INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA

DELAINE HOFFMANN SPARRENBERGER

ISABELA TEIXEIRA CHIRIVINO

FATORES ASSOCIADOS À REPETIÇÃO DE EXAMES DE CINTILOGRAFIA DE PERFUSÃO MIOCÁRDICA: uma revisão integrativa da literatura

FLORIANÓPOLIS, 2026

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA

DELAINE HOFFMANN SPARRENBERGER

ISABELA TEIXEIRA CHIRIVINO

FATORES ASSOCIADOS À REPETIÇÃO DE EXAMES DE CINTILOGRAFIA DE PERFUSÃO MIOCÁRDICA: uma revisão integrativa da literatura

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Tecnóloga em Radiologia.

Professora orientadora: Profª. Drª. Tatiane Sabriela Cagol Camozzato

Coorientadora: Profª. Drª. Andrea Huhn

FLORIANÓPOLIS, 2026

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, por meio do Programa de Geração Automática da Biblioteca do IFSC

Ficha de Identificação da obra elaborada pelo autor, através do cadastro de ficha de identificação disponível no portal discente do Sistema Integrado de Gestão Acadêmica - SIGAA, do IFSC.

Sparrenberger, Delaine Hoffmann
FATORES ASSOCIADOS À REPETIÇÃO DE EXAMES DE CINTILOGRAFIA DE PERFUSÃO MIOCÁRDICA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA / Delaine Hoffmann Sparrenberger ; orientador(a): Profª. Drª. Tatiane Sabriela Cagol Camozzato ; coorientador(a): Profª. Drª. Andrea Huhn. -- Florianópolis : 2026.
76 p.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Florianópolis. Curso Superior de Tecnologia em Radiologia, Florianópolis, 2026.

Inclui referências.

1. Medicina Nuclear. 2. Cintilografia de Perfusão Miocárdica. 3. Qualidade da Imagem. 4. Repetição de Exames. 5. Revisão Integrativa. I. Camozzato, Profª. Drª. Tatiane Sabriela Cagol. II. Huhn, Profª. Drª. Andrea. III. Instituto Federal de Santa Catarina. Curso Superior de Tecnologia em Radiologia. IV. Título.

FATORES ASSOCIADOS À REPETIÇÃO DE EXAMES DE CINTILOGRAFIA DE PERFUSÃO MIOCÁRDICA: uma revisão integrativa da literatura

DELAINE HOFFMANN SPARRENBERGER

ISABELA TEIXEIRA CHIRIVINO

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Tecnólogo em Radiologia e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 10 de agosto 2026.

Documento assinado digitalmente
gov.br
TATIANE SABRIELA CAGOL CAMOZZATO
Data: 13/08/2026 15:10:45-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

TATIANE SABRIELA CAGOL CAMOZZATO, DRA./IFSC

Documento assinado digitalmente
gov.br
ANDREA HUHN
Data: 13/08/2026 15:03:25-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

ANDREA HUHN, DRA./IFSC

Documento assinado digitalmente
gov.br
PATRICIA FERNANDA DOROW
Data: 13/08/2026 16:33:48-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

PATRÍCIA DOROW, DRA/IFSC

Documento assinado digitalmente
gov.br
SABRINA NEVES DOS SANTOS
Data: 13/08/2026 15:48:19-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

SABRINA NEVES DOS SANTOS

RESUMO

A cintilografia de perfusão miocárdica (CPM) é um dos principais exames utilizados na avaliação da perfusão do músculo cardíaco, contribuindo para o diagnóstico, a estratificação de risco e o acompanhamento de pacientes com suspeita ou confirmação de doença arterial coronariana. Entretanto, fatores relacionados ao preparo do paciente, às condições fisiológicas, aos protocolos de aquisição e ao processamento das imagens podem comprometer sua qualidade, levando à necessidade de aquisições complementares ou repetição do exame. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo identificar os principais fatores associados à repetição de exames de cintilografia de perfusão miocárdica e as estratégias descritas para sua prevenção. Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, com buscas realizadas entre junho e julho de 2026 nas bases PubMed, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e SciELO, contemplando publicações de 2010 a 2025. Foram identificados 1.256 registros e, após a remoção de 39 duplicatas, 1.217 foram submetidos à triagem por títulos e resumos. Destes, 721 foram excluídos e 496 seguiram para avaliação do texto completo. Após a aplicação dos critérios de elegibilidade, 482 estudos foram excluídos, resultando em 14 estudos originais incluídos na análise final. Os dados foram analisados de forma descritiva e qualitativa, com identificação, comparação e agrupamento dos principais achados em categorias temáticas. A análise das evidências identificou como principais fatores associados à repetição dos exames os artefatos decorrentes da captação hepática e intestinal do radiofármaco, a movimentação do paciente, o preparo inadequado, o posicionamento incorreto, a escolha inadequada dos protocolos de aquisição e as falhas no controle de qualidade. Entre as estratégias para minimizar essas ocorrências, destacam-se ações que podem ser adotadas pelo tecnólogo em Radiologia, como a verificação do preparo do paciente, o posicionamento adequado, a orientação para evitar movimentação durante a aquisição, a aplicação correta dos protocolos, a avaliação da qualidade das imagens e a identificação precoce de artefatos, além do aprimoramento do processamento das imagens e da adoção de programas de garantia da qualidade. Conclui-se que a adoção de medidas preventivas e a padronização das práticas assistenciais contribuem para melhorar a qualidade das imagens, reduzir a repetição dos exames, otimizar os recursos dos serviços de Medicina Nuclear e fortalecer a segurança e a qualidade da assistência ao paciente.

Palavra-chave: Medicina Nuclear. Cintilografia de Perfusão Miocárdica. Qualidade da Imagem. Repetição de Exames. Artefatos.

ABSTRACT

Myocardial perfusion scintigraphy (MPS) is one of the main examinations used to assess myocardial perfusion, contributing to the diagnosis, risk stratification, and follow-up of patients with suspected or confirmed coronary artery disease. However, factors related to patient preparation, physiological conditions, acquisition protocols, and image processing may compromise image quality, leading to the need for additional image acquisitions or repeat examinations. In this context, the present study aimed to identify the main factors associated with repeat myocardial perfusion scintigraphy examinations and the strategies described for their prevention. This study is an integrative literature review, with searches conducted between June and July 2026 in PubMed, the Virtual Health Library (VHL), and SciELO databases, covering publications from 2010 to 2025. A total of 1,256 records were identified and, after removing 39 duplicates, 1,217 were screened by title and abstract. Of these, 721 were excluded, and 496 proceeded to full-text assessment. After applying the eligibility criteria, 482 studies were excluded, resulting in 14 original studies included in the final analysis. Data were analyzed descriptively and qualitatively through the identification, comparison, and grouping of the main findings into thematic categories. The analysis of the evidence identified the main factors associated with repeat examinations as artifacts resulting from hepatic and intestinal radiotracer uptake, patient motion, inadequate patient preparation, incorrect positioning, inappropriate selection of acquisition protocols, and failures in quality control. Strategies to minimize these occurrences include actions that can be implemented by radiologic technologists, such as verifying patient preparation, ensuring appropriate positioning, instructing patients to avoid movement during image acquisition, correctly applying acquisition protocols, assessing image quality, and identifying artifacts early, as well as improving image processing and adopting quality assurance programs. It is concluded that the implementation of preventive measures and the standardization of clinical practices contribute to improving image quality, reducing repeat examinations, optimizing the use of Nuclear Medicine resources, and enhancing patient safety and quality of care.

Keywords: Nuclear Medicine. Myocardial Perfusion Scintigraphy. Image Quality. Repeat Examinations. Artifacts.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

99mTc - Tecnécio-99m (metaestável)

ASNC - Sociedade Americana de Cardiologia Nuclear

CPM - Cintilografia de Perfusão Miocárdica

DAC - Doença Arterial Coronariana

DCNT - Doenças Crônicas Não Transmissíveis

DCV - Doenças Cardiovasculares

ECG - Eletrocardiograma

EANM - European Association of Nuclear Medicine

FC - Frequência Cardíaca

GATED - Gated Acquisition Technique (técnica de aquisição sincronizada ao eletrocardiograma)

IAEA - Agência Internacional de Energia Atômica

IFSC - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

IMC - Índice de Massa Corporal

IPEN - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

keV - Quiloelétron-volt

MIBI – Methoxyisobutylisonitrile

MN - Medicina Nuclear

OMS - Organização Mundial da Saúde

SBC - Sociedade Brasileira de Cardiologia

SBMN - Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear

SNMMI – Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging

SMN - Serviço de Medicina Nuclear

SPECT - *Single Photon Emission Computed Tomography* (Tomografia Computadorizada por Emissão de Fóton Único)

SUS - Sistema Único de Saúde

UNSCEAR - Comitê Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Ionizante

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do coração……18

Figura 2 – Exibição padrão de imagens de cintilografia de perfusão miocárdica.....….....…...25

Figura 3 – Fluxograma do processo de seleção dos estudos da revisão integrativa…….....……..47

LISTA DE TABELAS

Quadro 1 – Síntese dos estudos incluídos..... 52

Quadro 2 – Caracterização dos estudos segundo o delineamento metodológico.....55

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	**10**
1.1	**Problema da pesquisa**	**11**
1.2	**Justificativa**	**12**
1.3	**Objetivo geral**	**13**
1.4	**Objetivos específicos**	**13**
2	**REVISÃO DA LITERATURA**	**14**
2.1	**Medicina Nuclear**	**14**
2.2	**Cintilografia**	**16**
2.3	**Anatomia e Fisiologia Cardiaca**	**17**
2.4	**Cintilografia de Perfusão Miocárdica**	**21**
2.5	**Radiofármacos Utilizados na CPM**	**26**
2.6	**Diretrizes Nacionais e Internacionais**	**27**
2.7	**Proteção Radiológica**	**31**
2.8	**Fatores relacionados a qualidade da imagem na CPM**	**33**
2.8.1	Preparo do paciente	34
2.8.2	Fatores fisiológicos	36
2.8.3	Fatores técnicos	38
2.8.4	Estratégias para otimização da qualidade das imagens	40
3	**METODOLOGIA**	**43**
3.1	**Tipo de estudo**	**43**
3.2	**Questão norteadora**	**44**
3.3	**Estratégia de busca**	**45**
3.4	**Critério de elegibiblidade dos estudos**	**47**
3.5	**Seleção de estudos**	**49**
3.6	**Extração e análise dos casos**	**50**
4	**RESULTADOS**	**51**
4.1	**Caracterização dos estudos incluídos**	**54**
4.2	**Intervenções relacionadas ao preparo do paciente**	**56**
4.3	**Estratégias técnicas para redução de artefatos**	**58**
4.4	**Fatores técnicos e otimização da qualidade das imagens**	**59**
5	**DISCUSSÃO**	**62**
6	**CONCLUSÃO**	**66**
	REFERÊNCIAS	**68**

1 INTRODUÇÃO

A Medicina Nuclear (MN) é uma especialidade médica que utiliza fontes não seladas de radiação ionizante para fins diagnósticos e terapêuticos. Na área diagnóstica, destacam-se os procedimentos cintilográficos, que possibilitam avaliar, de forma não invasiva, o funcionamento fisiológico de órgãos e sistemas por meio da administração de radiofármacos. Esses compostos são formados pela associação entre um fármaco transportador e um radionuclídeo emissor de radiação, direcionando sua captação para estruturas específicas do organismo. Entre os radiofármacos mais empregados destaca-se o tecnécio-99m (99mTc), amplamente utilizado devido à sua meia-vida física adequada, elevada disponibilidade e boa relação entre qualidade diagnóstica e custo. Na prática clínica, a MN tem aplicações importantes nas áreas cardiológica, oncológica, óssea e renal, contribuindo para o diagnóstico precoce, o estadiamento e o acompanhamento de diversas doenças (Saha, 2018; Ziessman, 2020).

Na área da cardiologia, a Cintilografia de Perfusão Miocárdica (CPM) é um dos exames mais realizados para avaliar perfusão e a função ventricular. Por meio da administração de radiofármacos emissores de fótons gama e da aquisição de imagens por SPECT, a CPM identifica isquemia, necrose e anormalidades contráteis com elevada sensibilidade e especificidade. O sucesso do exame depende de uma sequência fisiológica e técnica: o traçador deve atingir o tecido cardíaco, os miócitos viáveis precisam absorvê-lo e parcela suficiente do traçador deve permanecer intracelular para possibilitar a aquisição de imagens de qualidade. (Saha, 2018; SBMN, 2020)

Apesar da ampla utilização e das recomendações internacionais, a CPM apresenta índices significativos de repetição, decorrentes de fatores técnicos, preparo inadequado do paciente, interferências biológicas e limitações relacionadas às condições clínicas individuais, constituindo um

desafio para os serviços de medicina nuclear (SMN). A repetição de exames aumenta o tempo de permanência do paciente, eleva os custos operacionais, compromete o fluxo assistencial e implica exposição radiológica adicional, ainda que dentro de limites considerados aceitáveis (IAEA, 2019).

Sociedades científicas como a *Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* (SNMMI), a *European Association of Nuclear Medicine* (EANM) e a Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear (SBMN) têm papel essencial na padronização de práticas, propondo diretrizes que enfatizam a otimização de processos, o preparo adequado do paciente, o controle de qualidade dos radiofármacos e a uniformização de protocolos para reduzir imagens inconclusivas e repetições desnecessárias. Nesse sentido, analisar as causas de repetição da CPM é imprescindível não só para aprimorar a qualidade diagnóstica, mas também para fortalecer a segurança do paciente e a eficiência operacional do serviço. (SBMN, 2020)

Diante desse contexto, é relevante reunir e analisar as evidências científicas disponíveis sobre os fatores que podem comprometer a qualidade das imagens e levar à repetição da CPM. A síntese dessas evidências pode contribuir para o aprimoramento dos protocolos assistenciais, para a redução de repetições desnecessárias e para o fortalecimento das práticas de qualidade e proteção radiológica nos SMN. Assim, o presente estudo tem como objetivo analisar, por meio de uma revisão integrativa da literatura, os fatores associados à repetição de exames de CPM e as estratégias descritas para sua prevenção.

1.1 Problema da pesquisa

A repetição de exames de CPM representa um desafio significativo nos SMN, pois acarreta aumento do tempo de atendimento, maior exposição dos pacientes à radiação e elevação dos custos operacionais. Embora seja

amplamente utilizada para avaliar a perfusão miocárdica e a função ventricular, diversos fatores podem comprometer a qualidade da imagem obtida, tornando necessária a repetição do exame. Esses fatores podem estar relacionados a aspectos técnicos, operacionais ou ao próprio paciente, tornando relevante sua identificação e análise para compreender as causas associadas à repetição da CPM. Assim, o presente estudo busca responder:

Quais os principais fatores associados à repetição de exames de cintilografia de perfusão miocárdica e as estratégias descritas para sua prevenção?

1.2 Justificativa

Apesar da ampla utilização da CPM na prática clínica, os fatores associados à repetição dos exames encontram-se descritos de forma dispersa na literatura científica. A realização de uma revisão integrativa permite reunir, sintetizar e analisar criticamente essas evidências, possibilitando a identificação dos principais fatores relacionados à repetição dos exames e das estratégias propostas para sua prevenção. Além disso, este estudo poderá subsidiar a melhoria dos protocolos assistenciais, fortalecer as práticas de proteção radiológica e contribuir para a qualificação dos SMN. Nesse contexto, o estudo apresenta relevância para a atuação do Tecnólogo em Radiologia, uma vez que a qualidade das imagens está diretamente relacionada à adequada execução técnica do exame. Esse profissional participa de etapas como a orientação e o preparo do paciente, o posicionamento, a aquisição das imagens e o controle de qualidade. Dessa forma, conhecer os fatores que podem levar à repetição da CPM e as estratégias para preveni-la contribui para o aprimoramento da prática profissional, para a obtenção de imagens com qualidade diagnóstica e para a melhoria dos SMN.

1.3 Objetivo Geral

Identificar os principais fatores associados à repetição de exames de cintilografia de perfusão miocárdica e as estratégias descritas para sua prevenção.

1.4 Objetivos Específicos

a) Identificar os principais fatores associados à repetição de exames de cintilografia de perfusão miocárdica descritos na literatura científica.

b) Descrever a influência do preparo do paciente na qualidade das imagens e na necessidade de repetição dos exames.

c) Analisar os fatores técnicos, operacionais e relacionados ao processamento das imagens associados à repetição da cintilografia de perfusão miocárdica.

d) Discutir os impactos da repetição dos exames na qualidade assistencial, na proteção radiológica, na segurança do paciente e na eficiência dos SMN.

e) Descrever as estratégias relatadas na literatura para prevenir ou reduzir a repetição dos exames de cintilografia de perfusão miocárdica.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão de literatura apresentada a seguir reúne os principais fundamentos teóricos necessários para compreender os aspectos que influenciam a realização e a repetição da CPM. Para isso, serão abordados temas essenciais, como os princípios da MN, a estrutura e o funcionamento do sistema cardiovascular, os radiofármacos utilizados na avaliação da perfusão miocárdica e os protocolos de aquisição empregados no exame.

Além disso, serão discutidos fatores técnicos, biológicos e operacionais que podem interferir na qualidade das imagens e justificar a necessidade de repetição do procedimento. Essa fundamentação teórica fornece o embasamento científico necessário para compreender os fatores associados à repetição dos exames de CPM e subsidiar a análise crítica das evidências identificadas nesta revisão integrativa.

2.1 Medicina Nuclear

A MN distingue-se das demais áreas da Radiologia por ser uma especialidade médica com finalidades diagnósticas e terapêuticas, baseada no uso de fontes radioativas não seladas. Os radiofármacos são administrados de forma segura e minimamente invasiva, permitindo a avaliação fisiológica e funcional das estruturas anatômicas (Saha, 2018).

Os radiofármacos são preparados em atividades adequadas ao tipo de exame e às características do paciente, como o peso corporal, sendo administrados por via intravenosa, oral, inalatória ou, em situações específicas, por via subcutânea. Após sua administração, apresentam afinidade por determinados órgãos ou tipos celulares, contribuindo para a elevada especificidade diagnóstica e para a baixa ocorrência de efeitos adversos. O percurso do radioisótopo pode depender das suas propriedades intrínsecas. Em outros casos, ele é associado a um grupo químico específico, formando um radiofármaco que se direciona a determinados tecidos (Camargo, 2015).

A realização deste procedimento envolve a atuação integrada de uma equipe multidisciplinar, que por meio do diagnóstico por imagem, consegue identificar a abordagem terapêutica mais apropriada para cada paciente. Após a administração de radiofármacos, os fótons gama emitidos interagem com o cristal do equipamento gama-câmara, produzindo cintilações que são convertidas em imagem. Por avaliar processos fisiológicos e funcionais dos tecidos, o exame de cintilografia é considerado uma modalidade de imagem funcional ou molecular (Camargo, 2015).

Na MN em cardiologia, a CPM é um dos exames de maior aplicação na prática clínica, sendo frequentemente solicitada. Faz a utilização de radiofármacos marcados com 99mTc, que permitem avaliar o fluxo sanguíneo no miocárdio e é sincronizado ao eletrocardiograma por meio da técnica Gated-SPECT, possibilitando a análise simultânea da perfusão e da função ventricular. O diagnóstico precoce possibilita a indicação de tratamentos mais adequados para diferentes patologias (SBC; SBMN, 2020).

Nacionalmente a MN foi rapidamente formalizada, em 1961 foi fundada a Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear (SBMN) com o objetivo de “integrar e favorecer o desenvolvimento da comunidade médica nuclear e demais profissionais envolvidos no emprego de fontes abertas de radionuclídeos com finalidades diagnósticas ou terapêuticas, promovendo atividades científicas e de intercâmbio entre profissionais de todo o país” (SBMN, 2022). Entretanto, a base para esse desenvolvimento começou anteriormente, em 1956, com a formação do antigo Instituto de Energias Atômicas (IEA), atualmente denominado Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), que foi o precursor na fabricação de radiofármacos nacionais (Camozzato *et al*., 2020).

2.2 Cintilografia

A cintilografia é uma técnica de diagnóstico por imagem que permite avaliar processos fisiológicos e funcionais por meio da distribuição de radiofármacos no organismo. O equipamento mais utilizado para a realização do exame é a gama-câmara, que, segundo Camargo (2015), conta com um detector de radiação gama (γ) , geralmente um cristal de cintilação de iodeto de sódio, que converte a energia de cada fóton gama (γ) gerado pelo radiofármaco que se distribui pelo organismo do paciente, em múltiplos fótons de luz visível, por meio do fenômeno da fluorescência. Esses fótons são captados por fotomultiplicadores acoplados ao detector, que transformam a luz em sinais elétricos, posteriormente processados por um computador integrado ao equipamento, onde é possível a visualização da imagem.

A cintilografia é aplicada na avaliação funcional de diferentes órgãos e sistemas, incluindo tireoide, fígado, pulmões, sistema urinário, ossos, cérebro e sistema cardiovascular. Após a administração, os radiofármacos distribuem-se pelo organismo de acordo com suas propriedades físico-químicas e biológicas, permitindo a obtenção de informações predominantemente funcionais e metabólicas, que podem ser correlacionadas às estruturas anatômicas avaliadas (Saha, 2018)

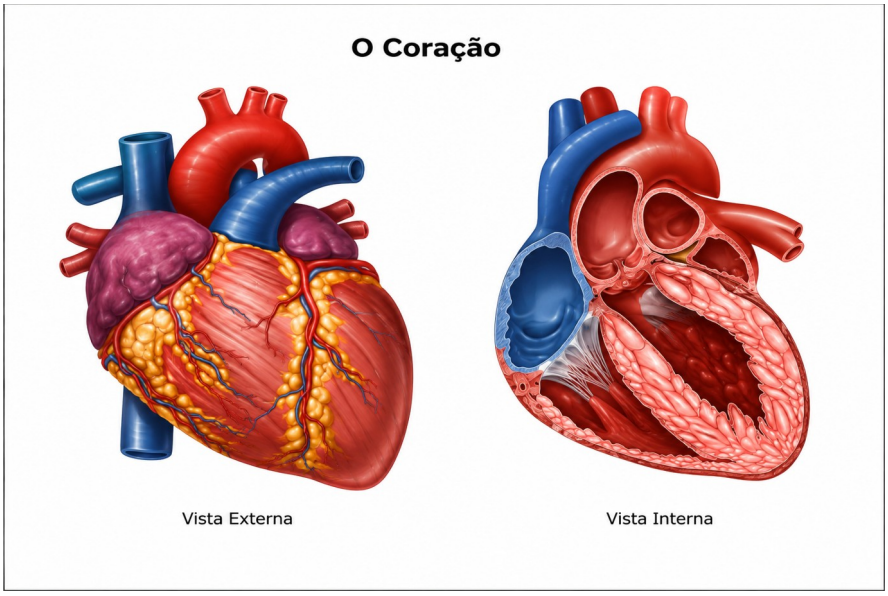
O 99mTc é o radionuclídeo mais utilizado na MN diagnóstica devido à sua meia-vida física de aproximadamente seis horas, à emissão de fótons gama com energia adequada para detecção e à possibilidade de marcação de diferentes fármacos. Entre suas aplicações estão o ^{99m}Tc-sestamibi, empregado na avaliação da perfusão miocárdica, e os difosfonatos marcados com ^{99m}Tc, como o MDP, utilizados na cintilografia óssea. Outros radionuclídeos utilizados incluem o iodo-123, principalmente em procedimentos diagnósticos; o iodo-131, empregado especialmente em aplicações terapêuticas; o flúor-18, utilizado em exames PET; e o gálio-67, aplicado na investigação de alguns processos infecciosos, inflamatórios e neoplásicos (Ziessman, 2020; Camozzato *et al.*, 2020).

2.3 Anatomia e fisiologia cardíaca

O coração é um músculo oco localizado no mediastino, dividido em lado direito e esquerdo, cada um formado por um átrio, que recebe o sangue, e um ventrículo, que o bombeia para os pulmões ou para o restante do corpo. Apresenta formato semelhante a um cone, com o ápice direcionado inferiormente e apoiado sobre o diafragma. Conforme apresentado na Figura 1, a vista externa permite observar a superfície cardíaca e os principais vasos relacionados à entrada e à saída de sangue do coração, enquanto a vista interna evidencia suas quatro câmaras: átrios direito e esquerdo e ventrículos direito e esquerdo. Essa organização anatômica possibilita o direcionamento do fluxo sanguíneo entre a circulação pulmonar e a circulação sistêmica (Tortora, 2023).

A parede cardíaca é formada por três camadas: epicárdio, que reveste externamente e contém vasos, nervos e tecido adiposo; miocárdio, responsável pela contração e pelo bombeamento sanguíneo; e endocárdio, que reveste internamente as câmaras e válvulas. O pericárdio protege e mantém o coração no mediastino, sendo formado pelas camadas fibrosa e serosa. As aurículas contribuem para aumentar a capacidade atrial, enquanto os sulcos presentes na superfície delimitam as câmaras e acomodam vasos coronários e tecido adiposo (Tortora, 2023).

Figura 1 - Estrutura do coração



Fonte: Elaborado pela autora (2026), com auxílio de inteligência artificial.

O sistema cardiovascular é composto pelo coração e pelos vasos sanguíneos, sendo responsável por distribuir oxigênio e nutrientes aos tecidos e remover resíduos metabólicos, como dióxido de carbono. Para manter o fluxo sanguíneo em apenas uma direção, cada ventrículo possui válvulas de entrada e saída. No lado esquerdo, estão a mitral (entrada) e a aórtica (saída); no direito, a tricúspide (entrada) e a pulmonar (saída). As válvulas de entrada possuem estruturas de suporte, como músculos papilares e cordões tendíneos, que impedem o refluxo durante a contração. Alterações nessas válvulas podem causar estreitamento (estenose) ou refluxo de sangue (regurgitação), prejudicando a circulação (Tortora, 2023).

O ciclo cardíaco compreende a sístole, quando os ventrículos se contraem e expulsam o sangue enquanto os átrios se enchem, e a diástole, quando os ventrículos relaxam e se enchem de sangue, enquanto os átrios se contraem para completar o enchimento (Tortora, 2023).

Através do conhecimento sobre a anatomia cardíaca, consegue-se desenvolver entendimento sobre os mecanismos e as consequências das

patologias cardiovasculares, que são todas variações que afetam esse sistema. Segundo o Ministério da Saúde (Brasil, 2021), as doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) são originadas através das circunstâncias de vida dos indivíduos. Estas são definidas por questões socioeconômicas, que podem gerar diversos fatores de risco, como tabagismo, o colesterol em excesso (formação de placas de gordura), hipertensão, obesidade, estresse, depressão e diabetes (aumenta chances de infarto), alcoolismo, alimentação e inatividade física. Pesquisas realizadas mostraram que 70% das mortes no mundo são por DCNT. Nacionalmente as doenças cardiovasculares (DVC) respondem por cerca de 30%, sendo consideradas a principal causa de morte, atingindo em sua grande maioria a população masculina.

Algumas alterações cardíacas podem ser identificadas ainda na infância, como ocorre nas cardiopatias congênitas. Outras, porém, desenvolvem-se ao longo da vida adulta. As doenças cardiovasculares comprometem tanto o coração quanto os vasos sanguíneos e incluem, por exemplo, a doença arterial coronariana, responsável por quadros de dor torácica e infarto agudo do miocárdio. Essa condição permanece como uma das principais causas de morbimortalidade em escala global. Por meio de ações governamentais, incentivando a mudança de comportamento, as estatísticas podem ter uma baixa de valores significativa (Brasil, 2021).

Dados consolidados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) indicam que, ainda em 2008, as DCNT representavam a principal causa de mortalidade global, acumulando cerca de 36 milhões de óbitos entre 193 países avaliados. Dentro desse grupo, as enfermidades cardiovasculares se destacavam com 48% , o maior componente. Entre os fatores de risco mais frequentes estavam níveis elevados de pressão arterial, colesterol, glicemia e excesso de peso, associados a estilos de vida pouco saudáveis (OMS, 2008).

Estima-se que, em 2011, cerca de 200 mil eventos relacionados a síndromes coronarianas agudas ocorreram no país, afetando custos

hospitalares e produtividade. Medidas de prevenção são essenciais para reduzir morbidade e mortalidade, e métodos diagnósticos precisos, como a CPM, auxiliam na tomada de decisão clínica e na racionalização de recursos (SBMN, 2020).

Segundo Oliveira *et al.* (2024), no Brasil, o Sistema Único de Saúde (SUS) destina recursos significativos aos cuidados cardiovasculares, com investimentos anuais superiores a R$1 bilhão em procedimentos relacionados. O número de indivíduos acometidos por DCV continua elevado, estimando-se que mais de 12 milhões de brasileiros convivam com essas condições. Entre as internações hospitalares, destacam-se aquelas por insuficiência cardíaca, com mais de 3,4 milhões de casos registrados entre 2008 e 2021, e infarto agudo do miocárdio, que apresentou aumento de 61 mil admissões em 2010 para 93 mil em 2022.

Procedimentos terapêuticos, como angioplastias primárias, também vêm crescendo, refletindo o aumento da demanda por intervenções cardiovasculares. Estudos de seguimento de pacientes com doença arterial coronariana multiarterial demonstram que, mesmo após quase nove anos de acompanhamento, a mortalidade global permanece elevada, em torno de 23%, independentemente da presença de isquemia miocárdica. Esses dados evidenciam a magnitude do impacto das DCV no sistema de saúde e a necessidade de estratégias efetivas de diagnóstico e manejo clínico. A doença arterial coronariana (DAC) ocupa a segunda posição entre as causas de morte no Brasil, sendo responsável por cerca de 80 mil óbitos por ano, e afeta entre 5% e 8% da população adulta (Oliveira *et al.*, 2024).

Nesse contexto, exames de imagem, como a CPM, tornam-se ferramentas essenciais para o diagnóstico, estratificação de risco e tomada de decisão clínica. De acordo com a atualização da Diretriz Brasileira de Cardiologia Nuclear (SBC; SBMN, 2020), a CPM é indicada especialmente em pacientes com suspeita de isquemia miocárdica, permitindo avaliar não apenas

a perfusão, mas também a função ventricular quando realizada em conjunto com técnicas como Gated-SPECT, contribuindo para o manejo terapêutico e otimização de recursos no sistema de saúde.

2.4 Cintilografia de Perfusão Miocárdica

A CPM é um método utilizado para avaliar tanto a perfusão quanto a função ventricular esquerda nas etapas de repouso e estresse, sendo essencial no diagnóstico de DAC. A captação miocárdica dos radiofármacos marcados com 99mTc, como sestamibi, reflete diretamente o perfusão miocárdica e a viabilidade tecidual, permitindo identificar isquemia reversível, necrose e alterações funcionais precoces (Henzlova *et al.*, 2016; Dilsizian; Taillefer, 2020).

A CPM destaca-se entre os principais métodos não invasivos utilizados na avaliação da doença arterial coronariana, fornecendo informações sobre a perfusão miocárdica e a função ventricular esquerda. Sua elevada sensibilidade e especificidade tornam o exame uma ferramenta importante para o diagnóstico, estratificação de risco e acompanhamento de pacientes com suspeita ou confirmação de doença cardiovascular (Mesquita *et al*., 2023; Henzlova *et al*., 2016).

Por conta de uma maior espessura, circulação sanguínea e consequentemente maior população celular, que concentram o radiofármaco, o ventrículo esquerdo acaba tornando-se a principal estrutura anatômica visualizada no processamento da imagem. Como mencionam Thom *et al.* (2007), caso ocorra um aumento secundário da cavidade ou por meio de patologias, é possível a visualização do ventrículo direito, mas apenas em casos extremamente raros e específicos.

Thom *et al.* (2007) também descrevem que um coração saudável e funcional, com seus três territórios de irrigação (artéria descendente anterior, artéria coronária e artéria circunflexa), pode ter uma perfusão sanguínea distribuída de forma uniforme, trazendo uma melhora na captação dos miócitos de todas as paredes do coração.

O exame é realizado em duas etapas: repouso e estresse. Na etapa de repouso, a demanda metabólica e o consumo de oxigênio pelo miocárdio são menores, e o fluxo sanguíneo coronariano geralmente é suficiente para suprir suas necessidades, mesmo na presença de obstruções parciais nas artérias coronárias (SBC; SBMN, 2020).

Na etapa de estresse, o aumento da frequência cardíaca e da demanda metabólica do miocárdio permite evidenciar alterações na perfusão coronariana que podem não se manifestar em repouso. O estresse pode ser realizado por meio de exercício físico ou, quando o paciente apresenta limitações que impossibilitam a realização adequada do esforço, de forma farmacológica, com a administração de fármacos que promovem vasodilatação coronariana (SBC; SBMN, 2020).

Knuuti *et al.* (2020) afirmam que as diretrizes europeias e americanas respondem à preferência pelo estresse físico sempre que possível, pela maior capacidade de fornecer dados prognósticos adicionais. Em casos de limitação do paciente, arritmias ou bloqueio de ramo esquerdo, deve-se optar pelo estresse farmacológico, geralmente com adenosina ou dipiridamol, monitorando ECG e sinais clínicos continuamente.

A preparação do paciente é fundamental para a qualidade diagnóstica: jejum leve de 3 a 4 horas, suspensão de cafeína por 12–24 horas, retirada de fármacos antianginosos quando o objetivo for diagnóstico e manutenção quando se pretende avaliar resposta terapêutica. Durante o estresse farmacológico, o radiofármaco deve ser administrado próximo ao pico

do efeito vasodilatador, enquanto no exercício recomenda-se manter o paciente em atividade por pelo menos 1 minuto após a injeção (Dorbala *et al*., 2018; Verberne *et al.*, 2021).

Segundo Camozzato *et al*. (2020), a aquisição SPECT é realizada por meio de protocolos padronizados que incluem parâmetros como janela de energia, matriz de aquisição, número de projeções e sincronização eletrocardiográfica (Gated-SPECT), permitindo a avaliação simultânea da perfusão miocárdica e da função ventricular.

Sempre que possível, recomenda-se a utilização da sincronização eletrocardiográfica, pois ela permite avaliar sístole, diástole, espessamento sistólico e fração de ejeção ventricular esquerda, aumentando substancialmente o valor funcional do estudo. Camozzato *et al.* (2020) enfatizam que, quando a taxa de rejeição de batimentos pelo *gating* ultrapassa 10%, é necessário verificar as conexões e o posicionamento dos eletrodos, evitando distorções na reconstrução das fases cardíacas. O preparo do paciente deve considerar o tipo de estresse empregado. Nos protocolos com estresse farmacológico vasodilatador, deve-se evitar o consumo de produtos contendo cafeína e outras xantinas, bem como medicamentos que possam interferir na ação do agente vasodilatador, conforme orientação médica. Já nos protocolos que dependem do aumento da frequência cardíaca, como o estresse físico, o uso de betabloqueadores deve ser avaliado, pois esses medicamentos podem limitar a resposta cronotrópica necessária para atingir o nível adequado de estresse.

Estudos internacionais e nacionais apontam que entre 6% e 21% das repetições de exames em MN poderiam ser evitadas com melhorias de preparo, adequação de protocolos e aperfeiçoamento técnico-operacional (IAEA, 2021). Na CPM, os motivos mais frequentes incluem movimentação involuntária, atenuação mamária ou diafragmática, baixa contagem pela elevada massa corporal, captação hepática ou intestinal persistente, falhas no

estresse farmacológico, inadequação do jejum, e erros na sincronização eletrocardiográfica (Henzlova *et al.*, 2016). Esses fatores podem comprometer significativamente a interpretação, levando o médico nuclear a solicitar nova aquisição.

Um estudo de grande impacto sobre repetição, foi realizado por Einstein *et al*. (2010) no JAMA, analisando pacientes submetidos à CPM. Os autores identificaram que 38,6% dos pacientes realizaram exames adicionais, mostrando que a repetição é um evento frequente na prática clínica. Entre aqueles que repetiram o exame, a dose efetiva cumulativa alcançou a mediana de 121 mSv (IQR: 81–189 mSv), destacando o peso radiológico dessas múltiplas aquisições. O estudo revelou ainda que mais da metade dos pacientes repetiu a CPM em menos de dois anos, reforçando a importância de otimizar protocolos, aprimorar a qualidade das imagens e justificar rigorosamente cada indicação, de modo a evitar repetições desnecessárias e reduzir a exposição global à radiação.

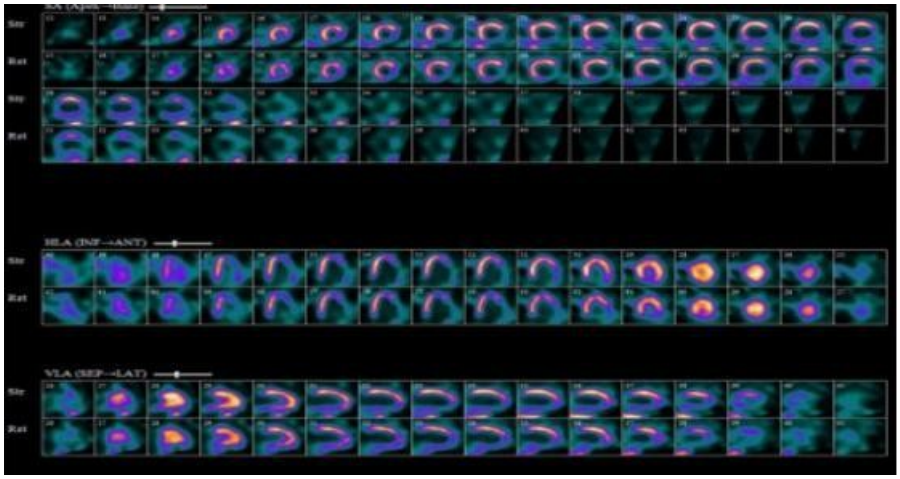
Johansen *et al*. (2013) avaliaram a reaquisição em casos de captação extracardíaca que prejudica a visualização da parede inferior. Os autores observaram melhora da qualidade da imagem em 66% dos exames após a segunda aquisição, além de redução de interpretações classificadas como “equívocas”. O estudo demonstra que a reaquisição, quando bem indicada, otimiza a acurácia diagnóstica e evita repetições desnecessárias.

No estudo de Silva (2025), realizado em um SMN no Brasil, a CPM foi o exame mais frequentemente reconvocado, principalmente devido à necessidade de imagens complementares, falhas em radiofármacos e problemas técnicos de equipamentos. Os achados reforçam a importância do controle de qualidade e da padronização de protocolos para reduzir repetições evitáveis.

Os protocolos de aquisição podem ser realizados em 1 ou 2 dias. Nos protocolos de 1 dia, a primeira injeção recebe uma dose reduzida de 99mTc (cerca de 25% da atividade total) e a segunda uma dose maior, de modo a minimizar a interferência entre as fases. Já nos protocolos de 2 dias, cada etapa recebe uma dose plena e independente, sendo especialmente útil para pacientes com IMC elevado ou atenuação mamária significativa, permitindo aumentar a contagem e reduzir o ruído da imagem (Henzlova *et al*., 2016).

Após sua aquisição, as imagens são reconstruídas nos eixos curto, longo horizontal e longo vertical, possibilitando identificar defeitos perfusionais, padrões de isquemia reversível, necrose, dilatação isquêmica transitória e movimentos anormais da parede, como é identificado na Figura 2. A interpretação combinada entre perfusão e função ventricular, amplificada pela análise GATED, aumenta consideravelmente a acurácia diagnóstica, sobretudo em doença multivascular ou microvascular (Henzlova *et al*., 2016).

Figura 2 - Exibição padrão de imagens de cintilografia de perfusão miocárdica



Fonte: Henzlova *et al*. (2016).

A duração do exame varia conforme o protocolo empregado e as características do paciente. Protocolos de um ou dois dias são utilizados de acordo com a indicação clínica, podendo influenciar o tempo de permanência no serviço e a qualidade das imagens obtidas (Henzlova *et al*., 2016).

2.5 Radiofármacos utilizados na CPM

Os radiofármacos constituem a base da MN, sendo formados pela associação entre um fármaco específico e um radionuclídeo, responsável por permitir a detecção externa da sua distribuição no organismo. Esse complexo é desenvolvido para direcionar o radionuclídeo a um órgão ou tecido, por afinidade bioquímica com células, proteínas ou receptores de interesse diagnóstico. Após a administração, a molécula transportadora conduz o radionuclídeo até o alvo, possibilitando a aquisição das imagens funcionais (IAEA, 2021).

O radionuclídeo mais utilizado em MN diagnóstica é o 99mTc, eluído diariamente do gerador de Molibdênio-99/Tecnécio-99m. A meia-vida física de aproximadamente seis horas e a energia do fóton gama de 140 keV o tornam ideal para detecção, permitindo preparo dos radiofármacos, administração e aquisição das imagens dentro de uma faixa temporal segura ao paciente. Suas características justificam o fato de cerca de 80–90% dos radiofármacos diagnósticos utilizarem Tc-99m como radionuclídeo base (Saha, 2018; Verberne *et al*., 2021).

Na CPM, os radiofármacos de escolha são derivados lipofílicos marcados com Tc-99m, como o sestamibi (MIBI). O MIBI é um cátion lipofílico pertencente à classe das isonitrilas, composto por seis ligantes que estabilizam o Tc-99m em sua estrutura e favorecem sua entrada nas células miocárdicas

em função do gradiente eletroquímico mitocondrial. Após a injeção, sua captação ocorre proporcionalmente ao fluxo sanguíneo coronariano, mas é comum, pelo fato de ser eliminado principalmente pelo fígado e pelas vias biliares, o radiofármaco possui grande captação nessas estruturas (Ziessman, 2020; Henzlova *et al*., 2016).

A escolha desses radiofármacos influencia diretamente os protocolos de aquisição da CPM, uma vez que a farmacocinética do Tc-99m determina o tempo ideal para iniciar as imagens, os intervalos entre as fases de estresse e repouso e a necessidade de manobras para reduzir interferências abdominais. Protocolos como *stress–rest* em único dia, dois dias, altas atividades, baixas atividades e até protocolos abreviados com detectores especializados dependem das características de distribuição e eliminação dos radiofármacos, que condicionam o tempo de espera necessário para minimizar artefatos de fígado e intestino. Cada etapa, desde a eluição do gerador, passando pela marcação, até a administração e aquisição, está integrada ao planejamento do protocolo, cujo objetivo final é garantir imagens com qualidade diagnóstica e reduzir a necessidade de repetições no serviço (Henzlova et al., 2016; Ziessman, 2020).

2.6 Diretrizes nacionais e internacionais

Embora os princípios de diagnóstico do exame sejam semelhantes em diferentes países, as sociedades científicas internacionais desenvolveram protocolos específicos com o objetivo de otimizar a qualidade das imagens, reduzir a exposição à radiação e minimizar a necessidade de aquisições adicionais.

Na Europa, as recomendações são publicadas principalmente pela *European Association of Nuclear Medicine* (EANM) e pela *European Society of*

Cardiology (ESC). As diretrizes europeias priorizam a padronização dos protocolos e a utilização de estratégias voltadas à melhoria da qualidade das imagens. O estresse físico é considerado a modalidade preferencial sempre que o paciente apresentar condições clínicas adequadas, pois fornece informações funcionais e prognósticas adicionais. Quando o exercício não pode ser realizado, são empregados agentes farmacológicos vasodilatadores, como adenosina e dipiridamol (Hyafil *et al*., 2019; Knuuti *et al*., 2020).

Em relação ao preparo do paciente, as diretrizes europeias recomendam jejum leve de aproximadamente três a quatro horas antes do exame, além da suspensão de cafeína por um período entre 12 e 24 horas antes do estresse farmacológico. Após a administração do radiofármaco, é frequentemente recomendada a ingestão de água e de refeições leves contendo pequena quantidade de gordura, como leite, queijo ou sanduíches leves. Essa estratégia busca estimular o esvaziamento da vesícula biliar e acelerar a eliminação hepatobiliar dos radiofármacos marcados com 99mTc, reduzindo a atividade hepática e intestinal residual que pode gerar artefatos na parede inferior do ventrículo esquerdo (Hyafil *et al*., 2019).

As diretrizes europeias também demonstram preocupação significativa com a prevenção de repetições. Recomenda-se a revisão imediata das imagens após a aquisição para identificação de movimentação do paciente, posicionamento inadequado, baixa contagem de fótons ou atividade extracardíaca excessiva. Quando necessário, podem ser realizadas aquisições complementares ainda durante a permanência do paciente no serviço. Em situações de intensa captação hepática ou intestinal, são recomendadas medidas como hidratação adicional e aquisição tardia das imagens, reduzindo a necessidade de reconvocação do paciente e melhorando a qualidade diagnóstica do exame (Hyafil *et al*., 2019; Verberne *et al*., 2021).

Nos Estados Unidos, os protocolos são desenvolvidos principalmente pela *American Society of Nuclear Cardiology* (ASNC) e pela *Society of Nuclear*

Medicine and Molecular Imaging (SNMMI). As recomendações norte-americanas apresentam forte enfoque na redução da exposição radiológica e na eficiência operacional dos SMN. Os radiofármacos mais utilizados são os compostos marcados com 99mTc, especialmente sestamibi e tetrofosmina, enquanto o uso rotineiro do tálio-201 é menos recomendado devido à maior dose de radiação associada ao método (Hage *et al*., 2023; Henzlova *et al*., 2016).

O preparo alimentar recomenda-se jejum de aproximadamente 4 horas antes do exame e suspensão do consumo de cafeína por pelo menos 12 horas antes dos protocolos farmacológicos. Após a administração do radiofármaco, os pacientes são orientados a ingerir líquidos e realizar refeições leves contendo quantidade moderada de gordura. Isso favorece a depuração hepatobiliar do radiofármaco, reduzindo a atividade extracardíaca e minimizando artefatos que poderiam comprometer a interpretação diagnóstica das imagens (Hage *et al*., 2023).

Uma característica marcante dos protocolos norte-americanos é a utilização crescente dos protocolos *stress-only*. Nessa abordagem, quando as imagens obtidas na fase de estresse são consideradas normais e apresentam qualidade diagnóstica adequada, a etapa de repouso pode ser dispensada. Essa estratégia reduz o tempo total de exame, diminui a exposição do paciente à radiação e evita procedimentos adicionais desnecessários. Além disso, as diretrizes da ASNC recomendam programas rigorosos de controle de qualidade, revisão imediata das imagens adquiridas e utilização rotineira do Gated-SPECT para identificação precoce de falhas técnicas, artefatos e problemas relacionados à movimentação do paciente (Henzlova *et al*., 2016).

Quando comparados aos protocolos internacionais, os protocolos brasileiros apresentam grande semelhança em seus principais pontos. As diretrizes da Sociedade Brasileira de MN (SBMN) também recomendam a utilização preferencial do estresse físico, a suspensão da cafeína antes dos

protocolos farmacológicos, a utilização de radiofármacos marcados com Tc-99m e a adoção de medidas voltadas à otimização da qualidade diagnóstica das imagens. Porém, observa-se que as diretrizes europeias e norte-americanas apresentam maior detalhamento em relação às estratégias alimentares empregadas após a administração do radiofármaco e aos programas de controle de qualidade voltados especificamente à prevenção de repetição do exame. (SBMN, 2020; Hage *et al*., 2023; Hyafil *et al*., 2019).

Outro aspecto relevante refere-se às estratégias para redução de repetições. Enquanto as diretrizes europeias enfatizam a realização de aquisições complementares e correções ainda durante a permanência do paciente no serviço, os protocolos norte-americanos destacam a adoção de programas estruturados de garantia da qualidade e protocolos stress-only como mecanismos para reduzir exames adicionais. No Brasil, embora existam recomendações relacionadas à revisão das imagens e à otimização dos protocolos, a literatura nacional ainda apresenta menor volume de estudos específicos sobre repetições quando comparada aos Estados Unidos e à Europa. (SBMN, 2020; Hage *et al*., 2023; Hyafil *et al*., 2019).

Considerando que fatores como movimentação do paciente, atividade hepática e intestinal persistente, ingestão inadequada de cafeína e fatores relacionados ao preparo estão entre as principais causas de repetição da CPM, observa-se que as estratégias adotadas internacionalmente apresentam potencial para contribuir com a redução de artefatos e repetição. Com isso, a análise comparativa entre os protocolos europeu, norte-americano e brasileiro permite identificar oportunidades de aprimoramento dos protocolos, favorecendo a qualidade diagnóstica, a proteção radiológica e a redução de repetições desnecessárias nos SMN.

2.7 Proteção Radiológica

A MN é atualmente uma das modalidades diagnósticas de maior relevância global, especialmente pela capacidade de avaliar processos fisiológicos e metabólicos em tempo real. Estima-se que, mundialmente, entre 35 e 40 milhões de exames diagnósticos de MN sejam realizados anualmente, número que segue tendência de crescimento em países com infraestrutura tecnológica emergente. Embora represente uma pequena fração dos exames de imagem, a MN contribui de maneira significativa para a dose coletiva de radiação recebida pela população devido a exposições médicas (UNSCEAR, 2021).

A distribuição desses procedimentos é desigual entre diferentes regiões do mundo. Países desenvolvidos concentram a maior parte da capacidade instalada, enquanto nações de baixa renda realizam menos de 5% dos exames globais, em grande parte devido ao alto custo de equipamentos, radiofármacos e infraestrutura (IAEA, 2019). A América Latina, embora classificada como região emergente, ainda é variável na padronização de protocolos, mostrando oportunidades de aprimorar, tanto na justificação clínica quanto na otimização de dose.

Dentro do contexto da proteção radiológica, a MN está fundamentada em três princípios essenciais: Justificação, que cada exame deve ser clinicamente necessário, evitando repetições desnecessárias e assegurando que os impactos positivos superem os riscos da exposição. Esse princípio torna-se relevante em CPM, que envolve administração de radionuclídeos com meia-vida relativamente curta, mas com impacto significativo na dose efetiva individual. Otimização (ALARA), que envolve a adoção de protocolos técnicos que garantam a melhor relação entre dose

administrada e qualidade da imagem. Isso inclui ajustes da atividade com base no IMC, otimização do tempo de aquisição, utilização de equipamentos com maior sensibilidade e emprego de tecnologias como reconstrução iterativa, que permitem reduzir a dose sem perda diagnóstica. Para pacientes, não existem limites de dose estabelecidos por lei para exposições médicas, desde que o exame seja clinicamente justificado e otimizado, mas é essencial para os profissionais pessoas do público. No entanto, em MN, limitar a dose administrada ao paciente repercute indiretamente na dose ambiental, já que o próprio paciente irradiado torna-se fonte secundária de radiação (IAEA, 2021).

Pesquisas recentes destacam que a otimização na MN depende da padronização de práticas assistenciais, incluindo preparo adequado do paciente, controle de qualidade dos radiofármacos, desempenho do equipamento e treinamento contínuo das equipes. Estudos mostram que entre 6% e 21% das repetições de exames em MN poderiam ser evitadas com melhorias simples nos processos de aquisição e no preparo do paciente, como hidratação adequada, jejum orientado, suspensão de medicamentos interferentes e minimização de artefatos de movimentação (Henzlova *et al*., 2016; IAEA, 2021).

Quando se observa especificamente a CPM, a prevenção de repetições torna-se ainda mais crucial, pois prolonga o tempo de permanência do paciente no serviço e aumento dos custos operacionais. Dessa forma, a adoção sistemática de protocolos otimizados e a capacitação profissional contínua são fundamentais para reduzir a necessidade de repetição e garantir que a dose administrada ao paciente seja necessária, suficiente e clinicamente justificada, conforme preconizado pelas normas internacionais e nacionais de proteção radiológica.

2.8 Fatores relacionados à qualidade da imagem na CPM

A qualidade das imagens obtidas na CPM constitui um dos principais fatores que determinam a confiabilidade da interpretação diagnóstica e a precisão na identificação de alterações da perfusão miocárdica. A adequada execução de todas as etapas do exame — incluindo o preparo do paciente, a administração do radiofármaco, a aquisição e o processamento das imagens — é indispensável para a obtenção de resultados confiáveis. Alterações em qualquer uma dessas fases podem favorecer a formação de artefatos, reduzir a qualidade diagnóstica das imagens e, em determinadas situações, tornar necessária a aquisição de imagens complementares ou até mesmo a repetição do exame (Henzlova *et al*., 2016; Verberne *et al*., 2021).

A repetição de exames representa um importante desafio para os SMN, pois está associada ao aumento do tempo de permanência do paciente na unidade, ao maior consumo de recursos humanos e materiais, ao comprometimento do fluxo assistencial e, quando envolve nova administração de radiofármacos, ao aumento da exposição à radiação ionizante. Além disso, exames repetidos podem gerar desconforto ao paciente, reduzir a eficiência operacional do serviço e impactar negativamente a disponibilidade dos equipamentos para novos atendimentos. Dessa forma, prevenir a repetição de exames constitui uma estratégia relevante tanto para a qualidade assistencial quanto para a proteção radiológica (IAEA, 2021; Hage *et al*., 2023).

Os fatores capazes de comprometer a qualidade das imagens podem ser classificados em três grandes grupos: fatores relacionados ao preparo do paciente, fatores fisiológicos e fatores técnicos. A importância da identificação sistemática desses fatores é ressaltada por Hyafil *et al*. (2019, p. 14), ao afirmarem que "a qualidade das aquisições em SPECT deve ser

verificada sistematicamente" (tradução nossa). Essa recomendação reforça que a avaliação rotineira das imagens constitui uma etapa essencial do controle de qualidade, permitindo identificar precocemente falhas técnicas, minimizar artefatos e evitar aquisições adicionais. Embora esses grupos sejam apresentados separadamente para fins didáticos, frequentemente atuam de forma conjunta, influenciando a qualidade diagnóstica das imagens obtidas. Dessa forma, a literatura demonstra que a identificação precoce desses fatores contribui para reduzir artefatos e diminuir a necessidade de repetição dos exames (Dorbala *et al*., 2018; Henzlova *et al*., 2016)

2.8.1 Preparo do paciente

O preparo adequado do paciente constitui uma etapa essencial para a obtenção de imagens de qualidade na CPM. A adesão às orientações fornecidas antes da realização do exame influencia diretamente a distribuição do radiofármaco, a eficácia do estresse físico ou farmacológico e a qualidade diagnóstica das imagens adquiridas. Dessa forma, as diretrizes internacionais enfatizam que um preparo inadequado pode favorecer a ocorrência de artefatos, reduzir a sensibilidade do exame e, em determinadas situações, resultar na necessidade de aquisição de imagens complementares ou repetição do procedimento (Dorbala *et al*., 2018; Verberne *et al*., 2021).

Entre os aspectos mais relevantes do preparo destaca-se a suspensão da cafeína antes da realização do estresse farmacológico. A cafeína atua como antagonista competitivo dos receptores de adenosina, reduzindo o efeito vasodilatador de fármacos como adenosina, dipiridamol e regadenoson. Essa interferência pode comprometer a resposta hiperêmica esperada e diminuir a capacidade da cintilografia em identificar alterações perfusionais, motivo pelo qual as diretrizes recomendam a suspensão de

bebidas, alimentos, medicamentos e outros produtos que contenham cafeína por, no mínimo, de 12 a 24 horas antes do exame (Dorbala *et al*., 2018; Verberne *et al*., 2021).

Outro aspecto importante refere-se às orientações relacionadas ao jejum e à alimentação. Embora o jejum seja frequentemente recomendado antes do exame, especialmente quando há utilização de estresse farmacológico, medidas adotadas após a administração do radiofármaco podem contribuir para melhorar a qualidade das imagens. Estudos demonstram que a ingestão de refeições leves contendo gordura, leite, água ou outras estratégias destinadas a estimular o esvaziamento da vesícula biliar favorecem a redução da atividade hepática e intestinal, minimizando a interferência da captação subdiafragmática sobre a avaliação da parede inferior do ventrículo esquerdo (Malek *et al*., 2015; Azadbakht *et al*., 2020).

Além da alimentação, a utilização de determinados medicamentos também deve ser cuidadosamente avaliada antes da realização do exame. Fármacos como betabloqueadores, bloqueadores dos canais de cálcio, nitratos e derivados das xantinas podem interferir na resposta ao estresse miocárdico, sendo recomendada sua suspensão quando clinicamente possível e conforme orientação médica. Essa conduta busca preservar a sensibilidade diagnóstica da cintilografia, devendo sempre considerar a condição clínica e a segurança do paciente (Dorbala *et al*., 2018).

Por fim, destaca-se que a qualidade do preparo depende não apenas das recomendações clínicas, mas também da comunicação efetiva entre a equipe de MN e o paciente. Orientações claras, fornecidas com antecedência e confirmadas no momento do atendimento, favorecem maior adesão às recomendações e contribuem para reduzir falhas evitáveis relacionadas ao preparo. Dessa forma, a educação do paciente constitui uma estratégia simples, de baixo custo e com potencial impacto na melhoria da

qualidade das imagens e na redução da necessidade de repetição dos exames (Verberne *et al*., 2021; Henzlova *et al*., 2016).

2.8.2 Fatores Fisiológicos

Além do preparo adequado, características fisiológicas inerentes ao paciente podem influenciar significativamente a qualidade das imagens obtidas na CPM. Essas condições podem favorecer a formação de artefatos ou dificultar a interpretação das imagens, comprometendo a diferenciação entre alterações verdadeiras da perfusão miocárdica e achados decorrentes de limitações do método. Dessa forma, o reconhecimento dessas interferências é fundamental para aumentar a precisão diagnóstica e reduzir a necessidade de aquisições complementares ou repetição dos exames (Dorbala *et al*., 2018; Verberne *et al*., 2021).

Entre os fatores fisiológicos mais frequentemente descritos na literatura destaca-se a intensa captação hepática e intestinal dos radiofármacos marcados com Tc-99m. Em razão da eliminação hepatobiliar desses compostos, é comum observar atividade residual no fígado, vesícula biliar e alças intestinais durante a aquisição das imagens. Essa atividade pode sobrepor-se à parede inferior do ventrículo esquerdo, simulando defeitos de perfusão ou dificultando sua adequada avaliação, especialmente quando as imagens são adquiridas precocemente após a administração do radiofármaco (Henzlova *et al*., 2016; Dorbala *et al*., 2018). Quando essa interferência compromete a qualidade diagnóstica das imagens, Hyafil *et al*. (2019, p. 14) recomendam que "na presença de atividade extracardíaca que comprometa a qualidade das imagens da CPM, a aquisição deve ser repetida" (tradução nossa). Assim, a repetição da aquisição, quando tecnicamente indicada, deve

ser compreendida como uma medida de controle de qualidade destinada a assegurar maior confiabilidade na interpretação dos achados.

Outro fator relevante corresponde aos fenômenos de atenuação dos fótons gama pelos tecidos moles do próprio paciente. A atenuação provocada pelo tecido mamário, particularmente em mulheres, e pelo diafragma, principalmente em homens, pode originar áreas de aparente hipocaptação que simulam alterações perfusionais, aumentando a possibilidade de resultados falso-positivos. Da mesma forma, pacientes com obesidade apresentam maior atenuação dos fótons e redução da relação sinal-ruído, o que pode comprometer a qualidade diagnóstica das imagens quando não são empregadas estratégias adequadas de correção (Verberne *et al.*, 2021). Além disso, a intensa captação fisiológica do radiofármaco em estruturas subdiafragmáticas, como fígado, estômago e alças intestinais, também pode gerar artefatos que dificultam a avaliação da parede inferior do ventrículo esquerdo, frequentemente exigindo imagens adicionais ou medidas para minimizar essa interferência (Strok *et al.*, 2024).

Além das características anatômicas, fatores relacionados à fisiologia cardíaca também podem interferir na interpretação dos exames. Alterações da frequência cardíaca, arritmias e dificuldades na sincronização eletrocardiográfica durante a aquisição das imagens sincronizadas (Gated-SPECT) podem comprometer tanto a avaliação funcional quanto a análise da perfusão miocárdica, exigindo atenção especial da equipe durante a realização do exame (Henzlova *et al*., 2016).

Considerando essas limitações, a literatura recomenda que a interpretação da CPM seja realizada de forma integrada, levando em consideração as características clínicas e fisiológicas do paciente, bem como os possíveis artefatos decorrentes da distribuição fisiológica do radiofármaco. O reconhecimento dessas condições permite reduzir interpretações equivocadas e direcionar a adoção de estratégias capazes de minimizar sua

influência sobre a qualidade das imagens (Dorbala *et al*., 2018; Verberne *et al*., 2021).

2.8.3.Fatores Técnicos

Os fatores técnicos constituem uma importante fonte de interferência na qualidade das imagens da CPM, podendo comprometer a interpretação diagnóstica mesmo quando o preparo do paciente é realizado adequadamente. A aquisição, o processamento e a reconstrução das imagens exigem rigor na execução dos protocolos, uma vez que pequenas falhas nessas etapas podem gerar artefatos capazes de simular defeitos de perfusão ou reduzir a confiabilidade do exame. Dessa forma, a padronização dos procedimentos técnicos representa um dos principais pilares para a obtenção de imagens de qualidade e para a redução da necessidade de repetição dos exames (Dorbala *et al*., 2018; Verberne *et al*., 2021).

Entre os fatores técnicos mais frequentemente descritos, destaca-se a movimentação do paciente durante a aquisição das imagens. Movimentos voluntários ou involuntários podem provocar desalinhamento entre as projeções adquiridas, originando artefatos de reconstrução e defeitos aparentes de perfusão que dificultam a interpretação do exame. A adequada orientação do paciente antes da aquisição, o posicionamento confortável e o monitoramento durante o procedimento constituem medidas essenciais para minimizar esse tipo de interferência (Henzlova *et al*., 2016; Dorbala *et al*., 2018).

De acordo com Hyafil *et al*. (2019, p. 7, tradução nossa):

> Deve-se ter cuidado para posicionar o paciente de maneira semelhante nas aquisições de estresse e repouso, especialmente quanto ao posicionamento dos braços, do corpo (supino, prona ou sentado) e do coração dentro do campo de visão.

Essa recomendação evidencia que a padronização do posicionamento do paciente entre as fases de estresse e repouso é essencial para garantir a comparabilidade das imagens e minimizar a ocorrência de artefatos que possam comprometer a interpretação diagnóstica. Além disso, a escolha da posição de aquisição, como o decúbito dorsal ou a posição prona, deve considerar as características clínicas do paciente e os recursos disponíveis no serviço, podendo contribuir para reduzir artefatos de atenuação e aumentar a especificidade diagnóstica (Stathaki *et al*., 2015; Guner *et al.*, 2015).

Outro aspecto relevante refere-se ao posicionamento do paciente durante a aquisição das imagens. A aquisição em decúbito dorsal permanece como o protocolo mais utilizado; entretanto, estudos demonstram que a aquisição complementar em posição prona pode reduzir artefatos relacionados à atenuação diafragmática e melhorar a especificidade diagnóstica, especialmente na avaliação da parede inferior do ventrículo esquerdo. A escolha da posição mais adequada deve considerar as características clínicas do paciente e os recursos disponíveis no serviço (Stathaki *et al*., 2015; Guner *et al*., 2015).

O processamento e a reconstrução das imagens também exercem influência significativa na qualidade diagnóstica da cintilografia. A seleção adequada dos algoritmos de reconstrução, a aplicação de filtros apropriados e a utilização da correção de atenuação por tomografia computadorizada (CT) contribuem para reduzir artefatos e aumentar a precisão diagnóstica, especialmente em pacientes com obesidade ou com maior atenuação por tecidos moles. Nos últimos anos, avanços tecnológicos como sistemas dedicados de aquisição cardíaca e algoritmos iterativos têm possibilitado a obtenção de imagens com melhor resolução espacial e menor tempo de aquisição (Verberne *et al.* 2021).

Além da tecnologia empregada, o controle de qualidade dos equipamentos e o treinamento contínuo da equipe representam componentes fundamentais para a garantia da qualidade dos exames. A realização periódica de testes de desempenho da gama-câmara, a calibração adequada dos equipamentos e o cumprimento rigoroso dos protocolos institucionais contribuem para reduzir falhas técnicas, melhorar a reprodutibilidade dos exames e minimizar a necessidade de repetições. Dessa forma, a integração entre tecnologia, protocolos padronizados e qualificação profissional constitui um dos principais fatores para a obtenção de imagens confiáveis na CPM (IAEA, 2021; Dorbala *et al*., 2018).

2.8.4 Estratégias para otimização da qualidade das imagens

A otimização da qualidade das imagens na CPM depende da adoção de estratégias que envolvem tanto o preparo adequado do paciente quanto a aplicação de protocolos técnicos padronizados e o emprego de tecnologias capazes de minimizar a ocorrência de artefatos. Nas últimas décadas, avanços significativos nos equipamentos e nos métodos de aquisição e processamento das imagens têm contribuído para aumentar a qualidade diagnóstica do exame, reduzir a necessidade de aquisições complementares e diminuir a repetição dos procedimentos (Dorbala *et al*., 2018; Verberne *et al*., 2021).

Entre as principais estratégias descritas na literatura destaca-se a utilização da correção de atenuação por tomografia computadorizada (CT), capaz de reduzir artefatos decorrentes da absorção dos fótons pelos tecidos moles, especialmente nas regiões inferior e anterior do miocárdio. Quando associada à interpretação clínica e às demais informações obtidas durante o exame, essa técnica contribui para aumentar a especificidade diagnóstica e

reduzir a ocorrência de resultados falso-positivos (Henzlova *et al*., 2016; Dorbala *et al*., 2018).

Outra estratégia amplamente recomendada consiste na realização de aquisições complementares em diferentes posicionamentos, como a posição prona, especialmente em pacientes com suspeita de artefatos relacionados à atenuação diafragmática. Estudos demonstram que essa abordagem pode melhorar a diferenciação entre defeitos verdadeiros de perfusão e alterações decorrentes da atenuação dos tecidos, reduzindo a necessidade de repetição do exame e aumentando a confiança diagnóstica (Stathaki *et al*., 2015; Guner *et al*., 2015).

Os avanços tecnológicos também têm desempenhado papel importante na melhoria da qualidade das imagens. Sistemas de aquisição dedicados à cardiologia, detectores de telureto de cádmio-zinco (CZT), algoritmos iterativos de reconstrução e recursos baseados em inteligência artificial têm possibilitado a obtenção de imagens com maior resolução espacial, menor nível de ruído e redução do tempo de aquisição, mantendo a qualidade diagnóstica e, em alguns casos, permitindo inclusive a redução da atividade administrada ao paciente (Miller; Slomka, 2024).

Além dos recursos tecnológicos, a literatura destaca que programas de garantia e controle de qualidade, treinamento contínuo das equipes multiprofissionais e atualização periódica dos protocolos institucionais constituem medidas indispensáveis para assegurar a confiabilidade dos exames. A integração entre tecnologia, qualificação profissional e padronização dos processos favorece a redução de falhas evitáveis, melhora a eficiência dos SMN e contribui para a realização de exames mais seguros e com maior qualidade diagnóstica (IAEA, 2021; Verberne *et al*., 2021).

Dessa forma, observa-se que a melhoria contínua da qualidade das imagens depende da combinação de fatores humanos, técnicos e tecnológicos.

A adoção de estratégias fundamentadas em evidências científicas não apenas reduz a necessidade de repetição dos exames, mas também fortalece a segurança do paciente, otimiza a utilização dos recursos disponíveis e amplia a confiabilidade da CPM como ferramenta diagnóstica na avaliação da doença arterial coronariana.

A compreensão dos fatores relacionados à qualidade das imagens e das estratégias descritas para sua otimização fornece o embasamento necessário para analisar, de forma sistemática, as evidências científicas disponíveis sobre a repetição dos exames de CPM. Na sequência, o capítulo a seguir descreve os procedimentos metodológicos adotados para a identificação, seleção, análise e síntese dos estudos incluídos nesta revisão integrativa.

3 METODOLOGIA

A condução de uma revisão integrativa requer a adoção de procedimentos metodológicos sistematizados, capazes de assegurar rigor científico, transparência e reprodutibilidade. Nesse sentido, este capítulo apresenta os aspectos metodológicos que orientaram o desenvolvimento da pesquisa.

3.1 Tipo de estudo

O presente trabalho caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, método de pesquisa que possibilita reunir, analisar e sintetizar resultados de estudos publicados sobre um determinado tema, permitindo uma compreensão ampla, crítica e sistematizada das evidências disponíveis. Esse tipo de revisão possibilita a inclusão de diferentes delineamentos metodológicos, contribuindo para identificar evidências científicas, lacunas do conhecimento e perspectivas para futuras pesquisas (Mendes; Silveira; Galvão, 2008).

Segundo Souza, Silva e Carvalho (2010), a revisão integrativa constitui uma das abordagens mais abrangentes entre os métodos de revisão, por permitir a integração de resultados provenientes de diferentes delineamentos metodológicos e favorecer uma análise crítica das evidências científicas disponíveis. Embora esse método possibilite a inclusão de diversos tipos de estudos, nesta pesquisa foram considerados exclusivamente estudos originais que atenderam aos critérios de elegibilidade previamente estabelecidos. Dessa forma, a presente revisão foi conduzida com o objetivo de identificar e sintetizar as evidências científicas relacionadas aos fatores associados à repetição de exames de CPM, com ênfase na qualidade das

imagens, nos fatores que podem comprometer o exame e nas estratégias descritas para sua prevenção.

Para garantir maior rigor metodológico, todas as etapas da revisão foram conduzidas de forma sistematizada, contemplando a definição da questão norteadora, a elaboração da estratégia de busca, a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, a seleção dos estudos, a extração das informações relevantes e a síntese dos resultados obtidos, conforme as recomendações para revisões integrativas descritas na literatura (Souza; Silva; Carvalho, 2010; Mendes; Silveira; Galvão, 2008).

3.2 Questão norteadora

A revisão integrativa foi conduzida a partir de uma questão norteadora elaborada com base no objetivo da pesquisa, com a finalidade de orientar a estratégia de busca, a seleção dos estudos e a análise das evidências científicas. Segundo Mendes, Silveira e Galvão (2008), a definição de uma questão de pesquisa clara e objetiva constitui uma etapa fundamental para assegurar o rigor metodológico e a consistência da revisão integrativa.

Dessa forma, estabeleceu-se a seguinte questão norteadora:

> **"Quais são os fatores associados à repetição de exames de cintilografia de perfusão miocárdica descritos na literatura científica e quais estratégias têm sido propostas para prevenir sua ocorrência e melhorar a qualidade das imagens?"**

A partir dessa questão, foram definidos os descritores utilizados na estratégia de busca, as bases de dados consultadas, os critérios de elegibilidade e os procedimentos adotados para a seleção dos estudos

originais que compuseram a amostra final da revisão (Souza; Silva; Carvalho, 2010).

3.3 Estratégia de busca

A busca dos estudos foi realizada de forma sistematizada nas bases de dados PubMed, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), por serem amplamente utilizadas na área da saúde e reunirem publicações nacionais e internacionais relevantes para a temática da MN e da Cardiologia.

Para a elaboração da estratégia de busca foram utilizados descritores controlados dos vocabulários Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e *Medical Subject Headings* (MeSH), combinados por meio dos operadores booleanos “AND” e “OR”, de modo a ampliar a sensibilidade e a especificidade da busca. A utilização de descritores padronizados possibilita maior precisão na recuperação dos estudos e reduz o risco de perda de publicações relevantes.

Os principais descritores utilizados foram: "*Myocardial Perfusion Imaging*", "*Nuclear Medicine*", "*Image Quality*", "*Artifacts*", "*Repeat Examination*", "*Quality Assurance*" e "*Patient Preparation*", bem como seus correspondentes em português disponíveis no DeCS: "Cintilografia de Perfusão Miocárdica", "Medicina Nuclear", "Qualidade da Imagem", "Artefatos", "Repetição de Exames", "Garantia da Qualidade" e "Preparo do Paciente".

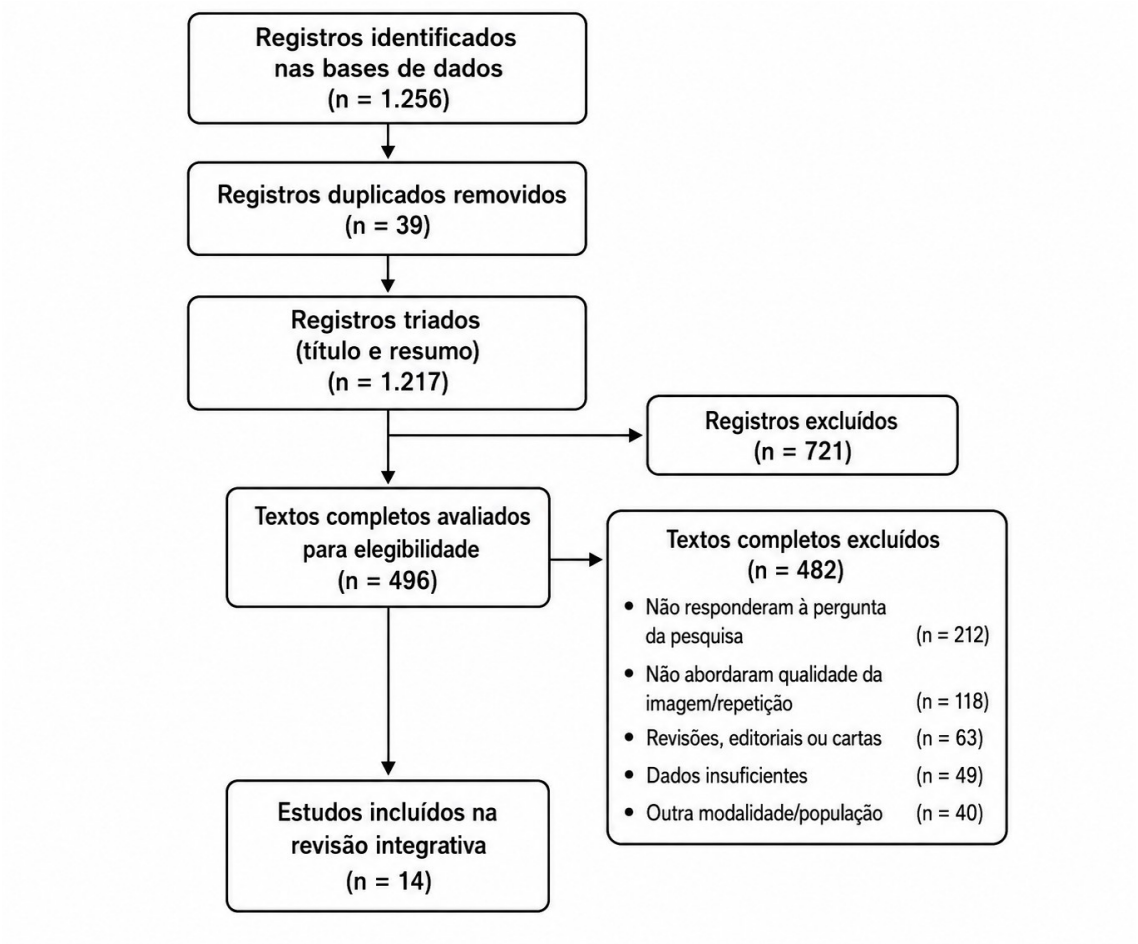
As estratégias de busca foram adaptadas às especificidades de cada base de dados, mantendo a combinação dos descritores por meio dos operadores booleanos. Um exemplo da estratégia empregada na PubMed foi:

("*Myocardial Perfusion Imaging*" OR "*Radionuclide Imaging*") AND ("*Image Quality*" OR "*Artifacts"*) AND ("*Repeat Examination*" OR "*Quality Assurance*" OR "*Patient Preparation*").

As buscas foram realizadas entre os meses de junho e julho de 2026, contemplando publicações disponíveis no período de 2010 a 2025. Esse recorte temporal foi definido com o objetivo de reunir evidências mais recentes sobre a qualidade das imagens na CPM, considerando a evolução dos protocolos de aquisição, das técnicas de processamento e das tecnologias empregadas na MN.

Após a realização das buscas, foram identificados 1.256 registros. Com a remoção de 39 registros duplicados, permaneceram 1.217 para a etapa de triagem por títulos e resumos. Nessa etapa, 721 registros foram excluídos por não atenderem aos critérios estabelecidos, resultando em 496 estudos selecionados para avaliação do texto completo. Após a aplicação dos critérios de elegibilidade, 482 estudos foram excluídos e 14 compuseram a amostra final da revisão integrativa. O processo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos está apresentado na Figura 3, elaborada de acordo com as recomendações do PRISMA 2020.

Figura 3 – Fluxograma do processo de seleção dos estudos da revisão integrativa.



Fonte: Elaborado pelas autoras

3.4 Critérios de elegibilidade dos estudos

Após a definição da estratégia de busca, foram estabelecidos critérios de elegibilidade para orientar a seleção dos estudos que compuseram a amostra desta revisão integrativa. A definição desses critérios é uma etapa fundamental para garantir a transparência, a reprodutibilidade e o rigor metodológico do processo de seleção dos estudos (Mendes; Silveira; Galvão, 2008).

Foram considerados critérios de inclusão: estudos originais publicados entre os anos de 2010 e 2025, disponíveis na íntegra, nos idiomas português, inglês ou espanhol, que abordassem aspectos relacionados à CPM, à qualidade das imagens, aos fatores associados à repetição dos exames, aos artefatos de imagem, ao preparo do paciente e às estratégias para otimização da qualidade dos exames em MN.

Foram considerados critérios de exclusão: estudos duplicados, resumos publicados em anais de eventos científicos, artigos de revisão, revisões sistemáticas, revisões integrativas, editoriais, cartas ao editor, diretrizes, capítulos de livros, dissertações, teses, artigos sem acesso ao texto completo e publicações que, após a leitura do título, do resumo ou do texto completo, não apresentassem relação direta com o objetivo desta revisão.

A aplicação desses critérios possibilitou a seleção de estudos com maior relevância científica e metodológica para responder à questão norteadora da pesquisa, assegurando que a síntese das evidências fosse fundamentada em estudos originais diretamente relacionadas ao tema investigado (Souza; Silva; Carvalho, 2010).

Ressalta-se que as diretrizes nacionais e internacionais não compuseram a amostra final da revisão integrativa, constituída exclusivamente por estudos originais. Entretanto, documentos de sociedades científicas, como a Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear (SBMN), a *Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* (SNMMI) e a *European Association of Nuclear Medicine* (EANM), foram utilizados para fundamentar aspectos relacionados aos protocolos, à qualidade das imagens e às recomendações aplicáveis à CPM.

3.5 Seleção dos estudos

A seleção dos estudos foi realizada em etapas sucessivas, buscando garantir maior rigor metodológico e transparência no processo de identificação das evidências científicas. Inicialmente, foram executadas as estratégias de busca nas bases de dados selecionadas, sendo todos os registros recuperados organizados para identificação e remoção de publicações duplicadas.

Na etapa seguinte, procedeu-se à leitura dos títulos e resumos dos estudos identificados, com o objetivo de verificar sua pertinência em relação à questão norteadora da pesquisa. Foram excluídas as publicações que não apresentavam relação direta com o tema, bem como aquelas que não atendiam aos critérios de elegibilidade previamente estabelecidos.

Os estudos considerados potencialmente relevantes foram submetidos à leitura na íntegra para avaliação detalhada do conteúdo. Após essa análise, permaneceram na amostra final apenas estudos originais que abordavam especificamente fatores relacionados à repetição de exames de CPM, qualidade das imagens, artefatos, preparo do paciente e estratégias para otimização da qualidade diagnóstica.

O processo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos foi apresentado por meio de um fluxograma baseado nas recomendações do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), amplamente utilizado para assegurar transparência e reprodutibilidade na seleção dos estudos em revisões de literatura (Page *et al*., 2021) conforme apresentado no quadro 1.

3.6 Extração e análise dos dados

Após a seleção dos estudos, foi realizada a extração das informações consideradas relevantes para responder à questão norteadora desta revisão integrativa. Os dados extraídos foram organizados em uma matriz de síntese elaborada pelas autoras, permitindo a comparação sistemática das características metodológicas e dos principais resultados de cada estudo incluído.

Para cada estudo selecionado, foram extraídas informações referentes aos seguintes aspectos: autor(es), ano de publicação, país de origem, objetivo, delineamento metodológico, fatores relacionados à repetição dos exames de CPM ou à qualidade das imagens, principais resultados e estratégias propostas para prevenir artefatos e otimizar a qualidade diagnóstica.

A organização das informações em uma matriz de síntese possibilitou a identificação de convergências e divergências entre os estudos, favorecendo a síntese crítica das evidências científicas disponíveis. Esse procedimento é amplamente recomendado em revisões integrativas por facilitar a comparação entre os estudos e contribuir para a construção de uma análise consistente e fundamentada (Mendes; Silveira; Galvão, 2008).

A análise dos dados foi realizada de forma descritiva e qualitativa, por meio da leitura crítica dos estudos incluídos, seguida da identificação, comparação e agrupamento dos principais fatores associados à repetição dos exames de CPM. As evidências foram organizadas em categorias temáticas relacionadas ao preparo do paciente, aos fatores fisiológicos, aos fatores técnicos e às estratégias para otimização da qualidade das imagens, possibilitando uma compreensão integrada do conhecimento produzido sobre o tema.

4 RESULTADOS

A estratégia de busca resultou na identificação de 1.256 registros. Após a remoção de 39 registros duplicados, permaneceram 1.217 registros para a etapa de triagem por títulos e resumos. Nessa etapa, 721 registros foram excluídos, resultando em 496 estudos selecionados para avaliação do texto completo. Após a aplicação dos critérios de elegibilidade, 482 estudos foram excluídos, permanecendo 14 estudos originais, publicados entre 2011 e 2025, que compuseram a amostra final desta revisão integrativa. O processo de seleção dos estudos encontra-se apresentado na Figura 3.

Os estudos incluídos abordaram diferentes fatores relacionados à qualidade das imagens na CPM, incluindo intervenções relacionadas ao preparo do paciente, estratégias para redução de artefatos, técnicas de posicionamento, métodos de processamento e reconstrução de imagens, otimização dos protocolos de aquisição e avanços tecnológicos aplicados à CPM.

Observou-se predominância de estudos clínicos prospectivos e comparativos, desenvolvidos em diferentes países, como Irã, Tailândia, Grécia, Turquia, Paquistão, Brasil e Canadá, evidenciando o interesse internacional pela otimização da CPM. De modo geral, os estudos tiveram como objetivo avaliar intervenções capazes de minimizar fatores que comprometem a qualidade diagnóstica das imagens, contribuindo para a redução da ocorrência de artefatos e, consequentemente, da necessidade de repetição dos exames.

A partir da análise qualitativa dos estudos incluídos, os achados foram agrupados em categorias temáticas de acordo com a semelhança entre os fatores avaliados e as estratégias identificadas. Essa organização permitiu reunir estudos com enfoques semelhantes e facilitar a comparação e a síntese dos principais resultados, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Síntese dos estudos incluídos

Autor/Ano	**Objetivo**	**Fator avaliado**	**Principais achados**
Preparo do paciente e redução da atividade extracardíaca			
Malek *et al*. (2015)	Avaliar diferentes líquidos após a administração do radiofármaco	Alimentação	O leite reduziu significativamente a atividade subdiafragmática e melhorou a qualidade das imagens.
Azadbakht *et al*. (2020)	Comparar água e refeição rica em gordura na redução da atividade extracardíaca.	Atividade extracardíaca	Ambas as estratégias reduziram a atividade extracardíaca e melhoraram a qualidade das imagens.
Hussain e Sultan (2020)	Avaliar água gaseificada	Hidratação	Redução da atividade intestinal e melhor visualização do miocárdio.
Posicionamento do paciente			
Stathaki *et al*. (2015)	Avaliar aquisição prona	Posicionamento	Redução de artefatos de atenuação e diminuição da necessidade de exames adicionais.
Guner *et al*. (2015)	Avaliar aquisição prona rotineira	Posicionamento	Melhora da interpretação visual e maior confiança diagnóstica.
Izaki *et al.*	Avaliar a influência	Posicionamen	O posicionamento

(2014)	da posição dos braços na aquisição das imagens.	to	adequado dos braços reduziu artefatos e melhorou a qualidade diagnóstica.
Reconstrução e processamento das imagens			
Theerakulpisut e Chotipanich (2016)	Comparar processamento digital e aquisição tardia	Processamento de imagens	O mascaramento por software apresentou desempenho semelhante ao da repetição das imagens.
Barros *et al.* (2015)	Otimizar os parâmetros do algoritmo OSEM conforme o IMC.	Reconstrução iterativa	A otimização dos parâmetros de reconstrução melhorou a qualidade das imagens em diferentes perfis de pacientes.
Gilbert *et al.* (2025)	Apresentar as perspectivas da inteligência artificial na cardiologia nuclear.	Inteligência artificial	A IA mostrou potencial para otimizar o processamento das imagens e apoiar a interpretação diagnóstica.
Protocolos de aquisição e otimização			
Caobelli *et al*. (2015)	Avaliar protocolo IQ-SPECT	Tempo de aquisição	Redução do tempo de aquisição mantendo qualidade diagnóstica.
Ramos *et al.* (2014)	Otimizar protocolo utilizando simulador	Controle de qualidade	A simulação permitiu otimizar protocolos antes da aplicação clínica.

	antropomórfico.		
O'Farrill *et al.* (2024)	Avaliar protocolo utilizando equipamento SPECT/CT de tripla cabeça.	Otimização tecnológica	Demonstrou potencial para reduzir o tempo de aquisição sem comprometer a qualidade das imagens.
Controle de qualidade e artefatos			
Płachcińska *et al*. (2015)	Avaliar desalinhamento SPECT/CT	Correção por atenuação	Destacou a importância do controle do alinhamento para evitar artefatos técnicos.
Oliveira *et al.* (2011)	Avaliar a influência das características mamárias na formação de artefatos.	Atenuação mamária	Evidenciou que as características mamárias influenciam significativamente a qualidade das imagens.

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

4.1 Caracterização dos estudos incluídos

A análise dos 14 estudos incluídos demonstrou diversidade quanto aos delineamentos metodológicos e aos contextos em que as pesquisas foram desenvolvidas. Foram identificados estudos prospectivos, retrospectivos, experimentais e comparativos, sendo estes últimos predominantes. Ressalta-se que essas características metodológicas não são mutuamente excludentes, uma vez que um mesmo estudo pode apresentar mais de um tipo de delineamento, como ser simultaneamente prospectivo e comparativo. A

distribuição dos estudos segundo suas principais características metodológicas está apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 – Caracterização dos estudos segundo o delineamento metodológico

Característica metodológica	Número de estudos (n)	Caracterização
Prospectivos	4	Estudos com acompanhamento planejado dos pacientes ou das intervenções avaliadas
Retrospectivos	2	Estudos baseados na análise de exames ou dados previamente realizados
Experimentais	4	Estudos envolvendo intervenções controladas, simuladores antropomórficos ou simulação computacional
Comparativos	9	Estudos que compararam intervenções, posicionamentos, protocolos de aquisição ou métodos de processamento

Fonte: Elaborado pelas autoras (2026).

Nota: As categorias metodológicas não são mutuamente excludentes, de modo que um mesmo estudo pode apresentar mais de uma característica de delineamento.

Em relação à distribuição geográfica, os estudos foram desenvolvidos em diferentes países, evidenciando a abrangência internacional das pesquisas relacionadas à qualidade das imagens na CPM. O Brasil apresentou o maior número de estudos incluídos (n = 4), seguido pelo Irã (n = 2). Paquistão, Grécia, Turquia, Tailândia, Cuba, Alemanha/Itália, Polônia e Canadá contribuíram com um estudo cada. Essa diversidade geográfica demonstra que a investigação de fatores capazes de interferir na qualidade das

imagens e de estratégias para sua otimização constitui uma preocupação presente em diferentes contextos da MN.

Quanto aos temas investigados, os estudos abordaram diferentes aspectos relacionados à qualidade das imagens e à prevenção de repetições, incluindo o preparo do paciente, a redução da atividade extracardíaca, o posicionamento durante a aquisição, os métodos de processamento e reconstrução das imagens, a otimização dos protocolos de aquisição e o controle de qualidade. A partir da análise qualitativa dos estudos incluídos, foram identificadas categorias temáticas que emergiram da similaridade entre os fatores avaliados e as estratégias descritas. Com base nessas categorias, os estudos foram agrupados de acordo com seus principais enfoques, conforme apresentado no Quadro 2.

4.2 Intervenções relacionadas ao preparo do paciente

Os estudos incluídos demonstraram que o preparo do paciente desempenha papel fundamental na obtenção de imagens de qualidade durante a CPM. As principais intervenções investigadas tiveram como objetivo reduzir a atividade extracardíaca, especialmente a atividade subdiafragmática, relacionada principalmente à captação hepática e intestinal do radiofármaco, reconhecida como uma das principais causas de artefatos que dificultam a interpretação das imagens e podem levar à necessidade de novas aquisições.

Os estudos de Malek *et al.* (2015), Azadbakht *et al.* (2020) e Hussain e Sultan (2020) avaliaram diferentes estratégias destinadas a minimizar a atividade extracardíaca após a administração do radiofármaco. Embora tenham empregado intervenções distintas, como ingestão de leite, água, refeição rica em gordura e água gaseificada, todos demonstraram resultados favoráveis na

redução da atividade extracardíaca subdiafragmática, proporcionando melhor visualização do miocárdio e menor interferência decorrente da captação hepática e intestinal.

Malek *et al.* (2015) verificaram que a ingestão de leite promoveu redução significativa da atividade subdiafragmática, melhorando a delimitação do miocárdio e reduzindo a interferência provocada pela captação hepática. Os autores destacaram que essa estratégia pode contribuir para diminuir a necessidade de novas aquisições em pacientes que apresentam intensa atividade abdominal.

De forma semelhante, Azadbakht *et al.* (2020) compararam a ingestão de água fria com uma refeição rica em gordura para estimular o esvaziamento hepatobiliar. Embora ambas as intervenções tenham apresentado eficácia semelhante na redução da atividade extracardíaca, os autores destacaram a ingestão de água como uma alternativa simples, de baixo custo e de fácil incorporação à rotina clínica.

Hussain e Sultan (2020), por sua vez, observaram que a administração de água gaseificada reduziu significativamente a atividade intestinal interferente, favorecendo a visualização da parede inferior do ventrículo esquerdo, principalmente nos exames realizados em repouso e após estresse farmacológico.

De modo geral, os estudos demonstram que intervenções simples relacionadas ao preparo do paciente podem reduzir a interferência da atividade extracardíaca, melhorar a qualidade diagnóstica da CPM e contribuir para a diminuição da necessidade de repetição dos exames.

4.3 Estratégias técnicas para redução de artefatos

Os artefatos de atenuação constituem uma das principais limitações da CPM, podendo simular defeitos de perfusão e comprometer a interpretação diagnóstica. Entre as estratégias investigadas para minimizar esses artefatos, destacam-se modificações no posicionamento do paciente durante a aquisição das imagens, com o objetivo de reduzir a interferência provocada pelos tecidos moles. Além disso, recursos de processamento digital têm sido empregados para minimizar outros artefatos que comprometem a qualidade das imagens, como aqueles relacionados à atividade extracardíaca subdiafragmática.

Nesse contexto, Stathaki *et al.* (2015) avaliaram a aquisição das imagens em posição prona como alternativa à posição supina convencional. Os autores observaram que o posicionamento prono reduziu significativamente os artefatos de atenuação na parede inferior do ventrículo esquerdo, melhorando a especificidade do exame e reduzindo a ocorrência de resultados falso-positivos relacionados à atenuação diafragmática.

Resultados semelhantes foram descritos por Guner *et al.* (2015), que também investigaram a utilização da posição prona em pacientes submetidos à CPM. O estudo demonstrou melhora na diferenciação entre defeitos de perfusão verdadeiros e artefatos de atenuação, contribuindo para aumentar a confiabilidade diagnóstica e reduzir a necessidade de exames complementares decorrentes de imagens inconclusivas.

Complementando essas estratégias, **I**zaki *et al.* (2014) avaliaram a influência do posicionamento dos membros superiores durante a aquisição das imagens. Os autores observaram que o posicionamento adequado dos braços reduziu artefatos relacionados à atenuação e contribuiu para melhorar a qualidade diagnóstica das imagens, reforçando a importância do correto posicionamento do paciente como etapa essencial para a obtenção de exames

confiáveis.

Além das intervenções relacionadas ao posicionamento, Theerakulpisut e Chotipanich (2016) investigaram uma estratégia baseada no processamento digital das imagens, comparando o mascaramento da atividade extracardíaca com a realização de aquisições tardias. Os autores observaram que o processamento digital apresentou desempenho semelhante ao obtido com a repetição da aquisição, sugerindo que ferramentas de pós-processamento podem representar uma alternativa eficaz para minimizar artefatos e reduzir a necessidade de novas aquisições em parte dos pacientes.

Em conjunto, os estudos demonstram que estratégias técnicas relativamente simples, incluindo modificações no posicionamento do paciente e recursos de processamento digital das imagens, contribuem para reduzir artefatos de atenuação, aumentar a qualidade das imagens e melhorar a confiabilidade diagnóstica da CPM. Essas intervenções podem ser incorporadas à rotina dos SMN, favorecendo a obtenção de exames de melhor qualidade e reduzindo a necessidade de repetição decorrente de limitações técnicas.

4.4 Fatores técnicos e otimização da qualidade das imagens

Os estudos que abordaram fatores técnicos evidenciaram que a qualidade da CPM depende não apenas do preparo do paciente e do posicionamento durante a aquisição, mas também da adequada aplicação dos protocolos de aquisição, dos métodos de reconstrução das imagens, da incorporação de novas tecnologias e do controle de qualidade dos processos envolvidos. Entre os aspectos investigados destacam-se a otimização dos protocolos de aquisição, a reconstrução das imagens, a utilização de

equipamentos com tecnologias avançadas e a verificação do alinhamento entre as imagens empregadas na correção por atenuação.

Nesse contexto, Caobelli *et al*. (2015) avaliaram a utilização do protocolo IQ-SPECT com tempo reduzido de aquisição. Os autores observaram que as aquisições abreviadas mantiveram qualidade de imagem e parâmetros funcionais comparáveis aos obtidos pelo protocolo convencional. Embora o estudo não tenha investigado diretamente a repetição dos exames, os resultados sugerem que protocolos mais rápidos podem favorecer o conforto do paciente e reduzir a ocorrência de movimentação durante o exame, um dos fatores associados à perda da qualidade das imagens.

Por sua vez, Płachcińska *et al*. (2015) investigaram o impacto do desalinhamento entre as imagens SPECT e CT utilizadas na correção por atenuação. Os autores verificaram que desalinhamentos superiores a aproximadamente dois a três pixels podem comprometer a qualidade das imagens corrigidas e favorecer a ocorrência de artefatos capazes de interferir na interpretação diagnóstica. Embora erros significativos tenham sido pouco frequentes, o estudo ressalta a importância da verificação sistemática do alinhamento entre as imagens como parte do controle de qualidade do exame.

Outros estudos também abordaram estratégias voltadas à otimização técnica da CPM. Barros *et al*. (2015) demonstraram que a otimização dos parâmetros do algoritmo OSEM proporcionou melhora na qualidade das imagens em diferentes perfis de pacientes. Ramos *et al*. (2014) verificaram que o uso de simuladores antropomórficos permitiu otimizar protocolos antes da aplicação clínica, contribuindo para o aperfeiçoamento dos procedimentos de aquisição. O'Farrill *et al*. (2024) observaram que a utilização de equipamentos SPECT/CT de tripla cabeça apresentou potencial para reduzir o tempo de aquisição sem comprometer a qualidade das imagens. Gilbert *et al*. (2025) destacaram que a inteligência artificial apresenta potencial para otimizar o processamento das imagens, auxiliar na interpretação diagnóstica e contribuir

para a eficiência dos exames de CPM.

Em conjunto, os estudos indicam que a adoção de protocolos técnicos adequados, a otimização dos métodos de aquisição e reconstrução das imagens, a incorporação de novas tecnologias e a realização de controles de qualidade podem contribuir para aumentar a confiabilidade diagnóstica da CPM. Entretanto, a heterogeneidade entre os delineamentos e as estratégias avaliadas dificulta a comparação direta dos resultados. Além disso, alguns estudos apresentaram limitações, como amostras clínicas reduzidas ou utilização de simuladores, e grande parte avaliou principalmente a qualidade das imagens, sem investigar diretamente a repetição dos exames como desfecho. Dessa forma, embora os resultados apontem benefícios relacionados à otimização técnica, as evidências disponíveis não permitem estabelecer uma única estratégia como superior para prevenir repetições, sendo necessários estudos que avaliem de forma mais direta o impacto dessas intervenções na ocorrência de novas aquisições.

5 DISCUSSÃO

Os resultados desta revisão integrativa evidenciam que a qualidade das imagens obtidas na CPM é influenciada por um conjunto de fatores relacionados ao preparo do paciente, à presença de artefatos e aos aspectos técnicos envolvidos na aquisição, reconstrução e processamento das imagens. De modo geral, os achados indicam que a prevenção de aquisições adicionais ou repetições depende da atuação conjunta sobre esses diferentes fatores, uma vez que alterações em qualquer etapa do exame podem comprometer sua qualidade diagnóstica.

Esses achados reforçam que a qualidade da CPM depende da integração entre fatores relacionados ao paciente e à execução técnica do exame. Embora tecnologias como o SPECT/CT e algoritmos avançados de reconstrução tenham ampliado as possibilidades de correção de artefatos, medidas relativamente simples, como a orientação adequada do paciente, o cumprimento das recomendações de preparo, o posicionamento correto e a adequada execução dos protocolos de aquisição, permanecem fundamentais para a obtenção de exames confiáveis e reprodutíveis. Nesse sentido, as diretrizes internacionais da *American Society of Nuclear Cardiology* (ASNC) e da *European Association of Nuclear Medicine* (EANM) reforçam a importância da padronização dos protocolos e do controle de qualidade nas diferentes etapas da CPM.

Entre os fatores identificados nesta revisão, o preparo do paciente apresentou relevância para a qualidade das imagens. As diferentes intervenções analisadas convergiram para a redução da atividade extracardíaca subdiafragmática, especialmente da captação hepática e intestinal, diminuindo sua interferência sobre a avaliação do miocárdio. Apesar das diferenças entre as estratégias empregadas, como ingestão de água,

alimentos ricos em gordura, leite e água gaseificada, os resultados apontam para o benefício de medidas destinadas a favorecer a depuração da atividade extracardíaca. Dessa forma, mais do que indicar uma única intervenção como superior, as evidências reforçam a importância de protocolos de preparo adequadamente estabelecidos e adaptados à rotina de cada serviço.

A relevância dessas medidas ultrapassa a melhoria da qualidade das imagens. Estratégias relacionadas ao preparo são, em sua maioria, simples e de fácil incorporação à rotina dos SMN, podendo contribuir para reduzir aquisições adicionais, otimizar o fluxo de atendimento e evitar prolongamentos desnecessários da permanência do paciente no serviço. Além disso, a padronização das orientações e sua verificação antes do exame representam oportunidades de atuação direta do Tecnólogo em Radiologia na prevenção de falhas evitáveis e no fortalecimento da qualidade assistencial.

Outro aspecto relevante refere-se aos artefatos relacionados à atenuação e ao posicionamento do paciente. Os achados relacionados à aquisição em posição prona e ao posicionamento adequado dos membros superiores indicam que modificações relativamente simples na técnica podem auxiliar na diferenciação entre defeitos verdadeiros de perfusão e alterações decorrentes da atenuação dos tecidos moles. Entretanto, essas estratégias não devem ser consideradas de forma isolada ou aplicadas indistintamente a todos os pacientes, uma vez que características individuais podem interferir em sua efetividade. A literatura, por exemplo, aponta limitações da posição prona em determinados pacientes, como mulheres com mamas volumosas e indivíduos obesos. Dessa forma, o posicionamento deve ser empregado de maneira criteriosa e associado à avaliação da qualidade das imagens adquiridas.

Os achados referentes aos fatores técnicos evidenciam que a otimização dos protocolos de aquisição, a adequada correção de atenuação, o processamento e a reconstrução das imagens representam componentes complementares para a melhoria da qualidade diagnóstica da CPM. Esses

resultados sugerem que a redução das repetições depende não apenas do preparo e do posicionamento do paciente, mas também da integração entre tecnologias adequadas, aplicação correta dos protocolos e processos sistemáticos de controle de qualidade. A possibilidade de redução do tempo de aquisição sem perda da qualidade diagnóstica também assume importância, pois exames mais breves podem favorecer o conforto do paciente e diminuir situações relacionadas à movimentação durante a aquisição.

Nesse contexto, a incorporação de tecnologias mais avançadas deve ser acompanhada pela padronização dos protocolos e pela capacitação dos profissionais. Recursos como SPECT/CT, algoritmos de reconstrução iterativa, equipamentos com maior eficiência de aquisição e ferramentas de inteligência artificial ampliam as possibilidades de otimização da CPM, mas sua utilização não substitui a adequada execução técnica do exame. Assim, os resultados desta revisão apontam para uma relação complementar entre inovação tecnológica, controle de qualidade e atuação profissional, e não para a superioridade isolada de uma única estratégia.

Embora os estudos analisados apresentem resultados predominantemente convergentes quanto aos benefícios das estratégias propostas, observa-se heterogeneidade em relação aos delineamentos metodológicos, aos tamanhos das amostras, aos protocolos empregados e às populações avaliadas, o que limita a comparação direta entre os achados. Alguns estudos utilizaram amostras clínicas reduzidas, enquanto outros foram desenvolvidos com simuladores ou métodos computacionais, dificultando a generalização dos resultados para diferentes contextos clínicos. Além disso, nem todos avaliaram diretamente a repetição dos exames como desfecho, concentrando-se principalmente na qualidade das imagens, na redução de artefatos ou na otimização técnica. Dessa forma, embora as evidências permitam identificar fatores e estratégias potencialmente relacionados à prevenção das repetições, não é possível estabelecer, a partir dos estudos

analisados, uma única intervenção como superior às demais.

Essa heterogeneidade realmente existe no conjunto analisado. Há, por exemplo, estudos clínicos com pacientes, mas também trabalhos experimentais com simuladores, como Ramos *et al*., e estudos baseados em simulação computacional, como Oliveira *et al*. Portanto, esse reconhecimento das limitações das evidências é sustentado pelo próprio material incluído na revisão.

Além das limitações dos estudos incluídos, esta revisão apresenta restrições inerentes ao método empregado. A inclusão de estudos publicados apenas em português, inglês e espanhol, o recorte temporal entre 2010 e 2025 e a realização das buscas nas bases PubMed, BVS e SciELO podem ter limitado a identificação de outras evidências relevantes sobre o tema. Essas características devem ser consideradas na interpretação e na generalização dos resultados apresentados.

De forma geral, os achados desta revisão indicam que a prevenção das repetições na CPM exige uma abordagem integrada, envolvendo preparo adequado do paciente, posicionamento, aplicação correta dos protocolos, avaliação da qualidade das imagens, processamento adequado e controle de qualidade. Nesse processo, o Tecnólogo em Radiologia desempenha papel relevante por participar diretamente de diferentes etapas do exame, desde a orientação e o posicionamento do paciente até a aquisição e avaliação técnica das imagens. A identificação precoce de fatores capazes de comprometer a qualidade permite a adoção de medidas corretivas ainda durante o atendimento, contribuindo para exames mais confiáveis, para a utilização eficiente dos recursos dos SMN e para a segurança do paciente.

6 CONCLUSÃO

A presente revisão integrativa permitiu identificar os principais fatores associados à repetição de exames de CPM e as estratégias descritas para sua prevenção. Os principais fatores identificados foram o preparo inadequado do paciente, a atividade extracardíaca, especialmente hepática e intestinal, os artefatos de atenuação, o posicionamento durante a aquisição das imagens e falhas relacionadas aos protocolos técnicos e ao controle de qualidade. Esses fatores podem comprometer a qualidade das imagens, dificultar sua interpretação e favorecer a necessidade de aquisições adicionais ou repetição dos exames.

As evidências analisadas indicam que estratégias como o preparo adequado e a orientação do paciente, o correto posicionamento durante a aquisição, a aplicação padronizada dos protocolos, a identificação precoce de artefatos, a otimização dos métodos de aquisição e reconstrução das imagens e a realização sistemática do controle de qualidade podem contribuir para minimizar a ocorrência de repetições. Nesse contexto, destaca-se a atuação do Tecnólogo em Radiologia, que participa diretamente de diferentes etapas do exame e pode identificar precocemente fatores capazes de comprometer a qualidade das imagens.

A adoção dessas medidas contribui para a obtenção de imagens com maior qualidade diagnóstica, favorece a utilização mais eficiente dos recursos dos SMN e fortalece a segurança e a qualidade da assistência ao paciente. Dessa forma, a prevenção das repetições depende da integração entre preparo adequado, execução técnica, padronização dos protocolos e controle de qualidade.

Como limitações desta revisão, destacam-se o número reduzido de estudos elegíveis e a heterogeneidade entre as evidências analisadas,

incluindo diferenças nos delineamentos metodológicos, nos tamanhos das amostras, nos equipamentos utilizados e nos protocolos empregados. Esses aspectos dificultaram a comparação direta entre os resultados e limitam a generalização dos achados para diferentes contextos clínicos. Além disso, o recorte temporal estabelecido, a inclusão de estudos publicados em português, inglês e espanhol e a utilização das bases PubMed, BVS e SciELO podem ter restringido a identificação de outras evidências relevantes. Recomenda-se, portanto, a realização de novos estudos que avaliem diretamente a ocorrência de repetição dos exames e a efetividade das estratégias preventivas em diferentes contextos da prática clínica.

REFERÊNCIAS

AZADBAKHT, O.; DIVBAND, G.; SHAFIEE, M. *et al*. The effect of a high-fat meal and water on interfering extra-cardiac activity in myocardial perfusion single photon emission computed tomography. **Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine**, v. 51, art. 74, 2020. DOI: 10.1186/s43055-020-00169-3. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1186/s43055-020-00169-3. Acesso em: 28 maio 2026.

BARROS, Pietro Paolo de *et al.* Optimization of OSEM parameters in myocardial perfusion imaging reconstruction as a function of body mass index: a clinical approach. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 48, n. 5, p. 305-313, 2015. DOI: 10.1590/0100-3984.2014.0084.Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26543282/. Acesso em: 16 jul. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde**.** Plano de ações estratégicas para o enfrentamento das doenças crônicas e agravos não transmissíveis no Brasil 2021–2030. **Brasília: Ministério da Saúde**, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/doencas-cronicas-nao-transmissiveis-dcnt/09-plano-de-dant-2022_2030.pdf. Acesso em: 15 nov. 2025.

CAMARGO, Renato. **Radioterapia e medicina nuclear: conceitos, instrumentação, protocolos e tipos de exames**. São Paulo: Érica, 2015. ISBN 978-85-365-1132-0.

CAMOZZATO, T. S. C. *et al*. Medicina nuclear na prática. Florianópolis: **Instituto Federal de Santa Catarina**, 2020. Disponível em: https://www.ifsc.edu.br/documents/30701/523474/Livro-Medicina-Nuclear-Na-Paratica-revisado.pdf/9c95ec77-51fa-46c5-9d91-67088b4319cf. Acesso em: 10 maio 2026.

CAOBELLI, F.; THACKERAY, J. T.; SOFFIENTINI, A.; BENGEL, F. M.; PIZZOCARO, C.; GUERRA, U. P. Feasibility of one-eighth time gated myocardial perfusion SPECT functional imaging using IQ-SPECT. **European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging**, v. 42, n. 12, p. 1920–1928, 2015. DOI: 10.1007/s00259-015-3142-2. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26227534/. Acesso em: 15 jul. 2026.

DILSIZIAN, V.; TAILLEFER, R. Journey in evolution of nuclear cardiology: will

there be another quantum leap with the F-18 labeled myocardial perfusion tracers? **Journal of Nuclear Cardiology**, v. 27, n. 2, p. 551–558, 2020. DOI: 10.1016/j.jcmg.2012.10.006. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23236979/. Acesso em: 15 nov. 2025.

DORBALA, S. *et al.* Single photon emission computed tomography (SPECT) myocardial perfusion imaging guidelines: instrumentation, acquisition, processing, and interpretation. **Journal of Nuclear Cardiology**, v. 25, n. 5, p. 1784–1846, 2018. DOI: 10.1007/s12350-018-1283-y. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29802599/. Acesso em: 18 jul. 2026.

EINSTEIN, A. J. *et al.* Multiple testing, cumulative radiation dose, and clinical indications in patients undergoing myocardial perfusion imaging. **JAMA,** Chicago, v. 304, n. 19, p. 2137-2144, 2010. DOI: 10.1001/jama.2010.1675. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21078807/. Acesso em: 10 maio 2026.

GILBERT, Caitlyn; CHUNTA, Alec; MILLER, Robert. Artificial Intelligence for Nuclear Cardiology: Perspectives and Challenges. **International Journal of Cardiovascular Sciences**, v. 38, e20240225, 2025. DOI: 10.36660/ijcs.20240225. Disponível em: https://ijcscardiol.org/article/artificial-intelligence-for-nuclear-cardiology-perspectives-and-challenges/. Acesso em: 16 jul. 2026.

GUNER, L. A.; CALISKAN, B.; ISIK, I.; *et al*. Evaluating the Role of Routine Prone Acquisition on Visual Evaluation of SPECT Images. **Journal of Nuclear Medicine Technology**, v. 43, n. 4, p. 275–280, 2015. DOI: 10.2967/jnmt.115.165936. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26584617/. Acesso em: 15 jul. 2026.

HAGE, F. G.; EINSTEIN, A. J.; ANANTHASUBRAMANIAM, K.; *et al.* Quality metrics for single-photon emission computed tomography myocardial perfusion imaging: an ASNC information statement. **Journal of Nuclear Cardiology**, v. 30, n. 2, p. 864–907, 2023. DOI: 10.1007/s12350-022-03162-7. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36607538/. Acesso em: 12 jul. 2026.

HENZLOVA, M. J.; DUVALL, W. L.; EINSTEIN, A. J.; TRAVIN, M. I.; VERBERNE, H. J. ASNC Imaging Guidelines for SPECT Nuclear Cardiology Procedures: Stress, Protocols, and Tracers. **Journal of Nuclear Cardiology**, v. 23, n. 3, p. 606–639, 2016. DOI:10.1007/s12350-015-0387-x. Disponível em:

https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26914678/. Acesso em: 12 maio 2026.

HUSSAIN, S.; SULTAN, F. A. T. Role of carbonated water technique to enhance Tc-99m tetrofosmin myocardial perfusion imaging by reducing subdiaphragmatic artefacts. **Annals of Nuclear Medicine**, v. 34, n. 10, p. 787–792, 2020. DOI: 10.1007/s12149-020-01504-4. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32749579/. Acesso em: 12 jul. 2026.

HYAFIL, F. *et al.* Stress myocardial perfusion imaging by SPECT and PET: EACVI/ESC recommendations. **European Heart Journal – Cardiovascular Imaging**, v. 20, n. 11, p. 1194–1205, 2019. DOI: 10.1093/ehjci/jez135. Disponível em: https://academic.oup.com/ehjcimaging/article/20/Supplement_3/jez135/5512800. Acesso em: 12 jul. 2026.

IAEA – International Atomic Energy Agency. Nuclear Medicine Resources Manual. Vienna: **IAEA,** 2019. Disponível em: https://www.iaea.org/publications/7038/nuclear-medicine-resources-manual. Acesso em: 16 nov. 2025.

IAEA – International Atomic Energy Agency**.** Radiopharmaceuticals: Production and Quality Control. Vienna: **IAEA**, 2021. Disponível em: https://inis.iaea.org/records/9ww23-cd351. Acesso em: 16 nov. 2025.

ILÉN O'FARRILL, Mérida *et al.* Optimización de estudios de cardiología nuclear empleando un SPECT/CT de triple cabezal. **Journal of Health and Medical Sciences**, 2024. Disponível em: https://revistas.uta.cl/pdf/3154/11-llen%20ofarin%20rev.10.3.pdf. Acesso em: 20 jul. 2026.

IZAKI, Marisa *et al.* Influence of the Arm Position in Myocardial Perfusion Imaging Acquisition. **Revista da Associação Médica Brasileira**, São Paulo, v. 60, n. 4, p. 311-317, 2014. DOI: 10.1590/1806-9282.60.04.009. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ramb/a/FkBRKxKjrDNtQrzcvqrjnyD/?format=html&lang=en. Acesso em: 16 jul. 2026.

JOHANSEN, Allan *et al*. When is reacquisition necessary due to high extra-cardiac uptake in myocardial perfusion scintigraphy? **EJNMMI Research**, v. 3, art. 20, 2013. DOI: 10.1186/2191-219X-3-20. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1186/2191-219X-3-20. Acesso em: 18 jul. 2026.

KNUUTI, J. *et al.* 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes. **European Heart Journal**, Oxford, v. 41, n. 3, p. 407–477, 2020. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz425. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31504439/. Acesso em: 24 nov. 2025.

MALEK, H.; HEDAYATI, R.; YAGHOOBI, N. *et al.* The effect of milk, water and lemon juice on various subdiaphragmatic activity-related artifacts in myocardial perfusion imaging. **Research in Cardiovascular Medicine**, v. 4, n. 4, e29235, 2015. DOI: 10.5812/cardiovascmed.29235. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4623379/. Acesso em: 28 maio 2026.

MENDES, Karina Dal Sasso; SILVEIRA, Renata Cristina de Campos Pereira; GALVÃO, Cristina Maria. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & Contexto – Enfermagem**, Florianópolis, v. 17, n. 4, p. 758–764, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/j/tce/a/XzFkq6tjWs4wHNqNjKJLkXQ/?lang=pt. Acesso em: 16 jul. 2026.

MESQUITA, Cláudio Tinoco; YAHIRO, Davi Shunji; MORBACH, Luciana. Cintilografia de perfusão miocárdica: aplicações e avanços recentes. **Medicina, Ciência e Arte**, v. 3, n. 3, p. 6–15, 2023. Disponível em: https://medicinacienciaearte.emnuvens.com.br/revista/article/view/69/64. Acesso em: 20 nov. 2025.

MILLER, R. J. H.; SLOMKA, P. J. Artificial Intelligence in Nuclear Cardiology: An Update and Future Trends. **Seminars in Nuclear Medicine**, v. 54, n. 5, p. 648–657, 2024. DOI: 10.1053/j.semnuclmed.2024.02.005. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38521708/. Acesso em: 15 nov. 2025.

OLIVEIRA, Anderson. Influência das características mamárias na cintilografia miocárdica pelo método Monte Carlo. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 2011. DOI:10.1590/S0066-782X2010005000162. Disponível em: https://www.scielo.br/j/abc/a/SkPzwcDYMSVG8kkGtj7zFfx/abstract/?lang=pt. Acesso em: 23 jul. 2026.

OLIVEIRA, G. M. M. *et al.* Estatística Cardiovascular – Brasil 2023. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 121, e20240079, 2024. DOI:10.36660/abc.20240079. Disponível em: https://abccardiol.org/article/estatistica-cardiovascular-brasil-2023/. Acesso em: 16 nov. 2025.

OMS – Organização Mundial da Saúde. Global Status Report on Noncommunicable Diseases. **Geneva: WHO**, 2008. Disponível em: https://www.who.int/. Acesso em: 18 nov. 2025.

PAGE, Matthew J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, n. 71, 2021. Disponível em: https://www.bmj.com/content/372/bmj.n71. Acesso em: 17 jul. 2026.

PŁACHCIŃSKA, Anna *et al.* Diagnostic performance of myocardial perfusion single-photon emission computed tomography with attenuation correction. **Nuclear Medicine Review**, v. 18, n. 2, p. 78–83, 2015. DOI: 10.5603/NMR.2015.0019. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26315867/. Acesso em: 16 jul. 2026.

RAMOS, Susie Medeiros Oliveira *et al.* Estudo de otimização de protocolo em cintilografia de perfusão miocárdica com a utilização de um simulador antropomórfico. **Radiologia Brasileira**, v. 47, 2014. DOI: 10.1590/0100-3984.2013.1933. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rb/a/7XGf8H3DVVTNkBYSrGVkbst/abstract/?lang=pt. Acesso em: 23 jul. 2026.

SAHA, G. B. **Fundamentals of Nuclear Pharmacy**. 7. ed. New York: Springer, 2018. Disponível em:https://doi.org/10.1007/978-3-319-57580-3. Acesso em: 25 nov. 2025.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE MEDICINA NUCLEAR (SBMN). **História da SBMN**. São Paulo: SBMN, 2022. Disponível em: https://sbmn.org.br. Acesso em: 15 nov. 2025.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA; SOCIEDADE BRASILEIRA DE MEDICINA NUCLEAR**.** Atualização da Diretriz Brasileira de Cardiologia Nuclear – 2020. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 114, n. 2, p. 325–429, 2020. Acesso em: 15 nov. 2025.

SOUZA, Marcela Tavares de; SILVA, Michelly Dias da; CARVALHO, Rachel de. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 102–106, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/j/eins/a/ZQTBkVJZqcWrTT34cXLjtBx/?format=pdflang=pt. Acesso em: 16 jul. 2026.

STATHAKI, M.; KOUKOURAKI, S.; PAPADAKI, E.; *et al*. The Benefits of Prone SPECT Myocardial Perfusion Imaging in Reducing Both Artifact Defects and Patient Radiation Exposure. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 105, n. 4, p. 345–352, 2015. DOI: 10.5935/abc.20150122. Disponível em: https://www.scielo.br/j/abc/a/T8nQbCDs7KDMC4nXMdVjfhm/?lang=pt. Acesso em: 12 jul. 2026.

STROK, A.; GUZIC SALOBIR, B.; STALC, M.; ZALETEL, K. Subdiaphragmatic activity-related artifacts in myocardial perfusion scintigraphy. **Radiology and Oncology**, Ljubljana, v. 58, n. 3, p. 313–319, 2024. DOI: 10.2478/raon-2024-0053. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39287166/. Acesso em: 20 jul. 2026.

THEERAKULPISUT, Daris; CHOTIPANICH, Chaiwatanarat. Comparison between postprocessing software and repeated scanning to eliminate subdiaphragmatic activity in myocardial perfusion scintigraphy. **World Journal of Nuclear Medicine**, v. 15, n. 2, p. 96–101, 2016. DOI: 10.4103/1450-1147.173898. Disponível em: https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/pdf/10.4103/1450-1147.173898.pdf. Acesso em: 12 jul. 2026.

THOM, A. F. *et al*. Anatomia cardíaca aplicada à perfusão miocárdica. **Journal of Nuclear Medicine Technology**, 2007. Disponível em: https://tech.snmjournals.org/. Acesso em: 16 nov. 2025.

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Princípios de Anatomia e Fisiologia**. 16. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2023.

UNSCEAR – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. **Sources and Effects of Ionizing Radiation: UNSCEAR 2020/2021 Report**. New York: United Nations, 2021. Disponível em: https://www.unscear.org/unscear/en/publications/2020_2021_1.html. Acesso em: 16 nov. 2025.

VERBERNE, H. J.; AGOSTINI, D.; GIMELLI, A.; *et al*. EANM procedural guidelines for radionuclide myocardial perfusion imaging with SPECT and SPECT/CT. **European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging**, v. 48, n. 9, p. 2944–2980, 2021. DOI: 10.1007/s00259-021-05245-y. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33604691/. Acesso em: 10 nov. 2025.

ZIESSMAN, H. A.; O'MALLEY, J. P.; THRALL, J. H. **Nuclear Medicine: The Requisites. 5**. ed. Philadelphia: Elsevier, 2020. Disponível:https://www.osumcradiology.org/resources/The-Requisites/The-Requisites . Acesso em: 10 nov. 2025.