

Artigo de Revisão de Literatura

## Valor prognóstico da angiografia por tomografia computadorizada na avaliação da doença coronária

### Computed tomography angiography in coronary disease diagnosis

Daniel Serra<sup>1,2</sup>, João Martins<sup>1,3\*</sup>, Susana Barata<sup>1,4</sup>, João Magalhães<sup>1</sup>, Margarida Ourô<sup>1</sup>, Luís Janeiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escola Superior de Saúde da Cruz Vermelha Portuguesa;

<sup>2</sup> Clínica Médica e de Diagnóstico Quadrantes;

<sup>3</sup> Centro Hospitalar de Lisboa Central - Hospital de São José;

<sup>4</sup> Centro de Diagnóstico Avançado S.A. - Life Beat.

O presente artigo debruça-se sobre o estado da arte da imagiologia por Tomografia Computorizada (TC) das artérias coronárias. A angiografia por TC (Angio-TC) está a mudar os procedimentos usados na avaliação do doente para detectar doença coronária, assim como a abordagem que se realiza na avaliação dos factores de risco e na triagem dos doentes.

A rápida adopção da Angio-TC das artérias coronárias na prática clínica tem sido possível devido aos recentes desenvolvimentos tecnológicos nos equipamentos de TC, os quais têm melhorado significativamente a resolução temporal e espacial desta técnica, diminuindo simultaneamente as doses de radiação. A literatura reflete ainda sobre a aceitação consensual da Angio-TC no diagnóstico da doença coronária, não sendo modalidade imagiológica de rastreio, e apresenta as vantagens designadamente face às limitações da angiografia convencional invasiva.

Nesta fase, é crucial que todos os que estejam potencialmente envolvidos nesta nova técnica de imagem – aqueles que executam e os que interpretam o exame, assim como aqueles que prescrevem – estejam bem informados acerca desta tecnologia e das respostas que ela pode fornecer.

*The present study presents the state of the art regarding coronary artery Computed Tomography (CT). CT Angiography (CTA) is changing the patient assessment procedures used to detect coronary artery disease, as well as the approach used in risk factor assessment and triage of patients.*

*The acceptance of coronary CTA in clinical practice has been possible by significant recent advances in CT technology, which have improved the spatial and temporal resolution of this technique, while simultaneously decreasing radiation*

*exposure. This review presents the several advantages of Angio-CT, namely in comparison with the conventional invasive angiography limitations. Angio-CT seems to be widely accepted in the coronary disease diagnosis.*

*At this stage, it is crucial that all potentially involved in this new imaging technology – those who perform and interpret the exam, and also those who prescribe a coronary CT angiogram – are well informed about this technology and the answers it can provide.*

**PALAVRAS-CHAVE:** Tomografia computadorizada; doença coronária; aterosclerose.

**KEY WORDS:** Computed tomography; coronary artery disease; atherosclerosis.

\* **Correspondência:** João Martins. **Email:** jmiguelrmartins@gmail.com

## INTRODUÇÃO

A doença coronária assume-se como a principal causa de morbidade e mortalidade do mundo Ocidental. Desde a introdução da Tomografia Computorizada (TC) há 30 anos, o estudo do coração por este método de imagem tem sido a força motriz para a inovação da TC cardíaca. A optimização da TC Multidetector (TCMD) para examinar as artérias coronárias tem sido um constante desafio, devido ao movimento não linear das artérias, ao seu reduzido tamanho e à sua localização. Contudo, muitas das dificuldades técnicas têm sido ultrapassadas, tendo a TCMD emergido como uma alternativa viável na avaliação da doença coronária. Deste modo, com base na avaliação da acuidade diagnóstica da TCMD, esta ferramenta de diagnóstico pode assumir uma particular relevância no estudo da patologia que envolve as artérias coronárias de forma não invasiva. Assim sendo, foi realizada uma revisão de literatura acerca do valor prognóstico da Angio-TC na avaliação da doença coronária.

Como objectivo desta revisão de literatura, pretende-se investigar o estado da arte da imagiologia das artérias coronárias por Tomografia Computorizada.

Para tal, é pertinente abordar-se o conjunto de ferramentas de diagnóstico ao dispor da imagiologia cardíaca, em especial da angiografia invasiva, e o papel que desempenham no estudo da patologia. Seguidamente, caracteriza-se a técnica da angiografia por Tomografia Computorizada segundo a literatura consultada, quer ao nível dos protocolos de exame, das suas principais indicações e das suas principais limitações, quer técnicas quer ao nível das doses de radiação que lhe estão associadas. Por último, presta-se principal destaque ao valor prognóstico da técnica na avaliação da doença coronária, com base nas principais linhas de orientação actuais contempladas nos mais diversos estudos analisados.

## IMAGIOLOGIA DAS ARTÉRIAS CORONÁRIAS

A imagiologia cardíaca foi desde sempre uma área difícil e desafiadora devido ao movimento contínuo do coração (Schoepf, Zwerner, Savino, Herzog, Kerl & Costello, 2007 in Zidan, Nicoll, Schmermund & Henein, 2009; Rixe et al, 2009). A Ecocardiografia e a Ressonância Magnética contribuíram significativamente na avaliação não invasiva da

anatomia e fisiologia cardíaca (Henein, O'Sullivan, Davies, Sigwart & Gibson, 1997, Pennell, 2001 in Zidan et al, 2009), enquanto que a Tomografia por Emissão de Positrões é igualmente útil no estudo da perfusão do miocárdio como método indirecto de avaliação do fluxo sanguíneo coronário no miocárdio (Di Carli & Hachamovitch, 2007 in Zidan et al, 2009; Underwood et al, 2004, Hoiland-Carlsen et al, 2006 in Mir-Akbari et al, 2009).

Actualmente, a Angio-TC cardíaca é uma modalidade não invasiva que permite detectar com eficácia a doença coronária (Aldrovandi et al, 2009; Blankstein, Okada, Rocha-Filho, Rybicki, Brady, & Cury, 2009; Carrigan et al, 2009; Kim, Yong, Kang & Woo, 2009; Knowles, Patel & Kazerooni, 2009; Lin et al, 2009; Mir-Akbari et al, 2009; Jeltsch et al, 2009; Ripsweden et al, 2009; Rivera et al, 2009; Schuijff et al, 2009; Weigold, Olszewski & Walker, 2009; Yoshida et al, 2009; Zidan et al, 2009). Contudo, o seu valor prognóstico ainda não foi inteiramente investigado (Aldrovandi et al, 2009).

## Angiografia convencional invasiva no estudo da doença coronária

A visualização directa da anatomia e da doença das artérias coronárias estava inicialmente restringida às técnicas invasivas, as quais são conhecidas pelas suas limitações e potenciais complicações (Achenbach, 2006, Lim, Wong, Yaneza, De Larrazabal, Lau & Boey, 2006 in Zidan et al, 2009; Lim et al, 2009; Mir-Akbari et al, 2009). Como limitações, esta técnica apresenta um carácter invasivo, com custos associados e requer necessidade de cuidados hospitalares após a intervenção (Marano et al, 2009). Constata-se igualmente que uma proporção considerável dos doentes submetidos a esta técnica não possui doença arterial coronária significativa (Haberl et al, 2001, Thom et al, 2006 in Marano et al, 2009). De facto, se apenas os doentes que realmente necessitam de intervenção coronária percutânea fossem submetidos a angiografia invasiva, duas em cada três angiografias invasivas poderiam ser evitadas (Togni, Balmer, Pfiffner, Maier, Zeiher & Meier, 2004 in Mir-Akbari et al, 2009).

Mesmo assim, a angiografia coronária convencional continua a ser a técnica *gold-standard* para o estudo das artérias coronárias (Hoffmann et al, 2005 in Jeltsch et al, 2009; Kunimoto et al, 2009; Lim et al, 2009; Maintz et al, 2009; Marano et al, 2009; Ripsweden et al, 2009). As limitações da angiografia coronária invasiva podem justificar o aumento do uso clínico de métodos alternativos de imagem não invasivos para a avaliação e exclusão de doença coronária significativa (Marano et al, 2009; Mir-Akbari et al, 2009).

## Angio-TC no estudo da doença coronária

### Protocolo de exame

De todos os critérios de exclusão para a realização do exame, de entre os mais referenciados destacam-se a gravidez (Hammer-Hansen et al, 2009; Marano et al, 2009; Tsiflikas et al, no prelo) ou amamentação (Marano et al, 2009), contra-indicação à administração de produto de contraste iodado (Aldrovandi et al, 2009; Hammer-Hansen et al, 2009; Knowles et al, 2009; Marano et al, 2009; Mir-Akbari et al, 2009; Ripsweden et al, 2009; Rivera et al, 2009; Rixe et al, 2009; Tsiflikas et al, no prelo; Yoshida et al, 2009; Yun et al 2009), fibrilhação auricular (Carrigan et al, 2009; Hammer-Hansen et al, 2009; Mir-Akbari et al, 2009; Ripsweden et al, 2009; Rixe et al, 2009) e disfunções renais (Aldrovandi et al, 2009; Hammer-Hansen et al, 2009; Knowles et al, 2009; Marano et al, 2009; Mir-Akbari et al, 2009; Ripsweden et al, 2009; Rivera et al, 2009; Tsiflikas et al, no prelo; Yoshida et al, 2009; Yun et al, 2009).

A preparação do doente consiste na administração de fármacos bloqueadores dos receptores beta de modo a diminuir a frequência cardíaca, seja por via oral (Gemici et al, 2009; Halon et al, no prelo; Marano et al, 2009) ou intravenosa (Aldrovandi et al, 2009; Carrigan et al, 2009; Gemici et al, 2009; Hammer-Hansen et al, 2009; Halon et al, no prelo; Lim et al, 2009; Lin et al, 2009; Jeltsch et al, 2009; Marano et al, 2009; Matsunaga, Takaya, Yokoyama, Akimoto, Miyauchi, & Daida, no prelo; Mir-Akbari et al, 2009; Rivera et al, 2009; Steigner et al, 2009; Tsiflikas et al,

no prelo; Yoshida et al, 2009; Yun et al, 2009). Refere-se igualmente o uso da nitroglicerina sublingual antes do exame (Carrigan et al, 2009; Matsunaga et al, 2009; Rixe et al, 2009; Steigner et al, 2009; Yoshida et al, 2009) para promover a dilatação das artérias coronárias (Matsunaga et al, 2009). Do mesmo modo, Halon et al (no prelo) referem o uso de nitratos para diminuir o tónus vascular das artérias coronárias.

No que respeita à técnica, a Angio-TC das coronárias é realizada através da TCMD de 16 cortes (Marano et al, 2009), 64 cortes (Aldrovandi et al, 2009; Gemici et al, 2009; Hammer-Hansen et al, 2009; Halon et al, no prelo; Iuliano, Micheletta, Napoli & Catalano, 2009; Lin et al, 2009; Marano et al, 2009; Matsunaga et al, 2009; Rivera et al, 2009; Yun et al, 2009) e TC de dupla fonte (Maintz et al, 2009; Reimann et al, 2009; Tsiflikas et al, no prelo). O exame é adquirido em apneia respiratória (Carrigan et al, 2009; Gemici et al, 2009; Hammer-Hansen et al, 2009), dependendo o tempo da apneia do tipo de equipamento em uso (Carrigan et al, 2009). O campo de visão (ou FOV – *Field of View*) cobre a região desde o ponto imediatamente abaixo do arco aórtico até ao ápex do ventrículo esquerdo (Carrigan et al, 2009) ou da bifurcação da traqueia até ao diafragma (Rixe et al, 2009; Yun et al, 2009).

Os parâmetros técnicos dos equipamentos usados reflectem uma voltagem de tubo de 120 kV (Aldrovandi et al, 2009; Carrigan et al, 2009; Choi et al, 2008 in Lim et al, 2009; Gemici et al, 2009; Hammer-Hansen et al, 2009; Jeltsch et al, 2009; Lin et al, 2009; Matsunaga et al, 2009; Maintz et al, 2009; Mir-Akbari et al, 2009; Reimann et al, 2009; Ripsweden et al, 2009; Rivera et al, 2009; Rixe et al, 2009; Steigner et al, 2009; Tsiflikas et al, no prelo; Yoshida et al, 2009; Yun et al, 2009) e que pode ir até aos 140 kV (Halon et al, no prelo), corrente de tubo sem modelação de dose (Aldrovandi et al, 2009; Gemici et al, 2009; Halon et al, no prelo; Hammer-Hansen et al, 2009; Halon et al, no prelo; Jeltsch et al, 2009; Lin et al, 2009; Marano et al, 2009; Matsunaga et al, 2009; Maintz et al, 2009; Rivera et al, 2009; Steigner et al, 2009; Yoshida et al, 2009) ou com modelação de dose sincronizada com o traçado ECG (Carrigan et al, 2009; Choi et al, 2008 in Lim et al,

2009; Marano et al, 2009; Mir-Akbari et al, 2009; Reimann et al, 2009; Ripsweden et al, 2009; Rivera et al, 2009; Rixe et al, 2009; Tsiflikas et al, no prelo; Yun et al, 2009), de modo a reduzir a dose de radiação recebida pelo doente (Alkadhi, 2009; Mir-Akbari et al, 2009; Ripsweden et al, 2009).

O exame pode ser adquirido através de dois métodos, nomeadamente o *Prospective* ou *Retrospective-ECG Gating*. O método *Retrospective-ECG Gating* traduz-se na aquisição contínua de informação durante todo o ciclo cardíaco, podendo as imagens ser reconstruídas em várias fases desse ciclo (Alkadhi et al, 2009). Pelo contrário, o método *Prospective-ECG Gating* é caracterizado pela activação da ampola de raios X apenas num intervalo temporal (ou janela de fase) predefinido do ciclo cardíaco (Alkadhi et al, 2009; Knowles et al, 2009), usualmente ao fim da diástole, a 75% do intervalo R-R (Knowles et al, 2009).

O uso de produto de contraste iodado intravenoso (Aldrovandi et al, 2009; Carrigan et al, 2009; Choi et al, 2008 in Lim et al, 2009; Hammer-Hansen et al, 2009; Halon et al, no prelo; Jeltsch et al, 2009; Lin et al, 2009; Marano et al, 2009; Matsunaga et al, 2009; Mir-Akbari et al, 2009; Reimann et al, 2009; Ripsweden et al, 2009; Rivera et al, 2009; Rixe et al, 2009; Steigner et al, 2009; Tsiflikas et al, no prelo; Yoshida et al, 2009; Yun et al, 2009) é administrado a uma taxa de fluxo predeterminada (Carrigan et al, 2009; Choi et al, 2008 in Lim et al, 2009; Hammer-Hansen et al, 2009; Halon et al, no prelo; Marano et al, 2009; Mir-Akbari et al, 2009; Reimann et al, 2009; Ripsweden et al, 2009; Rixe et al, 2009; Steigner et al, 2009; Yoshida et al, 2009), preferencialmente na veia antecubital (Marano et al, 2009; Mir-Akbari et al, 2009; Rixe et al, 2009). A determinação do *delay* entre o início da injeção e a aquisição do exame pode ser feita através de um teste de bólus (Jeltsch et al, 2009; Mir-Akbari et al, 2009; Reimann et al, 2009; Rixe et al, 2009) ou com a função *bólus tracking* (Aldrovandi et al, 2009; Carrigan et al, 2009; Choi et al, 2008 in Lim et al, 2009; Hammer-Hansen et al, 2009; Matsunaga et al, 2009; Steigner et al, 2009; Rivera et al, 2009; Tsiflikas et al, no prelo; Yoshida et al, 2009; Yun et al, 2009).

Concluída a administração do contraste, refere-se a perfusão de soro fisiológico à mesma velocidade de fluxo (Aldrovandi et al, 2009; Choi et al, 2008 in Lim et al, 2009; Hammer-Hansen et al, 2009; Halon et al, no prelo; Jeltsch et al, 2009; Lin et al, 2009; Marano et al, 2009; Matsunaga et al, 2009; Mir-Akbari et al, 2009; Reimann et al, 2009; Ripsweden et al, 2009; Rivera et al, 2009; Rixe et al, 2009; Steigner et al, 2009; Tsiflikas et al, no prelo; Yoshida et al, 2009; Yun et al, 2009).

## Indicações da Angio-TC

Para além da quantificação do *score* de cálcio nas artérias coronárias, outras aplicações clínicas da TCMD têm por base indicações convencionais e não convencionais (Zidan et al, 2009). Relativamente às convencionais, a indicação mais importante para a TC cardíaca é o doente adulto com uma dor precordial atípica e que tem clínica que indicie uma probabilidade de doença coronária baixa a intermédia, quando o electrocardiograma (ECG) não permite avaliar um padrão típico de cardiopatia isquémica, ou ainda incapacidade que impeça a realização da prova de esforço (Aldrovandi et al, 2009; Hendel et al, 2006, Budoff et al, 2006 in Alkadhi, 2009; Zidan et al, 2009).

Algumas das indicações não convencionais englobam o estudo de anomalias das artérias coronárias (Alkadhi, 2009; Datta et al, 2005, Kim et al, 2006 in Zidan et al, 2009; Kanjwal & Bashir, 2007, Christiaens, Ardilouze & Allal, 2007, Han et al, 2008 in Chen, Han, Fang & Wang, no prelo; Kim et al, 2009; Kunimoto et al, 2009), avaliação da ponte miocárdica (Goitein & Lacomis, 2005, Rychter, Salanitri & Edelman, 2006 in Zidan et al, 2009), estudo de *stents* coronários, *bypass* coronário (Frazier, Qureshi, Read, Gilkeson, Poston & White, 2005, Chiurlia, Menozzi, Ratti, Romagnoli & Modena, 2005, Ropers et al, 2006 in Zidan et al, 2009; Marano et al, 2007 in Alkadhi, 2009), perfusão do miocárdio (Koa et al, 2006, Nieman et al, 2006 in Zidan et al, 2009; Ruzsics et al, 2008 in Alkadhi, 2009) e a sua viabilidade (Mahnken et al, 2007 in Alkadhi, 2009), doença valvular aórtica (Manghat et al, 2006 in Zidan et al, 2009), válvulas cardíacas (Alkadhi et al, 2007 in Alkadhi, 2009; Kim et al, 2009),

cardiomiopatias (Manghat et al, 2006 in Zidan et al, 2009), doenças cardíacas congénitas nos adultos (Cook & Raman, 2007 in Zidan et al, 2009), avaliação da função ventricular (Chung, Zidan & Henein, 2008 in Zidan et al, 2009; Puesken et al, 2008, Fishbach et al, 2007 in Alkadhi, 2009) e massas cardíacas (Kim et al, 2009; Zidan et al, 2009).

De acordo com Zidan et al (2009), o uso da Angio-TC das coronárias tem demonstrado uma sensibilidade de 100%, especificidade de 98%, Valor Preditivo Positivo (VPP) de 95% e Valor Preditivo Negativo (VPN) de 100% no diagnóstico da doença coronária significativa em doentes assintomáticos e com alto risco, particularmente aqueles que têm uma prova de esforço inconclusiva. Valores de sensibilidade (Rubinshtein et al, 2007 in Zidan et al, 2009) e de VPN (Aldrovandi et al, 2009; Rubinshtein et al, 2007 in Zidan et al, 2009) semelhantes aos definidos por Zidan et al (2009) para doentes assintomáticos foram recentemente documentados para os doentes sintomáticos. De acordo com o estudo efectuado por Aldrovandi et al (2009), o *follow-up* realizado durante 24 meses em doentes sintomáticos e com ausência de doença coronária demonstrada pela Angio-TC revelou um excelente prognóstico, com 0% de casos de ocorrência de eventos cardiovasculares adversos nesse intervalo temporal. Pelo contrário, concluíram também que a presença de doença arterial coronária obstrutiva é preditiva de manifestações cardiovasculares durante o *follow-up*. Contudo, a Angio-TC das artérias coronárias não deve ser usada como método de rastreio (Hendel et al, 2006, Budoff et al, 2006 in Alkadhi, 2009).

## Doses de Radiação

A dose de radiação a que os doentes estão sujeitos com a técnica de Angio-TC no estudo das coronárias suscita algumas preocupações (Blankstein et al, 2009; Knowles et al, 2009; Marano et al, 2009; Rivera et al, 2009; Steigner et al, 2009; Yun et al, 2009; Weigold et al, 2009; Zidan et al, 2009), especialmente quando aplicada em jovens, mulheres (Knowles et al, 2009) e doentes assintomáticos (Lim et al, 2009; Rivera et al, 2009).

Diversos autores propõem alguns métodos para reduzir as doses associadas à TC cardíaca, como seja a escolha selectiva de doentes de acordo com as indicações para a TC cardíaca (Alkahdi, 2009; Leber et al, 2006, Hendel et al, 2006 in Gemici et al, 2009; Marano et al, 2009), limitar ao máximo o varrimento ao longo do eixo longitudinal (Alkahdi, 2009), valores de *pitch* dependentes da frequência cardíaca (Blankstein et al, 2009; Mallet et al, 2005 in Zidan et al, 2009), sincronização da aquisição do exame com a onda ECG (Alkahdi, 2009; Alkahdi et al, 2008, Weustink et al, 2008 in Wall & Reiber, 2009; Hausleiter et al, 2006 in Weigold et al, 2009; Mallet et al, 2005 in Zidan et al, 2009; Maruyama et al, 2008, Shuman et al, 2008 in Aldrovandi et al, 2009), redução da voltagem de tubo (Blankstein et al, 2009; Heyer et al, 2007, Szkus-Farkas et al, 2008 in Knowles et al, 2009; Jakobs et al, 2003, Thomas et al, 2006 in Horiguchi et al, 2009; Leschka et al, 2008 in Alkadhi, 2009; Leschka et al, 2008 in Weigold et al, 2009), modelação da corrente de tubo com base na onda ECG (Blankstein et al, 2009; Carrigan et al, 2009; Jakobs et al, 2002 in Alkadhi, 2009; Hausleiter et al, 2006 in Weigold et al, 2009; Knowles et al, 2009; Maruyama et al, 2008, Shuman et al, 2008 in Aldrovandi et al, 2009; Tsiflikas et al, no prelo) ou com base no Índice de Massa Corporal (Blankstein et al, 2009; Horiguchi et al, 2009; Wall et al, 2009). Com a modelação da corrente de tubo dependente da onda ECG, a quantidade de radiação emitida pelo *scanner* de TC é diminuída durante a sístole e aumentada para os valores normais durante a diástole (Alkahdi, 2009; Knowles et al, 2009; Tsiflikas et al, no prelo), quando as artérias coronárias demonstram menor movimento (Knowles et al, 2009).

A dose de radiação resultante do método *Prospective ECG-gating* diminui significativamente quando comparado com o *Retrospective ECG-gating* (Blankstein et al, 2009; Husmann et al, 2008 in Knowles et al, 2009; Husmann et al, 2008 in Schuijff et al, 2009; Husmann et al, 2008, Earls et al, 2008, Shuman et al, 2008 in Steigner et al, 2009; Lin et al, 2009; Marano et al, 2009; Scheffel et al, 2008, Stolzmann et al, 2008a, Stolzmann et al, 2008b in Alkadhi, 2009; Weigold et al, 2009). Enquanto o método *Prospective ECG-gating* reduz efectivamente

a dose de radiação, o tempo total de exame e a dose de contraste necessária ao estudo aumentam (Blankstein et al, 2009b in Blankstein et al, 2009a).

Ainda de acordo com Blankstein et al (2009a), uma limitação deste método assenta no facto de apenas uma fase ficar disponível para a reconstrução e interpretação de imagem. Subsequentemente, os segmentos coronários em movimento e que requerem visualização durante as diferentes fases do ciclo cardíaco poderão ter uma avaliação limitada. Como tal, na presença de frequências cardíacas elevadas ou irregulares, é aconselhável o uso do método *Retrospective ECG-gating* (Alkahdi, 2009) ou então o aumento da janela de fase no método *Prospective-ECG Gating* (Knowles et al, 2009). Aplicando os métodos de redução de dose referenciados no ponto anterior, o uso do método *Retrospective ECG-gating* em equipamentos de 64 canais está associado a doses efectivas de 10-12 mSv (Hausleiter et al, 2006 in Alkadhi, 2009), comparáveis com os 7-9 mSv dos equipamentos de *Dual Source CT* (DSCT) referidos por Alkahdi (2009) de acordo com resultados obtidos por Stolzmann et al (2008), com ambas as técnicas a envolver o uso da modelação de dose dependente da onda ECG (Alkadhi, 2009). Ainda pelo mesmo método, ao reduzir a voltagem de tubo para os 100 kV obtém-se uma redução de dose para valores entre 5 e 7 mSv (Leschka et al, 2008 in Alkadhi, 2009).

O uso do *Prospective ECG-gating* diminui a dose efectiva para 1-3 mSv (Herzog et al, 2008 in Schuijff et al, 2009; Husmann et al, 2008 in Knowles et al, 2009; Scheffel et al, 2008, Stolzmann et al, 2008a, Stolzmann et al, 2008b in Alkadhi, 2009), valores que se situam abaixo dos valores normais para um exame TC torácico ou abdominal (Alkadhi, 2009) e inferiores aos níveis de radiação natural a que o individuo está exposto a cada ano da sua vida (Alkadhi, 2009; Husmann et al, 2008 in Lin et al, 2009). Com efeito, Blankstein et al (2009a) demonstraram recentemente que o método *Prospective ECG-gating* resulta na redução da dose de radiação em 73%. Por outro lado, utilizando o método *Prospective ECG-gating* para a quantificação do cálcio coronário em equipamentos de 64 canais, a dose é comparável com a obtida nos

equipamentos de Tomografia por feixe de Electrões (EBT), com valores de dose equivalente a 1 mSv para homens e 1,3 mSv para mulheres (Halliburton, Stillman, Lieber, Kasper, Kuzmiak & White, 2005 in Horiguchi et al, 2009). Mesmo assim, dependendo do tipo de doente e consoante o equipamento utilizado, a obtenção do *Score* de cálcio pode resultar em doses de radiação que podem ir de 1 a 5 mSv (O'Rourke et al, 2000 in Zidan et al, 2009).

## Limitações

Alguns autores enumeram algumas limitações da Angio-TC das artérias coronárias, como seja o estudo em doentes com frequências cardíacas irregulares ou elevadas (Wall et al, 2009), os efeitos do volume parcial causados pelas calcificações das artérias coronárias, variações na distribuição do produto de contraste (Jeltsh et al, 2009; Schuijff et al, 2009; Wall et al, 2009), os artefactos de movimento devido à elevada velocidade dos movimentos das artérias coronárias (Mollet et al, 2004 & Ropers et al, 2003 in Rixe et al, 2009; Rivera et al, 2009), efeitos respiratórios (Wall et al, 2009) e uma resolução temporal (Jeltsh et al, 2009; Schuijff et al, 2009; Wall et al, 2009; Mollet et al, 2004 & Ropers et al, 2003 in Rixe et al, 2009) e espacial limitadas (Jeltsh et al, 2009; Schuijff et al, 2009; Wall et al, 2009).

Mesmo com *scanners* de 64 canais, a visualização das artérias coronárias fica limitada pela presença de calcificações coronárias e pelos artefactos de movimento cardíacos para frequências cardíacas superiores a 65 batimentos por minuto (Nikolau et al, 2006; Raff, Gallagher, O'Neil & Goldstein, 2005, Ropers et al, 2006 in Rixe et al, 2009). Consequentemente, o número de segmentos vasculares rejeitados nos estudos de diagnóstico continua a ser muito elevado para a implementação desta técnica na prática clínica diária (Nikolau et al, 2006; Raff, Gallagher, O'Neil & Goldstein, 2005, Ropers et al, 2006 in Rixe et al, 2009; Wall et al, 2009).

Do mesmo modo, a Angio-TC das artérias coronárias é um exame que necessita de administração de produto de contraste, o qual, embora normalmente seguro,

pode causar efeitos adversos (Zidan et al, 2009), o que limita esta ferramenta de diagnóstico como método de estratificação de risco em doentes assintomáticos (Lim et al, 2009; Rivera et al, 2009; Yun et al, 2009). Também Wall et al (2009) referem que as variações na distribuição do produto de contraste nas artérias coronárias constituem uma das principais dificuldades da TCMD. Contudo, segundo os mesmos autores, as melhorias na resolução espacial e temporal da DSCT estão associadas a uma melhor opacificação das artérias coronárias e a um melhor contraste do miocárdio, independentemente da frequência cardíaca e do índice de massa corporal. Com efeito, Zidan et al (2009) salientam que o requisito da adequada preparação do doente de modo a reduzir as frequências cardíacas tem sido ultrapassado pela DSCT. Também as doses de produtos de contraste e beta-bloqueantes podem ser reduzidas com os recentes equipamentos de TCMD de 256 canais (Weigold et al, 2009). Através da tecnologia da DSCT, Reimann et al (2009) e Rixe et al (2009) não fazem uso da administração de bloqueantes dos receptores beta. Por último, verifica-se a diminuição da acuidade na avaliação da natureza e da estabilidade da placa coronária, aquando da presença de calcificação coronária extensa (Oncel, D., Oncel, G. & Tstan, 2007, Brodoefel et al, 2008 in Zidan et al, 2009).

Relativamente à experiência adquirida neste tipo específico de exame, de acordo com o estudo realizado por Mir-Akbari et al (2009), observadores relativamente inexperientes não são uma limitação, uma vez que possuem a mesma capacidade diagnóstica de observadores mais experientes. No entanto, a experiência em exames de Angio-TC das artérias coronárias, por parte dos que a executam e de quem avalia as imagens, é fundamental na redução do tempo de interpretação do exame, mantendo a mesma acuidade diagnóstica (Ripsweden et al, 2009). Os últimos autores propõem também que, no futuro, os Técnicos de Radiologia possam constituir parte integrante de uma equipa multidisciplinar na avaliação deste tipo de exames.

## VALOR PROGNÓSTICO DA ANGIO-TC NA AVALIAÇÃO DA DOENÇA CORONÁRIA

Como método de diagnóstico não invasivo, a Angio-TC das artérias coronárias tem ganho aceitação na área da Imagiologia Cardíaca (Hoffman et al, 2005 in Jeltsch et al, 2009; Ripsweden et al, 2009), mesmo após a colocação de *stents* coronários (Maintz et al, 2009). Na avaliação de reestenoses *in-stent*, problema que requer detecção precoce e tratamento (Pugliese et al, 2006, Oncel, D., Oncel, G. & Karaca, 2007, Cademartiri et al, 2007 in Zidan et al, 2009; Remmel et al, 2007 in Maintz et al, 2009), a Angio-TC demonstrou ter uma especificidade de 95% e VPN de 90% num estudo efectuado com 29 tipos diferentes de *stents*, tendo demonstrado que os *stents* à base de magnésio produziram menos artefactos e melhor visibilidade do lúmen (Maintz et al, 2009).

As melhorias na resolução temporal e espacial dos equipamentos de TC constituem o factor mais importante no aumento da capacidade de desempenho dos equipamentos multidetector (Rixe et al, 2009; Wall et al, 2009), sendo possível obter uma avaliação global tridimensional do sistema arterial coronário (Kanjwal & Bashir, 2007, Christiaens, Ardilouze & Allal, 2007, Han et al, 2008 in Chen et al, no prelo; Kunimoto et al, 2009). A aplicação da TCMD igual ou superior a 16 canais com a sincronização ECG é uma excelente ferramenta de diagnóstico na avaliação da doença coronária devido ao elevado VPN que lhe está associado (Hamon et al, 2007, Kaiser et al, 2005, Raff et al, 2005, Nikolaou et al, 2006, Ehara et al, 2006, Ropers et al, 2006 in Marano et al, 2009). Do mesmo modo, valores elevados de VPN e VPP foram obtidos noutros estudos (Leschka et al, 2005, Raff, Gallagher, O'Neill & Goldstein, 2005, Mollet et al, 2005, Ehara et al, 2006, Roberts, Bax & Davies, 2008, Hausleiter et al, 2007 in Mir-Akbari et al, 2009; Zidan et al, 2009).

No estudo realizado por Steigner et al (2009), foi investigada a relação entre o tamanho da janela de fase e a qualidade de imagem no método *Prospective Gating* nos recentes equipamentos de TC de 320 canais, assim como a relação entre a frequência cardíaca e o tamanho da janela de fase que permitisse

a obtenção de imagens de diagnóstico com qualidade. Nesta recente tecnologia, utilizando o método *Prospective Gating*, é apenas necessário uma janela de fase num intervalo R-R para fazer a aquisição completa de todo o exame, sendo que o controlo da frequência cardíaca abaixo dos 65 batimentos por minuto permitiu a utilização de janelas de fase mais estreitas, consequentemente com menores doses de radiação, obtendo-se imagens de boa qualidade para o diagnóstico. Concluíram que, uma largura de janela de fase compreendida entre 72 a 81% do ciclo cardíaco suportou imagens diagnósticas em mais de 90% dos doentes. Com base nisto, estes autores recomendam a utilização de uma largura de janela de fase standard de 10% em equipamentos de 320 canais, sendo que, a decisão deve ser tomada com base numa avaliação por doente, uma vez que, doentes com menores frequências cardíacas podem ser estudados com larguras de janelas de fase menores, logo, com menores doses de radiação associadas.

A utilização da DSCT permite obter uma melhor qualidade de imagem devido à sua menor dependência da frequência cardíaca, possibilitando uma resolução espacial de 0,4 mm (Roberts, Bax & Davies, 2008 in Wall et al, 2009) e uma resolução temporal de 83 ms (Flohr et al, 2006 in Rixe et al, 2009; Roberts, Bax & Davies, 2008 in Wall et al, 2009; Tsiflikas et al, no prelo), obtendo valores superiores à TCMD de 64 canais (Wall et al, 2009). Contudo, enquanto Rixe et al (2009) defende a elevada acuidade diagnóstica desta técnica na detecção da doença coronária, devido aos elevados valores de especificidade, sensibilidade, VPN e VPP relativamente às análises baseadas por segmento, por artéria e por doente, o estudo de Tsiflikas et al (no prelo) afirma que esta técnica ainda possui uma acuidade diagnóstica limitada, na prática clínica diária em doentes com arritmias cardíacas, devido ao elevado número de segmentos coronários com artefactos. Estas limitações podem vir a ser ultrapassadas pelos aparelhos de TCMD de 256 canais (Mizuno et al, 2007, Funabashi et al, 2007 in Tsiflikas et al, no prelo).

Também os novos *softwares* de análise semi-

quantitativa (*CT-QCA-quantitative coronary assessment*) poderão vir a ser úteis para melhorar o diagnóstico diferencial e a reprodutibilidade das estenoses identificadas nas artérias coronárias (Marquering, Dijkstra, Koning, Stoel & Reiber, 2005, Roberts, Bax & Davies, 2008 in Wall et al, 2009; Schuijf et al, 2009), assim como reduzir a variabilidade entre observadores (Bruining e tal., 2007, Marquering, Dijkstra, Koning, Stoel & Reiber, 2005 in Schuijf et al, 2009).

No estudo de Iuliano et al (2009) verificou-se que o prognóstico a longo prazo em doentes com enfarte agudo do miocárdio com ausência de anormalidades das artérias coronárias é melhor, quando comparado com doentes com doença coronária oclusiva, especialmente em doentes jovens e mulheres (Da Costa et al 2001, Zimmerman et al, 1995, Raymond, Lynch, Underwood, Leatherman & Razavi, 1988 in Iuliano et al, 2009). A taxa de sobrevivência em doentes com enfarte agudo do miocárdio sem lesões coronárias ronda os 90% nos três a sete anos seguintes, com uma taxa significativamente menor de recidiva que os doentes com doença coronária obstrutiva (Da Costa et al 2001, Zimmerman et al, 1995, Raymond, Lynch, Underwood, Leatherman & Razavi, 1988 in Iuliano et al, 2009).

Deste modo, esta técnica de imagem permite a selecção de doentes que realmente necessitam de uma angiografia invasiva, através do diagnóstico da doença coronária significativa em doentes com risco baixo a intermédio (Meijboom et al, 2007 in Marano et al, 2009; Mir-Akbari et al, 2009) e que apresentem uma prova de esforço inconclusiva, como recentemente recomendado pela *Task Force on the Management of Stable Angina Pectoris of the European Society of Cardiology* (Fox et al, 2006 in Marano et al, 2009).

## Influência dos factores de risco e calcificação coronária

A doença coronária é a principal causa de morbilidade e mortalidade do mundo Ocidental (Carrigan et al, 2009; Jockel et al, 2009; Ripsweden et al, 2009). A doença cardiovascular aterosclerótica é uma patologia

difusa que envolve as artérias coronárias, as artérias carótidas, a artéria aorta e as artérias periféricas (Budoff, 2003, Fuster, Fayad, Moreno, Poon, Corti & Badimon, 2005 in Jeltsch et al, 2009). Quantificar a progressão da doença aterosclerótica através de períodos temporais relativamente curtos pode detectar o percurso indesejável desta patologia, muito antes desta se manifestar em morte súbita, enfarte de miocárdio ou acidente vascular cerebral (Taylor et al, 2005, Schmermund & McClelland, 2003 in Bauer et al, 2009).

Para tal, os factores de risco convencionais são úteis, embora não sejam um factor preditivo completo de doença coronária e enfarte (Zidan et al, 2009). Embora não incluída nos factores de risco, sabe-se que a calcificação arterial coronária é fortemente preditiva de manifestações de doença coronária (Pletcher, Tice, Pignone & Browner, 2004 in Zidan et al, 2009). Por isso, a *American College of Cardiology* (ACC) e a *American Heart Association* (AHA) recomendam a quantificação do cálcio coronário através da TCMD em doentes assintomáticos que estão em risco intermédio de doença coronária e, de modo a reavaliar as respectivas estratificações de risco (Zidan et al, 2009). O *score* de cálcio pode então ser usado como ferramenta essencial na estratificação dos níveis de doença coronária (McCullough, Ulzheimer, Halliburton, Shanneik, White & Kalender, 2007 in Zidan et al, 2009), permitindo avaliar com acuidade a ocorrência de manifestações cardíacas, independentemente dos factores de risco (Greenland et al, 2007, Shaw, Raggi, Schisterman, Berman & Callister, 2003 in Schuijf et al, 2009).

A calcificação coronária extensa pode igualmente levar a falsas interpretações relativamente ao grau de estenose arterial (Hoffmann, Ferencik, Cury & Pena, 2006 in Gemici et al, 2009; Leber et al, 2005, Leber et al, 2006, Otsuka et al, 2008 in Schuijf et al, no prelo; Meijboom et al, 2008 in Halon et al, no prelo; Reimann et al, 2009 in Wall et al, 2009; Yoshida et al, 2009). Vários estudos identificaram uma forte associação entre os hábitos tabágicos e a calcificação das artérias coronárias (Jockel et al, 2009; Takasu et al, 2009). Com efeito, Jockel et al (2009) concluíram que a acumulação de cálcio coronário é acelerada

pelo tabaco e diminui depois da cessação do mesmo. Outras investigações evidenciaram uma associação significativa entre aterosclerose aórtica e doença coronária (Couturier, Voustantiok, Weinberger & Fuster, 2006, Takasu et al, 1992, Agmon et al, 2002, Belhassen et al, 2002, Fazio, Redberg, Winslow & Schiller, 1993, Tribouilloy, Shen, Peltier & Lesbre, 1994 in Jeltsh et al, 2009). Com efeito, determinou-se uma forte relação entre a quantificação do cálcio nas artérias coronárias e da artéria aorta descendente sendo que, se existe calcificação da artéria aorta descendente, os riscos cardiovasculares que potenciam a doença coronária aumentam. Por esta razão, na realização de exames de TC torácicos deve prestar-se particular atenção a esta evidência (Takasu et al, 2009; Jeltsh et al, 2009).

A relação directa entre a etnia e as manifestações coronárias relacionadas com o *score* de cálcio são assunto de grande controvérsia (Takasu et al, 2009; McClelland, Chung, Detrano, Post & Kronmal, 2006, Nasir et al, 2007 in Zidan et al, 2009). Contudo, doentes de raça caucasiana e asiáticos de ascendência chinesa demonstram uma maior prevalência da calcificação da artéria aorta descendente e das artérias coronárias, quando comparados com doentes de raça negra e hispânicos (Takasu et al, 2009). Os mesmos autores referem ainda que os hábitos tabágicos e a hipertensão são factores de risco fortemente associados à calcificação da artéria aorta, enquanto que a *diabetes mellitus* é um factor de risco fortemente associado à calcificação das artérias coronárias.

Dos demais factores de risco tradicionais associados à doença coronária, a *diabetes mellitus* é uma patologia em que os doentes afectados são considerados indivíduos de alto risco (Raggi et al, 2004 in Rivera et al, 2009), têm uma maior taxa de morbilidade e complicações cardiovasculares do que os doentes não diabéticos (Goraya et al, 2002; Stamler, Vaccaro, Neaton & Wentworth, 1993; in Lim et al, 2009; Yun et al, 2009). O papel da imagiologia nesta população situa-se ao nível da detecção dos indivíduos com maior extensão ou doença significativa, e que poderão estar em risco acrescido de manifestações cardiovasculares (Raggi et al, 2004 in Rivera et al,

2009). O estudo de Rivera et al (2009) pretendeu avaliar a prevalência da doença coronária oculta em doentes assintomáticos com *diabetes mellitus*, tendo-se verificado uma maior prevalência da doença na artéria coronária descendente anterior esquerda.

A TCMD pode fornecer avaliações quantitativas e qualitativas das placas ateroscleróticas das artérias coronárias (Achenbach et al, 2004, Leber et al, 2006, Motoyama et al, 2007 in Hammer-Hansen et al, 2009; Springer & Dewey, 2008 in Gemici et al, 2009; Leber et al, 2006a, Leber et al, 2005b, Achenbach et al, 2004, Hausleiter, Meyer, Haddamitzky, Kastrati & Martinoff, 2006 in Matsunaga et al, 2009), incluindo o seu grau de vulnerabilidade (Lim et al, 2009). Apesar da Angio-TC das artérias coronárias ser uma técnica promissora para a caracterização das placas ateroscleróticas (calcificadas, não calcificadas ou mistas) e para a estratificação de risco de doentes assintomáticos com *diabetes mellitus*, as limitações tecnológicas actuais não permitem o seu uso difundido (Rivera et al, 2009). Contudo, Lin et al (2009) referem que a Angio-TC das artérias coronárias permite um diagnóstico mais rigoroso em comparação com a prova de esforço para a detecção de estenoses coronárias obstrutivas, especialmente em doentes com risco baixo a intermédio de desenvolver doença coronária.

Por último, também as medições do espessamento máximo da parede da aorta descendente são uma importante ferramenta para a detecção de doentes com aterosclerose coronária subclínica, sendo um potencial identificador de doentes com um risco acrescido de desenvolver patologia cardíaca (Jeltsch et al, 2009).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos, a TCMD desenvolveu-se rapidamente numa versátil modalidade imagiológica não invasiva. Para tal, o desenvolvimento na tecnologia dos equipamentos multidetector, as melhorias na qualidade de imagem e na acuidade diagnóstica, acompanhadas simultaneamente por

uma redução da dose efectiva do exame, têm-na conduzido à sua aceitação consensual no diagnóstico da doença coronária. Para tal, também contribuem os elevados valores de sensibilidade, especificidade, VPN e VPP obtidos nos recentes estudos avaliados com base em equipamentos com 16 ou mais canais. Além disso, a angiografia por TCMD parece superar algumas das limitações inerentes da angiografia convencional invasiva, limitações essas que podem justificar o aumento do seu uso de técnicas não invasivas, com consequente redução de custos, ao mesmo tempo que permite seleccionar os doentes que realmente necessitam de uma angiografia invasiva. Contudo, são também algumas das limitações da TCMD que dificultam a implementação desta técnica na prática clínica actual.

Sendo a avaliação das artérias coronárias uma das principais indicações da TCMD cardíaca, de modo a determinar ou excluir doença coronária, informação adicional acerca da composição e da vulnerabilidade das placas pode igualmente ser obtida. Em conjunto com os factores de risco convencionais, também a obtenção dos *scores* de cálcio, com o uso de técnicas de baixa dose, pode ajudar na reavaliação da estratificação dos doentes em risco de desenvolver manifestações de doença coronária. Por outro lado, é de salientar a importância desta técnica na avaliação do grau de doença coronária em doentes com diabetes *mellitus*, considerados de alto risco. Mesmo assim, esta modalidade imagiológica não deve ser utilizada como método de rastreio.

## REFERÊNCIAS

Aldrovandi et al (2009). Prognostic value of computed tomography coronary angiography in patients with suspected coronary artery disease: A 24-month follow-up study. *European Radiology*, 19(7), 1653-1660.

Alkadhi (2009). Radiation dose of cardiac CT - what is the evidence? *European Radiology*, 19(6), 1311-1315.

Bauer et al (2009). The effect of age and risk factors on coronary and carotid artery atherosclerotic burden in males - Results of the Heinz Nixdorf Recall Study. *Atherosclerosis*, 205(2), 595-602.

Blankstein, Okada, Rocha-Filho, Rybicki, Brady, & Cury, (2009). Cardiac myocardial perfusion imaging using dual source computed tomography. *International Journal of Cardiovascular Imaging*,

25(Suppl. 2), 209-216.

Carrigan et al (2009). Prognostic utility of 64-slice computed tomography in patients with suspected but not documented coronary artery disease. *European Heart Journal*, 30(3), 362-371.

Chen, Han, Fang & Wang (no prelo). Single coronary artery with septal course of left main coronary artery from right coronary sinus associated with coronary artery disease: Multislice computed tomography (MSCT) appearance. *International Journal of Cardiology*.

Gemici et al (2009). Prevalence of left main coronary artery disease among patients referred to multislice computed tomography coronary examinations. *International Journal of Cardiovascular Imaging*, 25(4), 433-438.

Halon et al (no prelo). Pulse pressure and coronary atherosclerosis in asymptomatic type 2 diabetes mellitus: A 64 channel cardiac computed tomography analysis. *International Journal of Cardiology*.

Hammer-Hansen et al (2009). Volumetric evaluation of coronary plaque in patients presenting with acute myocardial infarction or stable angina pectoris - A multislice computerized tomography study. *American Heart Journal*, 157(3), 481-487.

Horiguchi et al (2009). Coronary artery calcium scoring on low-dose prospective electrocardiographically-triggered 64-Slice CT. *Academic Radiology*, 16(2), 187-193.

Iuliano, Micheletta, Napoli & Catalano (2009). Myocardial infarction with normal coronary arteries: A case report and review of the literature. *Journal of Medical Cases Reports*, 3(1), s. pp.

Jeltsch et al (2009). Aortic wall thickness assessed by multidetector computed tomography as a predictor of coronary atherosclerosis. *International Journal of Cardiovascular Imaging*, 25(2), 209-217.

Jockel et al (2009). Smoking cessation and subclinical atherosclerosis - Results from the Heinz Nixdorf Recall Study. *Atherosclerosis*, 203(1), 221-227.

Kim, Yong, Kang & Woo (2009). Left atrial myxoma with neovascularization: Detected on cardiac computed tomography angiography. *International Journal of Cardiovascular Imaging*, 25(Suppl. 1), 95-98.

Knowles, Patel & Kazerooni (2009). Cardiac CT for acute chest pain in the emergency department advantages of prospective triggering. *International Journal of Cardiovascular Imaging*, 25(Suppl. 2), 255-265.

Kunimoto et al (2009). Double left anterior descending artery arising from the left and right coronary arteries: Depiction at multidetector-row computed tomography. *International Journal of Cardiology*, 132(2), e54-e56.

- Lim et al (2009). Comprehensive evaluation of coronary arteries by multidetector-row cardiac computed tomography according to the glucose level of asymptomatic individuals. *Atherosclerosis*, 205(1), 156-162.
- Lin et al (2009). Relation of plaque characteristics defined by coronary computed tomographic angiography to ST-segment depression and impaired functional capacity during exercise treadmill testing in patients suspected of having coronary heart disease. *American Journal of Cardiology*, 103(1), 50-58.
- Maintz et al (2009). Update on multidetector coronary CT angiography of coronary stents: In vitro evaluation of 29 different stent types with dual-source CT. *European Radiology*, 19(1), 42-49.
- Marano et al (2009). Italian multicenter, prospective study to evaluate the negative predictive value of 16- and 64-slice MDCT imaging in patients scheduled for coronary angiography (NIMISCAD-Non Invasive Multicenter Italian Study for Coronary Artery Disease). *European Radiology*, 19(5), 1114-1123.
- Matsunaga, Takaya, Yokoyama, Akimoto, Miyauchi, & Daida (no prelo). Relationship between coronary artery wall thickness measured by 64-slice multidetector computed tomography and cardiovascular risk factors. *Circulation Journal*.
- Mir-Akbari et al (2009). Limitations of 64-detector-row computed tomography coronary angiography: Calcium and motion but not short experience. *Acta Radiológica*, 50(2), 174-180.
- Reimann et al (2009). Efficacy of computer aided analysis in detection of significant coronary artery stenosis in cardiac using dual source computed tomography. *International Journal of Cardiovascular Imaging*, 25(2), 195-203.
- Ripsweden et al (2009). Is training essential for interpreting cardiac computed tomography? *Acta Radiológica*, 50(2), 194-200.
- Rivera et al (2009). Detection of occult coronary artery disease in asymptomatic individuals with diabetes mellitus using non-invasive cardiac angiography. *Atherosclerosis*, 203(2), 442-448.
- Rixe et al (2009). Detection of relevant coronary artery disease using dual-source computed tomography in a high probability patient series - Comparison with invasive angiography. *Circulation Journal*, 73(2), 316-322.
- Schuijff et al (2009). Novel clinical applications of state-of-the-art multi-slice computed tomography. *International Journal of Cardiovascular Imaging*, 25(Suppl. 2), 241-254.
- Steigner et al (2009). Narrowing the phase window width in prospectively ECG-gated single heart beat 320-detector row coronary angiography. *International Journal of Cardiovascular Imaging*, 25(1), 85-90.
- Takasu et al (2009). Relationship between coronary artery and descending thoracic aortic calcification as detected by computed tomography: The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *Atherosclerosis*, 204(2), 440-446.
- Tsilifikas et al (no prelo). Diagnostic accuracy and image quality of cardiac dual-source computed tomography in patients with arrhythmia. *International Journal of Cardiology*.
- Yoshida et al (2009). Quantitative analysis of myocardial contrast enhancement by first-pass 64-multidetector computed tomography in patients with coronary heart disease. *Circulation Journal*, 73(1), 116-124.
- Yun et al (2009). Association between diabetes and different components of coronary atherosclerotic plaque burden as measured by coronary multidetector computed tomography. *Atherosclerosis*, 205(2), 481-485.
- Wall & Reiber (2009). Dual source computed tomography: Automated, visual or dual analysis? *International Journal of Cardiovascular Imaging*, 25(2), 205-208.
- Weigold, Olszewski & Walker (2009). Low dose prospectively gated 256-slice computed tomographic angiography. *International Journal of Cardiovascular Imaging*, 25(Suppl. 2), 217-230.
- Zidan, Nicoll, Schmermund & Henein (2009). Cardiac multi-detector CT: Its unique contribution to cardiology practice. *International Journal of Cardiology*, 132(1), 25-29.