

CENTRO UNIVERSITÁRIO SÃO CAMILO
Curso de Tecnologia em Radiologia

Amanda Maria dos Santos

**MAPA POLAR: COMPARAÇÃO ENTRE SPECT E RM PARA ESTUDO DA
PERFUSÃO DO MIOCÁRDIO.**

SÃO PAULO
2019

Amanda Maria dos Santos

**MAPA POLAR: COMPARAÇÃO ENTRE SPECT E RM PARA ESTUDO DA
PERFUSÃO DO MIOCÁRDIO.**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Tecnologia em Radiologia do Centro
Universitário São Camilo, orientado pelo Prof.
Ricardo Silva Simão, como requisito parcial
para obtenção do título de Tecnólogo em
Radiologia.

SÃO PAULO

2019

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Padre Inocente Radrizzani

Santos, Amanda Maria dos

Mapa polar: comparação entre SPECT e RM para estudo da perfusão do miocárdio / Amanda Maria dos Santos. -- São Paulo: Centro Universitário São Camilo, 2019.

50 p.

Orientação de Ricardo Silva Simão.

Trabalho de Conclusão de Curso de Tecnologia em Radiologia (Graduação), Centro Universitário São Camilo, 2019.

1. Espectroscopia de ressonância magnética 2. Isquemia miocárdica 3. Tomografia computadorizada de emissão de fóton único I. Simão, Ricardo Silva II. Centro Universitário São Camilo III. Título

CDD: 616.07548

Amanda Maria dos Santos

**MAPA POLAR: COMPARAÇÃO ENTRE SPECT E RM PARA ESTUDO DA
PERFUSÃO DO MIOCÁRDIO.**

São Paulo, 29 de novembro de 2019

Professor Orientador: Ricardo Silva Simão.

Professor Examinador.

São Paulo

2019

“Nada na vida é para ser temido. É tudo para ser somente entendido”.

Marie Curie.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força única.

A minha mãe, que nunca deixou de sonhar meus sonhos comigo.

Ao meu parceiro de sempre, Eliel, pela paciência durante esse processo.

Aos meus amigos pra vida toda, Vanessa e Felipe por todas as risadas nos momentos de loucura.

Aos professores do Centro Universitário São Camilo – Ipiranga, pela oportunidade de aprender um pouco todo dia.

Ao Professor Ricardo Silva Simão, pela ideia de trabalho genial, paciência e orientação.

RESUMO

As cardiopatias isquêmicas se encaixam no grupo das doenças cardiovasculares, consideradas uma das que mais matam no mundo. Ela é representada pelo baixo fluxo coronariano que deixa de atender às necessidades do coração, comprometendo as contrações do mesmo e assim o deteriorando. A fim de que a visualização dos aportes do miocárdio e suas artérias sejam bem-feitas, a cintilografia e a ressonância se utilizam do mapa polar com técnicas de perfusão e realce tardio, respectivamente. Este trabalho objetiva mostrar os achados desse mapa polar dentro das duas modalidades com o intuito de compará-las. Através desse estudo com revisões bibliográficas foi possível obter como resultado, diferenças entre a sensibilidade e especificidade dos métodos podendo ser analisada com o uso da segmentação miocárdica através de comparação de estudos descritos na literatura. Portanto, o mapa polar se torna útil independente da modalidade, sendo a cintilografia ou a ressonância magnética, principalmente pela quantidade de imagens em cortes que se pode ter para ser analisado, juntando todos os cortes do ventrículo esquerdo, desde a base até o ápice. Porém ainda se faz necessário estudos para sua confiabilidade segmentar.

Palavras-chave: Imagem por Ressonância Magnética; SPECT; Isquemia Miocárdica

ABSTRACT

Ischemic heart disease falls into the group of cardiovascular diseases, considered one of the most fatal in the world. It is represented by the low coronary flow that fails to meet the heart's needs, compromising its contractions and thus deteriorating. In order to facilitate visualization of the myocardial input and its arteries, scintigraphy and resonance use the polar map, with perfusion and late enhancement techniques, respectively. This paper aims to show the findings of this polar map within the two modalities in order to compare them. Through this study with literature reviews, it was possible to obtain differences between the sensitivity and specificity of the methods. It can be analyzed using myocardial segmentation by comparing the studies described in the literature. The polar map becomes fully useful regardless of method, being myocardial scintigraphy or magnetic resonance, due to the amount of cropped images that can be analyzed. It joins all sections of the left ventricle from the base to the apex, but studies are still needed for its segmental reliability.

Keywords: Magnetic Resonance Imaging; SPECT; Myocardial Ischemia.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVO.....	15
3	METODOLOGIA.....	16
4	DESENVOLVIMENTO.....	17
4.1	CORAÇÃO	17
4.2	O ciclo cardíaco	17
4.3	Fração de ejeção	18
5	DOENÇA ISQUÊMICA DO MIOCÁRDIO.....	19
5.1	Fisiopatologia.....	19
6	MAPA POLAR.....	20
6.1	Orientação, segmentos, nomenclatura e localização.....	22
7	MEDICINA NUCLEAR.....	24
7.1	SPECT – Tomografia Computadorizada por Emissão de Fóton Único.....	24
7.1.1	Planos Cardíacos.....	25
7.1.2	Defeito de perfusão miocárdica.....	27
8	RESSONÂNCIA MAGNÉTICA.....	30
8.1	Ressonância Magnética Cardíaca.	30
8.2	Ressonância Magnética na cardiopatia isquêmica	32
9.	COMPARAÇÃO ENTRE AS MODALIDADES.....	33
	DISCUSSÃO	39
	CONCLUSÃO	42
	REFERÊNCIAS.....	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Estrutura de um Mapa Polar.	21
Figura 2 - Definição e exibição dos planos cardíacos.	22
Figura 3 - Modelo de mapa polar com 17 segmentos do miocárdio e localização das artérias.	23
Figura 4 - Representação tridimensional do coração seccionado pelos três planos de visualização utilizados.	26
Figura 5 - Orientação dos cortes do miocárdio	27
Figura 6 – Cintilografia miocárdica normal.	28
Figura 7 – Cintilografia miocárdica com isquêmica.	29
Figura 8 - Exemplificação de um mapa polar que pode ser utilizado nos relatórios de estudo de viabilidade miocárdica	31
Figura 9 - Segmentação representativa e padrão de contraste com HR em 17 segmentos das artérias LAD, RCA e LCX.....	33
Figura 10 – Especificidade do HR segmentar de acordo com o infarto de forma aguda e em acompanhamento, dado em porcentagem.	34
Figura 11 – RMC em comparação com cintilografia miocárdica.....	35
Figura 12 - Exemplos de regiões com hipoperfusões em cortes tomográficos e mapas polares correspondentes à oclusão de arte LAD, RCA e LCX.	36
Figura 13 - Comparação de imagem SPECT supina e prona com a imagem RMC correspondente.	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Regiões correspondentes dos segmentos do ventrículo esquerdo	23
--	----

1 INTRODUÇÃO

As doenças cardiovasculares têm grande importância dentro da saúde pública, e de forma geral apresenta uma das maiores causas de morte no mundo (MALDONADO *et al.*, 2019). Dentre elas, destacam-se as cardiopatias isquêmicas, com alto custo dos tratamentos e que mediante ao aumento no percentual de pacientes sendo submetidos a procedimentos que invasivos ou não, trazem alto custo para o SUS (Sistema Único de Saúde) (ROCHA; OLIVEIRA, 2017).

Ao longo dos anos vários métodos foram desenvolvidos para o estudo avançado da perfusão do miocárdio, para que forneçam melhores informações anatômicas e funcionais. Assim entre elas estão a cintilografia miocárdica - SPECT dentro da Medicina Nuclear e a Ressonância Magnética Cardíaca (SMANIO; SCHMIDT, 2017).

A cintilografia miocárdica (CM) com cortes tomográficos ("*Single Photon Emission Computed Tomography* – SPECT") é um dos métodos mais utilizados na avaliação de pacientes com cardiopatia isquêmica (CI) (GROSSMAN, 2009). Apresenta uma alta acurácia diagnóstica, sendo capaz de demonstrar a extensão, a gravidade e a localização das anormalidades da perfusão miocárdica, auxiliando a prática clínica (SMANIO *et al.*, 2015).

A técnica consiste em avaliar o fluxo e a reserva do fluxo sanguíneo de forma não-invasiva, com a injeção de uma substância com um isótopo radioativo, com o paciente em repouso e após estresse, que servirá como forma de comparação para avaliar alguma possível área sugestiva de isquemia. O estudo da perfusão ainda passou a ser sincronizado com eletrocardiograma (*Gated-SPECT*) trazendo informações valiosas de perfusão e da função do ventrículo esquerdo em repouso e estresse, assim como índices de fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) e volumes sistólico e diastólico finais em ambas as etapas (SMANIO; SCHMIDT, 2017). Embora o uso da CM para o diagnóstico da CI seja justificável pela literatura, ela implica riscos inerentes do estresse físico ou farmacológico, assim como toda a exposição à radiação ionizante (SMANIO *et al.*, 2015).

A Ressonância Magnética Cardíaca (RMC) por outro lado, já entra em vantagem por não se encaixar nos métodos de diagnóstico por imagem que utilizam radiação ionizante. Apresenta método padrão ouro na função ventricular e pesquisa de viabilidade miocárdica pela técnica de realce tardio. Porém, há algo a se considerar quando o método de escolha é a Ressonância Magnética e não muito definido pela literatura, que seria a pouca abertura desse método para a população, já que normalmente é realizado em grandes centros de diagnósticos (NACIF *et al.*, 2010).

A pesquisa de isquemia miocárdica com a técnica de perfusão sob estresse farmacológico da RMC, se mostra muito importante e sensível, definindo a doença arterial coronariana (DAC), com estudos trazendo-a como um método superior à SPECT analisando estudos centrais (SCHWITTER *et al.*, 2008).

Sendo o tempo de exame um problema importante da RMC, as sequências em tempo real são implementadas, pela diminuição do TR (fator físico capaz de diminuir o tempo de uma sequência específica) e ainda avaliando a função ventricular em uma única apneia. (BARKHAUSEN *et al.*, 2002). Ainda na análise com RMC, a localização da extensão do ventrículo esquerdo, demonstrando tecido cicatricial em pacientes com cardiopatia isquêmica é fundamental para a clínica (MELE *et al.*, 2015).

Um dos grandes desafios em estudos com SPECT por outro lado, é a quantidade de imagens em cortes tomográficos que ele pode apresentar e como juntar todos esses cortes para serem analisados. Para resolver esse problema, foi proposto um mapa polar, também chamado de “*bull’s eye*” (PAULA, 2011).

Originalmente desenvolvido pela Universidade de Emory (Georgia-USA), o mapa polar representa uma imagem bidimensional do miocárdio obtida por SPECT (GARCIA; DEPUY; DEPASQUALE, 1987). Demonstrem todo o ventrículo esquerdo, do ápice até a base, sendo facilmente interpretado para as informações de perfusão do miocárdio (AHMED; MOVAHED, 2009). Apresenta toda a segmentação do miocárdio como um método de análise padrão, demonstrado em até 17 segmentos (NACIF *et al.*, 2010).

Mesmo sendo criado para implementação dentro do método de diagnóstico da Medicina Nuclear, hoje o mapa polar é muito bem usado e requisitado como método padrão dentro da Ressonância Magnética Cardíaca para estudo das CI. Portanto, o objetivo do presente estudo é fazer uma comparação dos resultados obtidos da

implementação da mesma técnica, buscando análises visuais diferentes entre a cintilografia miocárdica (SPECT) e a Ressonância Magnética Cardíaca.

2 OBJETIVO

Comparar o uso do mapa polar entre os métodos de diagnóstico da Cintilografia Miocárdica – SPECT e a Ressonância Magnética Cardíaca para o estudo da cardiopatia isquêmica.

3 METODOLOGIA

Revisão bibliográfica narrativa por meio de pesquisa em bases de dados do Google Acadêmico, Pubmed, Scielo, Research Gate, utilizando os descritores: Imagem por Ressonância Magnética; SPECT; Isquemia Miocárdica. Adotando como critério de inclusão publicações nos idiomas português e inglês.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 CORAÇÃO

O coração é um órgão muscular, oco, tem forma de cone e funciona de modo similar a duas bombas, contrátil e propulsora. O órgão realiza dois movimentos básicos: sístole (contração) e diástole (relaxamento), de acordo com a despolarização e repolarização de suas cargas elétricas intra e extracelulares, estimuladas por íons como: sódio, potássio, magnésio, cálcio. São conduzidas por um sistema nervoso próprio, capaz de produzir automaticamente seus estímulos elétricos, iniciados por células especializadas que formam o nó sinoatrial, localizado na parede posterior do átrio direito. A base é formada pelos átrios direito e esquerdo. As veias cavas superior e inferior e as veias pulmonares penetram no coração pela base. É também a porção posterior do coração em posição anatômica. O ápice é contralateral a base e tem formato arredondado, formada pela parte inferolateral do ventrículo esquerdo e onde ocorre o batimento apical (DUTRA, 2019).

Sua função se dá pelo sangue que entra pelo átrio direito sem oxigênio, por meio da veia cava superior que recebe sangue da parte superior do coração e a cava inferior dos órgãos inferiores. Logo, o sangue sai do átrio direito e vai para o ventrículo direito que, imediatamente bombeia o sangue para o tronco pulmonar, que ramifica em artérias pulmonares (direita e esquerda), até chegar aos vasos capilares que irrigam os pulmões. Após a oxigenação do sangue, o retorno ao átrio esquerdo ocorre pelas veias pulmonares, segue para o ventrículo esquerdo bombeando sangue rico em oxigênio para a parte ascendente da aorta e, conseqüentemente, para todo o organismo (DUTRA, 2019).

4.2 O ciclo cardíaco

O ciclo cardíaco consiste no período de relaxamento, chamado diástole, durante o qual o coração se enche de sangue, seguido pelo período de contração, chamado sístole. A duração total do ciclo cardíaco, incluindo a sístole e diástole, é a recíproca da frequência cardíaca. Quando a frequência cardíaca aumenta, a duração de cada ciclo cardíaco diminui, incluindo as fases de contração e relaxamento. A duração do potencial de ação e o período de contração (sístole) também diminui, mas não por percentual tão alto quanto na fase de relaxamento (diástole). Na frequência cardíaca normal de 72 batimentos/min, a sístole abrange aproximadamente 0,4 de

todo o ciclo cardíaco. Quando o coração, em frequência muito rápida (fora do normal), não permanece relaxado tempo suficiente para permitir o enchimento completo das câmaras cardíacas antes da próxima contração (GUYTON; HALL., 2017).

4.3 Fração de ejeção

A avaliação da função ventricular esquerda com cálculo da fração de ejeção (FE) tem demonstrado ser um indicador de extrema importância na avaliação diagnóstica e prognóstica de pacientes com doença arterial coronariana (BUCHPIGUEL, 2003). É caracterizado como ejeção ventricular, a diferença entre os volumes ventriculares diastólico e sistólico, dividida pelo volume diastólico. O limite inferior de normalidade da FE do ventrículo esquerdo é considerado 50%, tendo sido aumentando para 55% pela Sociedade Americana de Ecocardiografia. Recomenda-se a divisão do VE em 17 segmentos, sendo 6 deles basais, 6 medioventriculares, 4 apicais e o 17º segmento no ápice do VE. Essa segmentação, a rigor, é mais justificável para análise de perfusão do que de função ventricular. (BARBOSA *et al.*, 2009).

O valor da função ventricular esquerda na avaliação de risco também foi bem documentado, principalmente na identificação de pacientes com risco aumentado de morte cardíaca. Esses estudos mostraram que o repouso ou estresse na fração de ejeção do ventrículo esquerdo, foi um dos principais determinantes da sobrevida a longo prazo em pacientes com DAC (SHARIR *et al.*, 1999).

5 DOENÇA ISQUÊMICA DO MIOCÁRDIO

A Cardiopatia isquêmica refere-se a um conjunto de fatores que englobam alterações anatômicas das artérias coronárias bem como suas consequências funcionais para o músculo cardíaco (GIANNOPOULOS; GAEMPERLI, 2018). Sempre que o fluxo coronariano cai abaixo do nível necessário para atender às necessidades metabólicas do coração, é entendido que o miocárdio é isquêmico e a capacidade de bombeamento do coração se deteriora (MOHRMAN; HELLER, 2007).

O desequilíbrio entre a oferta e o consumo de oxigênio do miocárdio pode ter como origem: aterosclerose, trombose ou até mesmo excesso de consumo de oxigênio (hipertrofia miocárdica). Dentre essas, a que predomina na literatura é a aterosclerose coronariana, associada ou não a trombose. Por isso, a cardiopatia decorrente é apresentada como doença arterial coronariana, como é reconhecida na prática médica (FUCHS, 2016).

A DAC sendo aguda ou crônica reduz significativamente a qualidade de vida do enfermo. E depende de vários fatores como carga de isquemia e viabilidade miocárdica para o seu prognóstico, independente da sua representação (SANTOS; BIANCO, 2018).

5.1 Fisiopatologia

Como mencionado anteriormente, o problema da oferta e demanda do oxigênio pelo miocárdio são os processos ocorridos na cardiopatia isquêmica (FUCHS, 2016).

A pressão arterial sistêmica, a frequência cardíaca, hipertrofia e contratilidade ventricular são as variáveis mais importantes na determinação da demanda de oxigênio (CARVALHO, 2001).

Porém, existem dois casos que exemplificam bem esse ocorrido: a isquemia e a hipoxemia. Em certos casos, o comprometimento da falta de oxigênio no miocárdio pode ser secundário à diminuição do fluxo sanguíneo, sendo a fisiopatologia da maioria dos casos de infarto agudo do miocárdio (IAM) e dos episódios de angina

instável. Nos casos de isquemia miocárdica, o principal responsável pela falta de oxigênio seria a hipertrofia ventricular. Já a hipoxemia por sua vez pode ser caracterizada pela redução da chegada de oxigênio, mas com a perfusão sanguínea adequada, sendo exemplos: insuficiência respiratória e intoxicação por monóxido de carbono (CARVALHO, 2001).

Ainda que metade dos pacientes tenha angina acompanhando a insuficiência cardíaca sistólica, deve-se enfatizar que a cardiomiopatia isquêmica sem angina realmente ocorre. Sendo induzida por exercício físico ou excitação emocional. Decorrente de uma aterosclerose, por exemplo, a fisiopatologia determinada é o acúmulo de depósitos de lipídios que irão se alocar nas paredes das artérias, formando placas. Em conjunto com doenças graves, essas placas podem calcificar e estreitar fisicamente o lúmen das artérias coronarianas, acarretando assim em uma estenose do vaso. Potencialmente acontecendo múltiplas anormalidades da contração de algum segmento miocárdico ou hipocinesia difusa, com uma discrepante diminuição da FE do ventrículo esquerdo (MOHRMAN; HELLER, 2007; BESTETTI, 2011).

6 MAPA POLAR

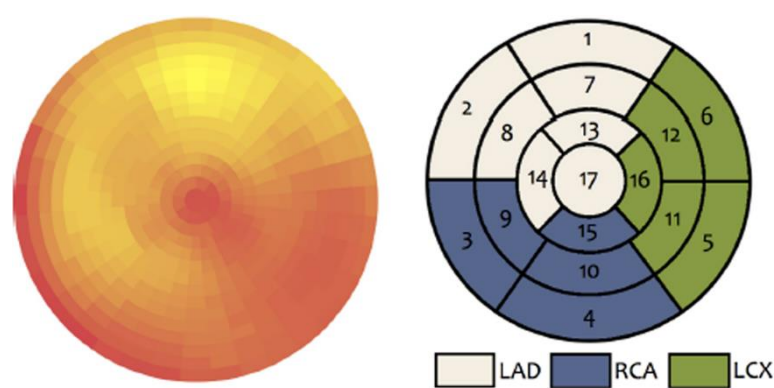
Um dos grandes desafios em estudos com SPECT por exemplo, é a quantidade de imagens em cortes tomográficos que ele pode apresentar e como juntar todos esses cortes para serem analisados. Visando resolver esse problema, foi proposto um mapa polar, também chamado de *“bull’s eye”* (PAULA, 2011).

As maiores críticas ao método de quantificação baseado no mapa polar é que números significativos de resultados falso-positivos podem surgir quando analisados isoladamente ou preferencialmente à interpretação visual. Por isso foram desenvolvidos métodos automáticos de quantificação baseados em avaliações volumétricas mais do que em cortes seccionais, permitindo assim obter dados bastante confiáveis de interpretação (BUCHPIGUEL, 2003).

Originalmente desenvolvido pela Universidade de Emory (Georgia-USA), o mapa polar representa uma imagem bidimensional do miocárdio obtida originalmente por

SPECT (GARCIA; DEPUEY; DEPASQUALE, 1987). Demonstra todo o ventrículo esquerdo, do ápice até a base, sendo facilmente interpretado para os estudos de perfusão do miocárdio (AHMED; MOVAHED, 2009). Traz informações de motilidade e espessamento sistólico para cada segmento através de contorno subendocárdico, sendo que essa análise tem que ser feita através de uma escada de cores, adicionado a isso pode-se obter o percentual de espessamento de cada região (FEITOSA *et al.*, 2002). O mapa polar em toda sua dimensão e sua segmentação anatômica é visto na figura 1.

Figura 1- Estrutura de um Mapa Polar.



(a) Mapa polar

(b) 17 segmentos do miocárdio e segmentação das artérias. LAD – artéria descendente anterior esquerda; RCA – artéria coronária direta; LCX – artéria circunflexa esquerda.

Legenda: (a) Mapa polar derivado de Projeção de intensidade máxima (MPI). (b) Divisão anatômica mostrando em qual vaso se encontra cada segmento atribuído.

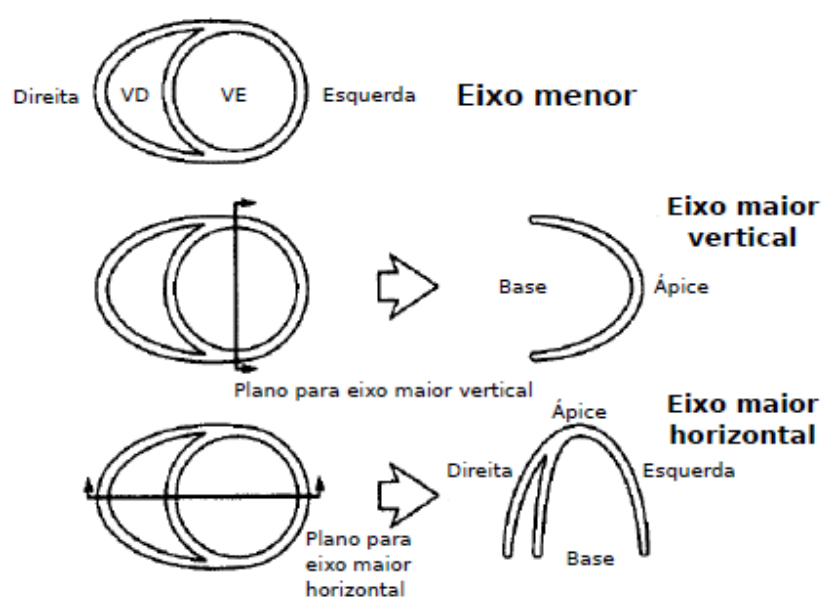
FONTE: Adaptado de Spier *et al*, 2019.

Amplamente utilizados na prática clínica, oferecem uma rápida revisão das informações de perfusão do miocárdio para todo ventrículo esquerdo em uma única imagem. Permitindo uma divisão de segmentos por territórios vasculares, sendo úteis para caracterizar onde se encontram os defeitos de perfusão localmente (RUBEAUX *et al.*, 2017).

6.1 Orientação, segmentos, nomenclatura e localização.

Um relatório anterior da *American Heart Association* (1992), estabeleceu padrões para a seleção e orientação dos cortes do para o estudo do miocárdio, gerando imagens cardíacas bidimensionais (2D) ou tomográficas. A seleção do plano é mostrada na figura 2 e a orientação das regiões dos segmentos é mostrada no quadro 1.

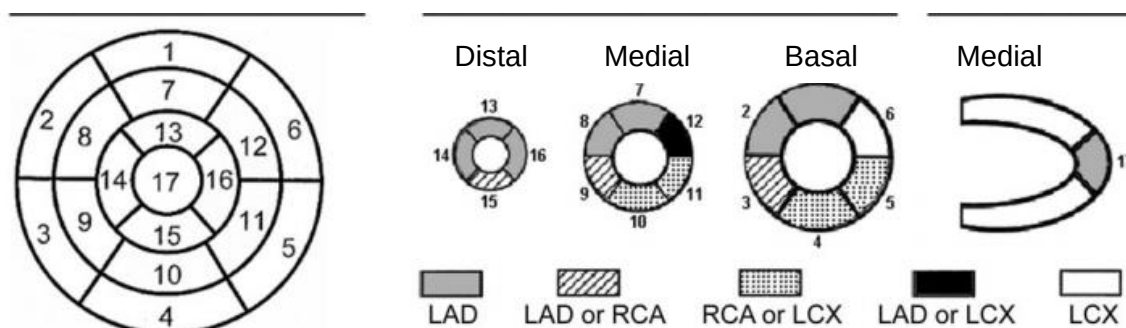
Figura 2 - Definição e exibição dos planos cardíacos.



FONTE: PAULA, 2011.

A parede do ventrículo direito até a parede do ventrículo esquerdo deve ser usada, no eixo maior horizontal, para identificar e separar o septo do ventrículo esquerdo e limite anterior e inferior. (PAULA, 2011). A Figura 3 mostra a localização e os nomes recomendados para os 17 segmentos do miocárdio e das 3 artérias utilizadas no mapa polar.

Figura 3 - Modelo de mapa polar com 17 segmentos do miocárdio e localização das artérias.



Legenda: LAD - artéria descendente anterior esquerda; RCA – artéria coronária direita; LCX – Ramo circunflexa da artéria coronária esquerda.

FONTE: Adaptado de PEREZTOL-VALDÉS *et al.*, 2005.

Quadro 1 - Regiões correspondentes dos segmentos do ventrículo esquerdo.

REGIÕES	DISTAL	MEDIAL	BASAL
Anterior	(13)	(7)	(1)
Ântero-septal	(14)	(8)	(2)
Infero-septal		(9)	(3)
Inferior	(15)	(10)	(4)
Ífero-lateral		(11)	(5)
Ântero-lateral		(12)	(6)
Lateral	(16)		
Ápice	(17)		

FONTE: Adaptado de Feitosa *et al.*, 2002.

7 MEDICINA NUCLEAR

A Medicina Nuclear é a área da medicina onde são utilizados os radioisótopos, tanto em diagnósticos como em terapias. Radioisótopos administrados a pacientes passam a emitir suas radiações do lugar (no caso, órgão) onde têm preferência em ficar, fazendo com que essa modalidade tenha como característica uma natureza biológica que as outras não possuem (ROBILOTTA, 2006).

Pela combinação de um marcador detectável como um radiotraçador, e também com uma molécula de importância fisiológica, muitos parâmetros da função nuclear podem ser avaliados. As imagens moleculares (IM) permitem a avaliação e quantificação não invasiva, se tornando especialmente desejável quando os pacientes são acompanhados por um longo período de tempo (ZIESSMAN *et al.*, 2015).

Essa técnica pode ser descrita como uma técnica invasiva pela toxicidade do radioisótopo, porém ela também é encontrada fora dessa definição por acreditarem que a meia-vida dos radioisótopos é baixa assim, como a radiação gama que chega nos tecidos (PAULA, 2011).

Os isótopos Tálcio-201 sestamibi-Tc99m ou Tetrofosmin-Tc99m foram mencionados na literatura como sendo utilizados sem preferência de escolha, independente do protocolo de aquisição e a modalidade do estresse. (BUCHPIGUEL, 2003).

7.1 SPECT – Tomografia Computadorizada por Emissão de Fóton Único.

A cintilografia miocárdica (CM) com cortes tomográficos (“*Single Photon Emission Computed Tomography – SPECT*”) é um dos métodos mais utilizados na avaliação de pacientes com cardiopatia isquêmica (CI) (GROSSMAN, 2009). Apresenta uma alta acurácia diagnóstica, sendo capaz de esboçar a extensão, a gravidade e a localização das anormalidades da perfusão miocárdica, auxiliando a prática clínica (SMANIO *et al.*, 2015).

A avaliação da função ventricular esquerda (VE) é importante na cardiologia clínica. A quantificação do grau e extensão das anormalidades funcionais do VE

permite uma avaliação sistemática do processo da doença no desempenho miocárdico, fornece uma base objetiva para a estratificação de risco e a estratégia terapêutica, assim permitindo o acompanhamento sequencial dessa resposta terapêutica. Desde a sua introdução no final dos anos 80, a perfusão miocárdica eletrocardiográfica (*Gated*-SPECT) ou (GSPECT) têm sido cada vez mais utilizada para a avaliação da função do VE no contexto clínico. A ativação do ECG de uma aquisição SPECT de perfusão miocárdica padrão permite a avaliação quantitativa da função do VE simultaneamente com a avaliação da perfusão do VE (PAUL; NABI, 2004).

Vários estudos demonstram que os parâmetros quantitativos obtidos pelas aquisições (*Gated*-SPECT) são reprodutíveis e exatos comparativamente a outras técnicas convencionais, inclusive com a ressonância magnética (ANTUNES; GOMES; VIEIRA, 2014).

A técnica consiste em avaliar o fluxo e a reserva do fluxo sanguíneo de forma não-invasiva, com a injeção de uma substância com um isótopo radioativo, estando o paciente em repouso e após em estresse, servindo como forma de comparação para avaliar alguma possível área sugestiva de isquemia. Esse estudo da perfusão miocárdica sendo sincronizado com eletrocardiograma (*Gated*-SPECT) trouxe informações valiosas de perfusão e da função do ventrículo esquerdo em repouso e estresse, assim como índices de fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) e volumes sistólico e diastólico finais em ambas as etapas (SMANIO; SCHMIDT, 2017). Essas substâncias são aplicadas em duas etapas durante o exame. No primeiro instante com o paciente em estado de estresse provocado por meio de uma atividade física e, em seguida, em estado de repouso. A diferença nas etapas permite ao especialista analisar a degradação funcional do músculo, buscando uma demanda maior de circulação devido ao estado de estresse (AHMED; MOVAHED, 2009).

7.1.1 Planos Cardíacos

Sendo fortemente utilizada dentro das revisões bibliográficas, MORO (1994) explica que após as projeções tomográficas serem formadas, as mesmas são reconstruídas em imagens transversais. E logo após se faz a mudança dos eixos das

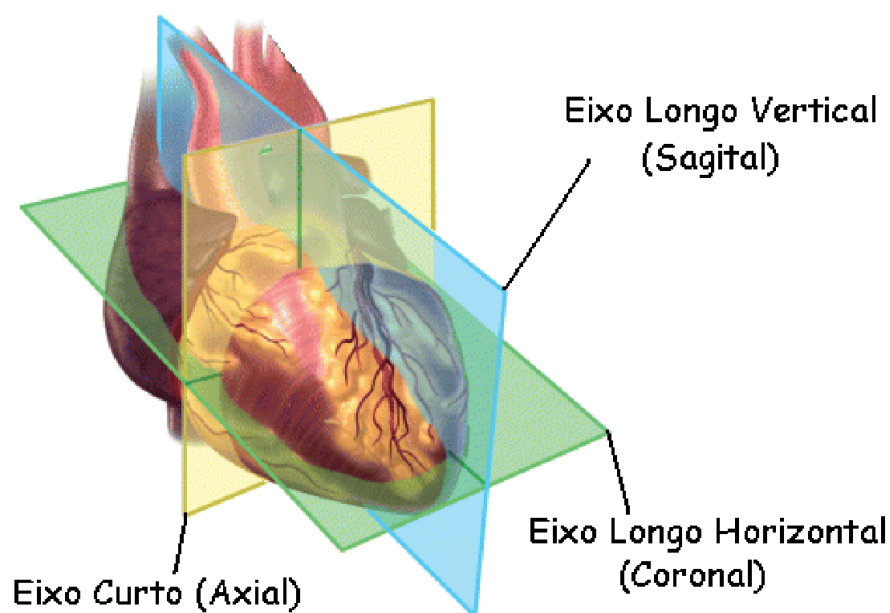
imagens, permitindo esses cortes tomográficos representarem as coordenadas fixadas no coração, que são:

1. Eixo menor (cortes axiais);
2. Eixo maior horizontal (cortes coronais);
3. Eixo maior vertical (cortes sagitais).

Como apresentado na figura 4.

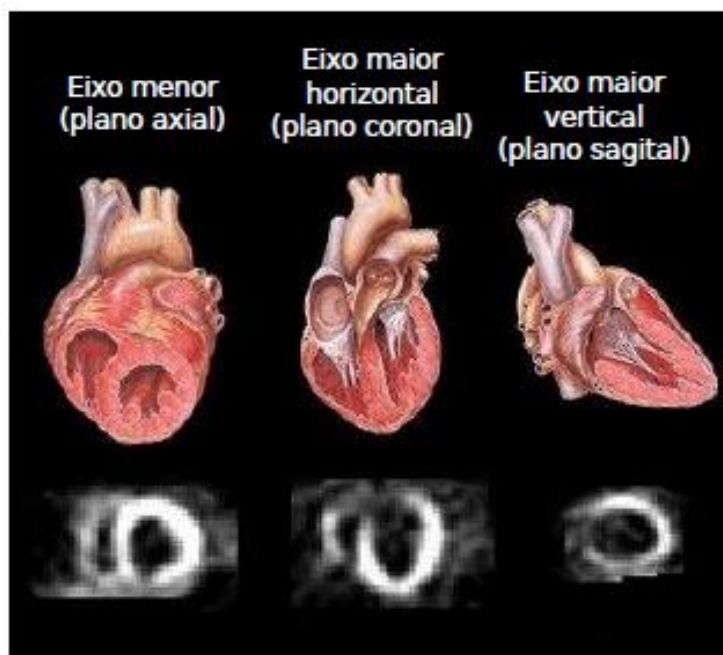
A orientação dos cortes do miocárdio com o ventrículo esquerdo em mais evidência (figura 5), se tem como uma regra nas imagens de perfusão miocárdica. Isso ocorre pela parede do ventrículo esquerdo ser mais espessa, acontecendo assim uma maior perfusão (PAULA, 2011).

Figura 4 - Representação tridimensional do coração seccionado pelos três planos de visualização utilizados.



FONTE: PATZER, 2011.

Figura 5 - Orientação dos cortes do miocárdio

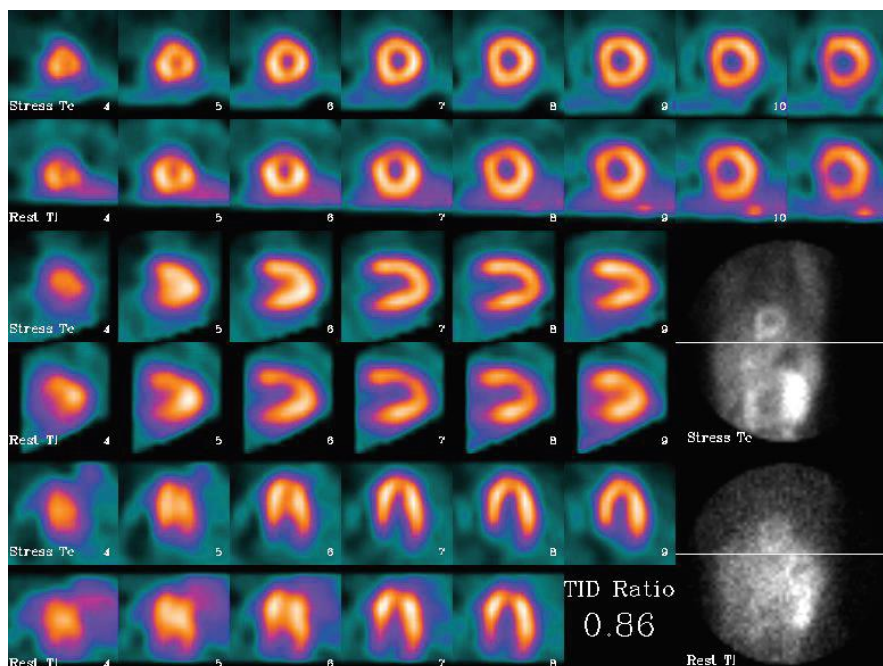


FONTE: PAULA, 2011.

7.1.2 Defeito de perfusão miocárdica

Quando a distribuição do radiofármaco no miocárdio for semelhante nas duas etapas, as cavidades ventriculares e a espessura das paredes forem adequadas ao biótipo do paciente e a função do ventrículo esquerdo estiver nos limites da normalidade, a CM é considerada normal (figura 6) (GROSSMAN, 2009).

Figura 6 – Cintilografia miocárdica normal.

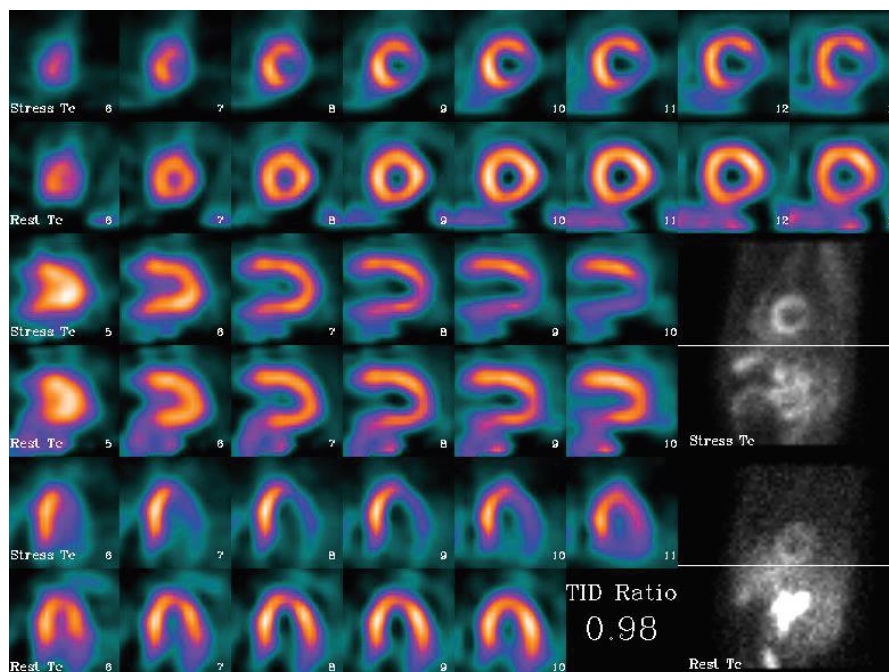


Legenda: Representa: eixos curto, vertical e horizontal nas etapas de estresse (acima) e repouso (abaixo) demonstrando a distribuição normal do radiofármaco.

FONTE: GROSSMAN, 2009.

Quando há obstrução coronária significativa, ocorre redução da reserva coronariana e hipoperfusão durante o estresse. Se esta alteração for reversível em repouso, evidencia-se isquemia (figura 7) e se a alteração for fixa, possivelmente está relacionada a infarto. (GROSSMAN, 2009).

Figura 7 – Cintilografia miocárdica com isquêmica.



Legenda: Representa: eixos curto, vertical e horizontal nas etapas de estresse (acima) e repouso (abaixo) demonstrando hipoperfusão severa reversível em parede lateral e segmento ífero-lateral, sugestiva de isquemia miocárdica.

FONTE: GROSSMAN, 2009.

Os valores de fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) aceitos como normais, variam, dependendo da técnica e metodologia empregada. Com a utilização da técnica (*Gated-SPECT*) este valor é $> 50\%$. Devido a aspectos específicos relacionados à metodologia utilizada para cálculo da FE com esta técnica, os valores encontrados para indivíduos de pequeno tamanho, com cavidades ventriculares pequenas (principalmente mulheres), podem estar superestimados, e, não são raros, valores de FE $> 80\%$ nestes casos (FEITOSA *et al.*, 2002).

8 RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

A ressonância magnética utiliza ondas de radiofrequência (RF) para adquirir informações a partir dos íons de hidrogênio, sem utilizar radiação ionizante. Com o paciente dentro do aparelho os núcleos dos átomos de hidrogênio irão se alinhar paralelamente em relação ao campo magnético externo gerado. Posteriormente são estimulados temporariamente por ondas de RF que irá ser correspondente a frequência do hidrogênio por um campo magnético intenso, que é o campo magnético externo (cerca de 1,5 Tesla) para serem orientados em uma direção de fase e frequência. A transferência de energia emitida do equipamento para os átomos de hidrogênio é o fenômeno conhecido como ressonância. Assim, criando uma condição onde se pode coletar a RF modificada através de uma bobina ou antena receptora para ser convertida numa imagem ou informação (MAZZOLA, 2009; AMARO JÚNIOR; YAMASHITA, 2001; CATTANI *et al.*, 2006).

8.1 Ressonância Magnética Cardíaca.

A Ressonância Magnética Cardíaca (RMC) tem sido descrita como método mais completo, sendo padrão ouro na avaliação da DAC, com o estudo da função ventricular pelo método Simpson e na pesquisa da viabilidade miocárdica, pela técnica de realce tardio (SMANIO; SCHMIDT, 2017; NACIF *et al.*, 2010).

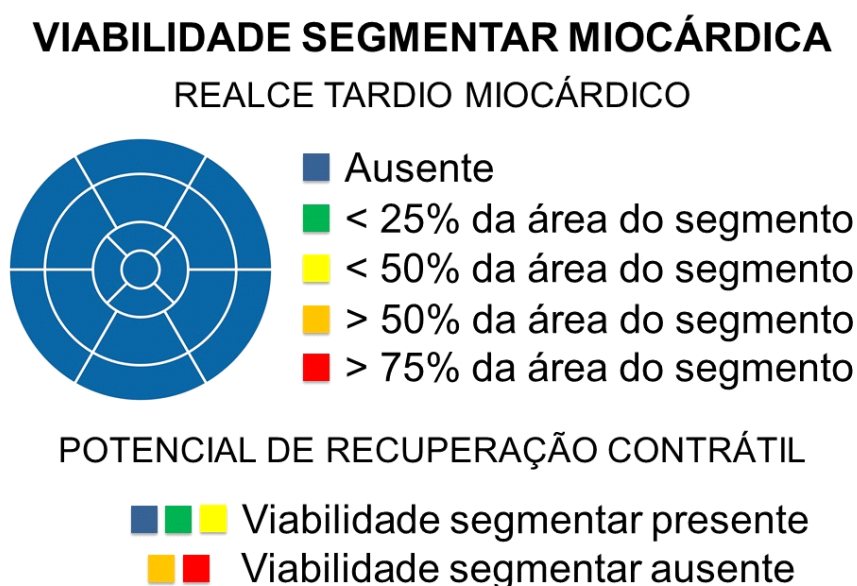
As imagens de realce tardio de contraste paramagnético, fornecem informações de perfusão, extensão e de fibrose, até da viabilidade, causando grande impacto a prática clínica (SARA *et al.*, 2014; ROHDE *et al.*, 2018). Se utiliza uma técnica simples ponderada em T1, onde tecidos infartados ou com aumento de espaço extracelular acumulam Gadolínio e aparecem com sinal elevado (hipersinal) nas imagens de ressonância, principalmente nas imagens após 10 minutos da infusão do contraste (SOUTO *et al.*, 2017).

Conforme os estudos de Cerqueira *et al.* (2002), para facilitar a correlação com os demais métodos de imagem devemos considerar os 17 segmentos do ventrículo esquerdo, (também de uma forma probabilística por que o importante vai ser o grau

de melhora funcional sistólica global com melhora da FEVE), assim se pode quantificar com mais precisão a melhora da função global após uma revascularização utilizando um limiar de pelo menos 10 segmentos, dos 17 iniciais (SOUTO *et al.*, 2017) quantificando também a fibrose e a transmuralidade do infarto, com isso fazer um estudo da viabilidade miocárdica.

Para demonstrar os relatórios da visualização das informações descritas acima são utilizados os mapas polares (figura 8).

Figura 8 - Exemplificação de um mapa polar que pode ser utilizado nos relatórios de estudo de viabilidade miocárdica



FONTE: Adaptado de Souto *et al.*, 2017.

Há uma contraindicação no uso do Gadolínio aos pacientes com insuficiência renal crônica (IRC) para não expor o paciente ao potencial risco de desenvolvimento de fibrose nefrogênica sistêmica (VERAS *et al.*, 2016).

Outros autores descrevem a RMC como método de detecção para infarto do miocárdio, podendo ter informações de anatomia, viabilidade, função tecidual e com excelente qualidade de imagem (SOUTO *et al.*, 2017).

8.2 Ressonância Magnética na cardiopatia isquêmica

A técnica de perfusão sob estresse farmacológico se faz útil em estudos dentro da RMC para a pesquisa da isquemia cardíaca, dando assim importância a ela como um método multimodal no estudo do coração para a DAC (NACIF *et al.*, 2010). A técnica acontece por meio da avaliação de reserva contrátil com dobutamina de baixa dose (KER *et al.*, 2018), demonstrando um déficit de contratilidade segmentar novo decorrente dessa infusão ou sendo uma resposta bifásica, isto é, o aumento da contratilidade miocárdica em baixas doses e disfunção segmentar em altas doses de dobutamina (SARA *et al.*, 2014).

A administração da dobutamina segue o mesmo protocolo utilizado nos exames de ecocardiografia sob estresse, com doses crescentes da droga (10, 20, 30, 40 mcg/kg) por 3 minutos cada uma delas. O protocolo de aquisição de imagens envolve sequências para avaliação dinâmica da função (cine), em diferentes planos de corte, abrangendo os 17 segmentos miocárdicos. As principais limitações dessa técnica são a dificuldade na monitorização contínua do ECG e dos dados vitais do paciente durante o exame, além das contraindicações próprias da infusão da dobutamina. (SARA *et al.*, 2014).

Romero *et al.* (2012), concluem que RM com dobutamina em baixa dose apresenta elevada sensibilidade e especificidade (81% e 91%, respectivamente), enquanto RM com realce tardio por gadolínio possui 95% de sensibilidade e 51% de especificidade, e alta precisão na determinação de parâmetros, como fração de ejeção, volume e massa do VE, movimento da parede por região e espessamento do miocárdio.

A RM ganha destaque dentre as outras técnicas para o diagnóstico das áreas isquêmicas pela alta resolução espacial (KER *et al.*, 2018).

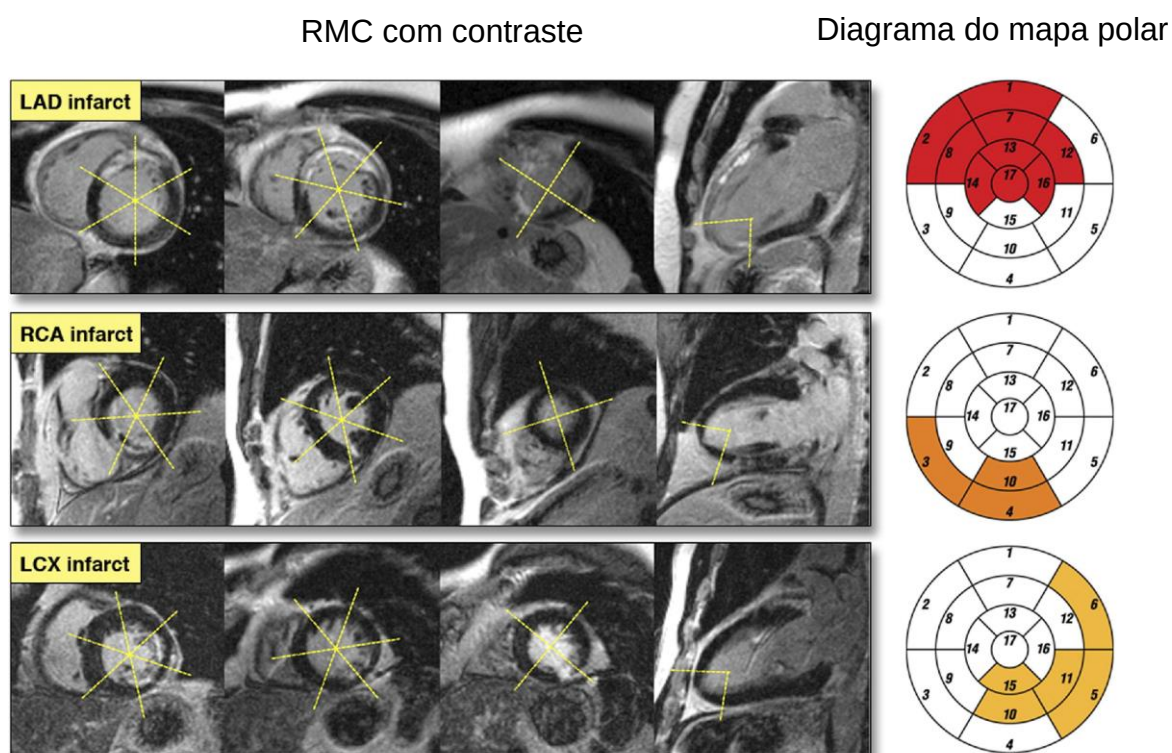
Após uma lesão isquêmica prolongada, a região subendocárdica torna-se rapidamente necrótica e estabelece uma extensão de circunferência da necrose, podendo ser avaliada na RM (ORTIZ-PÉREZ *et al.*, 2008).

9. COMPARAÇÃO ENTRE AS MODALIDADES.

Exemplo 1:

Em um estudo feito por ORTIZ-PÉREZ *et al.*, 2008 (figura 9) mostra uma única visão basal, média, apical e com duas câmaras, exame com contraste de 3 pacientes (**painéis esquerdos**) após um infarto agudo do miocárdio com oclusão da artéria descendente anterior esquerda (LAD), artéria coronária direita (RCA) e circunflexa esquerda (LCX). As **linhas amarelas pontilhadas** delineiam e separam os 17 segmentos sobre todo o ventrículo esquerdo. Os diagramas de mapa polares (**à direita**) revelam o padrão de infarto para cada exemplo.

Figura 9 - Segmentação representativa e padrão de contraste com HR em 17 segmentos das artérias LAD, RCA e LCX.

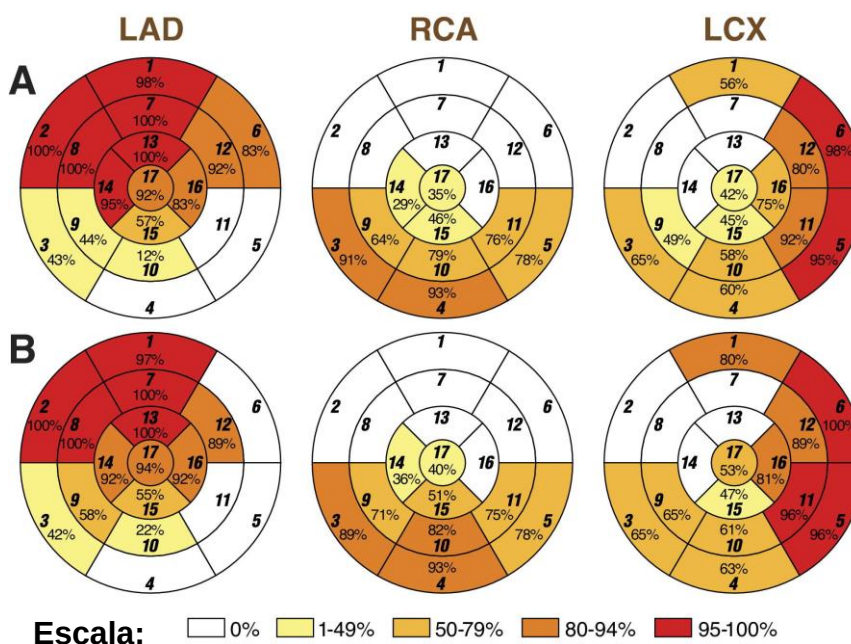


FONTE: ORTIZ-PÉREZ *et al.*, 2008.

Exemplo 2:

No início do estudo, a presença de hiper-realce (HR) no ântero-septal basal (**segmento 2**), médio-anterior (**segmento 7**), ântero-septal médio (**segmento 8**) ou segmento anterior apical (**segmento 13**) era 100% específico para oclusão da DAE. Diagramas de mapas polares mostram a distribuição e as especificidades da CMR com hiper-realce de acordo com a artéria relacionada ao infarto (figura 10). (ORTIZ-PÉREZ *et al.*, 2008).

Figura 10 – Especificidade do HR segmentar de acordo com o infarto de forma aguda e em acompanhamento, dado em porcentagem.



Legenda: Apenas 4 segmentos eram 100% específicos para alguma oclusão de LAD e nenhum para oclusão de RCA ou LCX (**A**). No seguinte, o segmento anterolateral basal foi 100% específico para oclusão por LCX (**B**).

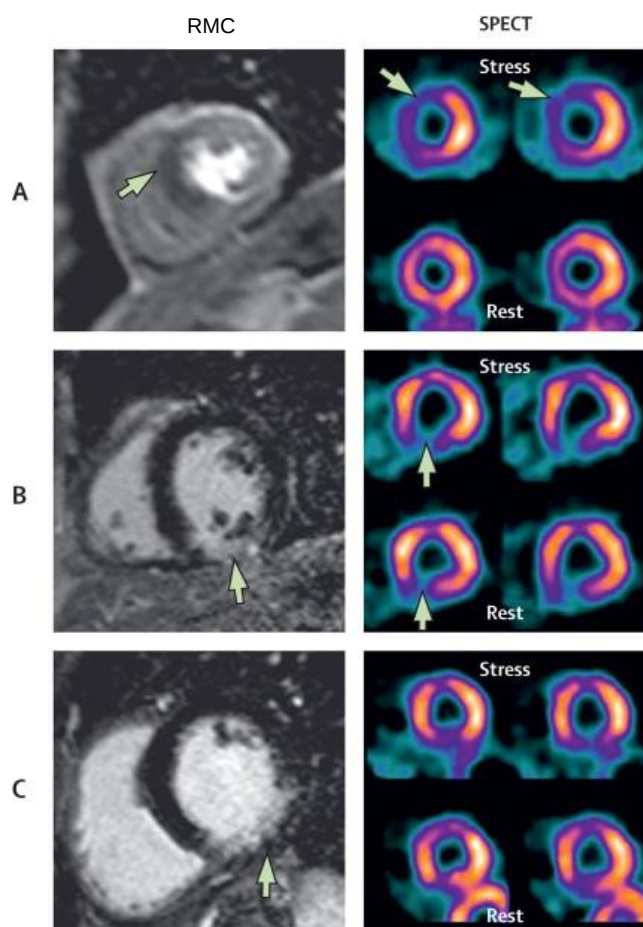
FONTE: ORTIZ-PÉREZ *et al.*, 2008.

Em indivíduos com infarto anterior, o envolvimento do anteroseptal basal (**segmento 2**) foi, altamente específico (85%) para a oclusão proximal da DAE. Nenhum segmento individual foi 100% específico para oclusão de RCA ou LCX. Entretanto, dentre 9 estudos com HR na parede anterolateral basal (**segmento**

6), 7 apresentaram oclusão na LCX, e 1 na DAE. Assim, o envolvimento desse segmento foi altamente específico (98%) para a oclusão da LCX. A parede inferolateral basal (**segmento 5**) também foi altamente específica (95%) para a oclusão por LCX (ORTIZ-PÉREZ *et al.*, 2008).

Exemplo 3:

Figura 11 – RMC em comparação com cintilografia miocárdica.



Legenda: **(A)** RMC de perfusão por estresse mostra hipoperfusão induzível (isquemia) no septo e parede anterior (seta), SPECT em concordância demonstra hipocaptação indicando isquemia induzível anteroseptal (as setas mostram contagens de sinal mais baixas durante o estresse). **(B)** A RMC tardia com gadolínio (a seta mostra hiper-realce na parede inferior) e a SPECT (as setas mostram defeito inferior comparável em repouso e estresse) são concordantes, mostrando um infarto do miocárdio inferior transmural com o comprometimento da artéria coronária direita. **(C)** A RMC tardia com gadolínio mostra infarto inferior subendocárdico (seta), SPECT foi relatado como normal (sem anormalidade do movimento da parede).

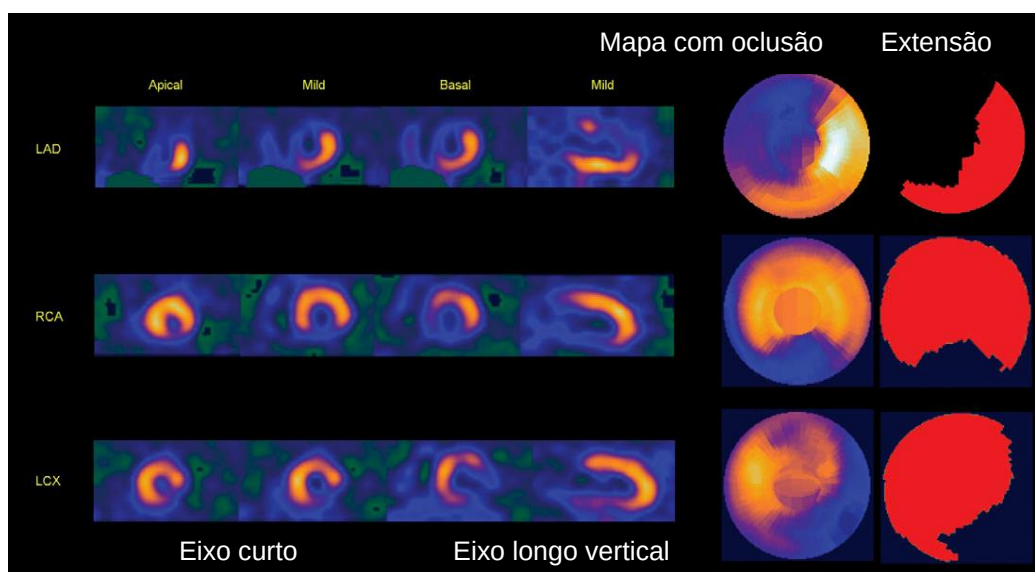
FONTE: Adaptado de GREENWOOD *et al.*, 2012.

De acordo com o protocolo deste estudo, o caso mostra que o SPECT pode perder pequenos infartos subendocárdicos (GREENWOOD *et al.*, 2012).

Exemplo 4:

Neste exemplo a extensão do defeito de perfusão foi quantificada como uma porcentagem de toda a superfície do ventrículo esquerdo no mapa polar, como mostra a figura 12. A extensão do miocárdio com hipoperfusão foi composta pela sobreposição dos contornos dos cortes e posteriormente se criando um mapa polar com os 17 segmentos, colocando junto a eles as principais artérias coronárias. Esses segmentos foram atribuídos a cada área quando essa mesma tem risco envolvendo pelo menos 25% da sua superfície (PEREZTOL-VALDÉS *et al.*, 2005).

Figura 12 - Exemplos de regiões com hipoperfusões em cortes tomográficos e mapas polares correspondentes à oclusão de arte LAD, RCA e LCX.



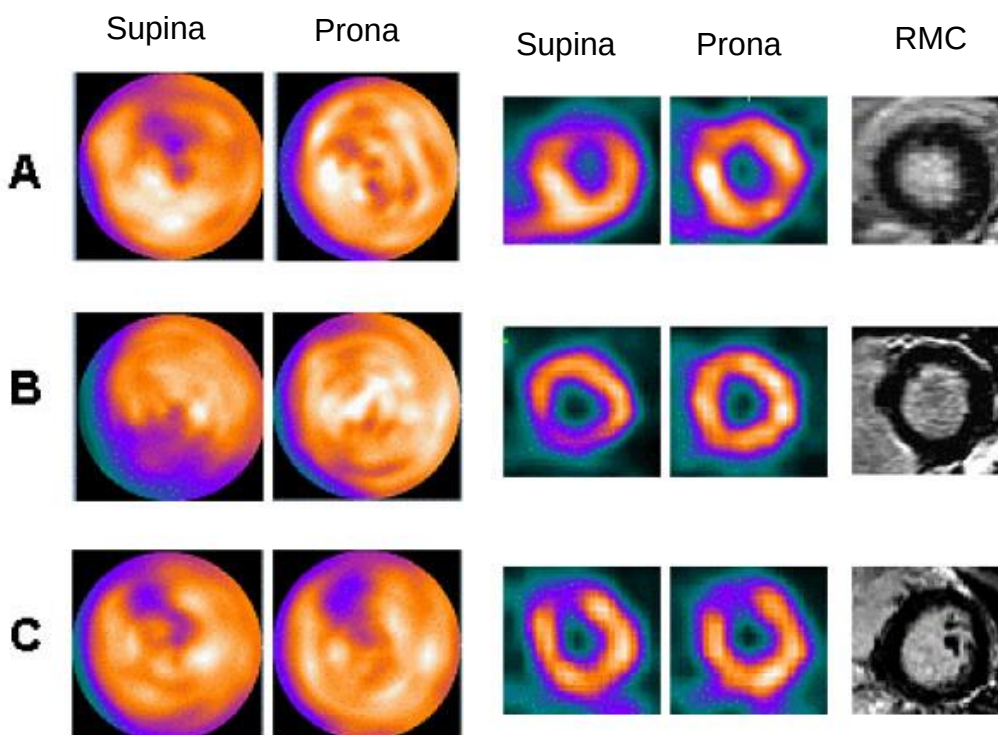
Legenda: O território preto na imagem de extensão do mapa polar apagado corresponde à extensão do miocárdio com <50% de captação em relação à captação máxima do ventrículo esquerdo.

FONTE: PEREZTOL-VALDÉS *et al.*, 2005.

Exemplo 5:

Dentre as limitações da cintilografia, os artefatos de atenuação são bem comuns na parede miocárdica inferior pelo hemidiafragma esquerdo. No caso de nenhum defeito de perfusão estiver presente, e as imagens de perfusão SPECT por ECG demonstrarem movimento normal da parede e espessura normal da parede, é possível se confirmar a natureza de artefatos por anormalidades. Adicionado a isso, se a atenuação da mama degradar a qualidade das imagens de perfusão cardíacas, ou houver muitos artefatos relacionados a movimentos, o exame pode ser repetido com o paciente na posição prona como mostrado na figura 13 (DVORAK; BROWN; CORBETT, 2011).

Figura 13 - Comparação de imagem SPECT supina e prona com a imagem RMC correspondente.



Legenda: As 2 colunas da esquerda mostram mapas polares com o paciente em posição supina e em prona; as 2 colunas do meio representam imagens de eixo curto SPECT; e na coluna da direita as imagens RMC correspondentes. **(A)** em uma paciente do sexo feminino com um possível defeito da parede anterior na posição supina que desaparece na posição prona, a RMC era normal (sem sinais de infarto). **(B)** um paciente do sexo masculino com um possível defeito da parede inferior na posição supina que desaparece na posição prona, correspondendo a uma RMC normal. **(C)** um defeito que persiste da posição supina à prona em uma paciente do sexo feminino.

FONTE: HEDÉN *et al.*, 2009.

Este paciente apresentou resultados normais de RMC. Portanto, A e B são exemplos de imagens propensas a excluir corretamente o infarto do miocárdio, enquanto C é um exemplo de imagem que não conseguiu corrigir um possível artefato de atenuação, sendo a mama esquerda um provável contribuinte para esse artefato, além do diafragma. A imagem prona não requer nenhum hardware adicional, e por assim como é possível perceber serve como uma verificação adicional e em casos de artefatos (HEDÉN *et al.*, 2009).

DISCUSSÃO

A correlação entre o SPECT e a RMC é bem grande na literatura. Ao contrário da SPECT a RMC é isenta de radiação, já garantindo grande vantagem a este método ainda mais para aqueles pacientes já revascularizados que podem necessitar de múltiplos exames para acompanhamento (Donato *et al*, 2013).

Quando se fala em visualização dos exames a RMC possui vantagens bem conhecidas como a ausência de artefatos de atenuação do mesmo tipo dos da cintilografia, uma maior resolução anatômica e possibilitando a visualização de defeitos subendocárdicos. Todas essas características intrínsecas e ainda as sequências rápidas (permitindo uma apneia), obtenção de grande volume de informação com uma duração bem razoável de tempo do exame, com suas avaliações morfofuncionais e de viabilidade miocárdicas, trazem grande importância ao método para a avaliação das CI, diante da pesquisa de Donato *et al*. (2013).

BARKHAUSEN *et al.*, (2002) não relatam a RMC como uma “sequência rápida”, mas sim que elas estão sendo implementadas pela diminuição de um fator físico que encurta o tempo de uma sequência e ainda consegue avaliar a função ventricular em uma única apnéia.

Diante do descrito acima sobre problemas com os artefatos de atenuação da cintilografia, no estudo de Hedén *et al*. (2009), foi relatado que a imagem prona nem sempre é suficiente para diferenciar artefatos de atenuação e infarto do miocárdio na RMC. Dos 63 pacientes com defeitos em imagem supina, 26 permaneceram na imagem prona, porém apenas 2 desses defeitos que persistiram foram causados por infarto isquêmico do miocárdico, o que é determinado pela RMC. No entanto, havia 2 pacientes com defeitos remanescentes na posição prona que não apresentavam infarto do miocárdio naquela área confirmada pela RM, mas apresentavam sinais de miocárdio mais fino e função miocárdica regional deprimida ou fibrose epicárdica. Isso sugeriria que esses pacientes tiveram uma verdadeira diminuição da perfusão miocárdica naquela área demonstrada pelo SPECT. Levando a questionar na especificidade maior do SPECT para áreas de perfusão miocárdica, porém não para outros acometimentos como a fibrose epicárdica citada ou até mesmo o infarto.

Porém Dvorak, Brown e Corbett (2011) dizem diferente. Eles relatam que a imagem prona é sim muito útil para definir artefatos de atenuação como diafragma e mama, na maioria dos casos. Descrevendo que o achado em imagens de perfusão por estresse idênticas com imagens em repouso, utilizando o posicionamento supino e prona poderia ser tanto um artefato de atenuação como uma área de infarto miocárdico. Assim utilizando o (*Gated-SPECT*) para diferenciar os dois. Uma área infartada demonstra movimento de parede anormal e diminuição da parede, já o artefato de atenuação demonstra movimento normal da parede assim como sua espessura.

A RMC pode distinguir entre infartos/lesões e artefatos e pode então ser usada em avaliações adicionais de defeitos do SPECT, conforme sugerido por McCrohon *et al.* (2005). Eles concordam no uso do ECG com o SPECT para avaliação de artefatos de atenuação, porém garantem que o método possui limitações. Dentro no estudo deles foi demonstrado que na RMC, 25% das regiões do miocárdio com infarto subendocárdico limitado para as imagens de gadolínio com realce tardio apresentam contração normal, e esses infartos podem acabar não sendo visualizados pelo SPECT. Tenho como concordante Kwong e Korlakunta (2008) que relatam a consistente evidência que a RMC detecta defeitos subendocárdicos que rotineiramente são passados sem perceber pela SPECT. Ficando também relatado dentro de um estudo nuclear para avaliar infarto que 25% dos pacientes apresentaram SPECT normal tendo sido documentado clinicamente.

Paula (2011) relata que mesmo ainda que alguns autores acreditem que a cintilografia miocárdica possa ser considerada invasiva pela toxicidade do radioisótopo e colocada isso como uma limitação, a meia-vida do mesmo é baixa assim como as radiações gama que chega aos tecidos, tirando essa justificativa como um ponto negativo para a não escolha do método.

Donato *et al.* (2013) descrevem por fim que características operativas encontradas na literatura da RMC por perfusão parecem comparáveis com as da SPECT no diagnóstico de doença coronária. Que nos valores de sensibilidade e de especificidade no diagnóstico de doença coronária significativa encontrados na literatura, podem variar. Eles relatam 83-95% e 53-95% para o SPECT e, entre 70-93% e 71-97% para a RMC, respectivamente.

Kwong e Korlakunta (2008) indicam em concordância que em geral os estudos de perfusão nuclear possuem maior sensibilidade, porém menor especificidade para a identificação de um miocárdio viável comparando com as técnicas de RMC que detectam reserva contrátil.

CONCLUSÃO

Através desta revisão bibliográfica, a conclusão que é importante começar demonstrando é a necessidade de um diagnóstico preciso para os estudos de perfusão miocárdica no caso de cardiopatias isquêmicas, por ser reconhecida como uma das maiores causas de morte no mundo.

A comparação entre os métodos cintilografia miocárdica – SPECT e ressonância magnética cardíaca deixa claro uma necessidade de mais estudos. A fim de, talvez aumentar a especificidade da cintilografia para se equiparar a ressonância, assim como estudos para diminuição dos seus artefatos de atenuação que fazem toda a diferença em um diagnóstico preciso.

Nesses estudos, o uso do mapa polar dentro da cintilografia miocárdica e da ressonância magnética cardíaca se mostrou muito útil, visando simplificar o diagnóstico e elevar o custo-benefício desses métodos em escala universal. Portanto, ele se torna útil independente da modalidade, principalmente pela quantidade de imagens em cortes que se pode ter para ser analisado. Ele junta todos os cortes do ventrículo esquerdo, desde a base até o ápice, porém ainda se faz necessário estudos para sua confiabilidade segmentar, mediante as artérias coronárias e seu local exato de segmentação.

A segmentação do mapa polar com seus 17 segmentos se tornou imprescindível para um estudo qualitativo e quantitativo, da localidade e percentual da área acometida em toda extensão do ventrículo esquerdo, juntamente com a identificação das artérias que possam estar acometidas perante cada segmento.

Possui maior sensibilidade na cintilografia miocárdica e maior especificidade na ressonância magnética cardíaca, demonstrando assim uma maior afinidade para um valor preditivo positivo dentro da Cintilografia e um valor preditivo negativo dentro da Ressonância Magnética, para o estudo da perfusão do miocárdio.

REFERÊNCIAS

AMARO JÚNIOR, Edson; YAMASHITA, Helio. Aspectos básicos de tomografia computadorizada e ressonância magnética. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, [s.l.], v. 23, n. 1, p.2-3, maio 2001.

MAZZOLA, Alessandro A. Ressonância magnética: princípios de formação da imagem e aplicações em imagem funcional. **Revista Brasileira de Física Médica**, Porto Alegre, p.117-29, 2009.

AHA. Standardization of cardiac tomographic imaging. **Journal Of The American College Of Cardiology**, [s.l.], v. 20, n. 1, p.255-256, jul. 1992.

ANTUNES, Marta O.; GOMES, Rafael R.; VIEIRA, Lina. Variabilidade introduzida pelo operador no processamento dos estudos Gated-SPECT do miocárdio. **Saúde & Tecnologia**, Lisboa, p.5-10, maio 2014.

BARBOSA MM, Nunes MCP, Campos Filho O, Camarozano A, Rabischoffsky A, Maciel BC, et al. Sociedade Brasileira de Cardiologia. Diretrizes das Indicações da Ecocardiografia. **Arq Bras Cardiol**, [s.l.], v. 93, p.265-302, 2009

BARRANHAS, Adriana Dias et al. Cardiac magnetic resonance imaging in clinical practice. **Radiologia Brasileira**, [s.l.], v. 47, n. 1, p.1-8, fev. 2014.

BARKHAUSEN, Jörg et al. Assessment of Ventricular Function with Single Breath-Hold Real-Time Steady-State Free Precession Cine MR Imaging **Roentgen Ray Society**, Germany, v. 178, n. 3, p.731-735, mar. 2002.

BESTETTI, Reinaldo. Cardiomiopatia isquêmica terminal associada à extrusão de stent para a luz da aorta. **Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular**, [s.l.], v. 26, n. 3, p.9-10, 2011. Sociedade Brasileira de Cirurgia Cardiovascular.

BUCHPIGUEL, Carlos Alberto. Avanços na evolução da perfusão miocárdica pela cardiologia nuclear. **Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba**, v. 5, n. 1, p. 1-8, 2003.

CARVALHO ACC, Sousa JMA. **Cardiopatia isquêmica**. Rev Bras Hipertens, 8:297–305, 2001.

CATTANI, César Augusto Mastrofrancisco et al. I Diretriz de Ressonância e Tomografia Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia Sumário Executivo. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, [s.l.], v. 87, p.1-12, out. 2006.

CERQUEIRA, Manuel D. et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart. A statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. **Sociedade Americana de Cardiologia Nuclear**, USA, v. 105, p.539-542, 2002.

AHMED, Sagir; MOVAHED, Assad. Gated Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT) Imaging: Current Status and Limitations. **Integrating Cardiology For Nuclear Medicine Physicians**, [s.l.], p.261-274, 2009. Springer Berlin Heidelberg.

DONATO, Paulo et al. Ressonância magnética cardíaca de perfusão em stress: a experiência de um centro nacional. **Revista Portuguesa de Cardiologia**, [s.l.], v. 32, n. 1, p.19-25, jan. 2013.

DUTRA, Adriana Fátima. ANATOMIA E FISIOLOGIA CARDIOVASCULAR. In: SILVA, Ana Paula Lima da. **Enfermagem em Cardiologia Intervencionista**. São Paulo: Editora dos Editores, p. 3,4, 2019.

DVORAK, Ryan A.; BROWN, Richard K. J.; CORBETT, James R. Interpretation of SPECT/CT Myocardial Perfusion Images: Common Artifacts and Quality Control Techniques. **Radiographics**, [s.l.], v. 31, n. 7, p.2041-2057, nov. 2011. Radiological Society of North America (RSNA).

FEITOSA, Gilson Soares et al. I Diretriz da Sociedade Brasileira de Cardiologia Sobre Cardiologia Nuclear. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, [s.l.], v. 78, p.1-42, 2002.

FUCHS, Flávio Danni. **Prevenção Primária de Cardiopatia Isquêmica: medidas não medicamentosas e medicamentosas**. ISBN: 978-85-7967-108-1 Vol. 1, Nº 5 Brasília, abril de 2016.

GARCIA, Ernest V.; DEPUEY, E. Gordon; DEPASQUALE, Eugene E. Quantative planar and tomographic thallium-201 myocardial perfusion imaging. **Cardiovascular And Interventional Radiology**, [s.l.], v. 10, n. 6, p.374-383, nov. 1987. Springer Science and Business Media

GIANNOPOULOS, Andreas A.; GAEMPERLI, Oliver. Hybrid Imaging in Ischemic Heart Disease. **Revista Española de Cardiología (english Edition)**, [s.l.], v. 71, n. 5, p.382-390, maio 2018.

GREENWOOD, John P et al. Cardiovascular magnetic resonance and single-photon emission computed tomography for diagnosis of coronary heart disease (CE-MARC): a prospective trial. **The Lancet**, [s.l.], v. 379, n. 9814, p.453-460, fev. 2012.

GROSSMAN, Gabriel Blacher. O papel da cintilografia miocárdica na avaliação da cardiopatia isquêmica. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, v. 16, 2009.

GUYTON, Arthur C.; HALL., John E. **Tratado de fisiologia médica**. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

HEDÉN, Bo et al. Disappearance of myocardial perfusion defects on prone SPECT imaging: Comparison with cardiac magnetic resonance imaging in patients without established coronary artery disease. **Bmc Medical Imaging**, [s.l.], v. 9, n. 1, p.9-16, 10 ago. 2009.

KER, Wilter dos Santos et al. Practical Implications of Myocardial Viability Studies. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, [s.l.], p.278-288, 2018. Sociedade Brasileira de Cardiologia.

KWONG, Raymond Y.; KORLAKUNTA, Hema. Diagnostic and Prognostic Value of Cardiac Magnetic Resonance Imaging in Assessing Myocardial Viability. **Topics In Magnetic Resonance Imaging**, [s.l.], v. 19, n. 1, p.15-24, fev. 2008. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health).

MALDONADO, Carolina Máximo et al. Associação entre fatores de risco cardiovasculares e a presença de doença arterial coronariana. **Archivos de Medicina (manizales)**, [s.l.], v. 19, n. 2, p.247-255, 24 jul. 2019. Universidad de Manizales.

MCCROHON JA, Lyne JC, Rahman SL, Lorenz CH, Underwood SR, Pennell DJ: Papel adjuvante da ressonância magnética cardiovascular na avaliação de pacientes com atenuação inferior na perfusão miocárdica SPECT. J Cardiovasc Magn Reson, 7:2, p.377-382, 2005

MELE, Donato et al. **Polar plot maps by parametric strain echocardiography allow accurate evaluation of non-viable transmural scar tissue in ischaemic heart disease.** European Heart Journal – Cardiovascular Imaging, [s.l.], v. 17, n. 6, p.668-677, 4 ago. 2015.

MOHRMAN, David E.; HELLER, Lois Jane. **Fisiología cardiovascular.** 6. ed. México: Mcgraw-hill, p.255, 2007.

MORO, Claudia Maria Cabral. **Metodo automatico para construção de mapas polares.** 111 f. Tese (Doutorado) - Curso de Faculdade de Engenharia Eletrica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.

NACIF, Marcelo Souto et al. **Ressonância magnética cardíaca e seus planos anatômicos: como eu faço?** Arq. Bras. Cardiol., São Paulo, v. 95, n. 6, p. 756-763, Dec. 2010.

ORTIZ-PÉREZ, José T. et al. Correspondence Between the 17-Segment Model and Coronary Arterial Anatomy Using Contrast-Enhanced Cardiac Magnetic Resonance Imaging. **Jacc: Cardiovascular Imaging**, [s.l.], v. 1, n. 3, p.282-293, maio 2008.

PATZER, Gabriel Paniz. **Método automático para criação de mapas polares baseado em alinhamento de imagens.** 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Informação, Universidade Federal do Abc, Santo André, 2011.

PAULA, Luis Roberto Pereira de. **Segmentação de imagens SPECT/Gated-SPECT do miocárdio e geração de um mapa polar**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

PAUL, Asit K.; NABI, Hani A.. Gated Myocardial Perfusion SPECT: Basic Principles, Technical Aspects, and Clinical Applications. **J Nucl Med Technol**, New York, v. 32, n. 4, p.179-187, dez. 2004.

PEREZTOL-VALDÉS, Osvaldo et al. Correspondence between left ventricular 17 myocardial segments and coronary arteries. **European Heart Journal**, [s.l.], v. 26, n. 24, p.2637-2643, 23 set. 2005. Oxford University Press (OUP).

ROBILOTTA, Cecil Chow. A tomografia por emissão de pósitrons: uma nova modalidade na medicina nuclear brasileira. **Revista Panamericana de Salud Pública**, [s.l.], v. 20, n. 2-3, p.134-42, set. 2006. FapUNIFESP

ROCHA, Claudete Pereira da; OLIVEIRA, Lisangela Cristina de. **Identificação de fatores de risco em família com prevalência de doença arterial coronariana**. Curitiba: Cadernos da Escola de Saúde, 2017.

ROHDE, Luis Eduardo Paim et al. Diretriz Brasileira de Insuficiência Cardíaca Crônica e Aguda. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, [s.l.], p.453-539, 2018. Sociedade Brasileira de Cardiologia.

ROMERO, Jorge et al. CMR Imaging Assessing Viability in Patients With Chronic Ventricular Dysfunction Due to Coronary Artery Disease. **Jacc: Cardiovascular Imaging**, [s.l.], v. 5, n. 5, p.494-508, maio 2012.

RUBEAUX, Mathieu et al. Normal Databases for the Relative Quantification of Myocardial Perfusion. **Curr Cardiovasc Imaging**, (s.i), p.9-22, ago. 2017.

SANTOS, Edmar Batista dos; BIANCO, Henrique Tria. Atualizações em doença cardíaca isquêmica aguda e crônica. **Sociedade Brasileira de Clínica Médica**, São Paulo, p.52-58, 2018.

SARA, L et al. II Diretriz de Ressonância Magnética e Tomografia Computadorizada Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia e do Colégio Brasileiro de Radiologia. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, [s.l.], v. 103, n. 6, p.1-86, 2014. Sociedade Brasileira de Cardiologia.

SCHWITTER, Juerg et al. MR-IMPACT: comparison of perfusion-cardiac magnetic resonance with single-photon emission computed tomography for the detection of coronary artery disease in a multicentre, multivendor, randomized trial. **European Heart Journal**, [s.l.], v. 29, n. 4, p.480-489, 21 jan. 2008. Oxford University Press (OUP).

SHARIR, Tali et al. Incremental Prognostic Value of Post-Stress Left Ventricular Ejection Fraction and Volume by Gated Myocardial Perfusion Single Photon Emission Computed Tomography. **Circulation**, [s.l.], v. 100, n. 10, p.1035-1042, 7 set. 1999.

SMANIO, Paola Emanuela Poggio et al. Myocardial Scintigraphy in the Evaluation of Cardiac Events in Patients without Typical Symptoms. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, [s.l.], p.112-122, 2015. Sociedade Brasileira de Cardiologia.

SMANIO, Paola Emanuela Poggio; SCHMIDT, André. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA PERFUSÃO MIOCÁRDICA. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo**, [s.l.], v. 27, n. 2, p.50-62, 15 maio 2017. Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo.

SOUTO, Ana Luiza Mansur et al. Myocardial Viability on Cardiac Magnetic Resonance. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, [s.l.], p.458-469, 2017. Sociedade Brasileira de Cardiologia.

SPIER, Nathalia et al. Classification of Polar Maps from Cardiac Perfusion Imaging with Graph-Convolutional Neural Networks. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 9, n. 1, 20 maio 2019. Springer Science and Business Media LLC.

VERAS, Mariana Ferreira et al. Usefulness of Multimodality Imaging for Detection of Myocardial Infarction in Patients with Advanced Kidney Failure: Case Report. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia - Imagem Cardiovascular**, [s.l.], v. 29, n. 1, p.21-24, 2016. GN1 Genesis Network.

ZIESSMAN, Harvey A et al. Imagem Molecular. In: O'MALLEY, Janis P. **Medicina Nuclear**. São Paulo: Elsevier, 2015.