuale, (visita, stress test, AC-TCMS ed eventuale coronarografia). È stato calcolato il costo di ogni protocollo come la somma dei costi delle singole metodiche. Sulla base dei risultati i due percorsi diagnostici sono stati confrontati dal punto di vista del rapporto costo/efficacia. È stato proposto un terzo percorso diagnostico modificato con relativo rapporto costo/efficacia (visita, AC-TCMS, stress test, eventuale coronarografia).

Risultati. Lo stress test nei confronti dell'AC-TCMS ha ottenuto valori di accuratezza del 66% con sensibilità e specificità del 21% e 87% e valore predittivo positivo (VPP) e valore predittivo negativo (VPN) di 40% e 70%. Il confronto tra ACC e AC-TCMS ha rilevato una sensibilità e specificità pari a 92% e 89%, un VPP e VPN pari a 89% per un'accuratezza complessiva del 92%. Il protocollo

protocol: 1,645 euro against 322 euro (mean), but it shows a better cost-effectiveness ratio. The new proposed protocol has lower costs, mean 261 euro, with a better cost-effectiveness ratio than the traditional protocol.

Conclusions. The diagnostic protocol for patients with suspected CAD has been modified by the introduction of MDCT-CA. Our study confirms the greater diagnostic performance of MDCT-CA compared with stress test and its similar accuracy to CCA. The use of MDCT-CA to select patients for CCA has a favourable cost-effectiveness profile.

Keywords MDCT coronary angiography · Stress test · Coronary angiography · Cost analysis · Atypical chest pain

tradizionale è risultato avere costi più elevati rispetto a quello modificato dalla AC-TCMS, 1645 euro contro 322 euro (media), ma dimostra un miglior rapporto costo/efficacia. Il nuovo protocollo proposto risulta avere costi minori, 261 euro in media, con un miglior rapporto costo/efficacia, rispetto al protocollo tradizionale.

Conclusioni. *Il protocollo diagnostico di un paziente con sospetta CAD ha subito variazioni con l'introduzione dell'AC-TCMS. Il nostro studio conferma una maggior performance diagnostica dell'AC-TCMS nei confronti del test da sforzo ed un'accuratezza simile a quella della coronarografia. Dai nostri dati, l'utilizzazione di un protocollo che prevede l'AC-TCMS come spartiacque principale per i pazienti da inviare alla coronarografia, risulta vantaggioso in termini di costo e di efficacia diagnostica.*

Parole chiave *Angiografia coronarica mediante TCMS stress test · Coronarografia · Analisi dei costi · Dolore toracico atipico*

Introduction

Coronary angiography (CA) with multidetector computed tomography (MDCT-CA) represents an accurate diagnostic test to rule out obstructive coronary artery disease (CAD) [1–8]. Guidelines recommend performing electrocardiography (ECG) and stress test for patients with stable angina, typical or atypical chest pain and cardiovascular risk factors [9–11]. The stress test is widely used as a first-level cardiological screening test in patients with low to intermediate cardiovascular risk; however, its diagnostic performance is lower than that of MDCT-CA [10], with a high number of false positive tests and an even higher number of false negative tests. This low accuracy of the stress test produces delays in accurate diagnosis and results in a need for further investigation, with an increase in health costs. Uncertain or nonsignificant stress test in symptomatic patients warrants further investigation with conventional CA (CCA). Patients with typical and atypical chest pain but negative stress test are referred for other noninvasive diagnostic tests. In patients with prolonged chest pain, CCA is frequently the only examination able to definitively exclude obstructive CAD, as it represents the gold standard technique for detecting coronary stenosis. The aim of our study was to evaluate, the cost-effectiveness and incremental diagnostic value of MDCT-CA in clinical practice in patients with suspected obstructive CAD compared with the traditional diagnostic pathway.

Introduzione

L'angiografia coronarica mediante tomografia computerizzata multiestrato (AC-TCMS) rappresenta una metodica accurata per l'esclusione di malattia coronarica ostruttiva [1–8]. Attualmente le linee guida indicano nel caso di pazienti con angina stabile, dolore toracico tipico o atipico ed in presenza di fattori di rischio cardiovascolare, l'esecuzione di un elettrocardiogramma (ECG) e di una prova da sforzo [9–11]. Nonostante l'utilizzo del test da sforzo sia ampiamente usato come screening cardiologico di primo livello nella categoria di pazienti a basso-medio rischio cardiovascolare, la sua performance diagnostica è decisamente minore rispetto a quella fornita dalla AC-TCMS [10], con un elevato numero di falsi positivi, ma soprattutto di falsi negativi. La bassa accuratezza diagnostica del test da sforzo porta a un ritardo diagnostico e a ulteriori esami diagnostici, con conseguente incremento della spesa sanitaria. Nell'iter diagnostico standard un test da sforzo dubbio o non significativo impone la prosecuzione delle indagini mediante angiografia coronarica convenzionale (ACC) nei pazienti sintomatici. I pazienti con dolore toracico tipico e atipico, ma con test da sforzo negativo sono indirizzati ad ulteriori test diagnostici non invasivi, ma spesso l'ACC si rivela l'unico esame in grado di escludere definitivamente la coronaropatia ostruttiva se la sintomatologia dolorosa perdura, ed essa rappresenta oggi il gold standard per l'identificazione delle stenosi coronariche. Scopo del presente

Materials and methods

Study population

Between January 2009 and June 2011, 720 consecutive patients (mean age, 65 ± 11.5 years; 344 men) undergoing 64-slice MDCT-CA (Brilliance 64, Philips, The Netherlands) were considered.

All patients underwent MDCT-CA if spontaneous or β -blocker-induced heart rate was ≤ 65 bpm and if they were able to hold their breath for the time required to acquire the volume data (10–12 s). An additional inclusion criterion was the presence of a sinus rhythm. Patients with chronic atrial fibrillation with a medium–low ventricular response (inducible < 65 bpm) were also admitted.

All patients with known obstructive CAD already treated with stent or bypass were excluded. The following patients were excluded from the MDCT-CA study: symptomatic patients with acute chest pain and an ECG positive for ischaemia, those with a heart rate ≥ 65 bpm, those with a known allergy to iodinated contrast material, pregnant women, patients with respiratory failure, with unstable clinical condition and severe heart failure. Patients unable to maintain a breath-hold for at least 8–10 s and with an unstable heart beat were also excluded. Based on exclusion criteria, 550 of 720 patients (mean age 64 ± 11 ; mean heart rate, 63.4 bpm) were considered the final study population. All patients provided their signed informed consent.

Diagnostic/therapeutic pathway

The different diagnostic pathways that patients with atypical chest pain followed were classified into three categories.

1. Standard diagnostic pathway (Fig. 1): normally used in clinical centres with no availability of MDCT-CA.
 - a. Low/medium pretest risk
 - b. Positive/uncertain, unfeasible, nonmaximal stress test
 - c. CCA
2. Modified diagnostic pathway with MDCT-CA (Fig. 2):
 - a. Low/medium pretest risk
 - b. Positive/uncertain, unfeasible, nonmaximal stress test
 - c. MDCT-CA
 - d. CCA

On the basis of analysis of specificity, sensitivity, PPV and NPV of the individual techniques (especially in view of the well-known low accuracy of the cycle test) and the cost-effectiveness ratio of the first two pathways, we considered a third diagnostic pathway in which MDCT-CA was the first-line modality:

3. New diagnostic pathway (Fig. 3)
 - a. Low-medium pretest risk
 - b. MDCT-CA positive for stenosis $> 50\%$

lavoro è valutare il valore diagnostico incrementale dell'introduzione della AC-TCMS nella gestione clinica del paziente con sospetta coronaropatia ostruttiva (CAD) rispetto al tradizionale percorso diagnostico in termini di rapporto costo/efficacia.

Materiali e metodi

Popolazione campione

Nel periodo compreso tra gennaio 2009 e giugno 2011 sono stati considerati 720 pazienti consecutivi (età media $65 \pm 11,51$ anni, 344 maschi) sottoposti ad AC-TCMS mediante apparecchio TCMS a 64 detettori (Brilliance 64, Philips, Paesi Bassi) disponibile presso il nostro istituto.

Tutti i pazienti dello studio sono stati sottoposti all'indagine AC-TCMS se la frequenza cardiaca era ≤ 65 battiti per minuto (bpm) spontanea o indotta dalla somministrazione endovenosa di β -bloccante, e se la capacità di mantenere un'apnea era sufficiente per il periodo di acquisizione del volume toracico (10–12 s). Un altro criterio di inclusione è stata la presenza di ritmo cardiaco sinusale; sono stati accettati nello studio, tuttavia, anche i pazienti con fibrillazione atriale cronica con risposta ventricolare medio bassa, inducibile < 65 bpm.

Sono stati esclusi dal presente studio tutti i pazienti con CAD nota trattati con stent o by-pass. Sono stati esclusi i pazienti sintomatici con dolore toracico acuto e ECG positivo per ischemia, con frequenza cardiaca > 65 bpm, allergia nota al mezzo di contrasto iodato, gravidanza, insufficienza respiratoria, stato clinico instabile e scompenso cardiaco di grado severo. Inoltre sono stati esclusi dallo studio i pazienti con impossibilità a mantenere l'apnea per almeno 8–10 secondi e con ritmo cardiaco irregolare. Sulla base dei criteri di esclusione sopraccitati sono stati considerati come popolazione finale 550 pazienti (età media 64 ± 11 , frequenza cardiaca media 63,4 bpm). Tutti i pazienti hanno fornito consenso scritto all'indagine.

Percorsi diagnostici/terapeutici

I percorsi diagnostici che i pazienti con dolore toracico atipico inclusi nello studio hanno seguito sono stati classificati in tre categorie.

1. Percorso diagnostico standard (Fig. 1): viene normalmente eseguito in un contesto clinico senza la disponibilità ad eseguire l'AC-TCMS:
 - a. rischio pre-test medio-basso;
 - b. stress-test positivo/dubbio, non eseguibile, non massimale;
 - c. ACC.

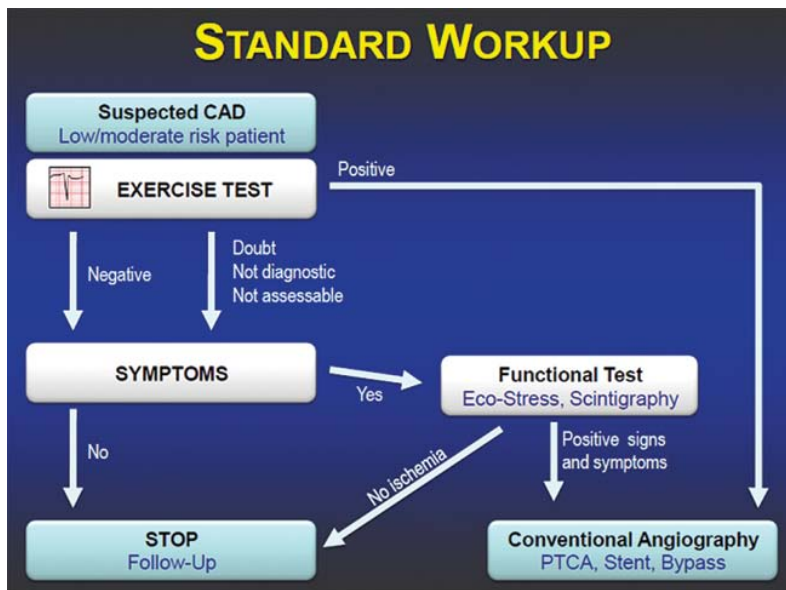


Fig. 1 Standard diagnostic pathway for patients with atypical chest pain.

Fig. 1 Percorso diagnostico standard nei pazienti con dolore toracico atipico.

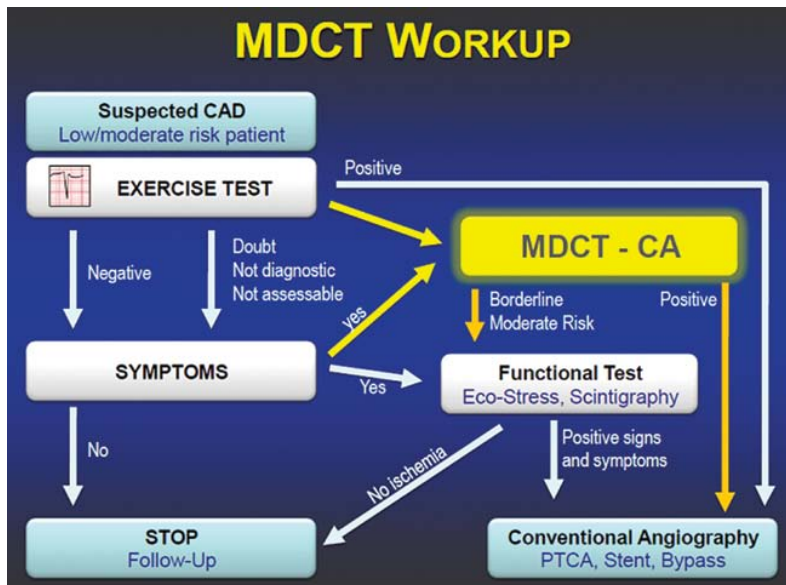


Fig. 2 Diagnostic pathway modified by the use of multidetector computed tomography coronary angiography in patients with atypical chest pain.

Fig. 2 Percorso diagnostico modificato dall'utilizzo della AC-TCMS nei pazienti con dolore toracico atipico.

- c. Stress test
- d. CAA

Pretest evaluation

For each patient, we recorded indication for the test and calculated the pretest risk (MDCT-CA) of CAD in relation to:

- Smoking
- Hypertension
- Positive family history of CAD
- Diabetes mellitus and hypercholesterolaemia using the Morise score

2. percorso diagnostico modificato con AC-TCMS (Fig. 2):
 - a. rischio pre-test medio-basso;
 - b. stress-test positivo/dubbio, non eseguibile, non massimale;
 - c. AC-TCMS;
 - d. ACC.

Sulla base dell'analisi dei dati in termini specificità, sensibilità, valore predittivo positivo (VPP) e valore predittivo negativo (VPN) delle metodiche (in particolare della scarsa accuratezza del cicloergometro già nota in letteratura), e del rapporto costo/efficacia dei primi due percorsi, è stato inoltre ipotizzato il seguente percorso diagnostico in cui

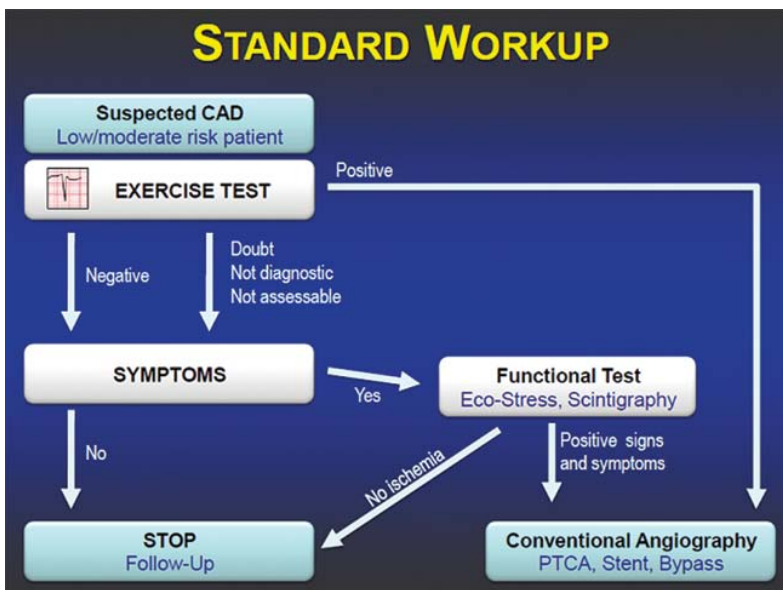


Fig. 3 Diagnostic pathway modified by the use of multi-detector computed tomography coronary angiography before the cycle test in patients with atypical chest pain.

Fig. 3 Percorso diagnostico modificato dall'utilizzo della AC-TCMS prima del cicloergometro nei pazienti con dolore toracico atipico.

MDCT-CA scan

Scan protocol

The contrast-enhanced study was obtained using 80–100 ml of iodinated contrast medium (Iomeprol 400 mgI/ml, Iomeron, Bracco, Milan, Italy) injected intravenously at 5 ml/s flow rate, followed by 40 ml of saline. The contrast medium was injected with an automatic dual-head injector (Stellant, MedRad, Pittsburgh, PA, USA) connected to an antecubital vein with a 16-G needle cannula. Synchronisation of the acquisition was achieved with the bolus-tracking technique [12]. Acquisition and reconstruction parameters are summarised in Table 1 [13, 14]. The optimal acquisition protocol was chosen based on the patient's heart rate and anthropometric characteristics [body mass index (BMI)] in order to balance dose sparing with optimal image quality.

Image analysis

Images were evaluated by a radiologist with 6 years of continuing training in MDCT-CA and, in the event of disagreement between clinical–anamnesic data and MDCT-CA findings, the case was reviewed with a cardiologist. Evaluation was performed in a semiquantitative manner. Coronary artery evaluation considered all coronary segments following the 17-segment classification model of the American Heart Association [15]. For each lesion, a visual assessment of the stenosis was performed using current international criteria [7, 8]:

- 0–20%, no stenosis or wall irregularities
- 20–50%, nonsignificant stenosis

l'AC-TCMS risulta essere metodica di prima linea:

3. Nuovo percorso diagnostico (Fig. 3):

- a. rischio pre-test medio-basso;
- b. AC-TCMS positiva per stenosi >50%;
- c. stress-test;
- d. ACC.

Valutazione pre-test

Per ciascun paziente è stata registrata l'indicazione all'esame ed è stato tracciato un profilo di rischio pre-test (pre-AC-TCMS) di cardiopatia aterosclerotica in rapporto a:

- anamnesi positiva per fumo;
- ipertensione;
- familiarità per eventi cardiaci acuti;
- diabete e ipercolesterolemia utilizzando il Morise score.

Esecuzione dell'esame AC-TCMS

Protocollo di scansione

Sono stati somministrati per via endovenosa 80–100 ml di mezzo di contrasto non ionico iodato (Iomeprol 400 mgI/ml, Iomeron, Bracco, Milano, Italia) con un flusso di 5 ml/s, seguito da 40 ml di soluzione salina allo stesso flusso. Il mezzo di contrasto è stato introdotto tramite un iniettore automatico a doppia pompa (Stellant, MedRad, Pittsburgh, PA, USA) connesso a una vena antecubitale con un agocannula da 16 G. La sincronizzazione della scansione con il passaggio del mezzo di contrasto è stata eseguita mediante la tecnica del bolus tracking [12]. I parametri di acquisizione e di ricostruzione sono riassunti in Tabella 1 [13, 14]. Sulla base dei

Table 1 The 64-slice multidetector computed tomography (MDCT) scan parameters

Imaging variables	
Scan	
Detectors	64
Collimation (mm)	0.625
Kilovolt	120/80
mAs/slice	120–1000
Rotation time (ms)	410
Scan time (s)	9–12
Reconstruction	
Slice thickness (mm)	0.8
Reconstruction increment (mm)	0.4
Field of view (mm)	250–300
Convolution filter/kernel	Sharp (XCC)
Contrast material	
Volume (ml)	80/100
Flow rate (ml/s)	5
Iodine concentration [I] (mgI/ml)	400
Bolus chaser	40ml@5ml/s
Venous access	Antecubital

Tabella 1 Parametri di scansione di TC a 64 slice

Scansione	
Detettori	64
Collimazione (mm)	0,625
KiloVolt	120/80
mAs/slice	120–1000
Tempo di rotazione (ms)	410
Tempo di scansione (s)	9–12
Ricostruzione	
Slice thickness (mm)	0,8
Incremento di ricostruzione (mm)	0,4
FOV (mm)	250–300
Filtri di convoluzione/kernel	Sharp (XCC)
Mezzo di contrasto	
Volume (ml)	80/100
Flow rate (ml/s)	5
Concentrazione di iodio [I] (mgI/ml)	400
Bolus chaser	40 ml@5 ml/s
Accesso venoso	Antecubitale

FOV, campo di vista

- 50–70%, significant stenosis
- 70–100%, severe obstructive or subobstructive stenosis.

Stress test

Each patient sat on a stationary bicycle, and ten thoracic leads were positioned to record the ECG. The ECG trace was recorded in all stages of the test, starting from rest phase through incremental negative energy of 25 W every 2 min to achieve the expected maximal threshold. The test was considered uncertain for stenotic disease if there was

valori di frequenza cardiaca e delle caratteristiche antropometriche del paziente (indice di massa corporea, BMI) è stato scelto per ciascun paziente il protocollo di acquisizione ottimale al fine di ottenere il maggior risparmio di dose possibile pur mantenendo una buona qualità delle immagini.

Analisi delle immagini

La valutazione delle immagini è stata effettuata da un radiologo con 6 anni di esperienza continuativa in AC-TCMS e, in caso di disaccordo tra i rilievi AC-TCMS e i dati clinico-anamnestici del paziente, il caso è stato rivalutato insieme ad un cardiologo competente anch'esso esperto in cardio-radiologia. La valutazione è stata sempre eseguita in modo semiquantitativo. La valutazione delle arterie coronarie ha previsto uno studio dei singoli segmenti effettuato seguendo una classificazione dell'albero coronarico a 17 segmenti secondo l'American Heart Association (AHA) [15]. Per ogni lesione è stata effettuata una stima di stenosi visuale distinta secondo i criteri internazionali [7, 8]:

- 0%–20%, assenza di stenosi o irregolarità parietali;
- 20%–50%, stenosi non significativa;
- 50%–70%, stenosi significativa;
- 70%–100%, stenosi severa occludente o sub occludente.

Test da sforzo mediante cicloergometro

Ciascun paziente è stato posizionato su un cicloergometro in posizione seduta. Sono stati posti 10 elettrodi toracici al fine di registrare il segnale ECG nelle derivate ottenibili. Il tracciato elettrocardiografico è stato registrato in tutte le fasi dell'indagine, partendo da una fase di riposo fino ad arrivare a energie negative incrementali di 25 W ogni 2 minuti, fino al raggiungimento della soglia massima teorica. Il test è risultato dubbio per patologia significativa in caso vi fosse un sotto-slivellamento ST minore dei parametri indicati con persistenza del pattern al recupero, in presenza di sintomatologia tipica, o se presente angina tipica anche in assenza di alterazioni elettrocardiografiche. In tutti gli altri casi l'esame è risultato essere negativo.

Analisi statistica

Sono stati calcolati la specificità, la sensibilità, il VPP, il VPN rispettivamente di:

- AC-TCMS vs. ACC;
- test da sforzo vs. AC-TCMS.

Analisi dei costi

Sono stati analizzati i costi differenziali per ogni singolo step del percorso diagnostico ed in particolare distinto in:

- valutazione pre-test (visita cardiologica ambulatoriale +ECG);
- stress-test;
- AC-TCMS;

ST depression below the indicated parameters persisting after recovery or in the case of typical symptoms or typical angina without ECG alterations. In any other case, the test was considered negative.

Statistical analysis

Specificity, sensitivity, PPV and NPP were calculated for:

- MDCT-CA vs. CCA
- Stress test vs. MDCT-CA.

Cost analysis

Differential cost was analysed for each step of the diagnostic pathway, and in particular for:

- Pretest evaluation (cardiological examination + ECG)
- Stress test
- MDCT-CA
- CCA.

The differential cost was calculated for each diagnostic pathway as the sum of the costs of the equipment, supplies and staff with the modality used at our Departments of Radiology and Cardiology. Equipment costs were calculated on the basis of mean time of use for each examination and taking into consideration purchase cost (obtained from official data of the Hospital Directorate) and amortisement (calculated on a temporal basis, at constant annual value, assuming a mean lifespan of 8 years for radiological and cardiological equipment).

We did not calculate the common costs of the production factors of the Radiology and Cardiology Departments, i.e. factors that support the diagnostic activity, as they do not change with the total yearly number of examinations and are an independent variable, being specific for each department. In the evaluation of differential costs, we considered the technical act, ignoring all other costs related to patient management, as done in other published studies [16, 17]. Considering that the cycle test, ECG and MDCT-CA were performed on an outpatient basis, the cost of the single examinations was calculated on the basis on the Italian National Health Service tariffs. Acquired data provided a cost for each test (Table 2).

Cost-effectiveness analysis

A cost-effectiveness analysis was calculated for each pathway. This was a full economic evaluation that considers both cost and impact of a diagnostic or therapeutic programme. Cost effectiveness was considered as the ratio between the cost of the test and the proportion of patients correctly identified. A reduction in costs, with a correct diagnosis, means an improvement of the cost-effectiveness ratio. In evaluating the cost-effectiveness ratio, we used Patterson et al.'s

– ACC.

Il costo differenziale è stato calcolato per ogni percorso diagnostico come somma dei costi delle apparecchiature, dei costi dei materiali e dei costi del personale, con le modalità in uso presso il nostro istituto e presso il Dipartimento di Cardiologia. Il costo delle apparecchiature è stato calcolato in base al tempo medio di utilizzo per esame delle stesse, valutando il costo d'acquisto (ricavato dalla documentazione ufficiale della Direzione Sanitaria) ed il calcolo dell'ammortamento (effettuato su base temporale, a valore annuo costante, assumendo una durata media della vita delle apparecchiature radiologiche e cardiologiche di otto anni).

Non sono stati calcolati i costi comuni dei fattori produttivi interni all'Istituto di Radiologia e del Dipartimento di Cardiologia, cioè quei fattori che garantiscono un'attività di supporto a tutti gli atti diagnostici svolti nel reparto, poiché si tratta di costi che non si modificano al variare del numero totale di esami svolti nel periodo annuo e che, essendo specifici per ogni struttura, rappresentano una variabile indipendente. Nella valutazione del costo differenziale ci siamo limitati a considerare l'atto tecnico, ignorando tutti gli altri costi legati alla gestione del paziente, così come in altri lavori della letteratura [16, 17].

Considerando il fatto che il cicloergometro, l'ECG e la AC-TCMS sono stati eseguiti in regime ambulatoriale senza necessità di ricovero il costo delle singole procedure è stato calcolato in base al tariffario del Servizio Sanitario Nazionale applicato anche per esami eseguiti in regime ambulatoriale espletati nella nostra unità operativa. Sulla base dei dati acquisiti è stato ottenuto un costo per ogni singola procedura (Tabella 2).

Analisi costo/efficacia

È stata calcolata per ogni percorso l'analisi di costo-efficacia, una forma di piena valutazione economica dove sia i costi che le conseguenze di un programma diagnostico o terapeutico vengono contemporaneamente esaminati. Costo-efficacia è il rapporto tra il costo dell'esame e la percentuale di pazienti correttamente identificati. Una riduzione dei costi con diagnosi corretta indica miglioramento del rapporto costo-efficacia. Per la valutazione del rapporto costo-efficacia ci siamo basati sul modello decisionale sviluppato da Patterson et al. [18] per confrontare il cicloergometro, l'AC-TCMS e l'ACC. Usando i dati di sensibilità e specificità, e quindi di accuratezza diagnostica delle singole metodiche è stata effettuata l'analisi costo-efficacia dei tre protocolli diagnostici assumendo che il ruolo di esame dirimente era:

- per il primo protocollo la ACC;
- per il secondo protocollo il cicloergometro;
- per il terzo protocollo la AC-TCMS.

L'efficacia di tali percorsi è quindi stata considerata pari a quella dell'esame dirimente di quel dato protocollo. Infine i costi delle diverse metodiche sono stati messi in relazione con l'accuratezza diagnostica delle stesse, ottenendo valori di costo/accuratezza per ogni percorso diagnostico.

Table 2 Costs of the different procedures

Cost analysis – procedure/admission	Description	n		Tariff (euro)
Cycle test				61.55
MDCT-CA				227.95
Cardiological examination				20.50
ECG				12.80
Diagnostic angiography	Laboratory tests			38.95
	Chest x-ray			25.65
Preprocedure examinations	Echocardiogram			57.00
	Total pre-procedure examinations			121.60
Place where procedure is done	Haemodynamic room			X
Operators involved in the operating room/dedicated clinic	Qualification	n	Execution time	Personnel costs + regional tax
	Physician	1	180	199.8
	Anaesthetist			
	Other graduate health professional			
	Healthcare technician	1	180	75.6
	Nurse	1	180	73.8
	Administrative staff			
	Patient care assistant	1	20	6.4
	Total personnel costs			355.6
Materials, reagents, devices, etc. used in the operating room (indicate the significant cost items)	Description	n	Unit cost	Total cost of supplies
	Basic Kit	1	100.00	100.00
	Introducer	1	11.00	11.00
	High-pressure extension line	1	2.16	2.16
	Angiography drape	1	14.34	14.34
	Angioseal complete haemostasis system	1	15.60	15.60
	Guide catheter	2	55.00	110.00
	Guidewire	3	57.60	172.80
	Contrast material cc	3	31.35	94.06
	Total			1551.00
	Total cost of supplies			6,168.16
Equipment used (indicate the technical-scientific equipment with major cost impact)	Description	Exams done/year, n	Year of purchase	Costs (euro)
	Haemodynamic room (completely amortised)		1989	
Total number of days in hospital (n=4)		800		
	Total direct costs			7,445.36
	General expenses 15%			1,116.80
	Total hospitalisation costs			8,562.16
DRG: 517 Percutaneous intervention on cardiovascular system with stenting of coronary artery without AMI		7,878.69		
	Difference revenues/costs			-683.47

Tabella 2 Costo differenziale di ogni metodica

Analisi dei costi - Intervento/ricovero		Descrizione	n	Tariffa (euro)	
Cicloergometro				61,55	
AC-TCMS				227,95	
Visita cardiologica				20,50	
ECG				12,80	
Angiografia diagnostica		Esami laboratorio		38,95	
		Rx torace		25,65	
Esami pre-intervento		Ecocardiogramma		57,00	
		Totale esami pre-intervento		121,60	
Luogo dove si effettua l'intervento		Sala emodinamica		x	
Operatori coinvolti in sala operatoria/ambulatorio dedicato	Qualifica		Tempi di esecuzione	Costi personale+IRAP	
	Medico	1	180	199,8	
	Anestestista				
	Altro laureato ruolo sanitario				
	Tecnico sanitario	1	180	75,6	
	Infermiere professionale	1	180	73,8	
	Amministrativo				
	OTAA	1	20	6,4	
	Totale costi personale			355,6	
Materiali, reagenti, presidi, ecc., impiegati in sala operatoria (indicare le voci significative di costo)	Descrizione		Costo unitario	Costo totale materiale sanitario	
	Kit base	1	100,00	100,00	
	Introduttore	1	11,00	11,00	
	Prolunga per alta pressione	1	2,16	2,16	
	Telo angiografico	1	14,34	14,34	
	Sistema emostasi completo angio seal	1	15,60	15,60	
	Catetere guida	2	55,00	110,00	
	Filo guida	3	57,60	172,80	
	MdC cc	3	31,35	94,06	
	Totale			1551,00	
	Totale costi materiali sanitari			6168,16	
Attrezzature impiegate (indicare le attrezzature tecnico scientifiche di significativo impegno economico)	Descrizione	Esami effettuati/anno, n	Anno d'acquisto	Costo (euro)	
	Sala emodinamica (completamente ammortizzata)		1989		
Numero giornate di degenza totali per ricovero (n=4)		800			
	Totale costi diretti			7445,36	
	Spese generali 15%			1116,80	
	Totale costi ricovero			8562,16	
DRG previsto: 517 interventi sul sistema cardiovascolare per via percutanea con inserzione di stent nell'arteria coronarica senza IMA				7878,69	
	Differenza ricavi/costi			-683,47	

IMA, infarto miocardico acuto; MdC, mezzo di contrasto; OTAA, operatore tecnico addetto all'assistenza; ECG, elettrocardiogramma; AC-TCMS, angiografia coronarica mediante tomografia computerizzata multistrato

decision-making model [18] to compare the cycle test, MDCT-CA and CCA. The cost-effectiveness analysis of the different protocols was performed using data on sensitivity and specificity and therefore diagnostic accuracy of the individual methods. The decisive test for each protocol considered was:

- CCA for the first protocol
- cycle test for the second protocol
- MDCT-CA for the third protocol.

The effectiveness of each pathway was considered as the efficacy of its decisive test. Finally, the costs of each method were correlated with its diagnostic accuracy in order to calculate the cost-accuracy values of each diagnostic pathway.

Results

All patients who underwent MDCT-CA were at low to intermediate risk of CAD, with a discrepancy between symptoms and the clinical–laboratory data. Indications for the examination were: atypical chest pain in intermediate-risk or asymptomatic patients with uncertain ECG or stress test. Clinical data allowed distinction between low-risk profiles (one or two risk factors) and intermediate risk profiles (two or more risk factors). Image quality of MDCT-CA was judged by the radiologist based on qualitative criteria. It was defined as optimal in 360/550 (85%) cases, moderate in 62/550 (13%) and poor in 8/550 (2%) due to breathing motion artefacts during the scan. Scans were performed without any dose-saving protocol (16.05 mSv) in 41% cases, with retrospective gating and dose modulation (8.2 mSv) in 45% and with prospective gating (1.2 mSv) in 14% cases.

According to image evaluation, 393/550 (71%) patients had nonsignificant lesions, 122/393 (31%) of whom had no coronary lesions, whereas 157/393 (29%) patients had at least one significant lesion. Among the 157 patients with positive MDCT-CA, 127 (82%) underwent CCA. This test confirmed significant stenosis (>50% of coronary lumen narrowing) in 166/128 (91%) patients, and 59/128 (46%) patients were revascularised. Twenty-nine of 157 (18%) patients refused to undergo CCA or were found not suitable at anaesthesiological assessment. When comparing CCA to MDCT-CA, the detection of significant stenosis in a per-patient analysis showed 92% sensitivity, 89% specificity, and 89% and 92% PPV and NPV, respectively. The overall diagnostic accuracy was 91%.

Based on risk profile and clinical data, 214/550 (39%) patients underwent the cycle test, 15% with positive results and 85% with uncertain or nonsignificant results. When considering MDCT-CA as the gold standard, the diagnostic performance of the stress test in discriminating patients with significant stenosis showed a sensitivity and specificity

Risultati

I pazienti sottoposti ad indagine AC-TCMS erano soggetti con basso-medio rischio di CAD con discrepanza tra sintomatologia e dati clinico-laboratoristici. Le indicazioni all'esame erano: presenza di dolore toracico atipico in soggetto a medio rischio o sintomatologia assente con rilievi ECG e al cicloergometro dubbi. I rilievi anamnestici hanno permesso di distinguere un profilo di rischio basso per la presenza di uno o due fattori di rischio e intermedio per la presenza di due o più fattori di rischio. La qualità delle indagini AC-TCMS valutata dal radiologo e basata su un criterio qualitativo è stata definita in 360/550 (85%) casi buona in 62/550 (13%) casi discreta, in 8/550 (2%) casi scarsa per artefatti da movimento respiratorio del paziente durante la scansione. L'acquisizione delle immagini è stata effettuata nel 41% dei casi senza alcun tipo di protocollo a risparmio di dose (16,05 mSv), nel 45% dei casi con gating retrospettivo e modulazione della dose (8,2 mSv) e nel 14% dei casi con gating prospettico (1,2 mSv).

Nell'ambito della valutazione delle immagini in 393/550 (71%) casi non vi erano lesioni significative, dei quali 122/393 (31%) erano CAD free, cioè totalmente privi di lesioni coronariche; nei rimanenti 157/393 (29%) pazienti sono state riconosciute lesioni significative ad almeno un segmento coronarico. Dei 157 pazienti risultati positivi all'AC-TCMS, 128/157 (82%) sono stati sottoposti ad ACC, che ha confermato la stenosi >50% del lume coronarico in 116/128 (91%) pazienti. In 59/128 (46%) pazienti si è inoltre proceduto a rivascolarizzazione del segmento stenotico. I rimanenti 29/157 (18%) pazienti non hanno acconsentito a sottoporsi ad ACC o non sono stati ritenuti idonei alla visita anestesiologicala. Il confronto diretto tra ACC e AC-TCMS nella valutazione di stenosi significative mediante analisi per paziente ha rilevato una sensibilità pari a 92%, una specificità pari a 89%, un VPP e VPN pari a 89% e 92% rispettivamente. L'accuratezza diagnostica globale della AC-TCMS è risultata essere pari a 91%.

Sulla base dei profili di rischio e dei dati clinico anamnestici precedentemente all'AC-TCMS sono stati sottoposti a cicloergometro 214/550 (39%) pazienti di cui solo il 15% è risultato positivo mentre l'85% dubbio o non significativo. Considerando come riferimento la AC-TCMS, la capacità diagnostica della prova da sforzo nella identificazione di pazienti con lesioni significative ha dimostrato una sensibilità e specificità pari a 21% e 87%, con un VPP e VPN di 42% e 70% rispettivamente (Tabella 3).

Il costo di ogni percorso diagnostico è stato calcolato sulla base della somma dei costi delle differenti procedure e riportato in Tabella 4. Il protocollo tradizionale risulta nettamente più costoso degli altri due. I protocolli 2 e 3 evitando di sottoporre i pazienti negativi a procedure angiografiche, consentono un risparmio medio per ogni paziente negativo di 1323 euro e 1384 euro rispettivamente. Per quanto riguarda l'analisi costo/efficacia, per ogni percorso diagnostico è

Table 3 Diagnostic performance of cycle test vs. MDCT-CA and MDCT-CA vs. CCA when evaluating patients with significant coronary artery stenosis

Cycle test vs. MDCT-CA		
PPV		42%
NPV		70%
Sensitivity		21%
Specificity		87%
Accuracy	0.66	66%
MDCT-CA vs. CCA		
PPV		89%
NPV		92%
Sensitivity		92%
Specificity		89%
Accuracy	0.91	91%

MDCT-CA, coronary angiography with multidetector computed tomography; CCA, conventional coronary angiography; PPV, positive predictive value; NPV, negative predictive value

of 21% and 87%, and a PPV and NPV of 42% and 70%, respectively (Table 3).

The cost of each diagnostic pathway was calculated by adding the costs of each test and is summarised in Table 4. The traditional pathway was more expensive than the other two. By avoiding the need for CCA, the second and third pathways allow average savings of 1,323 euro and 1,384 euro, respectively, in the case of “negative” patients.

Regarding the cost-effectiveness analysis, for each diagnostic pathway, we obtained a curve representing the trend of improvement in relation to the pretest percentage of cardiovascular risk; the curves of three pathways are compared in Figure 4.

Discussion

Few studies have reported on the real diagnostic accuracy of MDCT-CA obtained in a clinical setting, which reflects the effective performance of the technique in routine practice [4, 19, 20]. In clinical practice, the cardiologist and the clinician can use the information provided by the method to send the patient to an appropriate diagnostic pathway with optimal accuracy [20].

Consistent with the literature, the high positive and negative predictive values found in our series gives MDCT-CA a gatekeeping role in relation to CCA. In our cases, diagnostic performance of MDCT-CA is a little lower compared with that reported in the literature [10, 21–26]. These results are mainly due to the heterogeneity of our patients and to the clinical-practice scenario, which is very different from validation studies. Despite this, our data confirm a valid diagnostic performance of MDCT-CA also in a real clinical setting [4, 9, 19, 20].

The suboptimal diagnostic performance of the stress test in

Tabella 3 Performance diagnostica espressa dalla prova da sforzo nella determinazione di pazienti con lesioni significative vs angiografia coronarica mediante tomografia computerizzata multistrato (AC-TCMS)

Test da sforzo vs. AC-TCMS		
VPP		42%
VPN		70%
Sensibilità		21%
Specificità		87%
Accuratezza	0,66	66%
AC-TCMS vs. ACC		
VPP		89%
VPN		92%
Sensibilità		92%
Specificità		89%
Accuratezza	0,91	91%

VPP, valore predittivo positivo; VPN, valore predittivo negativo; ACC, angiografia coronarica convenzionale

stata ottenuta una curva che rappresenta il trend di miglioramento in rapporto alla percentuale pre-test del rischio cardiovascolare; le curve dei tre percorsi sono messe a confronto nella Figura 4.

Discussione

Attualmente pochi studi riportano la reale accuratezza diagnostica estrapolata da un contesto clinico, che consiste nella effettiva performance della metodica sul campo [4, 19, 20]. Nella pratica clinica, il cardiologo ed il clinico possono utilizzare le informazioni ottenute da questa metodica per indirizzare con maggior accuratezza il paziente al percorso diagnostico terapeutico ottimale [20].

In linea con i dati della letteratura anche nella nostra casistica l'elevato valore predittivo positivo e negativo della AC-TCMS gli conferisce un ruolo di spartiacque nei confronti della coronarografia. Nella nostra casistica la performance diagnostica dell'AC-TCMS è lievemente minore rispetto ai dati di accuratezza diagnostica riportati in letteratura [10, 21–26]. Questo dato è da riferirsi all'eterogeneità di provenienza dei nostri pazienti ed allo scenario clinico pratico, ben differente da quello degli studi di validazione della metodica. Nonostante ciò i nostri dati confermano un'ottima performance diagnostica dell'AC-TCMS anche in un contesto clinico reale [4, 9, 19, 20].

La scarsa performance diagnostica espressa dalla prova da sforzo nella determinazione di pazienti con lesioni significative ottenuta nel nostro lavoro è aderente ai risultati espressi in precedenti lavori pubblicati su questo argomento [10, 11]. Questi risultati influenzano l'iter diagnostico tradizionale che vede il test da sforzo come primo esame a cui sottoporre i pazienti con rischio basso e intermedio. Essendo la performance diagnostica di tale test inadeguata per tale popolazione di pazienti, la proposta di questo studio consiste nella modifica dell'algoritmo diagnostico mediante l'u-

Table 4 Cost of each diagnostic pathway calculated as the sum of costs of the single different procedures

Technique	Pathway 1 Cost (euro)	Pathway 2 Cost (euro)	Pathway 3 Cost (euro)
Stress test	61.55	61.55	0
MDCT-CA	0	227.95	227.95
CCA	1551	0	0
Cardiological examination	20.5	20.5	20.5
ECG	12.8	12.8	12.8
Total	1,645.85	322.8	261.25

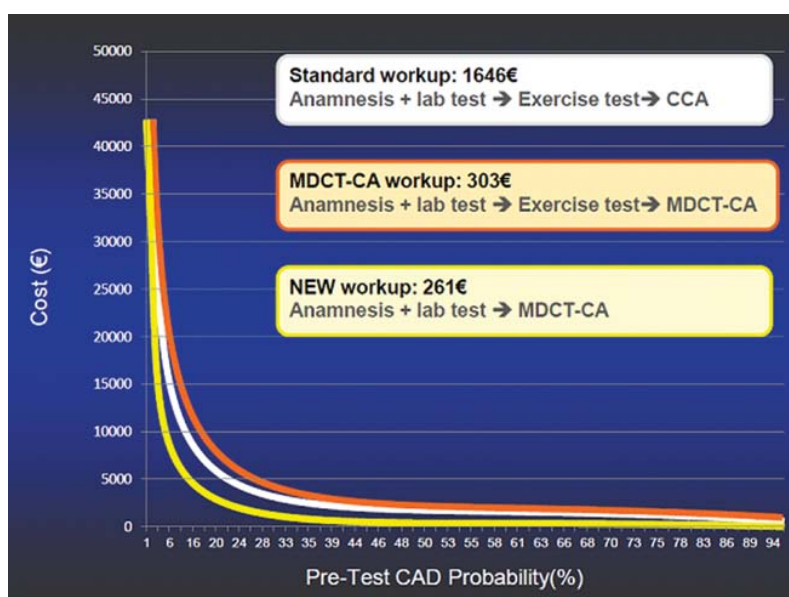
MDCT-CA, multidetector computed tomography coronary angiography; CCA, conventional coronary angiography; ECG, electrocardiogram

Tabella 4 Il costo di ogni percorso diagnostico è stato calcolato sulla base della somma dei costi delle differenti procedure

Metodica	I percorso Costo (euro)	II percorso Costo (euro)	III percorso Costo (euro)
Cicloergometro	61,55	61,55	0
AC-TCMS	0	227,95	227,95
ACC	1551	0	0
Visita cardiologica	20,5	20,5	20,5
ECG	12,8	12,8	12,8
Totale	1645,85	322,8	261,25

identifying patients with significant lesions, as obtained in our study, is in line with previous reports [10, 11]. These results have a bearing on the traditional diagnostic pathway where the stress test is the first-level examination for patients with low to intermediate risk. Because the diagnostic performance of this test is inadequate for this patient population, the purpose of our study was to modify the diagnostic algorithm by incorporating the use of MDCT-CA. This examination should be performed at an early stage in order to better stratify patients without coronary plaques from those

utilizzo dell'AC-TCMS. Questo test dovrà essere effettuato in fase iniziale per stratificare i pazienti indenni da aterosclerosi coronarica da quelli con arterie coronariche malate. Sulla base dei rilievi anatomici di questo test capace di escludere la malattia con elevata sensibilità, solo i pazienti portatori di aterosclerosi dovranno effettuare test funzionali. Questi daranno informazioni utili sulla riduzione di riserva coronarica causata dalle lesioni evidenziate anatomicamente dalla TC, così da indirizzare a procedure invasive di rivascolarizzazione solo i pazienti con lesioni aterosclerotiche fun-

**Fig. 4** Cost-effectiveness trend curve of each diagnostic pathway.**Fig. 4** Curva del trend di costo-efficacia di ogni percorso diagnostico.

with CAD. Based on the anatomical findings of this technique which has high sensitivity in ruling out CAD, only patients with proven CAD should undergo functional tests. These tests could give additional useful information about the reduction of coronary reserve resulting from the lesions depicted by MDCT, so as to send only those patients with functionally significant CAD to invasive revascularisation procedures. This modified algorithm changes the approach to diagnostic CCA and our study, as many others before, shows how this can lead to several disadvantages compared with a multi-step approach [16]. Cost-effectiveness analysis correlates the percentage of correct diagnoses to the cost necessary to reach them; this aspect provides an additional indicator to mere diagnostic accuracy.

On the basis of our results and the recent literature [11, 16] it is clear that the introduction of MDCT-CA improves diagnostic performance; at the same time, it is important to emphasise when to use it in the clinical workup. The modified diagnostic pathway with MDCT-CA provides a greater overall diagnostic accuracy, but it takes on a high value of cost-effectiveness if MDCT-CA is considered the first-level examination in place of the cycle test. This leads to higher cost-effectiveness values compared with the standard pathway, which, even though burdened by the high cost of CCA, obtained fairly good cost-effectiveness values as a result of its high sensitivity. Generally, the cost-effectiveness ratio increases with higher-risk profiles for each of the three diagnostic pathways. With regard to the population considered, consisting of low to intermediate-risk individuals, MDCT-CA proved to be the technique with the best cost-effectiveness ratio. The use of MDCT-CA as a screening test is an early, effective and relatively inexpensive diagnostic tool in a population in which the stress test has limited sensitivity. The use of diagnostic CCA, even though it guarantees 100% sensitivity, produces higher costs. Consequently, it is preferable to send to CCA only patients with positive findings at MDCT-CA and at low to intermediate risk, and to use CCA only for revascularisation procedures. Our data indicate that the low diagnostic accuracy of the stress test (66%), especially in low-risk patients (in whom accuracy falls to about 50%), makes the second diagnostic protocol the least economically viable.

According to the cost-effectiveness analysis based on our data, a single MDCT-CA costs about 230.03 euro, whereas CCA costs about 1,551 euro. Cost-effectiveness analysis demonstrated how the costs for correctly identifying a patient with CAD decrease significantly as the pretest probability increases. MDCT-CA has a better cost-effectiveness ratio compared with CCA as long as the pretest probability is <86%, which corresponds to low to intermediate risk patients.

The results of our study demonstrate how, based on clinical and anamnestic data, no significant lesions were detected

zionalmente significative. Tale algoritmo modificato cambia dunque l'approccio mirato verso l'ACC diagnostica, e il nostro studio, come altri precedenti, mostra come ciò comporti diversi vantaggi, confrontato con un approccio a stadi [16]. L'analisi costo/efficacia mette in relazione la percentuale di diagnosi corrette con il costo necessario a raggiungerle; questo aspetto fornisce quindi un indicatore aggiuntivo alla semplice accuratezza diagnostica.

Dai risultati ottenuti e dalla recente letteratura [11, 16] si può evincere come l'introduzione della AC-TCMS migliori la performance diagnostica; al tempo stesso è importante sottolineare il punto in cui essa viene inserita nel workup clinico. Il protocollo diagnostico modificato con l'AC-TCMS fornisce una maggiore accuratezza diagnostica globale, ma acquisisce un alto valore di costo/efficacia se la AC-TCMS viene posta come esame di primo livello, al posto del cicloergometro. In tal modo si ottengono valori di costo/efficacia maggiori del protocollo standard, che pur gravato dagli alti costi dell'ACC, otteneva dei valori di costo/efficacia discreti dovuti all'alta sensibilità della stessa. In generale, il trend di miglioramento costo/efficacia incrementa con l'aumentare del profilo del rischio per tutti e tre i percorsi diagnostici. Vista la popolazione presa in considerazione, di individui con rischio medio-basso, la metodica che fornisce il migliore rapporto costo/efficacia risulta essere l'AC-TCMS. L'utilizzazione di questo test come esame di screening permette una diagnosi precoce, efficace e relativamente economica in una popolazione dove il cicloergometro risulta essere poco sensibile.

L'utilizzo dell'ACC con il solo scopo diagnostico, pur garantendo una sensibilità del 100%, è gravato da costi elevati, di conseguenza è preferibile inviare all'ACC solo i casi positivi selezionati tramite l'AC-TCMS ed utilizzare l'ACC solo per procedure interventistiche di rivascolarizzazione nei pazienti a basso-medio rischio. Dai nostri dati si può evincere che la scarsa accuratezza del cicloergometro (66%), specie nei pazienti a basso rischio (dove la sua accuratezza scende a circa il 50%), rende il secondo protocollo diagnostico, addirittura il meno conveniente in termini economici. Secondo una analisi di costo-efficacia basata sui nostri dati la AC-TCMS fa registrare un costo totale di 230,03 euro mentre la coronarografia fa registrare un costo totale 1551 euro. L'analisi di costo-efficacia ha dimostrato come il costo per identificare correttamente un paziente con malattia coronarica decresce notevolmente all'aumentare della probabilità pre-test. La AC-TCMS presenta un rapporto costo-efficacia più favorevole rispetto alla coronarografia fino all'86% di probabilità pre-test, ossia in condizioni di rischio cardiovascolare basso ed intermedio.

I risultati del nostro studio mostrano come sulla base della clinica e dei dati anamnestici nei 2/3 circa dei pazienti non siano state riscontrate lesioni significative, abbreviando quindi gli iter terapeutici e migliorando la performance dia-

in two of three patients examined, thus shortening their therapeutic pathway and improving diagnostic performance in assessing low to intermediate risk patients. There were, however, many lesions with stenosis $\geq 50\%$, which necessitated a comparison with CCA, stress ECG or scintigraphy, confirming the presence of borderline lesions but excluding indications for treatment with angioplasty or stenting. Our evaluation was carried out on a patient-based analysis instead of a per-segment or a per-vessel analysis, so as not to exclude from further investigation patients potentially affected by significant CAD.

Conclusions

Our study, in agreement with the literature, confirms the better diagnostic performance of MDCT-CA compared with the stress test and its similar accuracy to CCA. In addition, the use of a pathway that considers MDCT-CA as a gatekeeper to identify patients to send to CCA is advantageous in terms of cost and diagnostic effectiveness.

Conflict of interest The authors declare that they have no conflict of interest related to the publication of this article.

References/Bibliografia

- Cademartiri F, Aldrovandi A, Palumbo A et al (2007) Multislice computed tomography coronary angiography: clinical applications. *Minerva Cardioangiol* 55:647–658
- Cademartiri F, La Grutta L, Palumbo A et al (2007) Non-invasive visualization of coronary atherosclerosis: state-of-art. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)* 8:129–137
- Cademartiri F, La Grutta L, Palumbo AA et al (2006) Coronary plaque imaging with multislice computed tomography: technique and clinical applications. *Eur Radiol* 16(Suppl 7):M44–M53
- Cademartiri F, Maffei E, Notarangelo F et al (2008) 64-slice computed tomography coronary angiography: diagnostic accuracy in the real world. *Radiol Med* 113:163–180
- Cademartiri F, Maffei E, Palumbo A et al (2007) Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography in patients with low-to-intermediate risk. *Radiol Med* 112:969–981
- Achenbach S, Giesler T, Ropers D et al (2001) Detection of coronary artery stenoses by contrast-enhanced, retrospectively electrocardiographically-gated, multislice spiral computed tomography. *Circulation* 103:2535–2538
- Achenbach S, Ulzheimer S, Baum U et al (2000) Noninvasive coronary angiography by retrospectively ECG-gated multislice spiral CT. *Circulation* 102:2823–2828
- Schroeder S, Achenbach S, Bengel F et al (2008) Cardiac computed tomography: indications, applications, limitations, and training requirements: report of a Writing Group deployed by the Working Group Nuclear Cardiology and Cardiac CT of the European Society of Cardiology and the European Council of Nuclear Cardiology. *Eur Heart J* 29:531–556
- Nieman K, Galema T, Weustink A et al (2009) Computed tomography versus exercise electrocardiography in patients with stable chest complaints: real-world experiences from a fast-track chest pain clinic. *Heart* 95:1669–1675
- Cademartiri F, La Grutta L, Palumbo A et al (2009) Computed tomography coronary angiography vs. stress ECG in patients with stable angina. *Radiol Med* 114:513–523
- Dewey M, Dubel HP, Schink T et al (2007) Head-to-head comparison of multislice computed tomography and exercise electrocardiography for diagnosis of coronary artery disease. *Eur Heart J* 28:2485–2490
- Cademartiri F, Luccichenti G, Gualerzi M et al (2005) Intravenous contrast material administration in multislice computed tomography coronary angiography. *Acta Biomed* 76:86–94
- Malago R, D'Onofrio M, Baglio I et al (2009) Choice strategy of different dose-saving protocols in 64-slice MDCT coronary angiography. *Radiol Med* 114:1196–1213
- Maffei E, Martini C, De Crescenzo S et al (2010) Low dose CT of the heart: a quantum leap into a new era of cardiovascular imaging. *Radiol Med* 115:1179–1207
- Detre KM, Wright E, Murphy ML, Takaro T (1975) Observer agreement in evaluating coronary angiograms. *Circulation* 52:979–986
- Stacul F, Sironi D, Grisi G et al (2009) 64-Slice CT coronary angiography versus conventional coronary angiography: activity-based cost analysis. *Radiol Med* 114:239–252

Conclusioni

Il nostro studio, in linea con i dati della letteratura, conferma una miglior performance diagnostica dell'AC-TCMS nei confronti del test da sforzo ed un'accuratezza simile a quella dell'ACC. Inoltre, l'utilizzazione di un protocollo che prevede l'AC-TCMS come spartiacque principale per identificare i pazienti da inviare all'ACC, risulta vantaggioso in termini di costo e di efficacia diagnostica.

17. Faccioli N, D'Onofrio M, Comai A, Cugini C (2007) Contrast-enhanced ultrasonography in the characterization of benign focal liver lesions: activity-based cost analysis. *Radiol Med* 112:810–820
18. Patterson RE, Eisner RL, Horowitz SF (1995) Comparison of cost-effectiveness and utility of exercise ECG, single photon emission computed tomography, positron emission tomography, and coronary angiography for diagnosis of coronary artery disease. *Circulation* 91:54–65
19. Cademartiri F, Maffei E, Mollet NR (2008) Is dual-source CT coronary angiography ready for the real world? *Eur Heart J* 29:701–703
20. Maffei E, Palumbo A, Martini C et al (2010) Stress-ECG vs. CT coronary angiography for the diagnosis of coronary artery disease: a “real-world” experience. *Radiol Med* 115:354–367
21. Maffei E, Martini C, Tedeschi C et al (2011) Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography in a large population of patients without revascularisation: registry data in NSTEMI acute coronary syndrome and influence of gender and risk factors. *Radiol Med* 116:1014–1026
22. Maffei E, Palumbo A, Martini C et al (2011) Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography in a large population of patients without revascularisation: registry data and review of multicentre trials. *Radiol Med* 115:368–384
23. Maffei E, Palumbo A, Martini C et al (2011) Computed tomography coronary angiography in asymptomatic patients. *Radiol Med* 116:1161–1173
24. Meijboom WB, van Mieghem CA, Mollet NR et al (2007) 64-slice computed tomography coronary angiography in patients with high, intermediate, or low pretest probability of significant coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 50:1469–1475
25. Meijboom WB, Weustink AC, Pugliese F et al (2007) Comparison of diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography in women versus men with angina pectoris. *Am J Cardiol* 100:1532–1537
26. Pugliese F, Mollet NR, Hunink MG et al (2008) Diagnostic performance of coronary CT angiography by using different generations of multisection scanners: single-center experience. *Radiology* 246:384–393