

CENTRO UNIVERSITÁRIO SÃO CAMILO
Curso de Biomedicina

FABÍOLA LEITE DA SILVA

**ESTUDO COMPARATIVO DA ANGIOGRAFIA CORONARIANA POR
TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA COM MÚLTIPLOS
DETECTORES EM RELAÇÃO À ANGIOGRAFIA CORONARIANA
TRADICIONAL**

SÃO PAULO

2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO SÃO CAMILO
Curso de Biomedicina

FABÍOLA LEITE DA SILVA

**ESTUDO COMPARATIVO DA ANGIOGRAFIA CORONARIANA POR
TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA COM MÚLTIPLOS
DETECTORES EM RELAÇÃO À ANGIOGRAFIA CORONARIANA
TRADICIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Biomedicina do Centro Universitário São Camilo, orientado pela Prof^a Cristiane Ruiz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Biomedicina.

SÃO PAULO

2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **Deus** por ter me proporcionado todas as condições e a força para sempre prosseguir em meus sonhos.

Agradeço aos meus pais **Paulo César** e **Lucimara Leite**, e ao meu irmão **Jonas Leite** que acreditaram em mim e me deram todo o suporte necessário para eu chegar onde estou hoje.

Agradeço à minha querida orientadora Dr. **Cristiane Ruiz** pelo apoio, por ter acreditado na minha capacidade e pelas horas a mim dispensadas na orientação deste trabalho.

Agradeço as minhas amigas **Danielle Belo** e **Priscila Motta** pela amizade e por terem me acompanhado e apoiado nesta longa e difícil jornada.

Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

SILVA, Fabíola Leite. **Estudo comparativo da angiografia coronariana por tomografia computadorizada com múltiplos detectores em relação à angiografia coronariana tradicional.** 2017. 49f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Biomedicina) - Centro Universitário São Camilo, São Paulo, 2017.

As doenças cardiovasculares são a principal causa de morte no Brasil e no mundo, sendo que destas, a maior parte é causada pela doença arterial coronariana (DAC). A DAC é uma importante manifestação da aterosclerose, que acomete principalmente a túnica íntima de artérias de médio e grande calibre, podendo assim afetar uma, duas, ou três das artérias coronarianas epicárdicas e seus ramos. Tem como principais fatores de risco para o seu desenvolvimento a hipertensão, obesidade, além de fatores genéticos. A DAC pode ter como manifestação clínica o infarto do miocárdio, acidente vascular cerebral e doença vascular periférica. Como padrão para o diagnóstico da DAC existe a angiografia coronariana tradicional, na qual se faz o cateterismo cardíaco, procedimento esse que pode deixar sequelas, induzir a um desconforto no paciente e necessidade de posteriores acompanhamentos e cuidado. Com o surgimento dos aparelhos de tomografia computadorizada de múltiplos detectores (TCMD) a avaliação cardíaca ganhou grande impulso e a angiografia coronariana por TCMD vem ganhando espaço e tem tendência de se tornar o melhor exame para avaliação da DAC. No exame, fazem-se imagens de cortes anatômicos nos planos axial, sagital ou coronal, com o princípio básico baseado na emissão de feixes de raios-X incidindo no corpo do paciente. A maior parte dos estudos feitos, onde se comparam ambos os exames, chegam à conclusão de que, por não ser um método invasivo, a TCMD pode ser uma alternativa com grande potencial para substituir a angiografia coronariana tradicional, impedindo muitas vezes um cateterismo desnecessário em pacientes que não possuem a DAC. O risco nefrotóxico ou de alergia ao uso do contraste diminui significativamente, pois, embora o contraste seja o mesmo, a quantidade de contraste utilizado na angiografia coronariana por TCMD chega a ser 25% menor que utilizado na angiografia coronariana tradicional. Além disso, a angiografia coronariana tradicional proporciona somente a visão da luz do vaso, já no estudo por TCMD, observam-se além da luz do vaso, suas paredes. Ainda, há uma diferença significativa no preço dos exames, fazendo com que a angiografia coronariana por TCMD seja uma ótima alternativa para a angiografia coronariana tradicional.

Palavras chaves: Doença Arterial Coronariana. Tomografia Computadorizada de Múltiplos Detectores. Angiografia Coronariana. Imagem cardíaca.

SILVA, Fabíola Leite. **Comparative study of coronary computed tomography angiography with multiple detectors over traditional coronary angiography.** 2017. 49f. Completion of course work (Bachelor of Biomedicine) - Centro Universitário São Camilo, São Paulo, 2017.

Cardiovascular diseases are the main cause of death in Brazil and in the world, being that of these, most are caused by coronary artery disease (CAD). CAD is an important manifestation of atherosclerosis, which mainly affects the tunica intima of medium and large caliber arteries, can affect one, two or three of the epicardial coronary arteries and their branches. Main risk factors for the development are hypertension, obesity, as well as genetic factors. CAD may have as a clinical manifestation myocardial infarction, stroke and peripheral vascular disease. As a standard for the diagnosis of CAD, there is a traditional coronary angiography, where cardiac catheterization is performed, a procedure that may cause sequelae, induce discomfort in the patient and need for subsequent monitoring and care. With the emergence of multi-detector computed tomography (MDCT) devices, cardiac evaluation has gained momentum and coronary angiography by MDCT has been gaining ground and tending to become the best examination for CAD evaluation. In the examination, images of anatomical sections are made in the axial, sagittal or coronal planes, with the basic principle based on the emission of X-ray beams incident on the patient's body. Most of the studies performed, comparing both tests, conclude that, because it is not an invasive method, MDCT may be an alternative with great potential to replace traditional coronary angiography, often preventing unnecessary catheterization in Patients who do not have CAD. The risk of nephrotoxicity or allergy to the use of contrast decreases significantly, because, although the contrast is the same, the amount of contrast used in coronary angiography by MDCT is 25% lower than that used in traditional coronary angiography. In addition, traditional coronary angiography provides only the vision of vessel lumen, whereas in the MDCT study, the walls of the vessel are observed beyond the vessel lumen. Also, there is a significant difference in the price of the exams, making coronary angiography by MDCT a great alternative for traditional coronary angiography.

Keywords: Coronary Artery Disease. Computed Tomography Multiple Detectors. Angiography Coronary. Cardiac imaging.

Lista de Figuras

Figura 1 - Artérias coronárias (vista anterior).	17
Figura 2 – Artérias coronárias (vista posteroinferior)	17
Figura 3 - Circulação coronariana, principais artérias.....	18
Figura 4 - Artérias coronárias, principais artérias e seus ramos	19
Figura 5 - Categorização das complicações e sua gravidade na angiografia coronariana tradicional	22
Figura 6 - Limitações da angiografia na DAC difusa.....	24
Figura 7 - Remodelamento positivo e estágios da DAC	25
Figura 8 - Imagens ilustrativas do escore de cálcio coronariano de três pacientes com graus crescentes de calcificação no território da artéria descendente anterior .	28
Figura 9 - Imagens ilustrativas de dois pacientes que foram submetidos à angiotomografia coronariana.....	29
Figura 10 - Esquema de ECG: Retrospectivo e Prospectivo	31
Figura 11 - Posição do coração na cavidade torácica e eixos	32
Figura 12 - Remodelamento positivo.....	34
Figura 13 – Artéria coronária direita com DAC significativa.....	36
Figura 14 – DAC superestimada pela angiografia coronariana por TCMD	37

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Valor do exame de angiografia coronariana tradicional. 25

Tabela 2 – Valor do exame de angiografia coronariana por TCMD 35

Lista de abreviaturas e siglas

DAC	Doença Arterial Coronariana
DCV	Doenças Cardiovasculares
EC	Escore de Cálcio
ECG	Eletrocardiograma
OMS	Organização Mundial da Saúde
TC	Tomografia Computadorizada
TCMD	Tomografia Computadorizada de Múltiplos Detectores
NO	Óxido Nítrico
RL	Radicais Livres

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVO	14
3 METODOLOGIA	15
4 DESENVOLVIMENTO	16
4.1 Anatomia das artérias coronárias	16
4.2 Doença arterial coronariana	19
4.3 Aspectos gerais da angiografia	21
4.3.1 Angiografia coronariana tradicional	23
4.4 Aspectos gerais da Tomografia computadorizada.....	26
4.4.1 Angiografia por Tomografia computadorizada de múltiplos detectores.....	28
4.5 Principais pesquisas comparativas entre angiografia coronariana tradicional e angiografia coronariana por TCMD	35
5 DISCUSSÃO	39
6 CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

As doenças cardiovasculares (DCV) prevalecem como a principal causa de mortalidade no Brasil e no mundo (GUIMARÃES; AVEZUM; PIEGAS, 2006) e nos últimos trinta anos tem ocorrido um aumento rápido e substancial em países em desenvolvimento, dentre os quais o Brasil (SPOSITO, 2007).

Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), em 2012 ocorreram 17,5 milhões de óbitos por DCV, dos quais 7,4 milhões foram por doença arterial coronariana (DAC) (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2015).

A DAC caracteriza-se pela insuficiência de irrigação sanguínea no coração por meio das artérias coronárias. Isso ocorre devido a um estreitamento das artérias coronárias (estenose) por conta de placas ateroscleróticas, reduzindo assim o fluxo sanguíneo coronariano e consequentemente diminuindo a chegada do oxigênio ao coração (PINHO et al., 2010).

A aterosclerose é uma doença inflamatória crônica de origem multifatorial que ocorre em resposta à agressão endotelial, acometendo principalmente a túnica íntima de artérias de médio e grande calibre (SPOSITO, 2007).

Em geral, as manifestações clínicas da DAC, como infarto do miocárdio, acidente vascular cerebral e doença vascular periférica, tem início a partir da meia idade (ROMALDINI et al., 2004). No entanto, estudos indicam que o processo aterosclerótico começa a se desenvolver na infância (ROMALDINI et al., 2004) e fatores como o fumo, a obesidade, o *diabetes mellitus*, a hipertensão, os níveis elevados de colesterol, a história familiar de DAC e a falta de exercícios aumentam o risco da doença (PINHO et al., 2010).

O exame padrão para o diagnóstico da DAC é a angiografia coronariana tradicional/invasiva (ROCHA; ASSUMPÇÃO; ARAÚJO, 2012), também chamada de cateterismo cardíaco ou cineangiocoronariografia, que é indicada pelos médicos levando em consideração aspectos clínicos, sexo do paciente, idade e fatores de risco cardiovasculares, bem como fatores socioeconômicos (CHEN; REDBERG, 2000).

Uma angiografia coronariana bem feita depende de um conhecimento profundo da anatomia coronária e de suas variações, e de um protocolo de aquisição sistemática e em sequência das imagens que possibilite a visualização de todos os segmentos coronários, especialmente de áreas de superposição de vasos, bifurcações ou anatomia tortuosa (COSTA; LANSKY; REIBER, 2009). Por isso deve ser realizada por cardiologistas invasivos experientes (MUSTELIER et al., 2011).

Para o exame, geralmente é feito o cateterismo cardíaco esquerdo pela artéria femoral, mas em casos de doença vascular periférica, o acesso pode ser feito pelas artérias radial ou braquial (GUARDADO et al., 2007). O cateterismo induz a um desconforto e necessita de rotina de acompanhamento e cuidado (ONCEL et al., 2007).

Ainda, a aterosclerose é uma doença da parede do vaso, e a angiografia estuda apenas sua luz, diagnosticando lesões obstrutivas pela comparação entre segmentos doentes e segmentos "supostamente" normais (GUIMARÃES, 2003). Muitas vezes, esses segmentos chamados normais, podem exibir o fenômeno de ampliação do vaso, ocorrido durante o processo de aterosclerose, na tentativa de acomodar a placa (remodelamento positivo) (IBANEZ; VILAHUR; BADIMON, 2007) e apenas quando a luz do vaso é comprometida, isso se torna visível na arteriografia radiográfica (COSTA; LANSKY; REIBER, 2009).

No exame, a porcentagem de estenose coronariana superior a 50% comparada com a área do lúmen de referência é considerada critério satisfatório para indicações de intervenção cirúrgica ou percutânea (GUIMARÃES, 2003), dependendo da localização, da composição e da vulnerabilidade da placa aterosclerótica (IBANEZ; VILAHUR; BADIMON, 2007). A descrição da extensão da DAC pode ser uniarterial, biarterial, triarterial ou lesão em tronco da coronária esquerda (CÉSAR, 2004).

Porém, por ser um procedimento invasivo, a angiografia coronariana tradicional tem o potencial de deixar sequelas. Além disso, pelo menos 20% dos procedimentos de diagnóstico por angiografia coronariana tradicional não revelam evidências de DAC obstrutiva (ONCEL et al., 2007).

Outro método diagnóstico tem tido grande relevância clínica após o surgimento dos aparelhos de tomografia computadorizada de múltiplos detectores – TCMD ou *multislice* (ROCHITTE, 2006). Esse fez com que a avaliação cardíaca ganhasse grande impulso e que a angiografia coronariana por TCMD fosse possível (GONZÁLEZ et al., 2008).

A introdução da TC na prática clínica se deu em 1973 com sua aplicação em massa a partir da década de 1980 (ROCHITTE, 2006), mas só em 1998 que foram introduzidos tomógrafos com capacidade de aquisição simultânea através de quatro fileiras de detectores e um tempo de rotação mínimo de 500 ms (RODRIGUES et al., 2006).

Desde então, o desenvolvimento tecnológico nessa área tem sido vertiginoso e, atualmente, já existem disponíveis equipamentos com 256 e até 320 fileiras de detectores (AZEVEDO; ROCHITTE; LIMA, 2012). A evolução é tamanha que ao olharmos para os exames, temos a impressão de haver retirado uma peça do interior do organismo, tal a sua materialidade (GALVÃO, 2000).

A resolução espacial dos atuais aparelhos de TCMD está em $0.4 \times 0.4 \times 0.4$ mm, o que resulta em um voxel isotrópico (com medidas semelhantes em ambos os lados), ainda aquém da resolução espacial da angiografia convencional (0.1 a 0.2mm, com resolução temporal de 8ms) (ROCHITTE, 2006). Mesmo assim, se comparando com os aparelhos anteriores, a TCMD possui maior resolução espacial e temporal (MEIJBOOM et al., 2008), conseguindo abranger todo o volume do coração em 8-9 s (ONCEL et al., 2007), com alta confiabilidade clínica que permite a avaliação de todos os ramos clinicamente relevantes da árvore coronariana além de permitir a definição de estenoses coronárias (MEIJBOOM et al., 2008).

Na prática, a utilização da TC para avaliação da DAC pode se dar de duas formas principais: através da determinação do escore de cálcio (EC) e através da angiotomografia coronariana propriamente dita, que baseia-se na aquisição de uma série de cortes axiais com espessura submilimétrica cobrindo toda a extensão do coração e as imagens são adquiridas de forma sincronizada ao sinal do eletrocardiograma (ECG) (AZEVEDO; ROCHITTE; LIMA, 2012).

Para aquisição das imagens de TC cardiovascular é necessário que o paciente faça pausas respiratórias com duração entre 10 a 15 segundos (aparelho de 64 detectores), tempo que pode variar de acordo com o número de detectores e estão dentro da capacidade da maioria dos pacientes, mesmo aqueles com comprometimento respiratório (MARK et al., 2010).

Também é necessário o monitoramento do eletrocardiograma do paciente, que para angiotomografia, necessita-se que a frequência cardíaca seja a mais próxima possível de 60 batimentos por minuto, sendo muitas vezes necessário o uso de beta-bloqueadores orais ou endovenosos para se atingir esta frequência (ROCHITTE, 2006).

Ainda, assim como na angiografia coronariana tradicional, o exame demanda injeção venosa de contraste iodado, com potencial efeito nefrotóxico e alergênico (RODRIGUES et al., 2006), sendo que o risco de reações dose-dependentes está relacionada com o volume de contraste utilizado (JUCHEM; DALL' AGNOL; MAGALHÃES, 2004).

2 OBJETIVO

A partir de uma revisão bibliográfica, o presente estudo objetiva as principais vantagens e desvantagens do uso da angiografia coronariana com TCMD e da angiografia coronariana tradicional em relação ao diagnóstico da DAC.

3 METODOLOGIA

O levantamento bibliográfico foi realizado nas bases de dados: PubMed e MedLine, além do portal eletrônico de revistas SciELO a partir dos seguintes descritores: *CAD, CCA, MSCT, MDCT, diagnostic accuracy, specificity, sensitivity*, bem como a biblioteca Padre Inocente Radrizzani para consulta de livros pertinentes ao tema.

O período de pesquisa foi de 2000 a 2017.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Anatomia das artérias coronárias

O coração está posicionado obliquamente no tórax. As estruturas septais atriais e ventriculares estão virtualmente alinhadas, porém se encontram inclinadas para frente e para a esquerda em 45 graus em relação a um plano sagital (STANDRING, 2010).

No seu posicionamento no tórax, o coração possui uma face esternocostal (anterior), que compreende o átrio direito, o sulco coronário, o ventrículo direito, uma pequena faixa do ventrículo esquerdo e a aurícula esquerda; uma face diafragmática (inferior), que compreende o átrio direito, o sulco coronário e ambos os ventrículos; e uma base (posterior), que compreende o átrio esquerdo que recebe as quatro veias pulmonares (FAIZ; BLACKBURN; MOFFAT, 2013).

O coração tem quatro câmaras, dois átrios, localizados na parte superior, que são as câmaras receptoras do sangue, e dois ventrículos, inferiores, que são as câmaras ejetoras do sangue (MARIEB; HOEHN, 2008).

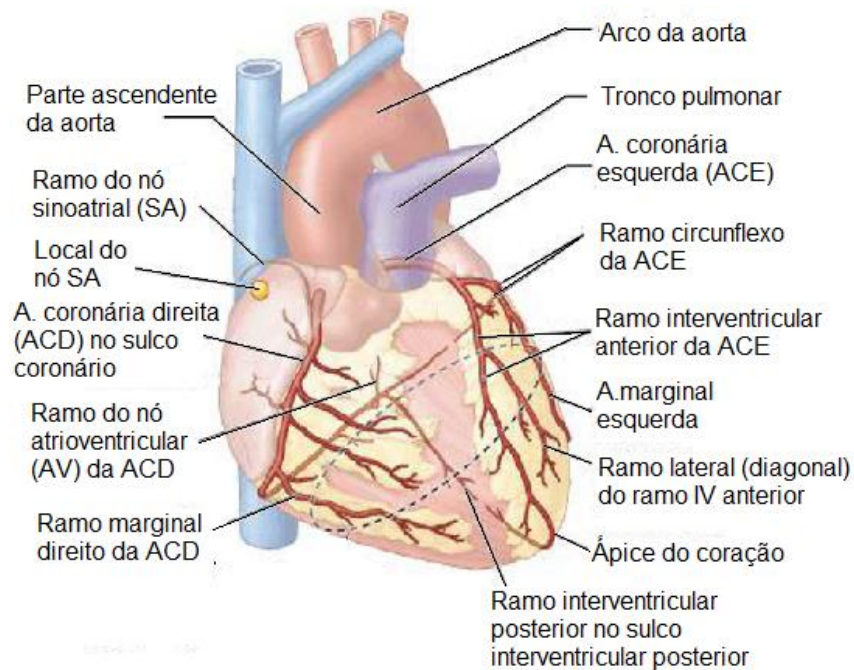
Embora o coração seja quase continuamente preenchido com sangue, esse fornece pouca nutrição ao tecido cardíaco, pois o miocárdio é muito espesso para fazer da difusão um meio prático de entrega de nutrientes, sendo assim, o suprimento cardíaco é feito através da circulação coronariana, que é a circulação mais curta do corpo (MARIEB; HOEHN, 2008).

Para isso, existem os vasos sanguíneos do coração, dos quais compreendem as artérias coronárias e veias cardíacas, que conduzem o sangue que entra e sai da maior parte do miocárdio (MOORE, DALLERY, AGUR, 2014). São integrados ao tecido adiposo, atravessam a superfície do coração logo abaixo do epicárdio e também são afetados pela inervação simpática e parassimpática (MOORE, DALLERY, AGUR, 2014).

As artérias coronárias direita e esquerda originam-se dos seios da aorta correspondentes na região proximal da parte ascendente da aorta, imediatamente superior à valva da aorta, e seguem por lados opostos do tronco pulmonar (Figura 1

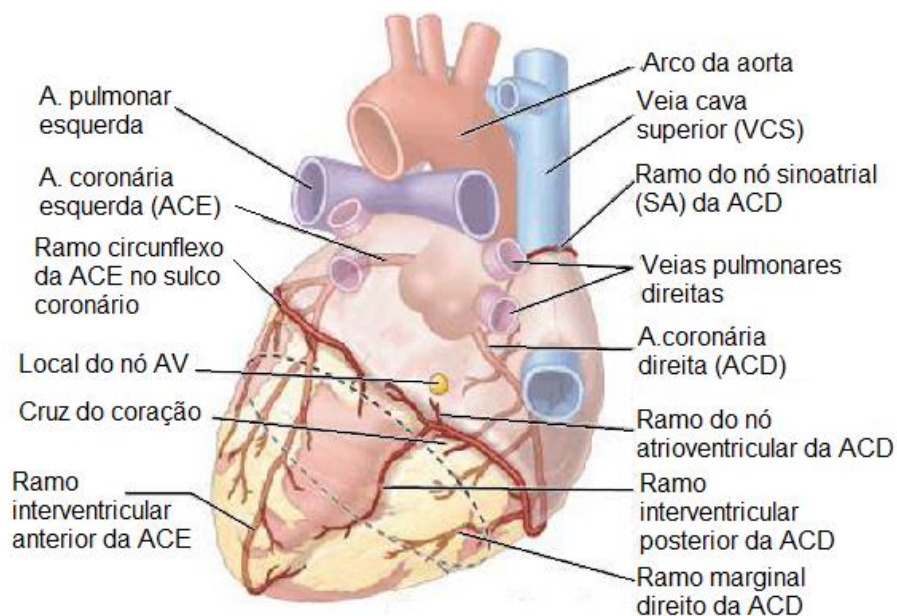
e 2), e tem como função suprir os átrios e os ventrículos com sangue oxigenado (FAIZ; BLACKBURN; MOFFAT, 2013). Elas circulam o coração no sulco coronário, com os ramos marginal e interventricular nos sulcos interventriculares, convergindo em direção ao ápice do coração (DRAKE; VOGL; MITCHELL, 2015).

Figura 1 - Artérias coronárias (vista anterior)



Fonte: (MOORE, DALLERY, AGUR, 2014).

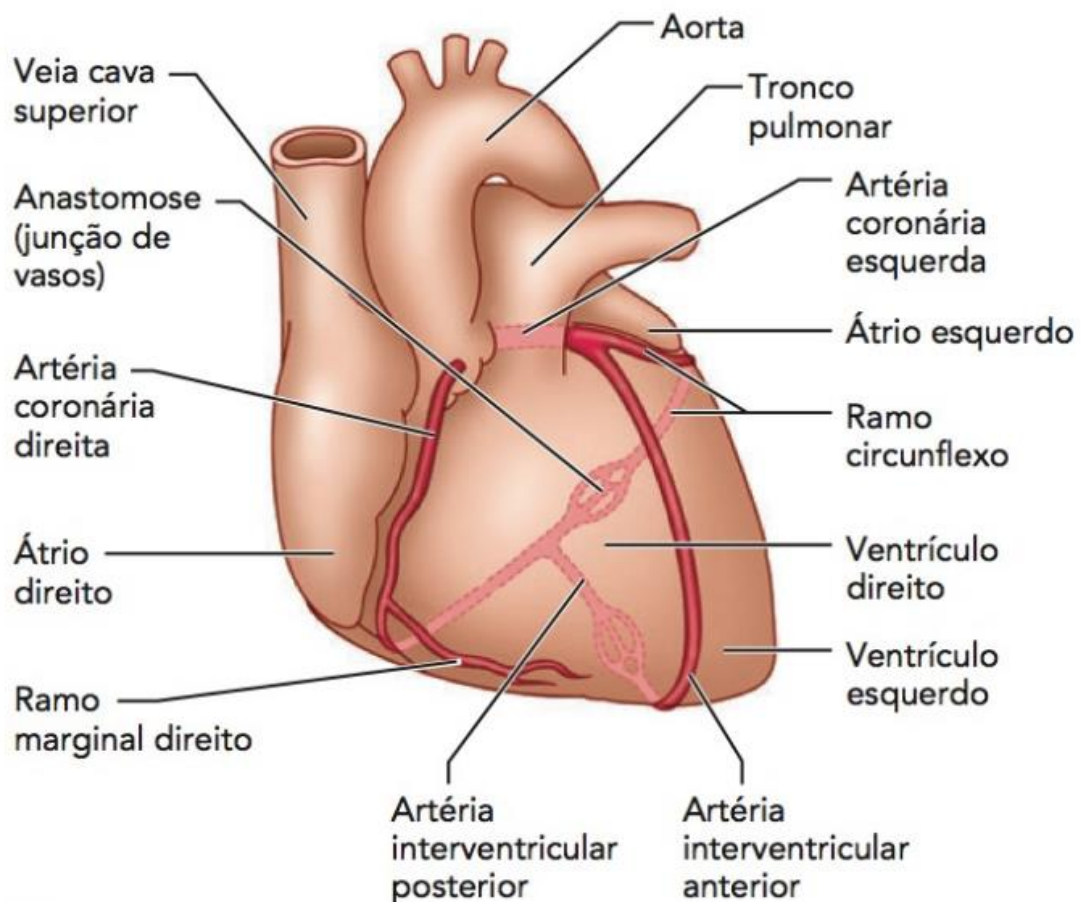
Figura 2 - Artérias coronárias (vista posteroinferior)



Fonte: (MOORE, DALLERY, AGUR, 2014).

A artéria coronária direita (Figura 3) cursa pelo lado direito do coração, onde se divide em dois ramos: o ramo marginal direito e o ramo interventricular posterior. Próximo do ápice do coração, essa artéria se funde (anastomose) com a artéria interventricular anterior (MARIEB; HOEHN, 2008).

Figura 3 - Circulação coronariana, principais artérias (Os vasos com coloração mais clara têm localização mais posterior no coração)



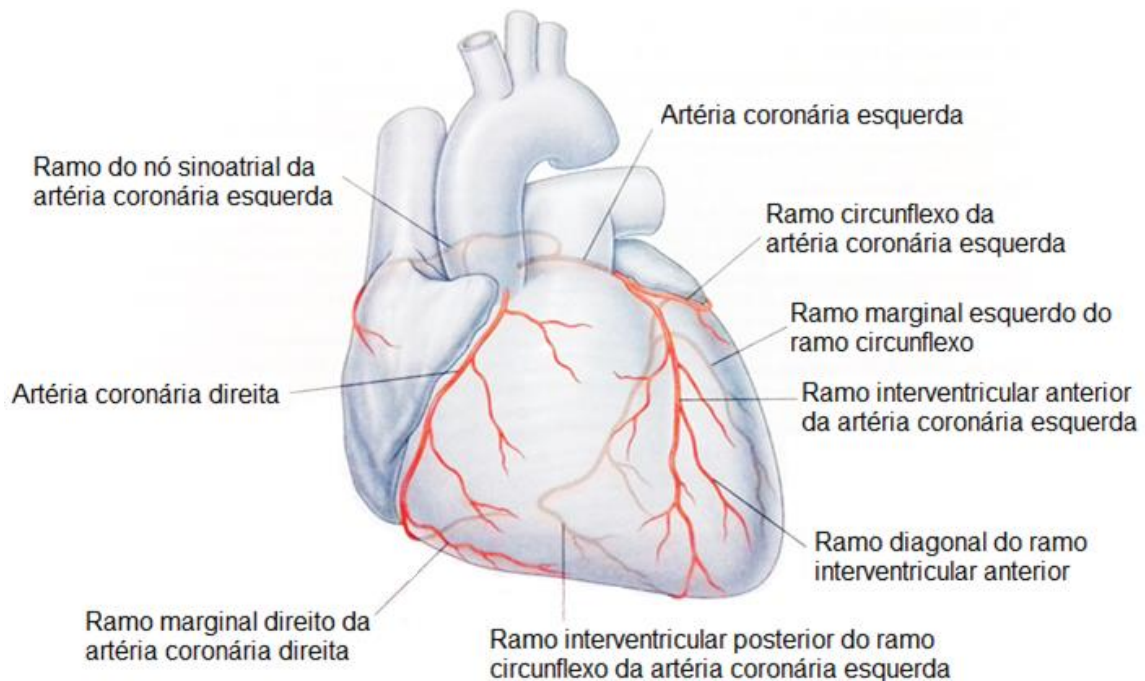
Fonte: (MARIEB; HOEHN, 2008).

Juntos, os ramos da artéria coronária direita suprem: o átrio direito, o ventrículo direito, os nós sinoatrial e atrioventricular, o septo interatrial, uma parte do átrio esquerdo, o terço posteroinferior do septo interventricular e uma porção da parte posterior do ventrículo esquerdo (DRAKE; VOGL; MITCHELL, 2015).

A artéria coronária esquerda segue em direção ao lado esquerdo do coração e se divide em seus ramos principais (Figura 4): o ramo interventricular anterior, o

qual percorre o sulco interventricular anterior e fornece sangue ao septo interventricular e as paredes anteriores de ambos os ventrículos; e o ramo circunflexo, que supre o átrio esquerdo e as paredes posteriores do ventrículo esquerdo (MARIEB; HOEHN, 2008).

Figura 4 - Artérias coronárias, principais artérias e seus ramos



Fonte: (DRAKE; VOGL; MITCHELL, 2015).

4.2 Doença arterial coronariana

A DAC apresenta-se como um relevante problema socioepidemiológico. Segundo a OMS em 2012 foram registrados 7,4 milhões de mortes causadas pela DAC. Atualmente, a doença continua sendo a principal causa de morte em países desenvolvidos (HOCHHEGGER; CORDENONSI, 2013).

A DAC é uma importante manifestação da aterosclerose (KUMAR; ABBAS; ASTER, 2013) e os principais fatores de risco para o desenvolvimento da doença são: hipertensão arterial sistêmica, diabetes mellitus, sedentarismo, tabagismo, dislipidemias, obesidade e fatores genéticos (história familiar) (GUS et al., 2015).

A aterosclerose afeta predominantemente os primeiros centímetros do ramo interventricular anterior e da artéria circunflexa esquerda, ou toda a extensão da artéria coronária direita, mas além de afetar uma das três artérias coronárias epicárdicas, pode ainda afetar todas elas e seus ramos (PORTH; KUNERT, 2004).

A aterosclerose é caracterizada por lesões na íntima chamadas ateromas (ou placas ateromatosas ou ateroscleróticas). Essas placas se caracterizam por lesões elevadas compostas por centro mole e grumoso de lipídios (principalmente colesterol e ésteres de colesterol, com restos necróticos), recobertas por uma cápsula fibrosa (KUMAR; ABBAS; ASTER, 2013).

Há dois tipos de lesão aterosclerótica: as placas fixas ou estáveis, que obstruem o fluxo sanguíneo e contribuem para angina estável; e as placas instáveis ou vulneráveis, que podem se romper (espontaneamente ou desencadeada por fatores hemodinâmicos, como fluxo sanguíneo ou tensão do vaso), causando a aderência das plaquetas e formação do trombo, que contribuem para a angina instável e o infarto do miocárdio (PORTH; KUNERT, 2004).

Em geral, as manifestações clínicas da DAC, como infarto do miocárdio, acidente vascular cerebral e doença vascular periférica, têm início a partir da meia idade, porém os processos ateroscleróticos começam a se desenvolver na infância (ROMALDINI et al., 2004).

Segundo Kumar, Abbas e Aster (2013), a aterosclerose é produzida pelos seguintes eventos patogênicos:

- Lesão endotelial – e consequentemente disfunção endotelial causando aumento da permeabilidade, adesão leucocitária e trombose
- Acúmulo de lipoproteínas (principalmente LDL oxidada e cristais de colesterol na parede dos vasos)
- Adesão plaquetária
- Adesão de monócitos ao endotélio, migração para a íntima e diferenciação em macrófagos e células espumosas
- Acúmulo de lipídios no interior dos macrófagos e células espumosas

- Acúmulo de lipídios no interior dos macrófagos, com liberação de citocinas inflamatórias
- Recrutamento de células musculares lisas devido aos fatores liberados pela ativação de plaquetas, macrófagos e células da parede vascular
- Proliferação de células musculares lisas e produção de músculo estriado cardíaco (MEC)

A partir dessa disfunção endotelial, ocorrem mudanças prejudiciais à biologia vascular, incluindo a diminuição da biodisponibilidade de óxido nítrico (NO), aumento da formação de radicais livres (RL) e aumento da atividade endotelial. O que pode levar a uma capacidade vasodilatadora prejudicada (PINHO et al., 2010) e tem influência direta no curso clínico desta e de outras doenças cardiovasculares, como hipertensão arterial e insuficiência cardíaca (CHEQUER et al., 2006).

A oclusão de uma grande artéria coronária levará a uma oxigenação inadequada de uma área do miocárdio e à morte celular, sendo que a gravidade do problema estará relacionada ao tamanho e localização da artéria envolvida, se a oclusão é ou não completa, e se os vasos colaterais estão ou não proporcionando a perfusão ao território a partir de outros vasos (DRAKE; VOGL; MITCHELL, 2015).

4.3 Aspectos gerais da angiografia

O estudo angiográfico corresponde à injeção de contraste para dentro do sistema vascular sendo visualizado com a utilização de raios X (MET et al., 2009). O acesso pode ser realizado pelas artérias femoral, radial ou braquial (GUARDADO et al., 2007), pelas técnicas de Seldinger (BUSHONG, 2010), Judkins ou Sones (ROSSATO et al., 2007).

Antes de começar a angiografia, uma história médica deve ser obtida, incluindo questões para avaliar a capacidade do paciente para tolerar a injeção de meio de contraste (p. ex., história alérgica, estado cardíaco/pulmonar e função renal), acrescentando ainda a história medicamentosa, pois caso o paciente utilize anticoagulante causará hemorragia excessiva durante e após o procedimento (BONTRAGER; LAMPIGNANO, 2005).

Após o cateterismo e a injeção de contraste no sistema vascular do paciente, utiliza-se um equipamento de imagem digital de alta qualidade, para a aquisição das imagens em tempo real, condição essencial para o julgamento diagnóstico adequado, bem como para a otimização do resultado da intervenção (SAAD; GARCIA; GUIMARÃES, 2004)

Figura 5 - Categorização das complicações e sua gravidade na angiografia coronariana tradicional

Alérgica:	1. Leve: manifestações de pele 2. Moderada: hipotensão, broncoespasmo reversível 3. Importante: situações anteriores que evoluíram para choque e/ou óbito
Isquêmica	1. Leve: angina controlada c/ nitrato 2. Moderada: angina intensa e/ou evolui p/ edema agudo de pulmão ou baixo débito cardíaco 3. Importante: revascularização de urgência, infarto ou óbito
Vascular	1. Leve: hematoma ou sangramento pequeno, espasmo arterial 2. Moderada: hematoma ou sangramento moderado, necessidade de reintervenção, espasmo arterial que necessitou intervenção 3. Importante: hematoma grande, sangramento intenso ou oclusão arterial com necessidade de cirurgia
Arritmica	1. Leve: taquiarritmia supraventricular, extrassístolia ventricular ou bradicardia sinusal 2. Moderada: taquicardia ou fibrilação ventricular, assistolia prolongada 3. Importante: necessidade de cardioversão elétrica e/ou marca-passo
Vagal	1. Leve: náuseas, vômitos, sudorese ou palidez 2. Moderada: bradiarritmia, hipotensão c/ necessidade de volume e/ou medicação 3. Importante: quadro anterior que evolui para edema agudo de pulmão, infarto do miocárdio ou assistolia
Pirrogênica	1. Leve: hipertermia 2. Moderada: bacteremia (hipertermia, cianose, calafrios e tremores) 3. Importante: hipertermia com hipotensão ou choque
Neurológica	1. Leve: sonolência, diplopia, tontura 2. Moderada: manifestações parcialmente reversíveis 3. Importante: manifestações irreversíveis
Embólica	1. Leve: embolia periférica sem repercussão 2. Moderada: embolia periférica ou central reversível 3. Importante: embolia irreversível, óbito
Congestiva	1. Leve: Killip I 2. Moderada: Killip II 3. Importante: EAP, choque cardiogênico

EAP = Edema Agudo de Pulmão.

Fonte: (ROSSATO et al., 2007).

Segundo Bontrager e Lampignano (2005), uma sala de angiografia é maior do que as salas de radiografias convencionais. A sala de angiografia apresenta uma área de limpeza com pia e material para escovação e uma sala de espera para o paciente, com saídas de oxigênio e sucção. O equipamento geralmente é montado com dois tubos de raios X junto com o sistema fluoroscópico acoplado em um arco

em C ou U, que pode realizar movimentos de rotação e oblíquos, proporcionando flexibilidade para trabalhar com projeções em pósterio-anterior, laterais e oblíquas (CANEVARO, 2007).

Após o procedimento angiográfico, os pacientes são monitorados até por quatro horas e podem manter-se internados caso haja alguma complicação hospitalar (NASCIMENTO et al., 2006). As complicações (Figura 5) podem ser graduadas conforme sua gravidade e classificadas em nove categorias: alérgica, isquêmica, vascular, arritmica, vaso-vagal, pirogênica, neurológica, embólica e congestiva (ROSSATO et al., 2007).

4.3.1 Angiografia coronariana tradicional

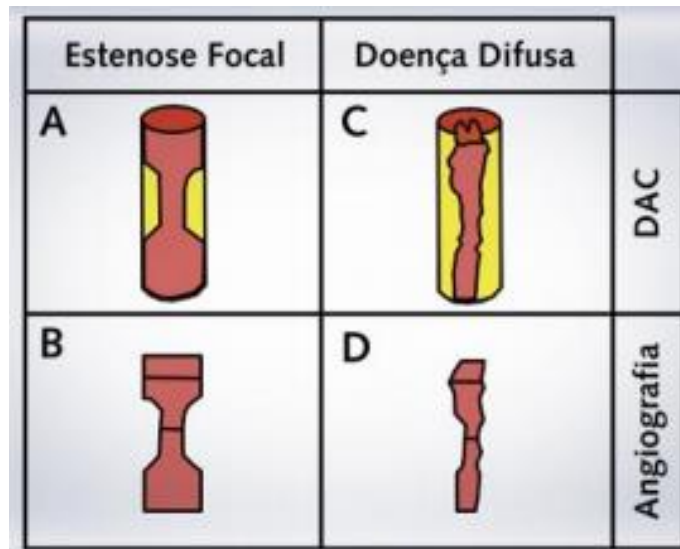
A angiografia coronariana tradicional tem sido, nas últimas décadas, o principal método de imagem na avaliação das lesões das artérias coronárias (SILVEIRA, 2002), porém apresenta limitações significativas, pois permite a avaliação do lúmen do vaso, mas não avalia as suas paredes, proporcionando um diagnóstico sugestivo (ALBUQUERQUE et al., 2004).

A angiografia coronariana tem o objetivo de definir a presença de lesões obstrutivas graves (estenoses > 50% a 70%), a extensão do envolvimento arterial da doença, ou seja, o número de vasos com estenose (classificando-os como uni-, bi-, ou tri-arterial) e o estado da função sistólica do ventrículo (LIMA, 2007). O conhecimento destas informações permite estimar o prognóstico e definir se, além do tratamento clínico da doença, há necessidade de procedimento de revascularização miocárdica (angioplastia ou cirurgia) (LIMA, 2007).

O grau de estreitamento das lesões é determinado pela comparação visual entre o segmento da lesão com o segmento supostamente “normal” distal ou proximal (LOSCALZO, 2014). Entretanto, em muitos pacientes, a DAC se apresenta de forma difusa (figura 6- C), e não de forma focal (figura 6 – A), fazendo com que a avaliação de segmentos referenciais “normais” não sejam verdadeiramente normais, e que a lesão mais acentuada seja subestimada (SILVEIRA, 2002).

Há também um mecanismo chamado de “fenômeno de remodelamento” (figura 7) causada pela permanência da resposta inflamatória e consequentemente enfraquecimento da parede arterial (BERTINI, 2003).

Figura 6 - Limitações da angiografia na DAC difusa. Nos quadros C e D a angiografia subestima a severidade da estenose.



Fonte: (SILVEIRA, 2002).

O remodelamento positivo retarda o início da perda luminal secundária à aterosclerose, por causa da expansão do vaso que contém a placa e relaciona-se muitas vezes com a vulnerabilidade da placa e síndromes isquêmicas agudas (CAIXETA et al., 2004). Por outro lado, o remodelamento negativo pode contribuir — às custas do encolhimento do vaso — para o desenvolvimento de estenose coronariana localizada e pode ser associada a placa estável (CAIXETA et al., 2004).

Um estudo feito por Fattah et al. (2013) avaliando as placas ateroscleróticas nos vasos com remodelamento positivo e negativo, chegou a conclusão de que no remodelamento positivo as placas tinham morfologia mais compatível com placa vulnerável, das quais 56% apresentavam capa fibrótica fina, enquanto no remodelamento negativo as placas possuíam aparência mais estável, em que 64% tinham espessamento patológico da íntima sem nenhuma evidência de fibroateroma com capa fibrótica fina.

Figura 7 - Remodelamento positivo e estágios da DAC



Fonte: (SILVEIRA, 2002).

Por ser um procedimento invasivo, a angiografia coronariana tradicional tem uma incidência de 0,37% de reações alérgicas ao uso do contraste, a cateterização cardíaca tem uma taxa de complicação importante de 1,7%, incluindo a mortalidade em 0,11%, enfarte do miocárdio e, 0,05%, complicações neurológicas em 0,07% e complicações hemodinâmicas em 0,26% dos casos (ZANZONICO; ROTHENBERG; STRAUSS, 2006).

Ainda, pelo menos 20% dos procedimentos de diagnóstico por angiografia coronariana tradicional não revelam evidências de DAC obstrutiva (ONCEL et al., 2007) e aproximadamente 40% dos pacientes examinados possuem lesões angiograficamente insignificantes (RODRIGUEZ-GRANILLO; CAMPISI; CARRASCOSA, 2016).

Tabela 1 – Valor do exame de angiografia coronariana tradicional

Hospitais/Clínicas	Preço do Exame (R\$)
Hospital Albert Einstein	5.553,83
Hospital Bandeirantes	2.900,00
Hospital Alemão Oswaldo Cruz	6.300,00
Fleury	Não realizam
Delboni	Não realizam
Hospital Nipo Brasileiro	5.393,00
Média de preço	R\$ 5.036,71

Uma pesquisa feita nos principais locais que realizam a angiografia coronariana tradicional em São Paulo (tabela 1) demonstra que o preço do exame

pode chegar a uma média de R\$ 5.036,71, incluso o anestesista, o radiologista e o uso da sala de hemodinâmica.

4.4 Aspectos gerais da Tomografia computadorizada

A TC surgiu como método de diagnóstico na década de 70, pelo engenheiro eletrônico Sir Godfrey N. Hounsfield (COSTA, 2009). Desde sua invenção os sistemas já evoluíram algumas gerações, na qual a diferença entre cada geração está primeiramente relacionada com o número e forma de arranjo dos detectores (BONTRAGER; LAMPIGNANO, 2005).

O termo radiográfico tomografia deriva da palavra grega *tomos*, que significa “cortes”, onde se faz imagens de cortes anatômicos nos planos axial, sagital ou coronal, usando um computador complexo e um sistema mecânico de imagem (BONTRAGER; LAMPIGNANO, 2005).

O princípio básico da TCMD é baseado na emissão de um feixe de raios-X no formato de hélice que passa pelo corpo por diversos ângulos (PANNU et al., 2003). A projeção destes raios é coletada por detectores na outra ponta do aparelho e estas informações são transformadas em pontos digitais, onde, cada um destes pontos é medido a partir de uma unidade de referência denominada unidade de Hounsfield (HU), sendo preconizado o valor 0 HU para água, -1000 HU para o ar e +1000 HU para o osso cortical (ROCHITTE, 2006). Assim, baseado nesta escala de 2000 valores distintos, é possível se definir a densidade dos diferentes tecidos atingidos pelos raios-X (ROCHITTE, 2006).

De acordo com a densidade, Costa (2009) diz que as imagens podem ser classificadas como:

- Hiperdenso - Alto número atômico (osso, contraste).
- Isodenso - Escala média na densidade (água e tecidos moles).
- Hipodenso - Baixa densidade da estrutura (gordura, ar).

Os sistemas de TC possuem três componentes básicos – o *gantry*, (que contém o tubo de raios X, o arco de detectores e os colimadores), o computador e o

console do operador (BONTRAGER; LAMPIGNANO, 2005), que é utilizado pelo técnico em radiologia na operação do equipamento (BUSHONG, 2010).

O interior do *gantry* é circular onde a mesa com o paciente fica disposta no seu isocentro (COSTA, 2009). Todo o conjunto do *gantry* gira em volta do paciente para obter uma imagem ou corte, sabendo-se que o tubo e detectores ficam posicionados em lados opostos (COSTA, 2009).

O tubo de raios X é semelhante ao tubo de radiologia geral na sua construção e operação (BONTRAGER; LAMPIGNANO, 2005). Os raios X são uma forma de energia eletromagnética que se propaga através do espaço e que é absorvida ou dispersa por interações com átomos (LEE et al., 2008).

No lado oposto, já mencionado, está localizada uma série de detectores que transformam a radiação em um sinal elétrico que é convertido em imagem digital (JÚNIOR; YAMASHITA, 2001).

A TC usa dois colimadores – pré-paciente (no tubo de raios X) e pós-paciente (no detector) – o qual determina a espessura do corte. (BONTRAGER; LAMPIGNANO, 2005). A colimação adequada reduz a dose para o paciente por restringir o volume de tecido irradiado (BUSHONG, 2010).

A matriz de apresentação da imagem digital é composta por linhas e colunas de pequenos blocos chamados elementos de figura (BONTRAGER; LAMPIGNANO, 2005). As matrizes utilizadas nos equipamentos atuais são 256x256, 320x320, 512x512 e 1024x1024 pixel (COSTA, 2009). A quantidade de pixels na imagem tomográfica representa a resolução de cada ponto da estrutura estudada (COSTA, 2009) sendo, portanto, a representação bidimensional de um volume de tecido correspondente, o voxel (BUSHONG, 2010).

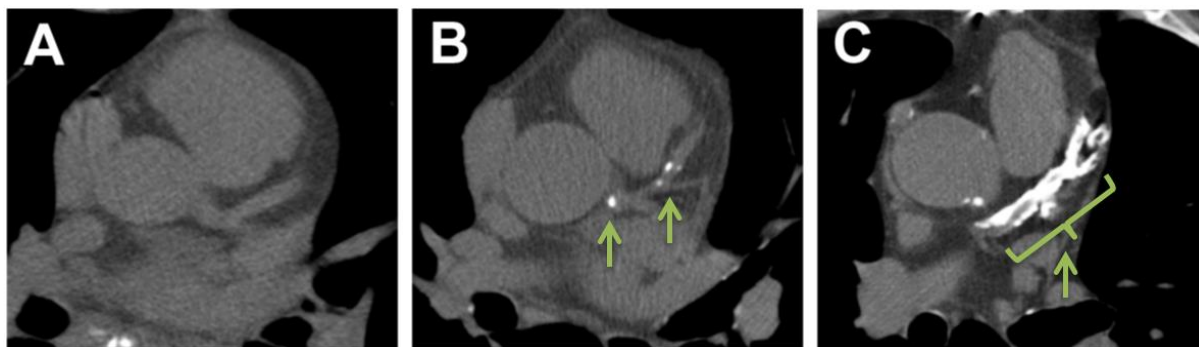
Quanto maior o número de pixels numa matriz, melhor é a sua resolução espacial, o que permite melhor diferenciação espacial entre as estruturas (COSTA, 2009). Na melhor das hipóteses, a resolução espacial da TCMD volumétrica é de $0,4 \times 0,4 \times 0,4 \text{ mm}^3$, enquanto a resolução da angiografia radiológica convencional é da ordem de $0,2 \times 0,2 \text{ mm}^3$ (LEE et al., 2008).

A revolução representa um giro de 360° do conjunto tubo-detector em volta do paciente; *Pitch* é a razão entre o deslocamento da mesa, multiplicado pela rotação do tubo dividido pela espessura de corte (COSTA, 2009) e resolução temporal determina a rapidez com que podem ser registrados sinais que se modificam rapidamente (LEE et al., 2008).

4.4.1 Angiografia por tomografia computadorizada de múltiplos detectores

A utilização da TC para avaliação da DAC pode se dar de duas formas principais: através da determinação do EC coronariano (figura 8), que antes da TCMD era feito por TC por emissão de feixes de elétrons (*Electron-beam computed tomography*), e através da angiotomografia coronariana propriamente dita (figura 9) (AZEVEDO; ROCHITTE; LIMA, 2012).

Figura 8 - Imagens ilustrativas do escore de cálcio coronariano de três pacientes com graus crescentes de calcificação no território da artéria descendente anterior: A. ausência de calcificação; B. calcificação leve; C. calcificação acentuada.

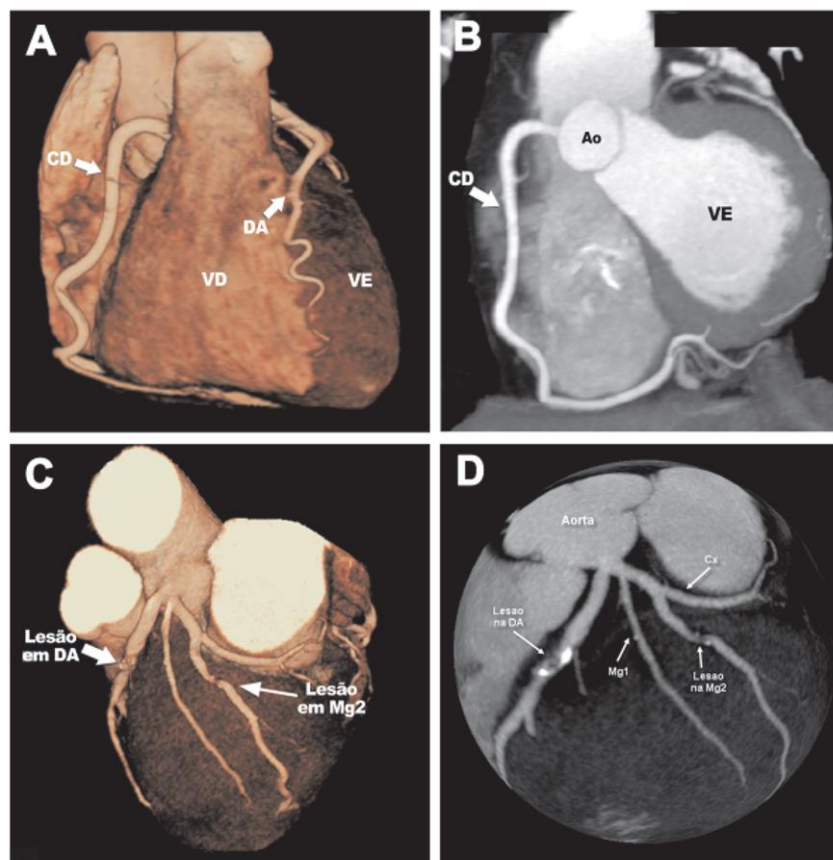


Fonte: (AZEVEDO; ROCHITTE; LIMA, 2012).

A angiotomografia só se tornou possível com o advento dos aparelhos de TCMD no final da década de 1990 (AZEVEDO; ROCHITTE; LIMA, 2012), e a primeira grande tentativa de delinear indicações clínicas apropriadas para TC cardíaca foi publicada pela *American College of Cardiology Foundation*, juntamente com sociedades especialistas e subespecialistas (NIEMAN et al., 2001; SCHOEPP et al., 2007; VILES-GONZALEZ, 2004).

Tornou-se uma técnica de diagnóstico não invasivo importante na imagem cardíaca (VOGL et al., 2002), pois assim como na angiografia coronariana tradicional, consegue avaliar corretamente a extensão da DAC (GHOSTINE et al., 2008), apresentando excelente acurácia para identificar ou excluir a presença de lesões obstrutivas significativas, e proporcionando valiosas informações prognósticas sobre o risco cardiovascular (MARK et al., 2010).

Figura 9 - Imagens ilustrativas de dois pacientes que foram submetidos à angiotomografia coronariana. No primeiro paciente, a angiotomografia foi inteiramente normal, excluindo a presença de DAC significativa (A e B). Já no segundo paciente, o exame evidenciou duas lesões obstrutivas significativas, uma no final do terço proximal da artéria descendente anterior e outra no terço médio do segundo ramo marginal da artéria circunflexa (C e D).



Fonte: (AZEVEDO; ROCHITTE; LIMA, 2012).

Mesmo que a aplicação clínica tenha sido possível a partir dos aparelhos com 16 canais, os exames de angiografia coronariana exigem o uso de aparelhos com 64

ou mais canais, principalmente devido á sua maior cobertura longitudinal e melhor resolução espacial e temporal (AZEVEDO; ROCHITTE; LIMA, 2012).

Os aparelhos com duas fontes simultâneas de raio-X com 64 detectores para cada tubo gerador chegam a uma resolução espacial de 83 ms, muito próximo da resolução ideal de 50 ms para se “congelar” a imagem cardíaca independente do número de batimentos por minuto (ROCHITTE, 2006).

A angiotomografia coronariana baseia-se na aquisição de uma série de cortes axiais com espessura submilimétrica cobrindo toda a extensão do coração e as imagens são sincronizadas ao sinal do ECG. Esse podendo ser do tipo prospectivo sequencial ou retrospectivo helicoidal (AZEVEDO; ROCHITTE; LIMA, 2012).

No método retrospectivo (figura 10) os dados volumétricos de TC são adquiridos ao longo de todo o ciclo cardíaco durante dados simultâneos do sinal de ECG (SUN, 2010). Esse método tem como vantagem a capacidade de ordenar os pontos de referência de ECG para o ajuste de dados obtidos durante um ritmo cardíaco irregular, porém há a desvantagem de uma dose maior de radiação (ROBERTS; BAX; DAVIES, 2008).

Ao contrário do método retrospectivo, o método prospectivo (figura 10) de ECG permite a aquisição de dados através do giro seletivo do tubo de raios X apenas na fase selecionada, desencadeada pelo sinal ECG e desligada durante o resto do ciclo R-R (SUN, 2010), técnica também chamada de *step-and-shot* (BRAGHINI; SETTI; SCHNEIDER JUNIOR, 2014).

A vantagem deste método é a velocidade da varredura e a redução na dose de radiação; porém a variação da frequência cardíaca implica na aquisição de dados em diferentes pontos durante o ciclo cardíaco resultando em artefatos, registro incorreto e baixa resolução (ROBERTS; BAX; DAVIES, 2008).

Em um estudo feito por Braghini, Setti e Schneider Junior (2014), 30 pacientes com faixa etária entre 44 e 85 anos, distribuídos em dois grupos de 15 pessoas cada um, foram submetidos à angiografia coronariana por TCMD de 64 detectores, sendo que em um grupo foi realizado o exame sob o método prospectivo e em outro método retrospectivo para avaliar a diferença na dose de radiação.

O modo de aquisição prospectiva do ECG apresentou uma dose efetiva média de 6,8426 mSv, contra 24,2713 mSv para o modo retrospectivo. O desvio padrão dos resultados observados apresentou um aumento da dose quase seis vezes maior nos pacientes submetidos ao método retrospectivo (BRAGHINI; SETTI; SCHNEIDER JUNIOR, 2014).

Figura 10 - Esquema de ECG: Retrospectivo e Prospectivo



Fonte: (BRAGHINI; SETTI; SCHNEIDER JUNIOR, 2014).

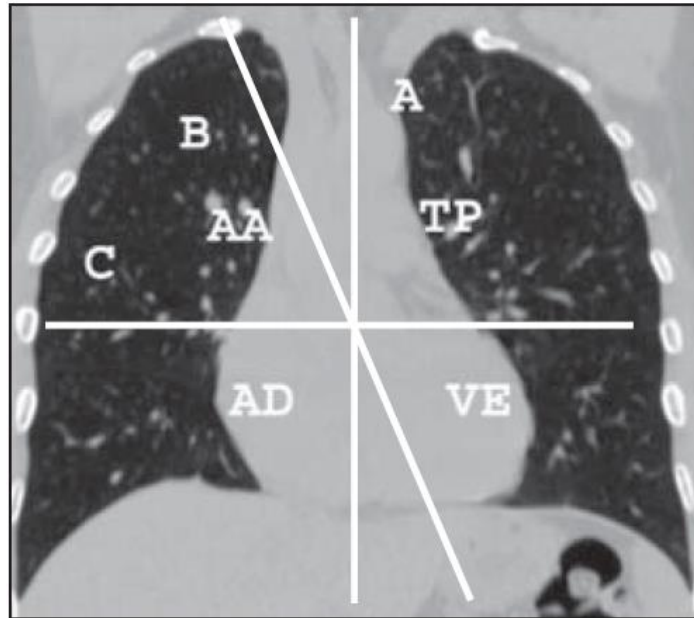
Em outro estudo, Gerber e colaboradores (2009) , também utilizando uma TCMD de 64 detectores, dizem que a quantidade de radiação de uma aquisição retrospectiva com modulação de dose situa-se em torno de 9,0 mSv, a dose efetiva de uma aquisição prospectiva gira em torno de 3,0 mSv.

No exame, as imagens das artérias coronárias são adquiridas em projeção axial neutra e o coração é estudado no seu plano oblíquo, porque o eixo do corpo (A) é perpendicular ao *gantry* do tomógrafo (C) então, o eixo cardíaco (B) na cavidade torácica é orientado obliquamente (figura 11) (ANDRADE, 2006).

Para melhor visualização das artérias, é utilizado cerca de 80 -120 ml de meio de contraste (ROCHITTE, 2006), sendo, a quantidade, 25% menor que a da angiografia coronariana tradicional (BRATS, 2008). Na tomografia o contraste é dividido entre alta e baixa osmolalidade em relação ao sangue e também em iônicos e não iônico, onde os contrastes com alta osmolalidade tem maior propensão a causarem reações adversas e não são utilizados de rotina nos exames de tomografia coronária, e os contrastes não iônicos causam menores efeitos adversos,

sendo o custo o principal fator limitante ao uso indiscriminado dos mesmos (ROCHITTE, 2006).

Figura 11 - Posição do coração na cavidade torácica e eixos. (AA, aorta ascendente; TP, tronco pulmonar; VE, ventrículo esquerdo; AD, átrio direito).



Fonte: (ANDRADE, 2006).

Além disso, dois tipos de movimentos, respiratório e cardíaco, devem ser controlados durante a TC de imagens das artérias coronárias. Muitas vezes um TCMD de 64 detectores necessita de um tempo de apneia de 10 a 15 segundos (tempo que pode ser mais curto em TC de 128 ou mais detectores), e estão dentro da capacidade da maioria dos pacientes, mesmo naqueles com comprometimento respiratório (MARK et al., 2010).

O controle da frequência cardíaca normalmente é feito por betabloqueadores, que retardam o movimento, e com uma frequência cardíaca lenta, entre 50 a 65 batimentos por minuto, o ECG pode ser utilizado para selecionar (retrospectivamente) a porção do ciclo cardíaco em que o movimento do segmento coronário esteja no mínimo (MARK et al., 2010).

De acordo com a *American College of Radiology – 2006* (JACOBS et al., 2006), este exame é indicado para pacientes com:

- dor torácica atípica e inexplicada, com possibilidade de ser originada de alterações na artéria coronária;
- dor torácica atípica e inexplicada, com predisposição baixa ou intermediária à doença arterial coronariana baseada no sexo, idade e fatores de risco;
- dor torácica típica e atípica com teste de esforço e achados eletrocardiográficos normais ou alterados;
- dor torácica aguda e inexplicada em episódio agudo sem história clínica prévia de doença arterial coronariana. Pode ser utilizada em uma rápida triagem para avaliar a presença de doença arterial coronariana e excluir embolia pulmonar e dissecção da aorta;
- *by-pass* coronariano e que tenham sintomas novos e recorrentes de dor no peito

Em pacientes sintomáticos com probabilidade pré-teste intermediária para DAC, a angiografia coronariana por TCMD é a primeira escolha de investigação diagnóstica (MATSUMOTO et al., 2010). Uma angiografia por TCMD normal e uma contagem de cálcio negativa podem afastar cateterização cardíaca invasiva em uma porcentagem significativa de pacientes (BUDOFF et al.; MOWATT et al., 2008), e selecionar previamente os pacientes que necessitam de algum procedimento invasivo (ROCHA; ASSUMPÇÃO; ARAÚJO, 2012).

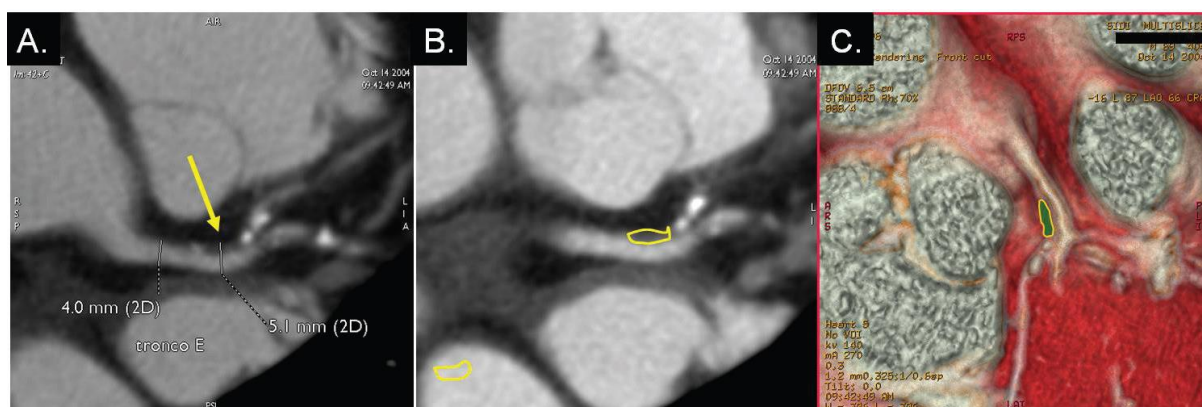
Porém, a angiografia por TCMD não é recomendada para pacientes que se apresentam à emergência com síndrome coronariana aguda e características de alto risco (HOCHHEGGER; CORDENONSI, 2013). Esses pacientes beneficiam-se de uma estratégia invasiva com cateterização cardíaca imediata e revascularização (BRAUNWALD et al., 2002). O risco baixo a intermediário precisa de estratificação adicional, geralmente necessitando de administração desses pacientes ao hospital para exclusão ou confirmação de um diagnóstico (HOCHHEGGER; CORDENONSI, 2013).

As limitações da angiografia coronariana por TCMD estão relacionadas somente a dose de radiação e a necessidade de injeção de contraste intravenoso (SERRA et al., 2009) porém, o exame com o contraste tem mostrado o seu potencial

para visualizar a parede da artéria coronária e delinear placas ateroscleróticas calcificadas e não calcificadas (KOPP et al., 2001).

No caso do remodelamento positivo, que pode subestimar a presença da DAC pela angiografia coronariana tradicional, esta pode ser claramente visualizada por uma TCMD (figura 12).

Figura 12 - Remodelamento positivo - TC. Em A, avaliação da artéria coronária principal esquerda, identifica-se a remodelação positiva (medida na figura), com placas parcialmente calcificadas. Em B, volume de placa mole para avaliação das densidades. Em C, reconstrução 3D.



Fonte: (HOCHHEGGER; CORDENONSI, 2013).

O uso de angiografia por TC como exame de primeira linha para a avaliação de dor torácica na emergência está atualmente sendo explorado, mas já se sabe que o exame pode desempenhar um papel na detecção de doença coronariana obstrutiva em pacientes que podem ser inadvertidamente liberados da emergência (HOCHHEGGER; CORDENONSI, 2013).

Isso porque, a alta resolução espacial e temporal da TCMD permite que seja revelado tanto causas cardíacas quanto não cardíacas de dor torácica e possibilita exclusão de diagnósticos alternativos de doenças potencialmente fatais, tais como embolia pulmonar e dissecção aórtica (RUSSO et al., 2007).

Uma pesquisa feita nos principais locais que realizam a angiografia coronariana por TCMD em São Paulo (tabela 2) demonstra que o preço do exame pode chegar a uma média de R\$ 1.908,07, incluso o kit do meio de contraste.

Tabela 2 – Valor do exame de angiografia coronariana por TCMD

Hospitais/Clínicas	Preço do Exame (R\$)
Hospital Albert Einstein	3.017,07
Hospital Bandeirantes	980,00
Hospital Alemão Oswaldo Cruz	1.458,00
Fleury	2.706,00
Delboni	1.420,00
Hospital Nipo Brasileiro	1.867,33
Média de preço	R\$ 1.908,07

4.5 Principais pesquisas comparativas entre angiografia coronariana tradicional e angiografia coronariana por TCMD

Stein et al. (2008), fez um levantamento na PubMed até o final de 2007 e avaliou os estudos unicêntricos realizados utilizando aparelhos de TC de 64 canais comparando com a angiografia coronária invasiva, chegando a uma sensibilidade média para identificar a presença da DAC significativa ($\geq 50\%$ de estenose) de 98% e especificidade média de 88%. A prevalência média de DAC significativa nesses estudos foi de 61% e o VPP de 93% e VPN de 96%.

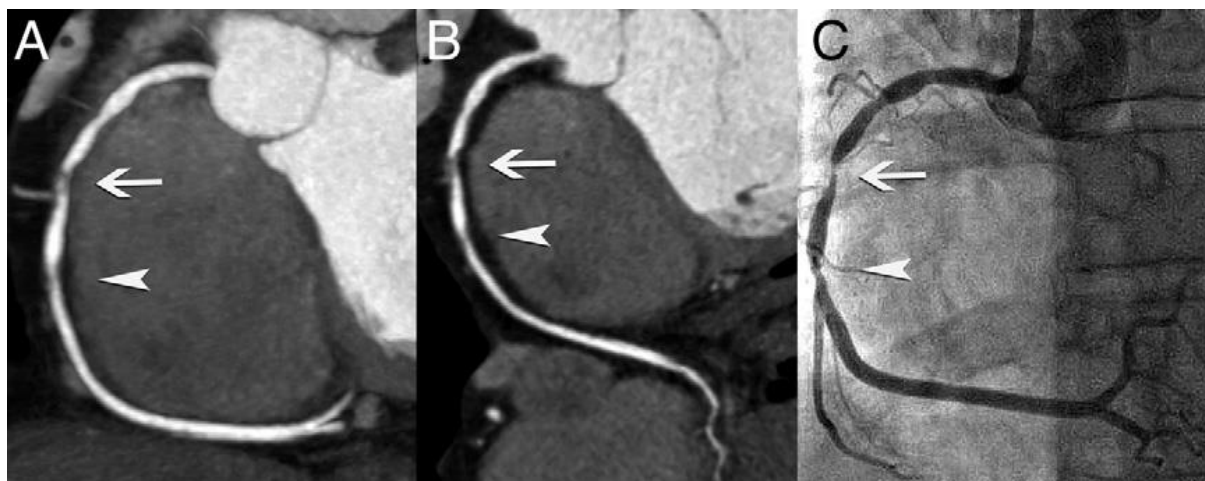
No estudo multicêntrico ACCURACY realizado nos Estados Unidos, foram avaliados através de uma TC de 64 detectores, 230 pacientes (59,1% homens, média de 57 ± 10 anos) com dor torácica e sem DAC, encaminhados para angiografia coronariana invasiva (BUDOFF et al., 2008).

A prevalência de DAC significativa foi de 25% para estenoses $\geq 50\%$ e de apenas 14% para estenoses $\geq 70\%$. A sensibilidade foi de 94% ou 95%, dependendo do limiar escolhido para definir a presença de DAC significativa, a especificidade foi de 82%, o VPN foi de 99%, tanto para o limiar de 50% como para o de 70%, e o VPP foi de apenas 48% considerando-se o limiar de 70%, e de 64% considerando-se o de 50% (BUDOFF et al., 2008).

Outro estudo multicêntrico realizado em três hospitais universitários holandeses, 360 pacientes com indicação de coronariografia invasiva foram avaliados por um TCMD de 64 detectores, e a prevalência de DAC significativa foi de 68%, a sensibilidade e a especificidade foram de 100% e de 64%, respectivamente, o VPP foi de 86% e o VPN foi de 97% (MEIJBOOM et al., 2008).

Em seu estudo, Meijboom et al. (2008) relata que a performance diagnóstica da angiografia coronariana por TCMD para detectar significativamente a estenose é ótima, chegando a identificar a estenose corretamente de 99% dos pacientes com DAC significativa anteriormente diagnosticados pela angiografia coronariana tradicional (figura 13).

Figura 13. Artéria coronária direita com DAC significativa. (A) Imagem de TCMD projetada com intensidade máxima mostrando a anatomia da artéria coronária direita. **(B)** Reconstrução multiplanar mostrando uma estenose coronariana significativa (seta) na artéria coronária direita média e uma estenose coronariana intermediária na artéria coronária direita distal (ponta da flecha), ambas corroboradas pela angiografia coronariana convencional **(C)**.

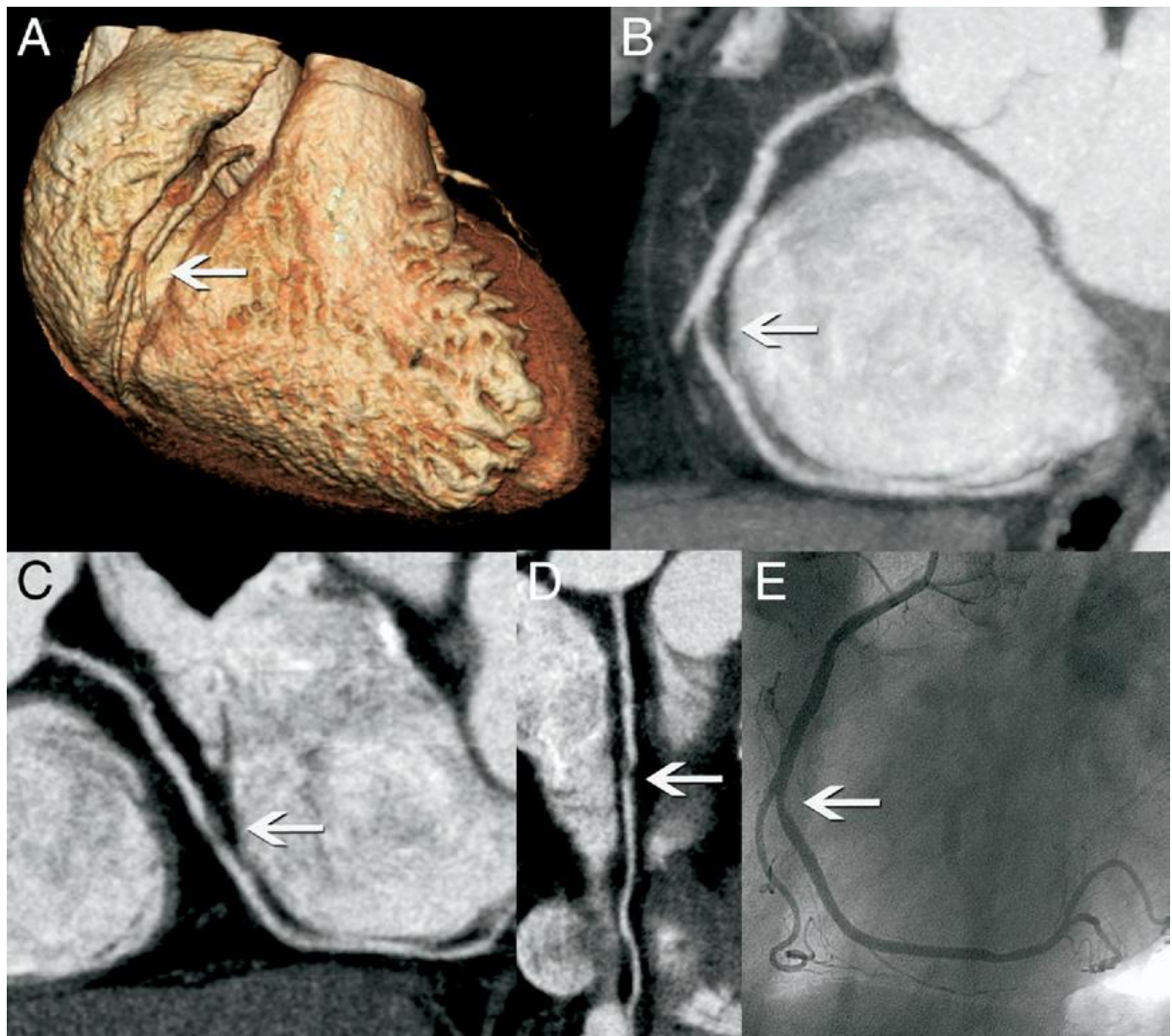


Fonte: (MEIJBOOM et al., 2008).

Porém, ainda em seu estudo, Meijboom et al. (2008) relata que a angiografia coronariana por TCDM pode superestimar a severidade da DAC. Em sua análise, 41 pacientes diagnosticados com DAC insignificante pela angiografia coronariana tradicional foram classificados incorretamente como tendo DAC significativa pela angiografia coronariana por TCMD (figura 14).

Outro estudo multicêntrico, conhecido como CORE 64, onde foram avaliados por TCMD de 64 detectores 291 pacientes, acima de 40 anos, com indicação clínica de angiografia coronariana invasiva de 9 hospitais em 7 países, a prevalência de DAC significativa foi de 56%, sensibilidade de 85%, especificidade de 90%, VPP de 91% e VPN de 83% (MILLER et al., 2008).

Figura 14. DAC superestimada pela angiografia coronariana por TCMD. (A) anatomia da artéria coronária direita. **(B)** projeção da imagem com intensidade máxima. **(C, D)** reconstrução multiplanar curva representando uma estenose coronariana obstrutiva não calcificada na artéria coronária direita (seta). **(E)** estenose não significativa em angiografia coronariana convencional. A angiografia coronariana quantitativa mostrou uma redução de 40% do diâmetro coronariano.



Fonte: (MEIJBOOM et al., 2008).

Comparando a angiografia coronariana por TC de 64 detectores com uma angiografia coronariana tradicional, Fine et al. (2006) avaliaram 66 pacientes (32 homens; 62 ± 7 anos de idade, faixa etária de 29 a 83 anos). No total, 245 artérias coronárias foram avaliadas e em 94% dos pacientes foram encontrados uma média de 50% de estenose, levando um valor de sensibilidade de 95%, especificidade de 96%, VPP de 97% e VPN de 92% (FINE et al., 2006).

Schmermund (2005) também chegou à conclusão de que a TCMD de 64 detectores possui uma alta precisão diagnóstica na avaliação de estenoses da artéria coronariana ao avaliar 67 pacientes (50 do sexo masculino e 17 do sexo feminino, com idade média de $60,1 \pm 10,5$ anos) com suspeita de DAC e comparados com a angiografia coronariana invasiva.

Em seu estudo, foram considerados todos os vasos $\geq 1,5$ mm para a avaliação da estenose da artéria coronária significativa (redução do diâmetro $> 50\%$). 47 pacientes foram identificados como tendo estenoses coronarianas significativas na angiografia invasiva, com 18% dos segmentos afetados (SCHMERMUND, 2005).

A TCDM identificou corretamente todos os 20 pacientes com ausência de estenose significativa na angiografia invasiva, atingindo um valor de sensibilidade de 94%, especificidade de 97%, VPP de 87% e o VPN de 99% (SCHMERMUND, 2005).

Ainda, Hadamitzky et al. (2011) acompanharam 2.223 pacientes com suspeita de DAC, por um período médio de 28 meses, e confirmaram os achados dos estudos anteriores, demonstrando que a angiotomografia coronariana não apenas proporciona informações prognósticas importantes, mas também que essas são incrementais aos escores de risco clínicos e ao EC coronariano.

5 DISCUSSÃO

A angiografia coronariana convencional é o exame invasivo-padrão para o diagnóstico de DAC. Contudo, a angiografia coronariana por TCMD, especialmente após a introdução do sistema TCMD de 64 canais, emergiu como uma técnica útil para, de forma não invasiva, excluir a DAC (HOCHHEGGER; CORDENONSI, 2013).

Ambos os exames conseguem avaliar corretamente a extensão da DAC (GHOSTINE et al., 2008), porém a angiografia coronariana por TCMD fornece uma avaliação mais precisa da lesão, que geralmente é subestimada pela angiografia coronariana convencional, e pode estabelecer a projeção angiográfica ideal para o eventual tratamento (RODRIGUEZ-GRANILLO; CAMPISI; CARRASCOSA, 2016).

Isso porque a avaliação da DAC pela angiografia coronariana convencional proporciona visão bidimensional de um objeto tridimensional (RODRIGUEZ-GRANILLO; CAMPISI; CARRASCOSA, 2016), subestima a presença de uma aterosclerose difusa e não detecta os estágios iniciais da aterosclerose coronária (COSTA; LANSKY; REIBER, 2009).

Contudo, a TCMD ainda pode superestimar uma estenose, classificando como DAC significativa exames que foram diagnosticados como DAC insignificativa pela angiografia coronariana convencional (MEIJBOOM et al., 2008).

O contraste utilizado em ambos os exames é o mesmo, diferindo apenas no volume injetado. Sendo assim, o risco de efeito nefrotóxico e alergênico vale para ambos os exames (RODRIGUES et al., 2006). Porém, quanto menor o volume de contraste utilizado no exame, menor é o risco de reações dose-dependentes (JUCHEM; DALL' AGNOL; MAGALHÃES, 2004).

A quantidade de contraste utilizado na angiografia coronariana por TCMD pode chegar a ser 25% menor que a da angiografia coronariana tradicional (BRATS, 2008). Usualmente, na angiografia coronariana por TCMD são utilizados cerca de 80 a 120ml e na angiografia coronariana tradicional cerca de 150ml de contraste (ROCHITTE, 2006).

Nos estudos encontrados, os autores afirmam que a TCMD pode excluir de forma confiável a DAC, e, além disso, autores como Stein et al. (2008) acrescentam que a combinação dos resultados da TCMD com uma avaliação de probabilidade clínica pré-TC fortalecem o diagnóstico.

Os altos valores observados nos VPNs dos autores estudados, de 92% Fine et al., (2006), a 99% Schmermund (2005), com exceção de Miller et al., (2008), podem estabelecer a angiografia por TCMD como uma alternativa não invasiva efetiva à angiografia coronariana tradicional para descartar estenoses obstrutivas da artéria coronariana.

Como afirmado, o único estudo que vem contra essa alternativa de diagnóstico, é o de Miller et al., (2008), pois chegou a um VPN de 83%, e concluiu que até o presente a TCMD não pode substituir a angiografia coronariana convencional.

Além disso, comparando o custo de ambos os exames observa-se que o preço da angiografia TCMD é inferior ao da a angiografia coronariana convencional. A angiografia por TCMD chegou a um custo médio de R\$ 1.908,07 enquanto a angiografia coronariana tradicional a uma média de R\$ 5.036,71.

A angiografia coronariana tradicional, embora seja um método mais antigo que a TCMD, costuma a ser mais cara, pois inclui a equipe médica, anestesista, sala de hemodinâmica, e possível internação do paciente para avaliação pós-exame.

O menor custo encontrado da angiografia coronariana tradicional foi no Hospital Bandeirantes, com R\$ 2.900,00, porém está incluso somente 12 horas de repouso, ou seja, 12 horas do alojamento do paciente no hospital. Após isso, o preço da internação e medicação será acrescido, se necessário.

Além disso, algumas clínicas como Delboni e Fleury não oferecem o serviço, por não terem estrutura suficiente pra realizar tal exame.

6 CONCLUSÕES

O surgimento da TCMD e os estudos realizados demonstram não só que a angiografia coronariana por TCMD tem se tornado uma técnica útil para a detecção da DAC, como também que a mesma tem o potencial de substituir a técnica tradicional.

Essa conclusão está diretamente fundamentada nos trabalhos que utilizaram ambas as técnicas. A grande maioria dos pesquisadores é favorável à substituição da angiografia coronariana tradicional pela angiografia coronariana por TCMD para pacientes com suspeita de DAC.

O ponto negativo da TCMD é que a mesma pode superestimar a gravidade de uma DAC, caracterizando como DAC significativa exames que foram diagnosticados como DAC insignificativa pelo método tradicional.

Porém, a TCMD é uma técnica promissora e uma alternativa potencial para a angiografia coronariana tradicional, pois a mesma é preventiva para pacientes que não possuem a DAC, além de ser um método não invasivo se comparado com a angiografia coronariana tradicional.

O fator financeiro juntamente com a diminuição do risco nefrotóxico pelo uso do contraste também corroboram a tese de que a TCMD seja avaliada como um excelente exame.

Por fim, em relação às estruturas visualizadas, a TCMD proporciona uma visão não só das paredes arteriais como também da luz do vaso, a qual não é alcançada na angiografia coronariana tradicional, tendo, portanto maior especificidade que a angiografia coronariana tradicional.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Luciano C.; PALMA, José H.; BRAILE, Domingo. Diretrizes para a cirurgia das doenças da aorta. **Arq. Bras. Cardiol**, v. 82, p.35-50, mar. 2004.

ANDRADE, Joalbo Matos. Anatomia coronária com angiografia por tomografia computadorizada multicorte. **Radiologia Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 3, p. 233-236, jun. 2006.

AZEVEDO, Clerio F.; ROCHITTE, Carlos E.; LIMA, João A.c.. Escore de cálcio e angiotomografia coronariana na estratificação do risco cardiovascular. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 98, n. 6, p. 559-568, jun. 2012.

BERTINI, Paulo J. **Detecção não invasiva da placa aterosclerótica e do remodelamento de artérias coronárias pela ressonância magnética**. 2003. 82 f. Tese (Doutorado em Cardiologia) - Curso de Cardiologia, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

BONTRAGER, Kenneth L.; LAMPIGNANO, John P.. **Tratado de posicionamento radiográfico e anatomia associada**. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 850 p.

BRAGHINI, André L.; SETTI, João A. P.; SCHNEIDER JUNIOR, Bertoldo. Avaliação da dose de radiação: angiotomografia coronariana - métodos retrospectivo e prospectivo. In: XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica – CBEB 2014. Rio de Janeiro. p. 1738 - 1741.

BRATS, Ano III N°4. **A TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE MÚLTIPLOS DETECTORES NO DIAGNÓSTICO DA DOENÇA ARTERIAL CORONARIANA**. 2008. Disponível em:

<http://www.ans.gov.br/images/stories/Materiais_para_pesquisa/Perfil_setor/Brats/2008_mes06_brats_04.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2017.

BRAUNWALD, Eugene et al. ACC/AHA 2002 guideline update for the management of patients with unstable angina and non-ST-segment elevation myocardial infarction -summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on practice guidelines (Committee on the Management of Patients With Unstable Angina). **Journal Of The American College Of Cardiology**, v. 40, n. 7, p.1366-1374, 02 out. 2002.

BUDOFF, Matthew J. et al. Diagnostic performance of 64-multidetector row coronary computed tomographic angiography for evaluation of coronary artery stenosis in individuals without known coronary artery disease: results from the prospective

multicenter ACCURACY (Assessment by Coronary Computed Tomographic Angiography of Individuals Undergoing Invasive Coronary Angiography) trial. **Journal Of The American College Of Cardiology**, v. 52, n. 21, p.1724-1732, 18 nov. 2008.

BUSHONG, Stewart C. **Ciência radiológica para tecnólogos: física, biologia e proteção**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. Tradução de Sandro Martins Dolghi et. al.

CAIXETA, Adriano M. et al. Tomografia Coronária Multislice com 16 Colunas de Detectores no Diagnóstico de Remodelamento Arterial. **Rev Bras Cardiol Invas**, v. 12, n. 2, p.102-103, jun. 2004.

CANEVARO, Lucía. **Radiologia intervencionista**. Disponível em: <http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br/hipermidia/images/documentos/Radiologia_intervencionista.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2007.

CÉSAR, Luiz Antonio Machado. Diretrizes de doença coronariana crônica angina estável. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 83, n. 2, p.1-43, 1 set. 2004.

CHEN, Grace.; REDBERG, Rita F. Noninvasive diagnostic testing of coronary artery disease in women. **Cardiol Rev**, v. 8 n.6, p. 354-360, 2000.

CHEQUER, Graziela et al. Espessamento Médio-Intimal da Carótida e Função Endotelial na Doença Arterial Coronariana. **Arq. Bras. Cardiol.**, Belo Horizonte, v. 87, n. 2, p.84-90, ago. 2006.

COSTA, Ricardo A.; LANSKY, Alexandra J.; REIBER, Johan H. C.. Angiografia coronária quantitativa: métodos e aplicações. In: SOUSA, Amanda G.r.m. et al. **Intervenções Cardiovasculares**: Solaci. Bogotá: Distribuna Editorial, 2009. Cap. 19. p. 169-183.

COSTA, Denis H. (Org.). **Radiologia: física básica, bases farmacológicas aplicadas à imagiologia, processamento de filmes, equipamentos e acessórios radiológicos, técnicas radiológicas, anatomia radiológica e tomografia computadorizada**. São Paulo: Martinari, 2009. 656 p.

DRAKE, Richard L.; VOGL, A. Wayne; MITCHELL, Adam W. M.. **Gray's anatomia clínica para estudantes**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 1161 p.

FAIZ, Omar; BLACKBURN, Simon; MOFFAT, David. **Anatomia básica: Guia ilustrado de conceitos fundamentais**. 3. ed. Barueri, Sp: Manole, 2013. Tradução de Paulo Laino Cândido.

FATTAH, Tammuz et al. Associação entre remodelamento vascular e núcleo necrótico em artérias coronárias: análise por ultrassom intracoronário com Histologia Virtual. **Revista Brasileira de Cardiologia Invasiva**, v. 21, n. 1, p.60-66, mar. 2013.

FINE, Jeffrey J. et al. Comparison of accuracy of 64-slice cardiovascular computed tomography with coronary angiography in patients with suspected coronary artery disease. **Am J Cardiol**, v. 97, n. 2, p.173-174, 25 jan. 2006.

GALVÃO, Paulo B. de A. Tecnologia e medicina: imagens médicas e a relação médico-paciente. **Revista Bioética**, v. 8, n. 1, p.127-136, 2000.

GERBER, T. C. et al. Ionizing Radiation in Cardiac Imaging: A Science Advisory From the American Heart Association Committee on Cardiac Imaging of the Council on Clinical Cardiology and Committee on Cardiovascular Imaging and Intervention of the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention. **Circulation**, v. 119, n. 7, p.1056-1065, 9 fev. 2009.

GHOSTINE, Said et al. Non-invasive diagnosis of ischaemic heart failure using 64-slice computed tomography. **European Heart Journal**, v. 29, n. 17, p. 2133-2140, jul. 2008.

GONZÁLEZ, Aloha Meave et al. Tomografía computada multidetector de arterias coronarias: estado del arte. Parte II: Aplicaciones clínicas. **Archivos de Cardiología de México**, v. 78, n. 2, p.195-209, abr./jun. 2008.

GUARDADO, Jorge Humberto et al. Revascularização da descendente anterior proximal com stents revestidos por fármacos. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 88, n. 2, p.159-166, fev. 2007.

GUIMARÃES, Hélio Penna; AVEZUM, Álvaro; PIEGAS, Leopoldo S.. Epidemiologia do infarto agudo do miocárdio. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo**, v. 16, n. 1, p.1-7, jan. fev. mar. 2006.

GUIMARÃES, Jorge I. (Org.). Diretriz de indicações do ultra-som intracoronariano na prática clínica. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 81, p.1-10, 2003.

GUS, Iseu et al. Variações na prevalência dos fatores de risco para doença arterial coronariana no Rio Grande do Sul: Uma análise comparativa entre 2002-2014. **Arq. Bras. Cardiol.**, p.573-579, 2015.

HADAMITZKY, Martin. et al. Prognostic Value of Coronary Computed Tomographic Angiography in Comparison With Calcium Scoring and Clinical Risk Scores. **Circulation: Cardiovascular Imaging**, v. 4, n. 1, p.16-23, 30 set. 2011.

HOCHHEGGER, Bruno; CORDENONSI, Isadora C. O. Tomografia computadorizada cardíaca: o que nós devemos saber. **Revista da Amrigs**, Porto Alegre, v. 57, n. 2, p.149-154, jun. 2013.

IBANEZ, B.; VILAHUR, G.; BADIMON, JJ.. Plaque progression and regression in atherothrombosis. **Journal Of Thrombosis And Haemostasis.**, New York, p. 292-299. 2007.

JACOBS, Jill E. et al. ACR Practice Guideline for the Performance and Interpretation of Cardiac Computed Tomography (CT). **Journal Of The American College Of Radiology**, v. 3, n. 9, p. 677-685, set. 2006.

JUCHEM, Beatriz C.; DALL' AGNOL, Clarice M.; MAGALHÃES, Ana M. M. Contraste iodado em tomografia computadorizada: prevenção de reações adversas. **Rev Bras Enferm**, Brasília, v. 57, n. 1, p. 56-61, 2004.

JÚNIOR, Edson; YAMASHITA, Helio. Aspectos básicos de tomografia computadorizada e ressonância magnética. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v. 23, p.2-3, maio 2001.

KOPP, Andreas F. et al. Non-invasive characterisation of coronary lesion morphology and composition by multislice CT: first results in comparison with intracoronary ultrasound. **European Radiology**, v. 11, n. 9, p.1607-1611, 2001.

KUMAR, Vinay; ABBAS, Abul K.; ASTER, Jon C. **Patologia básica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 928 p.

LEE, Joseph K.T. et al. **Tomografia computadorizada do corpo em correlação com ressonância magnética**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

LIMA, Valter C.. Cateterismo cardíaco, diagnóstico (angiografia) e terapêutico (angioplastia) na doença arterial coronária dos pacientes diabéticos. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 51, n. 2, p. 299-304, mar. 2007.

LOSCALZO, Joseph. **Medicina Cardiovascular de Harrison**. 2. ed. São Paulo: Artmed, 2014. 499 p.

MARIEB, Elaine N.; HOEHN, Katja. **Anatomia e fisiologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008. 1072 p.

MARK, Daniel B. et al. ACCF/ACR/AHA/NASCI/SAIP/SCAI/SCCT 2010 Expert Consensus Document on Coronary Computed Tomographic Angiography. **Journal Of The American College Of Cardiology**, v. 55, n. 23, p. 2663-2699, jun. 2010.

MATSUMOTO, Naoya et al. Non-Invasive Assessment and Clinical Strategy of Stable Coronary Artery Disease by Magnetic Resonance Imaging, Multislice Computed Tomography and Myocardial Perfusion SPECT. **Circulation Journal**. p. 34-40. jan. 2010.

MEIJBOOM, W. Bob et al. Diagnostic Accuracy of 64-Slice Computed Tomography Coronary Angiography. **Journal Of The American College Of Cardiology**, v. 52, n. 25, p. 2135-2144, dez. 2008.

MET, Rosemarie et al. Diagnostic performance of computed tomography angiography in peripheral arterial disease: a systematic review and meta-analysis. **Jama**, v. 4, n. 301, p. 415-424, 28 jan. 2009.

MILLER, Julie M. et al. Diagnostic Performance of Coronary Angiography by 64-Row CT. **New England Journal Of Medicine**, v. 359, n. 22, p. 2324-2336, 27 nov. 2008.

MOORE, Keith L.; DALLERY, Arthur F.; AGUR, Anne M. R.. **Anatomia Orientada para Clínica**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014. 1114 p. Tradução de Claudia Lucia Caetano de Araujo.

MOWATT, Graham. et al. 64-Slice computed tomography angiography in the diagnosis and assessment of coronary artery disease: systematic review and meta-analysis. **Heart**, v. 94, n. 11, p.1386-1393, 31 jul. 2008.

MUSTELIER, Juan V. et al. Parâmetros ecocardiográficos de deposição de gordura epicárdica e sua relação com doença arterial coronariana. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 97, n. 2, p.122-129, ago. 2011.

NASCIMENTO, Jedson S. et al. Clonidina na cineangiocoronariografia: efeitos sedativos sobre a pressão arterial e frequência cardíaca. **Arq. Bras. Cardiol.**, v. 87, n. 5, p. 603-608, nov. 2006.

NIEMAN, Koen et al. Coronary angiography with multi-slice computed tomography. **The Lancet**, v. 357, n. 9256, p. 599-603, fev. 2001.

ONCEL, Dilek et al. Detection of significant coronary artery stenosis with 64-section MDCT angiography. **European Journal Of Radiology**, v. 62, n. 3, p.394-405, jun. 2007.

PANNU, Harpreet K. et al. Current Concepts in Multi-Detector Row CT Evaluation of the Coronary Arteries: Principles, Techniques, and Anatomy1. **Radiographics**, v. 23, n. 1, p.111-125, out. 2003.

PINHO, Ricardo A. et al. Doença arterial coronariana, exercício físico e estresse oxidativo. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 94, n. 4, p.549-555, abr. 2010.

PORTH, Carol Mattson; KUNERT, Mary Pat. **Fisiopatologia**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 1450 p.

ROBERTS, W T; BAX, J J; DAVIES, L C. Cardiac CT and CT coronary angiography: technology and application. **Heart**, v. 94, n. 6, p. 781-792, 1 jun. 2008.

ROCHA, Myrna S.; ASSUMPÇÃO, Lia R.; ARAÚJO, Denizar V. Acurácia da Tomografia Computadorizada de Múltiplos Detectores no Diagnóstico da Doença Arterial Coronariana: revisão sistemática. **Revista Brasileira de Cardiologia**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p.141-148, mar. 2012. Disponível em: <<http://www.rbconline.org.br/wp-content/uploads/v25n02a08.pdf>>. Acesso em: 14 dez. 2015.

ROCHITTE, Carlos E. I Diretriz de Ressonância e Tomografia Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia: sumário executivo. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 87, n. 3, p. 48-59, set. 2006.

RODRIGUES, André R. V. et al. Angiografia coronariana minimamente invasiva através de tomografia com múltiplos detectores. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 86, n. 5, p.323-330, maio 2006.

RODRIGUEZ-GRANILLO, Gaston A.; CAMPISI, Roxana; CARRASCOSA, Patricia. Noninvasive Cardiac Imaging in Patients with Known and Suspected Coronary Artery Disease: What is in it for the Interventional Cardiologist?. **Current Cardiology Reports**, New York, v. 18, n. 1, p.1-11, Jan. 2016.

ROMALDINI, Ceres C. et al. Fatores de risco para aterosclerose em crianças e adolescentes com história familiar de doença arterial coronariana prematura. **J. Pediatr. (rio J.)**, Porto Alegre, v. 80, n. 2, p.135-140, abr. 2004.

ROSSATO, Géderson et al. Análise das complicações hospitalares relacionadas ao cateterismo cardíaco. **Revista Brasileira de Cardiologia Invasiva**, v. 15, n. 1, p.44-51, mar. 2007.

RUSSO, Vincenzo et al. Clinical value of multidetector CT coronary angiography as a preoperative screening test before non-coronary cardiac surgery. **Heart**, v. 93, n. 12, p.1591-1598, 2007.

SAAD, Jamil A.; GARCIA, José C. de F.; GUIMARÃES, Jorge I. Diretriz para realização de exames diagnósticos e terapêuticos em hemodinâmica. **Arq. Bras. Cardiol.**, v. 82, p.1-6, 2004.

SCHMERMUND, Axel. Non-invasive computed tomographic coronary angiography: the end of the beginning. **European Heart Journal**, v. 26, n. 15, p.1451-1453, 25 maio 2005.

SCHOEPP, U. Joseph et al. Coronary CT Angiography. **Radiology**, v. 244, n. 1, p.48-63, jul. 2007.

SERRA, Daniel et al. Valor prognóstico da angiografia por tomografia computadorizada na avaliação da doença coronária. **Rev de Ciências da Saúde da ESSCVP**. v. 1, p. 42-52, 2009.

SILVEIRA, Carlos A. da M. Ultra-sonografia Intracoronariana: Correlação com a Angiografia e Aplicação Clínica. **Revista Brasileira de Ecocardiografia**, n. 3, p.44-53, out/nov/dez. 2002.

SPOSITO, Andrei C. IV Diretriz Brasileira sobre Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose: Departamento de Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 88, p.2-19, abr. 2007.

STANDRING, Susan. **Gray's Anatomia: A Base Anatômica da Prática Clínica**. 40. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 1584 p. Tradução de Denise Costa Rodrigues et al.

STEIN, Paul D. et al. 64-Slice CT for Diagnosis of Coronary Artery Disease: A Systematic Review. **The American Journal Of Medicine**, v. 121, n. 8, p.715-725, ago. 2008.

SUN, Zhonghua. Multislice CT angiography in cardiac imaging: prospective ECG-gating or retrospective ECG-gating?. **Biomedical Imaging And Intervention Journal**, v. 6, n. 1, p.1-7, jan. 2010.

VILES-GONZALEZ, Juan F. In Vivo 16-Slice, Multidetector-Row Computed Tomography for the Assessment of Experimental Atherosclerosis: Comparison With Magnetic Resonance Imaging and Histopathology. **Circulation**, v. 110, n. 11, p.1467-1472, 14 set. 2004.

VOGL, Thomas J. et al. Techniques for the Detection of Coronary Atherosclerosis: Multi-detector Row CT Coronary Angiography1. **Radiology**, v. 223, n. 1, p.212-220, abr. 2002.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (OMS). Cardiovascular diseases. Jan. 2015. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/en/>>. Acesso em: 14 jan. 2016

ZANZONICO, Pat; ROTHENBERG, Lawrence N.; STRAUSS, H. William. Radiation Exposure of Computed Tomography and Direct Intracoronary Angiography. **Journal of The American College Of Cardiology**, v. 47, n. 9, p.1846-1849, maio 2006.