

## COMPUTED TOMOGRAPHY AND CORONARY ARTERY ANOMALIES: TOWARDS THE FUTURE.

### LA TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA E LE ANOMALIE CORONARICHE: VERSO IL FUTURO.

Edvige Di Giovanna, Ivana Basile  
Dipartimento di Biotecnologie Mediche e Medicina Legale, Sezione di Scienze  
Radiologiche, Università di Palermo, Italy.  
Correspondence: edvigidigiovanna@libero.it

**CAPSULA EBURNEA, 2(16):1-6, 2007.**

Received: 2nd April 2007, Revised: 23rd April 2007, Accepted: 2nd May 2007\*

**Abstract.** Coronary artery anomalies are rarely represented in the general population. In most cases their discovery is accidental, during a conventional coronary angiography. They often cause sudden cardiac death in athletes, in children, but also in adults. They can be asymptomatic until adult age and then show up as a cause of angina or acute myocardial infarction. Recently, conventional coronary angiography has been supported by other non-invasive cardiology diagnostic imaging methods, such as the Electron Beam Tomography (EBT), the Magnetic Resonance and Multislice Computed Tomography (MSCT). The MSCT has quickly gained credibility, due to the quality of the results obtained and to their reproducibility in multiplanar morphologic evaluation of coronary arteries. MSCT is an appropriate and justified technique, when a coronary artery anomaly is suspected.

#### KEYWORDS

Coronary arteries anomalies, Coronary arteries, MSCT.

*\*Corrected proofs received on 9th October 2007.*

#### Introduzione

In accordo con i dati riportati in letteratura, le anomalie coronariche vengono riscontrate in circa l'1,3% dei pazienti che si sottopongono ad angiografie coronariche selettive, mentre i reperti autoptici forniscono una incidenza inferiore, stimata intorno allo 0.3% (1).

Considerando, tuttavia, che negli Stati Uniti le autopsie non sono eseguite routinariamente, ma solo per motivi medico-legali, e che dal 1960 il numero delle autopsie per i morti in ospedale è diminuito dal 50% al 10%, si può affermare che l'incidenza delle anomalie coronariche fornita dagli

**Abstract.** Le anomalie coronariche sono rare nella popolazione generale. Il loro riscontro, nella maggior parte dei casi è occasionale, durante l'esecuzione di una coronarografia. Sono frequentemente causa di morte cardiaca improvvisa negli atleti, in ambito pediatrico, ma anche negli adulti. Possono infatti decorrere asintomatiche fino all'età adulta e presentarsi successivamente come causa di angina ed infarto miocardico acuto. Recentemente l'angiografia coronarica selettiva è stata affiancata da diverse metodiche non invasive, quali la tomografia ad emissione di elettroni, la risonanza magnetica e la tomografia computerizzata multistrato (TCMS). La TCMS ha guadagnato rapidamente credibilità, per la qualità dei risultati ottenuti e per la loro riproducibilità nella valutazione morfologica multiplanare delle arterie coronarie. La TCMS risulta un'indagine appropriata e giustificata nel sospetto di un'anomalia coronarica.

#### PAROLE CHIAVE

Anomalie coronariche, arterie coronarie, TCMS.

studi autoptici risulterebbe poco affidabile (2-3).

Sebbene rare, le anomalie coronariche possono presentarsi in associazione ad altre malattie congenite del cuore (tetralogia di Fallot) (4), trasposizione completa dei grossi vasi (5), atresia della polmonare con setto interventricolare intatto (6), sindrome della Rubeola, sindrome di Hurler, sindrome di Friedrich (7-8). Le anomalie che risultano emodinamicamente significative possono indurre una sintomatologia riconducibile ad angina pectoris, sincope, aritmia, infarto miocardico, morte cardiaca improvvisa, e favorire l'insorgenza e la progressione della

malattia aterosclerotica coronarica (9-10-11).

Diversi studi, fra cui quello condotto negli Stati Uniti alla Cleveland Clinic su 12-6.595 pazienti sottoposti a coronarografia ed uno studio condotto in Ungheria da Kardos et al., hanno valutato l'incidenza delle anomalie coronariche nella popolazione generale. Entrambi riportano un'incidenza di tali anomalie pressoché sovrapponibile tra le popolazioni dell'America del Nord e dell'Europa dell'Est. Tuttavia, mentre nel primo caso l'incidenza delle anomalie di origine e decorso delle arterie coronarie è dell'87% e delle fistole coronariche è del 13%, nel secondo caso, invece, vengono riportati valori differenti, rispettivamente del 95% e del 5% (3-12). Tale variabilità sarebbe da imputare a fattori genetici.

Allo stesso modo è stata notata una differente frequenza delle anomalie coronariche in studi condotti nella popolazione giapponese ed in quella cinese, rispetto alla popolazione americana.

Dalla letteratura si può, quindi, dedurre

che l'estrema variabilità dell'incidenza delle anomalie coronariche nella popolazione generale dipenda da fattori genetici e geografici.

Sono state proposte numerose classificazioni delle anomalie coronariche. Queste sono primariamente distinte in "maggiori" e "minori" in base alla loro rilevanza clinica; tuttavia questa suddivisione risulta incompleta. Una classificazione più completa distingue invece le anomalie coronariche in quattro classi (fig. 1) sulla base dell'inquadramento anatomico, fisiopatologico e delle conseguenze cliniche (13).

Scopo del nostro lavoro è quello di analizzare il ruolo che la TCMS ha nei confronti delle altre tecniche, e, soprattutto, nei confronti dell'angiografia coronaria selettiva, nello studio delle anomalie coronariche.

**Materiali e metodi**

Popolazione

192 pazienti (173 maschi) di età inferiore ai 70 anni e con sospetta malattia coronarica ostruttiva sono stati arruolati nello studio durante un periodo di quattro mesi

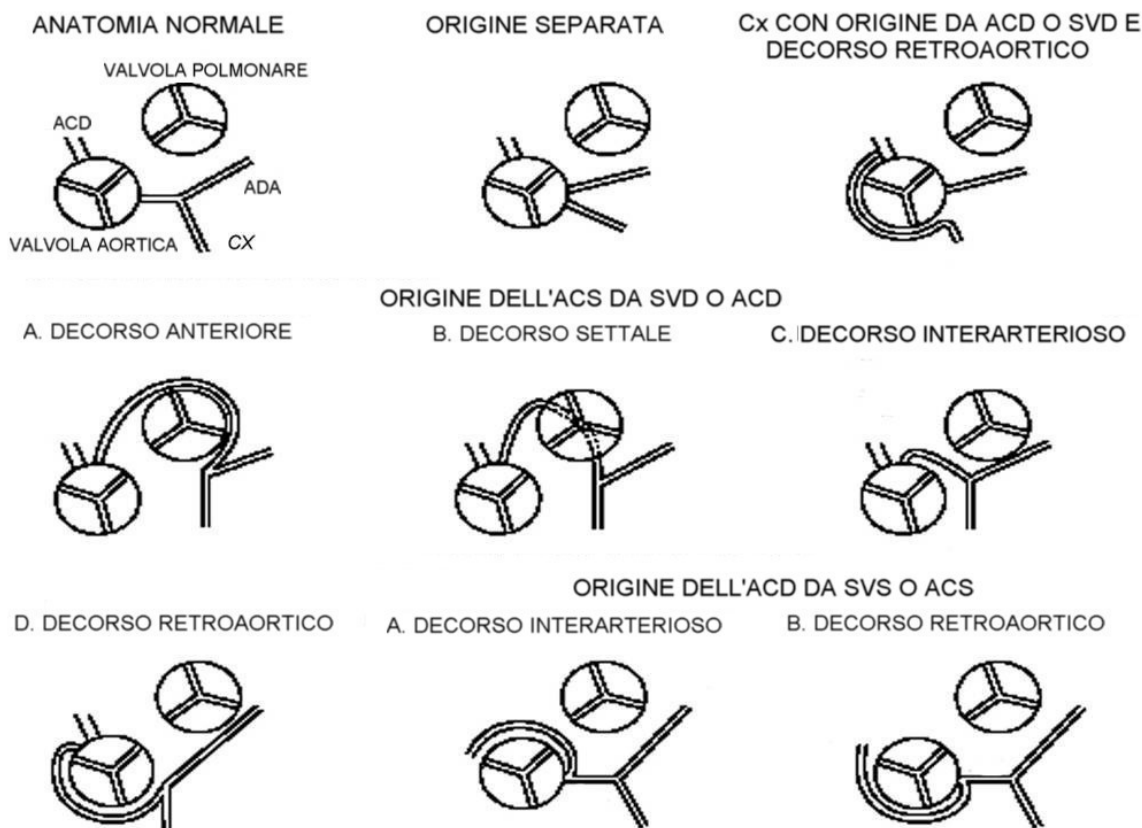


Figura 1: Rappresentazione delle anomalie coronariche di origine e decorso. ACD, arteria coronaria destra; ADA, arteria discendente anteriore; Cx, arteria coronaria circonflessa; SVD, seno di Valsalva destro; SVS, seno di Valsalva sinistro.

compreso fra giugno 2006 e settembre 2006. I pazienti con fibrillazione atriale, allergia nota al mezzo di contrasto iodato ed insufficienza renale (creatinina sierica > 120 mmol/L) non sono stati sottoposti all'esame. Non sono stati esclusi, invece, i pazienti con singoli battiti prematuri sopra e sotto-ventricolari. Ai pazienti con frequenza cardiaca superiore ai 65 bpm sono stati somministrati per os, 45-60 minuti prima della scansione, 100 mg di metoprololo-tartrato. I pazienti con frequenza cardiaca superiore ai 65 bpm durante la scansione sono stati esclusi dallo studio. Il mezzo di contrasto iodato è stato somministrato per via endovenosa antecubitale mediante un'agocannula da 18-20 G ad una velocità di 4-5 ml/s.

#### Tecnica angiografica

La scansione angiografica è stata effettuata con uno scanner TC spirale a 40 linee di detettori (Brilliance 40, Philips Medical Systems, Cleveland, Ohio). E' stato somministrato, per via endovenosa antecubitale un bolo di 100 ml di mezzo di contrasto iodato non ionico (Iomeprol 400 mgI/ml, Iomeron, Bracco, Italia) ad una velocità di 4-5 ml/s.

I parametri di scansione e ricostruzione per la generazione TCMS a 40 strati sono (13):

*Numero di detettori/collimazione:* 40/0,625 mm; *Tempo di rotazione del tubo radiogeno:* 420 ms; *Risoluzione temporale:* 210 ms; *Avanzamento/rotazione:* 5 mm (pitch 0, 2); *kVp:* 120; *mAs:* 800-900; *Campo di vista:*



150 mm; *Spessore effettivo dello strato:* 0,8 mm; *Incremento di ricostruzione:* 0,4 mm; *Filtro di convoluzione dei tessuti molli:* CB.

Le immagini sono state ricostruite con modalità retrospettiva basata sul segnale ECG. Le finestre temporali di ricostruzione utilizzate sono state: 65%, 70%, 75% dell'intervallo R-R (13). La migliore delle tre ricostruzioni è stata poi selezionata per la valutazione delle immagini.

Esse sono state, poi, inviate ad una stazione di lavoro dedicata. Tutte le ricostruzioni disponibili (MPR, cMPR, MIP e VR) sono state impiegate per valutare le immagini ottenute.

#### **Risultati**

Dopo aver escluso i pazienti con frequenza cardiaca, durante la scansione, superiore ai 65 bpm, la popolazione dello studio è diventata di 150 pazienti (135 maschi). Di questi, 68 (45%) erano già in trattamento con  $\beta$ -bloccanti; in 95 (63%), invece, sono stati somministrati per os, 45-60 minuti prima dell'esame, 100 mg di metoprololo-tartrato. La frequenza cardiaca media durante la scansione è stata pari a 55,6 bpm. La prevalenza delle anomalie coronariche è stimabile al 7,5% (11/150). Le anomalie, a volte associate nello stesso paziente, sono risultate così ripartite:

- ponti miocardici o decorsi intramiocardici in 8 pazienti (alcuni pazienti presentano multipli ponti);
- assenza del tronco comune (ostio unico o separato) in 3 pazienti;
- anomalie di origine delle coronarie con decorso anomalo in 2 pazienti (fig. 2,3);
- aneurismi coronarici in 1 paziente;
- fistole coronariche in 1 paziente.

La maggioranza delle anomalie riscontrate hanno scarsa o nessuna rilevanza clinica (ponti o decorsi intramiocardici, origine separata dell'arteria discendente anteriore e dell'arteria circonflessa).

Un'esigua minoranza (1.3%, 2/150) rientra nella categoria delle anomalie maligne (anomalie di origine della coronaria sinistra con origine dal seno aortico di destra in 1 paziente, fistole coronariche in 1 paziente) ed uno solo di questi pazienti era sintomatico (anomalia caratterizzata da co-

*Figura 2:* arteria coronaria destra originante dal seno di Valsalva sinistro. In 1, ingrandimento dell'anomalia; in 2 e 3 ricostruzione multiplanare.

ronaria sinistra che originava dal seno aortico di destra e con decorso intra-settale).

### Discussione

Non tutte le anomalie coronariche presentano una sintomatologia clinicamente rilevante, anzi, la maggior parte di queste, passa inosservata.

Solo una piccola percentuale, come si evince dal nostro studio, presenta carattere tipicamente maligno. Tra queste ricordiamo la fistola coronaria, un'anomalia chiaramente correlata allo sviluppo di ischemia miocardica o di scompenso cardiaco congestizio, e l'origine ectopica della coronaria sinistra dall'arteria polmonare, che sembra influenzare la sopravvivenza dei bambini portatori e che nell'adulto, sembra associarsi ad ischemia miocardica, ad un aumentato rischio di malattia coronarica, ad un sovraccarico di volume e ad una cardiomiopatia ischemica.

Inoltre, le anomalie coronariche di origine, decorso e distribuzione sono state recentemente ritenute la principale causa del 5-35% percento di morti improvvise nei giovani, mentre una brusca ed acuta angolazione e la presenza di setti simili a delle valvole a livello dell'ostio, sono stati proposti come causa di morte improvvisa, in assenza di malattia coronarica.

Ancora, le arterie coronarie uniche rappresentano una rara condizione in cui la circolazione coronarica è completamente supportata da un'anomala arteria coronaria destra, che origina da una normale coronaria sinistra, passando fra l'arteria polmonare e l'aorta. In un soggetto portatore di tale anomalia, il rischio di morte improvvisa è elevato.

Il significato clinico di un'origine ectopica

della coronaria sinistra dal seno di Valsalva destro, invece, dipende dal sito di origine e dal suo rapporto anatomico con l'arteria polmonare: il sottotipo "settale" è quello più comune, mentre quello "interposto" è raro, ma spesso pericoloso.

Nel caso in cui l'arteria coronaria destra prenda origine dal seno di Valsalva sinistro, il vaso passa tra l'aorta e l'arteria polmonare. La possibilità di una possibile occlusione del vaso durante l'espansione sistolica dell'aorta rende quest'anomalia potenzialmente pericolosa. I pazienti portatori hanno un alto rischio di aritmie ventricolari maligne e devono essere prontamente operati onde evitare complicazioni.

Infine, l'origine anomala dell'arteria coronaria di destra dall'arteria polmonare è estremamente rara: il suo decorso clinico è normalmente benigno, ma può essere correlata a morte improvvisa, soprattutto in seguito a sforzo fisico (14).

Tuttavia, le anomalie coronariche sintomatiche, entrano di diritto in diagnosi differenziale in tutti quei casi di patologia coronarica, dolore toracico e episodi sincopali (15).

Lo studio delle arterie coronarie ha subito una notevole evoluzione in questi ultimi anni. L'angiografia coronarica selettiva è la prima tecnica e quella ancora più utilizzata. E' un esame invasivo che si attua previo cateterismo selettivo dei rami coronarici ed iniezione di mezzo di contrasto iodato. Essendo una tecnica di imaging bidimensionale, può non rendere prontamente delineabile il decorso prossimale del vaso coronarico rispetto ai grandi vasi. Inoltre, a causa della sua invasività e dei suoi alti costi, e quindi per nulla scevra da rischi, è sconsigliata in pazienti giovani che presentano sintomi ischemici (16).

L'ecocardiografia permette un ottimo studio del tratto prossimale delle arterie coronarie, a differenza della coronarografia, ma è in grado di visualizzare adeguatamente solo questa porzione dell'albero coronarico, limitando quindi lo studio di tali vasi solamente ad una loro porzione. L'ecocardiografia transtoracica è una tec-

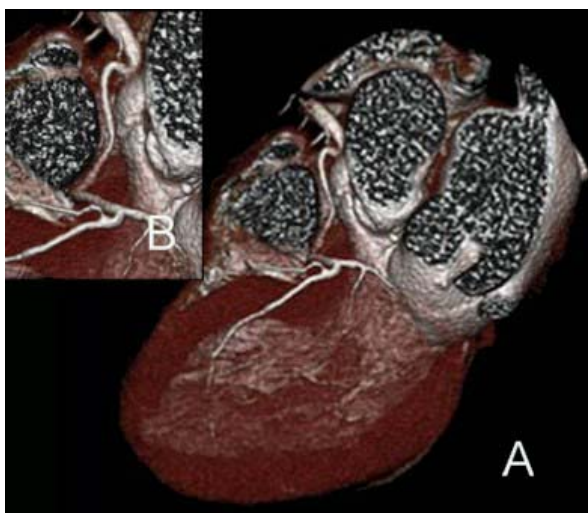


Figura 3: arteria coronaria sinistra con origine anomala da arteria coronaria destra e con decorso settale. Ricostruzione Volume Rendering (A) e (B) ingrandimento dell'immagine che permette di visualizzare meglio l'origine dell'arteria coronaria sinistra.

nica di basso costo e facilmente attuabile, ma non è usata di routine per lo studio delle arterie coronarie, soprattutto perché presenta un valore diagnostico limitato nei soggetti adulti. Infatti, mentre nei neonati e nei bambini la finestra acustica trans-toracica è facilmente accessibile, negli adolescenti e negli adulti questa lo risulta meno, per l'interposizione delle ossa della gabbia toracica, del tessuto adiposo sottocutaneo e del parenchima polmonare (16). L'ecocardiografia trans-esofagea, tecnica semi-invasiva, caratterizzata dall'inserimento della sonda per via esofagea e da vario grado di sedazione a seconda della tolleranza del paziente, è altamente operatore-dipendente ed è impraticabile nel contesto di uno screening di popolazione.

L'angio-RM coronarica permette lo studio attento della porzione prossimale dei vasi coronarici e può essere applicata a quei pazienti che presentano una storia di allergia al mezzo di contrasto iodato. Pur tuttavia, ha una ridotta capacità di delineare il decorso delle porzioni più distali delle arterie coronarie ed è poco accurata nell'identificare la presenza di vasi collaterali. Altre limitazioni sono rappresentate, oltre che da pazienti portatori di pacemaker, clips metalliche intracraniche o altri impianti metallici e da pazienti claustrofobici, anche da pazienti con aritmie cardiache (16-17) e dalla scarsa compliance del paziente, soprattutto per quanto riguarda le acquisizioni in apnea. E', comunque, una metodica di notevole interesse, poiché non utilizza radiazioni ionizzanti e non comporta la somministrazione di mezzo di contrasto iodato. Per evitare gli artefatti causati dal movimento cardiaco, si attua la sincronizzazione fra acquisizione dei dati e segnale ECG, prendendo l'onda R come riferimento. Mentre in passato venivano utilizzate sequenze spin-echo, le più nuove sequenze gradient-echo, come la True FISP, hanno apportato un netto miglioramento sia per quanto riguarda la qualità dell'immagine sia per quanto riguarda il tempo di acquisizione, che si è notevolmente ridotto. Altre metodiche di studio delle coronarie includono le sequenze gradient-echo 2D e 3D, con o senza iniezione di Gadolinio, che utilizzano sia tecniche di acquisizione in apnea che quelle in sincronizzazione col respiro (queste ultime con un tempo di acquisizione più lungo, di 5-15 minuti per sequenza).

Tuttavia, tra le nuove metodiche, la TC si sta rivelando sicuramente più adatta a svolgere un ruolo da comprimaria nei confronti della coronarografia tradizionale. Tale tecnica è stata applicata allo studio delle arterie coronarie per la prima volta nel 1995, utilizzando la Electron Beam Computed Tomography (EBCT). Con questa procedura l'operatore può decidere il momento esatto in cui acquisire le immagini, tramite la sincronizzazione prospettica della scansione in apnea con l'ECG. Nonostante l'elevata risoluzione temporale (50-100 ms), limitazioni a tale tecnica sono rappresentate dalla possibile presenza di artefatti da movimento, dall'elevato costo e dalla sua limitata diffusione sul territorio nazionale (18-19).

Nel 1999 l'introduzione nel campo della diagnostica della TC multistrato (TCMS) ha portato ad un considerevole miglioramento nello studio del cuore e dei suoi vasi, riducendo considerevolmente gli artefatti. La nuova generazione di apparecchi, presentando un maggiore numero di detettori, è in grado di produrre fino a 64 scansioni simultanee e coprire fino a 4 cm per rotazione, riducendo maggiormente il tempo di acquisizione. In questo modo, il tempo di apnea si è ridotto considerevolmente, passando da 40-50 sec con un tomografo a 4 detettori a 10-12 sec con un tomografo a 64 detettori (20). La frequenza cardiaca sopra i 70 bpm, così come la presenza di aritmie cardiache, ne limita il risultato. Per ovviare a questo inconveniente, è necessario mantenerla al di sotto di tale valore, tramite la somministrazione di farmaci, quali  $\beta$ -bloccanti e calcio-antagonisti (18). Inoltre, l'elevata dose di radiazioni (>10 mSv, riducibile fino al 50% utilizzando algoritmi di modulazione prospettica dei mA) pone non pochi problemi sul suo utilizzo in pazienti di età pediatrica, o comunque di età inferiore a quella dei soggetti che normalmente presentano un sospetto di malattia ostruttiva coronarica.

Numerosi studi hanno evidenziato come sia la EBT che la TCMS, per la loro alta risoluzione delle ottime ricostruzioni in 3-D risultino tecniche d'avanguardia nel campo delle anomalie coronariche, anche in confronto alla RM, nonostante l'elevata dose di radiazioni e l'utilizzo del mezzo di contrasto, proprio in virtù della sua risoluzione, che permette di studiare anche piccoli dettagli (15).

## Conclusioni

Le anomalie coronariche sono un reperto relativamente frequente. La conoscenza delle caratteristiche e delle conseguenze dei differenti tipi di anomalie permette al medico radiologo di giudicare in modo adeguato tali reperti, che a volte possono assumere rilevanza clinica. L'indicazione all'esecuzione di un'angiografia coronarica invasiva mediante TCMS per sospetta anomalia coronarica o per escluderne la presenza deve essere ben ponderata in cooperazione con il cardiologo, al fine di evitare a pazienti giovani un'eccessiva esposizione a radiazioni ionizzanti.

## BIBLIOGRAFIA

1. Angelini P., Velasco J.A., Flamm S. Coronary Anomalies. Incidence, Pathophysiology and clinical relevance. *Circulation* 2002; 105: 2449-2454.
2. Alexander R.W., Griffith G.C. Anomalies of the coronary arteries and their clinical significance. *Circulation* 1956; 14: 800-805.
3. Yamanaka O., Hobbs R.E. Coronary artery anomalies in 126,595 patients undergoing coronary arteriography. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1990; 21: 28-40.
4. Dabizzi R.P., Teodori G., Barletta G.A., et al. Associated coronary and cardiac anomalies in the tetralogy of Fallot. An angiographic study. *Eur Heart J* 1990; 11: 692-704.
5. Dabizzi R.P., Barletta G.A., Caprioli G., et al. Coronary artery anatomy in corrected transposition of the great arteries. *J Am Coll Cardiol* 1988; 12: 486-491.
6. Mainwaring R.D., Lamberti J.J. Pulmonary atresia with intact ventricular septum. Surgical approach based on ventricular size and coronary anatomy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1993; 106: 733-738.
7. Serraf A., Baron O., et al. Atresia or congenital stenosis of the left coronary ostium. Myocardial revascularization in 5 children. *Arch Mal Coeur Vaiss* 1993; 86: 587-591.
8. Roberts W.C. Major anomalies of coronary arterial origin seen in adulthood. *Am Heart J* 1986; 111: 941-963.
9. Villalonga J.R. Anatomical variations of the coronary arteries: I. The most frequent variations. *Eur. J. Anat.* 2003; 7 (Suppl. 1): 29-41.
10. Basso C., Thiene G. Congenital coronary artery anomalies at risk of myocardial ischaemia and sudden death. *Business Breafing: Eur. Cardiol.* 2005; 1-5. Reperibile su: [http://www.touchcardiology.com/publications.cfm?publication\\_id=54&level=2](http://www.touchcardiology.com/publications.cfm?publication_id=54&level=2).
11. Cademartiri F., Runza G., Luccichenti G., et al. Coronary artery anomalies: incidence, pathophysiology, clinical relevance and role of diagnostic imaging. *Rad Med* 2006; 111: 376-391.
12. Kardos A., Babai L., Rudas L., et al. Epidemiology of congenital coronary artery anomalies: a coronary arteriography study on a central European population. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1997; 42: 270-275.
13. Cademartiri F., Mollett N.R., Runza G., et al. Diagnostic accuracy of 16-row multislice CT angiography in the evaluation of coronary segments. *Radiol Med* 2005; 109: 91-97.
14. Rigatelli G.L., Rigatelli G. Coronary artery anomalies: what we know and what we have to learn. A proposal for a new clinical classification. *Ital Heart J* 2003; 4: 305-310.
15. Budoff M.J., Achenbach S., Blumenthal R.S., et al. Assessment of Coronary Artery Disease by Cardiac Computed Tomography: A Scientific Statement From the American Heart Association Committee on Cardiovascular Imaging and Intervention, Council on Cardiovascular Radiology, Cardiology and Intervention, and Committee on Cardiac Imaging, Council on Clinical Circulation 2006; 114:1761-1791.
16. Welker M., Salnitri J., Deshpande V.S., Shea S.M., Li D., Pereies F.S. Coronary artery anomalies diagnosed by magnetic resonance angiography. *Australian Radiology* 2006; 50: 114-121.
17. Dianas P.G., Hauser T.H., Katsimaglis G., Botnar R.E., Manning W.J. Coronary Magnetic Resonance Angiography. *Herz* 2003; 28: 90-98.
18. Gerber T.C., Breen J.F., Kuzo R.S., Kantor B., Williamson E.E., et al. Computed Tomography Angiography of the coronary arteries: techniques and applications. *Elsevier* 2006; 27: 42-55.
19. Achenbach S., Hoffmann U., Ferencik M., Wicky S., Brady T.J. Tomographic Coronary Angiography by EBTC and MDCT. *Progress in Cardiovascular Diseases* 2003; 46: 185-195.
20. Gaspar T., Halon D., Rubinshtein R., Peled N. Clinical applications and future trends in cardiac CTA. *Eur Radiol* 2005; 15 (Suppl. 4): D11-D14.