

Revisão bibliográfica: Aplicações e recomendações acerca do uso da ressonância magnética no manejo da cardiopatia isquêmica

Bibliographic review: Applications and recommendations on the use of magnetic resonance imaging in the management of ischemic heart disease

Revisión bibliográfica: Aplicaciones y recomendaciones sobre el uso de la resonancia magnética en el manejo de la cardiopatía isquémica

Recebido: 27/10/2023 | Revisado: 06/11/2023 | Aceitado: 07/11/2023 | Publicado: 11/11/2023

Carolina Temponi Regis

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5190-3180>
Faculdade de Minas, Brasil
E-mail: caroltemponi2009@gmail.com

Carolina de Paula

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8861-4417>
Faculdade de Minas, Brasil
E-mail: carolinappereirabr@gmail.com

Emmile Alves de Faria

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4474-4190>
Faculdade de Minas, Brasil
E-mail: emmilefariafaria@gmail.com

Gabriel Henrique Damasceno

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6727-4290>
Faculdade de Minas, Brasil
E-mail: damasceno.med@outlook.com

Thiago Hatem Coelho

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3776-6227>
Faculdade de Minas, Brasil
E-mail: thiagohatem@gmail.com

Márcio José Rosa Requeijo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7102-6553>
Faculdade de Minas, Brasil
E-mail: marciorequeijo3@hotmail.com

Resumo

O estudo se concentra nas aplicações da ressonância magnética (RM) no contexto das cardiopatias isquêmicas e avalia sua precisão como método de diagnóstico. Foram conduzidas pesquisas no PubMed, EBSCO e Medline, além de consulta a dados do Ministério da Saúde do Brasil. As cardiopatias isquêmicas são uma das principais causas de morbidade e mortalidade em todo o mundo, afetando principalmente pessoas entre 60 e 69 anos, com maior incidência em homens, especialmente na região sudeste do Brasil. Apresenta grande espectro patológico e clínico, como angina pectoris, infarto agudo do miocárdio e miocardiopatia isquêmica. Nesse sentido, a RM desempenha um papel crucial no diagnóstico e prognóstico das cardiopatias isquêmicas. Ela permite avaliar a função ventricular, identificar áreas com baixa perfusão, caracterizar áreas com necrose e fibrose e determinar a viabilidade do tecido miocárdico. Também é usada para avaliar a perfusão miocárdica, utilizando medicamentos vasodilatadores para detectar anormalidades patológicas. Foi analisado que a acurácia diagnóstica da RM no contexto das cardiopatias isquêmicas, considerando as variadas técnicas disponíveis, é elevada e satisfatória. Além do diagnóstico, a RM também desempenha um papel prognóstico, com pacientes com resultados normais tendo menos eventos cardíacos ao longo do tempo. Portanto, a RM desempenha um papel crucial na avaliação das cardiopatias isquêmicas, oferecendo vantagens significativas em termos de diagnóstico e prognóstico em comparação com outros métodos de imagem. Ela permite avaliar a função cardíaca, identificar áreas com deficiência de perfusão e caracterizar tecidos afetados, tornando-se uma ferramenta valiosa no tratamento e monitoramento dessas condições cardiovasculares.

Palavras-chave: Isquemia; Infarto; Ressonância magnética.

Abstract

The study focuses on the applications of magnetic resonance imaging (MRI) in the context of ischemic heart disease and evaluates its accuracy as a diagnostic method. Searches were carried out on PubMed, EBSCO and Medline, in addition to consulting data from the Brazilian Ministry of Health. Ischemic heart disease is one of the main causes of

morbidity and mortality worldwide, mainly affecting people between 60 and 69 years old, with a higher incidence in men, especially in the southeastern region of Brazil. It presents a wide pathological and clinical spectrum, such as angina pectoris, acute myocardial infarction and ischemic cardiomyopathy. In this sense, MRI plays a crucial role in the diagnosis and prognosis of ischemic heart disease. It allows you to evaluate ventricular function, identify areas with low perfusion, characterize areas with necrosis and fibrosis and determine the accuracy of myocardial tissue. It is also used to assess myocardial perfusion, using vasodilatory medications to detect pathological abnormalities. It was studied that the diagnostic accuracy of MRI in the context of ischemic heart disease, considering the different techniques available, is high and satisfactory. In addition to diagnosis, MRI also plays a prognostic role, with patients with normal results having fewer cardiac events over time. Therefore, MRI plays a crucial role in the evaluation of ischemic heart disease, offering significant advantages in terms of diagnosis and prediction compared to other imaging methods. It allows you to evaluate cardiac function, identify areas with perfusion deficiency and characterize affected tissues, making it a useful tool in the treatment and monitoring of these cardiovascular conditions.

Keywords: Ischemia; Infarction; Magnetic resonance imaging.

Resumen

El estudio se centra en las aplicaciones de la resonancia magnética (MRI) en el contexto de la cardiopatía isquémica y evalúa su precisión como método de diagnóstico. Se realizaron búsquedas en PubMed, EBSCO y Medline, además de consultar datos del Ministerio de Salud de Brasil. La cardiopatía isquémica es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad a nivel mundial, afectando principalmente a personas entre 60 y 69 años, con mayor incidencia en hombres, especialmente en la región sureste de Brasil. Presenta un amplio espectro patológico y clínico, como angina de pecho, infarto agudo de miocardio y miocardiopatía isquémica. En este sentido, la resonancia magnética juega un papel crucial en el diagnóstico y pronóstico de la cardiopatía isquémica. Permite evaluar la función ventricular, identificar áreas con baja perfusión, caracterizar áreas con necrosis y fibrosis y determinar la precisión del tejido miocárdico. También se utiliza para evaluar la perfusión miocárdica, utilizando medicamentos vasodilatadores para detectar anomalías patológicas. Se ha estudiado que la precisión diagnóstica de la RM en el contexto de la cardiopatía isquémica, considerando las diferentes técnicas disponibles, es alta y satisfactoria. Además del diagnóstico, la resonancia magnética también desempeña un papel pronóstico, ya que los pacientes con resultados normales presentan menos eventos cardíacos con el tiempo. Por tanto, la resonancia magnética juega un papel crucial en la evaluación de la cardiopatía isquémica, ofreciendo importantes ventajas en términos de diagnóstico y predicción en comparación con otros métodos de imagen. Permite evaluar la función cardíaca, identificar áreas con deficiencia de perfusión y caracterizar los tejidos afectados, por lo que es una herramienta útil en el tratamiento y seguimiento de estas afecciones cardiovasculares.

Palabras clave: Isquemia; Infarto; Resonancia magnética.

1. Introdução

As doenças cardiovasculares (DCV) são um termo amplo que abrange as doenças que afetam os vasos e/ou coração, sendo a doença cardíaca isquêmica (DIC) uma das principais contribuidoras para o óbito nos países. (Kreitner et al, 2021; Paiva, 2021). No Brasil, em 2017, foi registrado uma taxa de 83 mortes por DIC por 100 mil habitantes, constituindo a principal causa de morte no país naquele ano (Jardim pinheiro., 2021).

A cardiopatía isquêmica cursa com um desbalanço entre o suprimento e a demanda de oxigênio pelo coração. Dois são os fatores que podem alterar o fornecimento de oxigênio ao músculo cardíaco: a (1) hipoxemia e a (2) isquemia. Em determinadas situações, a redução da oferta do oxigênio ao coração é secundária à diminuição do fluxo sanguíneo, condição que ocorre na fisiopatologia do infarto agudo do miocárdio (IAM) e da angina instável (AI). Já em outras circunstâncias como na hipertrofia de ventrículo, o aumento da necessidade de oxigênio pelo coração é o responsável pela isquemia do miocárdio (Souza & Carvalho., 2001).

Nos últimos anos, graças aos avanços das técnicas de imagem cardiovascular, a ressonância magnética cardíaca (RMC) tem sido a mais utilizada nos últimos 10 anos na detecção e monitoramento da DIC aguda e crônica. Sabe-se que a acurácia da RMC no diagnóstico da DIC é alta, tanto em relação à artéria coronária quanto aos exames funcionais. A RMC realiza medições objetivas e estruturais da funcionalidade do ventrículo esquerdo (VE), visualiza a área de isquemia miocárdica, a lesão aguda posterior e a capacidade de substituição do tecido necrosado por tecido fibrótico (Renzi & Buffa., 2020; Kreitner et al., 2021).

Este estudo tem como objetivo realizar revisão bibliográfica integrativa acerca das aplicações da ressonância magnética (RM) no que tange a cardiopatias isquêmicas. Além disso, este contemplará a avaliação das vantagens e desvantagens do uso da RM frente a outros exames de imagem complementares. Com isso, objetiva-se analisar a acurácia da RM na avaliação de paciente com cardiopatia isquêmica.

2. Metodologia

Foram realizadas pesquisas na plataforma PubMed e EBSCO Medline Complete, por meio do uso dos descritores: “radiology in ischemic heart disease” “radiology in the diagnosis of ischemic heart disease” “cmr in ischemic”. Ao aplicar esses descritores no PubMed foram encontrados 8,657 artigos com o uso do primeiro descritor, 7,752 com o segundo e 817 com o terceiro. Após essa análise foram aplicados dois filtros, texto completo disponível gratuitamente e literatura escrita nos últimos 05 (cinco) anos. Além disso, foi realizada consulta direta na base de dados do Sistema de Informações Hospitalares do Ministério da Saúde do Brasil (SIH/SUS), relativa aos últimos 03 (três) anos, utilizando como indicadores: região, faixa etária, e sexo.

3. Resultados e Discussão

3.1 Perfil Epidemiológico da Cardiopatia Isquêmica

O comportamento epidemiológico das cardiopatias isquêmicas representa atualmente uma das principais causas de morbidade e mortalidade na população mundial, apresentando impactos diretos nos indicadores de saúde, assim como no campo socioeconômico. De acordo com o SIH/SUS (2023), nos últimos 3 anos (2021, 2022 e 2023), foram notificados 74.283 casos relacionados a infarto agudo do miocárdio (IAM) e outras doenças isquêmicas do coração. Destes, cerca de 63% são do sexo masculino, e 37% do sexo feminino. No que concerne à faixa etária, a mais acometida se encontra entre 60 e 69 anos, totalizando 24.125 casos. Dentre as regiões da federação, o sudeste lidera as estatísticas com 34.562 casos.

3.2 Contexto Fisiopatológico da Cardiopatia Isquêmica

As cardiopatias isquêmicas abrangem um amplo espectro de apresentações clínicas, as quais podem representar progressões uma das outras. Dentre elas, pode-se citar: Angina Pectoris, infarto agudo do miocárdio e miocardiopatia isquêmica. Em uma linha do tempo cronológica, a Angina Pectoris representa o quadro clínico inicial, juntamente às doenças de base como Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS) e Diabetes Mellitus (DM), ao passo em que a miocardiopatia isquêmica representa um processo degenerativo isquêmico causado por repetidos infartos agudos do miocárdio.

O processo de isquemia pode ser definido como redução ou ausência de fluxo sanguíneo para um órgão ou território que gera aporte insuficiente de sangue para as necessidades metabólicas. É um contexto que se estabelece por diminuição ou ausência total de oxigênio. As principais causas de cardiopatia isquêmica são de origem obstrutiva. Tal obstrução pode decorrer em virtude da presença de processo aterosclerótico avançado, evolução de trombos e êmbolos, assim como por vasoespasmos. As etiologias obstrutivas apresentam progressão semelhante, todavia, a análise das repercussões cardíacas depende de 3 fatores, sendo eles: extensão ou área de acometimento e sua localização, velocidade de instalação e existência de circulação colateral (Bogliolo, 2021).

Dentre outras causas de isquemia pode-se citar processos metabólicos como distúrbios medulares que causam diminuição expressiva da eritropoiese e conseqüente diminuição de oxigênio circulante, déficit na hemocaterese do baço e do fígado, entre outros. No sistema cardiovascular a isquemia gera hipóxia, seguida de anóxia, levando o tecido ao infarto. Todavia, a hipóxia não é fator exclusivo de causa de infarto, logo, pode estar presente ou não (Bogliolo., 2021).

Frente ao processo isquêmico, ocorre necrose do miocárdio resultante de um comprometimento agudo de sua irrigação sanguínea, estabelecendo dessa forma o infarto agudo do miocárdio. Clinicamente, dois tipos de infarto podem ser distinguidos: o transmural e o subendocárdico (não-transmural). O infarto transmural ocorre em uma área localizada de necrose confluyente envolvendo, em algum ponto, toda a espessura do miocárdio, e que ocorre na área de distribuição de um grande vaso coronário, como a artéria coronária direita. O infarto subendocárdico, por sua vez, consiste em uma necrose confinada ao lado interno da parede ventricular. Ao contrário do infarto transmural, a necrose é habitualmente em focos e não confluyente. O infarto subendocárdico é habitualmente regional, isto é, ocorre na área de distribuição de um vaso coronário, porém pode ser difuso e envolver a área de distribuição de mais de um vaso coronário (Bogliolo., 2021; Enrich, et al., 2021).

O infarto é o mesmo que necrose, ou seja, trata-se de uma degeneração irreversível. Os cardiomiócitos apresentam alta taxa de cicatrização onde será depositado material fibroso. A área que recebe esse material forma uma zona de despolarização neutra, uma vez que, colágeno, elastina e fibronectina não são células e sim macromoléculas protéicas que não se despolarizam. O déficit gerado na despolarização causado pela zona neutra pode eventualmente afetar o débito cardíaco. (Bogliolo., 2021; Thomas, et al., 2020).

3.3 Aplicabilidade da Ressonância Magnética no diagnóstico e prognóstico das cardiopatias isquêmicas

A RNM desempenha um papel importante no diagnóstico e prognóstico da cardiopatia isquêmica, principalmente no que tange ao funcionamento ventricular, identificação de áreas com baixa perfusão, caracterização de áreas acometidas por processos de necrose e fibrose, e ainda na determinação da viabilidade do tecido miocárdico. Trata-se de um método de imagem com alta acurácia quando o intuito é avaliar as funções ventriculares, ainda que alguns pacientes não apresentem alterações relevantes na geometria cardíaca.

3.3.1 Perfusão Miocárdica

A avaliação da perfusão miocárdica a partir da RM envolve a administração de medicamentos vasodilatadores, os quais promovem aumento significativo da perfusão em regiões irrigadas pelas coronárias não acometidas. Todavia, a mesma resposta não é observada em áreas irrigadas por coronárias com complicações, tendo em vista que o leito vascular atinge a dilatação compensatória máxima. Nesse sentido, a diferença de perfusão entre as áreas analisadas permite a detecção de anormalidades patológicas, e, conseqüentemente, o correto manejo do paciente (Al-sabeq, et al., 2019; Buffa, et al., 2020). Os medicamentos vasodilatadores mais utilizados incluem a adenosina, que atua estimulando diretamente o receptores A2 e assim promovendo dilatação das artérias, assim como o dipiridamol, que atua inibindo a reabsorção e inativação da adenosina, sendo este último o mais utilizado no Brasil (Barranhas, 2014).

É possível adquirir imagens durante a administração do vasodilatador (fase de estresse) e, posteriormente, outras imagens após a reversão dos efeitos do vasodilatador por meio da injeção endovenosa de aminofilina (fase de reposição). A comparação das imagens de perfusão nas duas fases permite avaliar a reversibilidade da hipoperfusão miocárdica, o que facilita a interpretação do exame. Essas imagens se definem como regiões de necrose/fibrose (áreas sem previsões), que também se manifestarão como áreas de hipoperfusão em imagens de perfusão em repouso e durante o estresse, permanecendo assim inalteradas (Al-sabeq, et al., 2019; Buffa, et al., 2020).

Ainda na análise da perfusão miocárdica, a RM permite a aquisição de imagens do ventrículo esquerdo (VE) a partir da geração simultânea de cortes múltiplos do eixo curto do ventrículo, ou uma combinação de cortes do eixo curto e eixo longo deste compartimento cardíaco. A técnica baseia-se na injeção intravenosa de gadolínio (Gd) na região antecubital, de forma rápida e uniforme. O ideal, é que a aquisição de imagens de todos os cortes seja realizada a cada ciclo cardíaco. A avaliação da perfusão miocárdica pode ser realizada de diferentes maneiras: visual (avaliação subjetiva/qualitativa), semiquantitativa ou

quantitativa. Embora as técnicas quantitativas já tenham sido amplamente validadas, na prática clínica, geralmente, a avaliação da presença de isquemia miocárdica é realizada de forma qualitativa (Das et al., 2018; Barranhas, 2014).

Em relação a acurácia diagnóstica da RM de perfusão, a mesma foi alvo de estudos que a compararam com outros métodos de imagem já estabelecidos no diagnóstico e prognóstico da DAC. Estudos de metanálise demonstram valores de acurácia satisfatórios, apresentando sensibilidade que pode variar entre 87 e 100%, e sua especificidade entre 85% e 93%, devendo ser levado em conta as repercussões clínicas do grupo em análise e as condições de teste a qual foram submetidos (Muscogiuri., 2022).

3.3.2 Detecção da Isquemia Miocárdica

A detecção de um processo isquêmico no miocárdio geralmente é realizada através de exames que submetem o aparelho cardíaco a um determinado nível de estresse. Todavia, considerando as características técnicas e práticas para realização da RM, não é possível que tal nível de estresse seja atingido através de meios convencionais como exercícios físicos. Dessa forma, o método mais difundido atualmente é a utilização de um agente farmacológico inotrópico positivo, para obtenção de leituras da contratilidade segmentar. Trata-se, portanto, de um método de indução de estresse cardíaco, realizado comumente pela administração de Dobutamina (Quinaglia., 2019; Souto., 2017; Esteban-Fernandez., 2019).

Nesse contexto, a isquemia é interpretada a partir do momento em que é observado déficit de contratilidade segmentar novo em resposta a infusão de doputamina. A utilização da doputamina apresenta grande respaldo literário, permitindo a obtenção de imagens de alta qualidade. A atropina, antagonista muscarínico, pode ser utilizada em associação à doputamina a fim de se atingir a frequência cardíaca submáxima (Quinaglia., 2019; Demirkiran., 2019).

Nos últimos anos, vários estudos abordaram a acurácia da RM de estresse em populações específicas. Os resultados demonstram que no contexto dos pacientes acometidos por múltiplas doenças vasculares a sensibilidade pode variar entre 86 e 100%, à ser considerada a história clínica do grupo em estudo. (Hagbayan., 2019). Para além dos fins diagnósticos, a RM possui importante papel prognóstico. Estudos liderados por Hundley em 2002, demonstraram que os pacientes submetidos a RM de estresse com dobutamina com resultado normal e fração de ejeção >40 apresentaram menor taxa de eventos cardíacos por aproximadamente 2 anos (Hundley., 2002).

3.3.3 Análise da Viabilidade Miocárdica

A RM vem sendo amplamente utilizada nos últimos anos como referência de análise da viabilidade miocárdica. Várias técnicas podem ser utilizadas, dentre as quais se destacam a avaliação da contratilidade segmentar com dobutamina, técnicas de imagem do sódio, e análise de perfil metabólico do miocárdio através de espectroscopia. (Katikireddy., 2022). No entanto, a técnica mais utilizada na prática clínica é a de realce tardio devido a sua praticidade, além de seu alto valor de sensibilidade e especificidade, com acurácia de 72 a 77%. A técnica permite a diferenciação de um tecido que esteja em atordoamento cardíaco de tecidos irreversivelmente necrosados, e dessa forma, determinar a extensão da lesão, sendo que, a relação entre a extensão dessas duas áreas na parede ventricular apresenta relevância clínica na determinação de recuperação funcional (Ibanez., 2019; Sara., 2014; Silva., 2023).

4. Considerações Finais

As cardiopatias isquêmicas, atualmente, em âmbito mundial, abrangem uma das principais causas de morbidade e mortalidade da população. Advindo dessa informação, a acurácia de métodos de imagem, em especial a RNM, que contribuam no diagnóstico e monitoramento clínico de pacientes, é de extrema importância/relevância no contexto clínico. Apesar de, em alguns casos, não serem observadas alterações estruturais no tecido cardíaco, a sobrevida e prognóstico de pacientes que

utilizam desse método são exponencialmente melhores, conforme dados expostos nas referências bibliográficas utilizadas e contextos clínicos observados. São evidentes as vantagens e acurácia, tanto na sensibilidade quanto na especificidade, do método radiológico de RNM na detecção de doenças isquêmicas cardiovasculares.

A capacidade de avaliar o funcionamento ventricular, identificar áreas com baixa ou sem reperfusão e a caracterização de áreas acometidas por processos de necrose e fibrose, como relatado no texto acima, são algumas das características que tornam a RNM no exame radiológico que possibilita a melhor avaliação de um prognóstico frente à ocorrência de eventos isquêmicos.

Referências

- Al-Sabeq, B., Nabi, F., & Shah, D. J. (2019). Assessment of myocardial viability by cardiac MRI. *Current opinion in cardiology*, 34(5), 502–509. <https://doi.org/10.1097/HCO.0000000000000656>
- Barranhas, A. D., Coelho-Filho, O. R., Marchiori, E., Rochitte, C. E., & Nacif, M. S. (2014). Magnetic resonance imaging in clinical practice. *Radiologia Brasileira*, 47(1), 1-8. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-39842014000100006>
- Bogliolo, B. F. (2021). *Patologia* (10a ed.). Guanabara Koogan.
- Buffa, V., & Di Renzi, P. (2020). CMR in the diagnosis of ischemic heart disease. *La Radiologia medica*, 125(11), 1114–1123. <https://doi.org/10.1007/s11547-020-01278-9>
- Busse, A., Rajagopal, R., Yücel, S., Beller, E., Öner, A., Streckenbach, F., Cantré, D., Ince, H., Weber, M. A., & Meinel, F. G. (2020). Cardiac MRI-Update 2020. Kardiale MRT – Update 2020. *Der Radiologe*, 60(Suppl 1), 33–40. <https://doi.org/10.1007/s00117-020-00687-1>
- Chong, J. H., Abdulkareem, M., Petersen, S. E., & Khanji, M. Y. (2022). Artificial Intelligence and Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging in Myocardial Infarction Patients. *Current problems in cardiology*, 47(12), 101330. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2022.101330>
- Demirkiran, A., Everaars, H., Amier, R. P., Beijinck, C., Bom, M. J., Götte, M. J. W., van Loon, R. B., Selder, J. L., van Rossum, A. C., & Nijveldt, R. (2019). Cardiovascular magnetic resonance techniques for tissue characterization after acute myocardial injury. *European heart journal. Cardiovascular Imaging*, 20(7), 723–734. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jez094>
- Emrich, T., Halfmann, M., Schoepf, U. J., & Kreitner, K. F. (2021). CMR for myocardial characterization in ischemic heart disease: state-of-the-art and future developments. *European radiology experimental*, 5(1), 14. <https://doi.org/10.1186/s41747-021-00208-2>
- Fernández A. E., Bastarrika G., Castanon E., Canella I. C., Cosials J. B., Martín M. J., Alpendurada F., Gavira J. J., & Agüero P. M. A. (2020). Prognostic role of stress cardiac magnetic resonance in the elderly. *Revista Espanola de Cardiologia*, 73, 241-247. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2019.02.007>
- Haghbayan, H., Loughheed, N., Deva, D. P., Chan, K. K. W., Lima, J. A. C., & Yan, A. T. (2019). Peri-Infarct Quantification by Cardiac Magnetic Resonance to Predict Outcomes in Ischemic Cardiomyopathy: Prognostic Systematic Review and Meta-Analysis. *Circulation. Cardiovascular imaging*, 12(11), e009156. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.119.009156>
- Ibanez, B., Aletras, A. H., Arai, A. E., Arheden, H., Bax, J., Berry, C., Bucciarelli-Ducci, C., Croisille, P., Dall'Armellina, E., Dharmakumar, R., Eitel, I., Fernández-Jiménez, R., Friedrich, M. G., García-Dorado, D., Hausenloy, D. J., Kim, R. J., Kozzerke, S., Kramer, C. M., Salerno, M., Sánchez-González, J., ... & Fuster, V. (2019). Cardiac MRI Endpoints in Myocardial Infarction Experimental and Clinical Trials: JACC Scientific Expert Panel. *Journal of the American College of Cardiology*, 74(2), 238–256. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.05.024>
- Katikireddy, C. K., & Samim, A. (2022). Myocardial viability assessment and utility in contemporary management of ischemic cardiomyopathy. *Clinical cardiology*, 45(2), 152–161. <https://doi.org/10.1002/clc.23779>
- Muscogiuri, G., Ricci F., Scafuri, S., Guglielmo, M., Baggiano, A., De Stasio, V., Di Donna, C., Spiritigliozzi, L., Chiochi, M., Lee, S. J., De Cecco, C. N., Van Assen, M., Rabbat, M. G., Pontone, G. (2022). Cardiac Magnetic Resonance Tissue Characterization in Ischemic Cardiomyopathy. *Journal of Thoracic Imaging* 37(1), 2-16. <https://doi.org/10.1097/RTI.0000000000000621>
- Muscogiuri, G., Guglielmo, M., Serra, A., Gatti, M., Volpato, V., Schoepf, U. J., Saba, L., Cau, R., Faletti, R., McGill, L. J., De Cecco, C. N., Pontone, G., Dell'Aversana, S., & Sironi, S. (2022). Multimodality Imaging in Ischemic Chronic Cardiomyopathy. *Journal of imaging*, 8(2), 35. <https://doi.org/10.3390/jimaging8020035>
- Quinaglia, T., Jerosch-Herold, M., & Coelho-Filho, O. R. (2019). State-of-the-Art Quantitative Assessment of Myocardial Ischemia by Stress Perfusion Cardiac Magnetic Resonance. *Magnetic resonance imaging clinics of North America*, 27(3), 491–505. <https://doi.org/10.1016/j.mric.2019.04.002>
- Rodrigo F. J., Manuel B. P., Ana M. G., Javier S. G., Jaime A., Carlos G. A., Jaime G. P., Elena D. P., Pedro V., Irene M., Ivan Z., Beatriz G., Javier S., Valentin F., Pedro L. S. & Borja I. (2017). Dynamic Edematous Response of the Human Heart to Myocardial Infarction. *Circulation* 136, 1288–1300. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.025582>
- Sara, L., Szarf, G., Tachibana, A., Shiozaki, A. A., Villa, A. V., de Oliveira, A. C., de Albuquerque, A. S., Rochitte, C. E., Nomura, C. H., Azevedo, C. F., Jasinowodolinski, D., Tassi, E. M., Medeiros, F. de M., Kay, F. U., Junqueira, F. P., Azevedo, G. S., Monte, G. U., Pinto, I. M., Gottlieb, I., Andrade, J., & Colégio Brasileiro de Radiologia (2014). II Diretriz de Ressonância Magnética e Tomografia Computadorizada Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia e do Colégio Brasileiro de Radiologia [II Guidelines on Cardiovascular Magnetic Resonance and Computed Tomography of the Brazilian Society of Cardiology and the Brazilian College of Radiology]. *Arquivos brasileiros de cardiologia*, 103(6 Suppl 3), 1–86. <https://doi.org/10.5935/abc.2014S006>

Silva, T. Q. A. C., Pezel, T., Jerosch-Herold, M., & Coelho-Filho, O. R. (2023). The Role and Advantages of Cardiac Magnetic Resonance in the Diagnosis of Myocardial Ischemia. *Journal of thoracic imaging*, 38(4), 235–246. <https://doi.org/10.1097/RTI.0000000000000701>

Souto, A. L. M., Souto, R. M., Teixeira, I. C. R., & Nacif, M. S. (2017). Myocardial Viability on Cardiac Magnetic Resonance. *Arquivos brasileiros de cardiologia*, 108(5), 458–469. <https://doi.org/10.5935/abc.20170056>

Thomas, M. A., Hazany, S., Ellingson, B. M., Hu, P., & Nguyen, K. L. (2020). Pathophysiology, classification, and MRI parallels in microvascular disease of the heart and brain. *Microcirculation*, 1994.