

# La coro CT nella cardiopatia ischemica: caratteristiche tecnologiche, prestazioni, limiti, indicazioni

**Eugenio Martuscelli (MD, FESC)**

*Divisione di Cardiologia - Dipartimento di Medicina Interna  
Università degli Studi di Tor Vergata - Roma*

## Riassunto

La coro CT delle coronarie si è caratterizzata per uno sviluppo tecnologico tumultuoso passando, in soli quattro anni, dalla quattro strati per giro di gantry alla 64 strati, con un conseguente continuo miglioramento della performance diagnostica. Allo stato attuale la sensibilità è vicina al 95% e la specificità è superiore al 95%, valori ineguagliati dalle altre metodiche non invasive.

Le limitazioni più importanti rimangono la fibrillazione atriale, la calcificazione marcata della parete coronarica, la presenza di una grave insufficienza renale e l'impiego di radiazioni ionizzanti.

## Summary

Visualization of the coronary arteries by multislice spiral computer tomography is characterized by a continuous improvement in term of hardware and software of the scanners. With the 64 slices /rotation scanner the sensitivity is about 95% and the specificity is more than 95%. Limitations of the method remain the atrial fibrillation, severe calcifications of the coronary wall, severe renal failure and radiation exposure.

**Parole chiave:** TAC spirale multistrato, Coro-CT, Coronarografia selettiva, Diagnostica non invasiva, Aterosclerosi coronaria

**Key words:** Spiral multislice CT, Conventional coronary angiography, Non invasive diagnosis of the coronary artery disease, Coronary artery disease

## Introduzione

**F**ino agli anni 2000 la diagnostica della cardiopatia ischemica era confinata in due grandi compartimenti: quello delle indagini non invasive, con informazioni prettamente funzionali, e quello dell'imaging coronarico, demandato all'uso di cateteri introdotti per via percutanea (coronarografia convenzionale).

Agli inizi del nuovo millennio faceva la sua comparsa un terzo compartimento, la tomografia assiale computerizzata, una metodica radiologica non nuova in assoluto, ma implementata dalla possibilità di acquisire un certo numero di fette di informazione (fette o slices) sincronizzate in una unica fase del ciclo cardiaco tramite un sistema di sincronizzazione con l'ECG (ECG gating).

La coro-CT 4 strati fu accolta inizialmente con molto scetticismo (o peggio distaccato sarcasmo, ma fu invece chiaro ad alcuni che la potenzialità della metodica era enorme e che le difficoltà inizia-

li sarebbero state affrontate e progressivamente superate dalla tecnologia e dai grandiosi mezzi economici messi in campo da molti costruttori leaders del mercato.

A distanza di pochi anni sono oggi disponibili scanners profondamente diversi da quelli iniziali, capaci di acquisire non 4 ma 64 fette in un tempo non di 500 msec ma 350 msec, con immagini di gran lunga più nitide e più leggibili.

La terza via, quella della coronarografia non invasiva, si sta sviluppando ora con grande entusiasmo da parte della comunità scientifica e dei media, un entusiasmo benvenuto per alcuni versi, ma che deve anche trovare un giusto assestamento in un percorso che vede ancora contrapporsi ostinati conservatori ed innovatori precipitosi e scarsamente critici.

In questo articolo verranno descritti i requisiti tecnologici essenziali, le prestazioni in termini di accuratezza di predizione di stenosi coronariche significative, i limiti intrinseci della metodica e quelle che possono essere considerate le attuali indicazioni.

## Come funziona

Parte essenziale della TAC spirale è il gantry, l'anello cioè attraverso il quale scorre il lettino del paziente da esaminare (Fig. 1). Nel gantry è contenuto lo scanner vero e proprio che compie una rotazione completa a una velocità compresa tra 350 e 500 msec.

Nello scanner che ruota intorno al paziente si distingue una parte dalla quale fuoriescono le radiazioni e un'altra parte che raccoglie e analizza ciò che resta delle radiazioni dopo che hanno attraversato il paziente (detettori). I detettori sono organizzati in file contigue e ogni fila contribuisce alla formazione dell'immagine detta anche fetta o slice perché è assimilabile a una fetta sottile di torace tagliata trasversalmente all'asse lungo del corpo.

I primi scanner erano capaci di elaborare quattro fette dello spessore di 1,25 mm a ogni giro del gantry, che si compiva in genere nello spazio di 0,5 sec.

Oggi, gli scanner con maggiori prestazioni sono in grado di elaborare 64 fette dello spessore di 0,5-0,625 mm a ogni giro di gantry che si compie generalmente nello spazio di soli 350 msec.

Conseguenza logica di scanners più veloci è una maggiore rapidità di esecuzione dell'esame; con uno scanner a 64 strati è oggi possibile completare l'esame in soli 5 secondi, mentre uno scanner a 16 strati ne richiede almeno 20. La differenza sembra a prima vista irrilevante ma è invece decisiva nella qualità finale delle immagini e nella loro chiarezza interpretativa.

Infatti, le fette o immagini o slice elaborate dallo scanner devono poi essere incollate l'una all'altra in una medesima fase della diastole, giacché una fetta contenente un pezzo della discendente anteriore elaborato in una fase della diastole incollato con la fetta successiva elaborata in sistole darebbe un'immagine complessiva incoerente e non interpretabile. È pertanto necessario, con l'aiuto della apnea e della sincronizzazione ECG, incollare tutte le immagini in un'unica fase della diastole affinché il risultato fina-

le sia di qualità tale da poter essere analizzabile ai fini diagnostici.

Questo collage "fotografico" isofasico ha come nemico naturale sia i movimenti respiratori, sia i cicli cardiaci diseguali come quelli dei battiti ectopici o peggio della fibrillazione atriale. Se pertanto l'acquisizione delle informazioni avviene in un arco più breve di tempo quale quello della CT C 64 strati (rispetto alla 16 strati), avremo meno probabilità di incorrere negli artefatti di movimento che rendono poco leggibile o illeggibile l'esame.

Come detto sopra, la CT spirale a 64 strati consente di acquisire tutte le informazioni in un tempo compreso tra 5 secondi e 12 secondi, mentre con la generazione precedente a 16 strati il tempo era compreso tra 20 secondi e 34 secondi.

I parametri che identificano le qualità essenziali dello scanner sono essenzialmente tre:

- 1) numero di fette o slice acquisite a ogni giro di gantry (4-8-16-32-64 slices);
- 2) velocità di rotazione del gantry (che varia tra 350 e 500 msec);
- 3) spessore della fetta che varia tra 1,25 mm e 0,5 mm.



Fig. 1 - La sala della coro-CT (64 strati), con gantry, lettino portapaziente e sincronizzatore ECG.

Come per la coronarografia tradizionale, il mezzo di contrasto iodato

permette la opacizzazione delle coronarie. Se si utilizza uno scanner 64 strati sono usualmente necessari 80 cc per la valutazione del circolo nativo e 100 cc per i by pass aortocoronarici. Nella coro CT il mezzo di contrasto viene iniettato da una vena antecubitale con una velocità di 4-5 cc al secondo. Va da sé che questo tipo di iniezione e la rapidità dell'esame che si conclude in pochi minuti rendono l'esame stesso di facile esecuzione, indolore, e con rischi complessivi molto bassi.

## Prestazioni (accuratezza diagnostica)

L'accuratezza diagnostica della coronarografia ottenuta tramite la coro-CT multistrato non può ancora



essere espressa in termini assoluti come per la coro convenzionale.

Nel caso della coro-CT essa dipende 1) dalla generazione dello scanner di cui si dispone, 2) dall'esperienza dell'operatore e 3) dalle caratteristiche del paziente da esaminare.

1) Uno scanner di ultima generazione (64 strati)<sup>5</sup> consente di aumentare la sensibilità della metodica al 95% rispetto al valore dell'89% ottenibile con il 16 strati<sup>2</sup>; la specificità rimane alta con entrambi gli scanner e risulta superiore al 95%<sup>2,5</sup>.

Disporre di uno scanner 64 strati non significa solo una maggiore sensibilità, ma anche e soprattutto una maggiore applicabilità della metodica, poiché meno pazienti saranno esclusi a causa della frequenza cardiaca, extrasistolia, incapacità a un'apnea prolungata.

Quella della frequenza cardiaca è una vessata questo della coro-CT. In linea generale avere una FC inferiore a 70 b/min consente una migliore qualità dell'immagine e una riduzione dell'esposizione radiologica. È pure possibile effettuare esami con FC vicino a 80 b/min, ma noi preferiamo in linea generale somministrare un beta-bloccante (salvo controindicazioni) al fine di avere una FC controllata e stabile. Venti milligrammi di propranololo, ad esempio, somministrati per bocca 3 ore prima, riescono solitamente a raggiungere lo scopo.

2) L'esperienza dell'operatore è allo stato attuale un fattore critico della coro-CT.

Chi effettua coronarografie non può sic et simpliciter

effettuare e leggere una coro-CT e neppure lo può chi effettua solitamente TAC del torace o dei vasi arteriosi.

È indispensabile, a nostro avviso, elaborare un'esperienza specifica con operatori già esperti nel settore attraverso un apprendistato valutabile in 4-6 mesi.

Chi effettua coro convenzionali ha infatti una notevole capacità di valutare il lume coronarico nel contesto della cardiopatia ischemica, ma non possiede una visione tridimensionale dell'anatomia del mediastino e dell'albero coronarico.

Per chi effettua coro convenzionali tutta l'attenzione è concentrata sulle variazioni di lume e sulla ricerca di ciò che può modificare criticamente la dinamica del sangue.

La coro-CT, per le sue intrinseche capacità di tridimensionalità dell'acquisizione, fornisce informazioni non perfettamente sovrapponibili. La coro-CT "legge" meno il lume per una minore risoluzione spaziale, ma vede ciò che è intorno al lume (parete) per una ben maggiore risoluzione di contrasto.

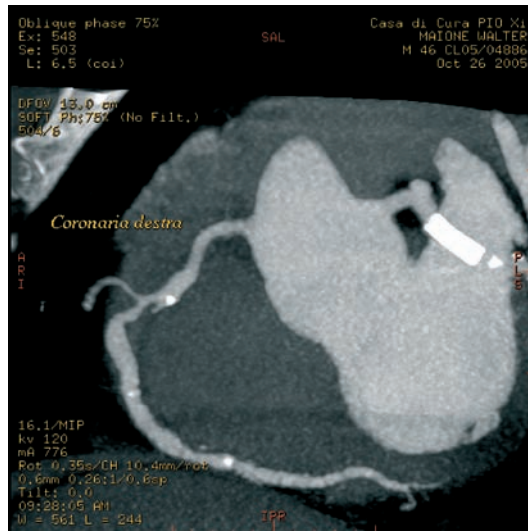
Da questo punto di vista la coro-CT non deve essere considerata "la figlia di un Dio minore", ma qualcosa di diverso perché diversa è la sua capacità di acquisizione.

Si discute molto se l'operatore debba essere un cardiologo oppure un radiologo.

Un vecchio detto dice che l'uomo vede quello che conosce

e uno specialista di organo vede certamente di più e meglio di chi, tra le tante cose, effettua anche la coro-CT.

Allo stato attuale e con una metodica ancora molto



**Fig. 2** - Coronaria destra ricostruita in post processing (64 strati). Alla fine del primo tratto si osserva una patologia fibrocalcifica con placca eccentrica che riduce il lume del 60% circa.



**Fig. 3** - Tratto distale della coronaria destra ricostruita con scanner 64 strati. Si osserva una stenosi del 70-80% con una crux cordis libera da stenosi di rilievo.

“working in progress”, la soluzione migliore è un team misto cardiologico-radiologico.

Entrando nel dettaglio delle possibilità diagnostiche della coro-CT possiamo distinguere 3 grandi categorie di pazienti.

1) Valutazione del circolo nativo in pazienti con cardiopatia ischemica nota o da accertare. In questo subset l'accuratezza diagnostica è molto alta (con sensibilità/specificità per stenosi significative vicine al 95%) se si dispone di uno scanner di ultima generazione, se non vi è una severa calcificazione delle coronarie e se è possibile effettuare l'esame con un buon controllo della frequenza cardiaca (Fig. 2, 3).

2) Valutazione di bypass arteriosi e venosi. Anche qui l'accuratezza diagnostica è molto alta sia con scanner 16<sup>3</sup> che 64 strati. Infatti la relativa fissità dei condotti rende meno critico il fattore artefatto da movimento (Fig. 4).

La coro-CT è quasi infallibile nella diagnosi di occlusioni anatomiche/funzionali dei condotti.

La sensibilità e specificità è molto alta (> 95%) nella diagnosi di stenosi significative delle anastomosi prossimali e del corpo del condotto. La metodica è meno precisa nella diagnosi di stenosi di anastomosi distali, soprattutto arteriose.

3) Valutazione di stents coronarici (Fig. 5).

In questo settore la tecnologia deve progredire ulteriormente per raggiungere una piena applicazione<sup>6</sup>. Infatti l'effetto blooming del metallo ed i limiti dell'effetto averaging limitano una piena applicabilità della coro-CT solo agli stents di diametro uguale o superiore a 3 mm.

Al di sotto di questo limite la coro-CT può essere uti-

lizzata solo per valutare la apertura/occlusione dello stent ma non per la diagnosi di stenosi flow limiting.

4) Pazienti acuti con sintomi dubbi<sup>4</sup>. Nella futuribile chest pain unit la coro-CT può essere utilizzata con grande profitto quando l'origine del dolore è dubbia. La coro-CT, soprattutto di ultima generazione, consente il “triple rull-out”, la valutazione cioè nella

stessa seduta del circolo coronarico, del comparto toracico (aorta compresa) e delle arterie polmonari. Non è riportata una grande letteratura a riguardo ma le prospettive sembrano incoraggianti.

### Limiti intrinseci

La coro-CT presenta due limiti invalicabili: il mezzo di contrasto e l'esposizione radiologica.

Il mezzo di contrasto utilizzato per la coro-CT è lo stesso della coro convenzionale e, al pari di quest'ultima, non se ne può fare a meno.

Con gli scanner a 64 strati è possibile effettuare un esame con soli 70-90 cc di mezzo di contrasto iodato con una riduzione di 40 cc circa rispetto alla precedente generazione di scanner a 16 strati. Il mezzo di contrasto viene iniettato attraverso una vena antecubitale a una velocità di 4-5 cc/sec.

In considerazione della nefrotossicità del mezzo di contrasto è indispensabile un controllo della funzione renale con una semplice valutazione della creatinina serica.

Una creatinina aumentata di poco, ma inferiore a 1,7 mg, non costituisce una controindicazione alla metodica, ma consiglia per prudenza un successivo controllo al terzo giorno dopo l'esecuzione della coro CT. L'esposizione radiologica è il secondo limite intrinseco della coro-CT.

Utilizzando accorgimenti quale la modulazione



**Fig. 4** - Ricostruzione in volume rendering 64 strati di condotti arteriosi (mammaria sinistra su discendente anteriore) e venosi (vena safena su coronaria destra e marginale ottuso).



**Fig. 5** - Stent medicato su discendente anteriore con kissing finale discendente anteriore-diagonale. La coro CT 64 strati mostra la assenza di restenosi di rilievo e la pervietà del diagonale.



delle radiazioni in rapporto alle fasi del ciclo cardiaco (Roentgen ECG gated modulation) e variando il voltaggio in rapporto al peso (100-120 Kv), è possibile contenere le radiazioni intorno a 10 mSv, un valore più alto di quello rilevato nella coronarografia convenzionale (5.6 mSv circa).

In linea generale le radiazioni non fanno mai bene, ma non è chiaro in termini strettamente epidemiologici quanto poi nell'adulto facciano realmente male (nel bambino è molto diverso).

Non esiste, a nostra conoscenza, uno studio specifico ad hoc ma solo proiezioni di tipo matematico sulla esperienza dei sopravvissuti delle bombe atomiche.

Certo avremmo bisogno di dati più certi e diretti. Facciamo solo notare che l'esposizione naturale dei cittadini di molte città italiane è di ben 4-6mSv all'anno (ma pochi lo sanno). Questi, moltiplicati per una vita media di 80 anni, fanno diverse centinaia (!) di mSv.

## Indicazioni

Non esistono indicazioni codificate essendo la metodica molto giovane ed essendo le prestazioni degli scanners in continua evoluzione. A mio modo di vedere comunque si possono dare le seguenti raccomandazioni di uso:

- 1) pazienti con angina pectoris e tests non invasivi dubbi;
- 2) pazienti rivascolarizzati chirurgicamente ed in presenza di una sintomatologia dubbia e/o con tests non invasivi dubbi;
- 3) pazienti rivascolarizzati con stents in presenza di

una sintomatologia dubbia (con le limitazioni prima esposte);

- 4) in prevenzione primaria in presenza di un rischio elevato;
- 5) in pazienti acuti quando l'origine del dolore precordiale/toracico non è chiara;
- 6) in soggetti che praticano sports agonistici nella categoria master élite se si è in presenza di un rischio fortemente aumentato (Fig. 6).

## Conclusioni

Nata sotto il segno del sospetto e dello scetticismo, la coro CT si sta oggi imponendo nell'ambito dell'imaging coronarico non invasivo.

Tuttavia, nonostante l'imponente progresso tecnologico ed i grandi mezzi finanziari profusi dall'industria, essa non può essere ancora considerata assimilata a tutto tondo alla coronarografia tradizionale. Vi sono ancora dei punti di debolezza che rendono la metodica operatore-dipendente e non perfettamente sicura in alcuni subset di pazienti.

In linea generale un esame eseguito impeccabilmente e letto da un operatore esperto fornisce una accuratezza predittiva la più alta nell'ambito delle metodiche non invasive, con indicazioni di sede e gravità delle lesioni.

Se tuttavia l'esame è condotto in maniera approssimativa e l'operatore è improvvisato, la coro CT può divenire una macchina di inutili esami coronarografici invasivi, o peggio può fornire falsi positivi pericolosi per la salute del paziente.



**Fig. 6** - Patologia calcifica non critica del tratto distale del tronco comune in paziente asintomatico ma con rischio cardiovascolare aumentato (scanner 64 strati, applicazione in prevenzione primaria).

## Bibliografia

1. Martuscelli E, Razzini C, D'Eliseo A, Marchei M, Pisani E, Romeo F. Limitations of four slices multirow detector computed tomography in the detection of coronary stenosis. *Ital Heart J* 2004;5(2):127-131.
2. Martuscelli E, Romagnoli A, D'Eliseo A, et al. Accuracy of thin slice computed tomography in the detection of coronary stenoses. *Eur Heart J* 2004;25:1043-1048.
3. Martuscelli E, Romagnoli A, D'Eliseo A, et al. Evaluation of venous and arterial conduits patency by 16 slices spiral computed tomography:

*Circulation* 2004;110:3234-3238.

4. Martuscelli E, Romagnoli A, et al. Thrombolysis in STEMI: potential role of thin slice CT in the assessment of reperfusion and plaque characterization. *Clinical Cardiology* 2006;332.
5. Leschka S, Alkadi H, Plass A, et al. Accuracy of MSCT coronary angiography with 64 slice technology: first experience. *Eur Heart J* 2005;26:1482-87
6. Martuscelli E, Razzini C, D'Eliseo A, Di Luozzo M, Chiricolo G, Romeo F. In stent restenosis and multislice computed tomography: is the method ready to start? *Journal of Cardiovascular Medicine* 2006, in press.