

A HISTÓRIA DA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA: PRINCÍPIOS BÁSICOS E APLICAÇÕES GERAIS.

CARDENES, Alan Michelili¹
RAMOS, Matheus Rogério²

RESUMO

A ressonância magnética (RM) é um exame de diagnóstico por imagem não invasivo, trata-se de um fenômeno físico onde são aplicados os pulsos de radiofrequência (RF) nas ondas eletromagnéticas que interagem com os átomos mais abundantes do nosso corpo: o hidrogênio. Processo de obtenção de imagens que usam um campo magnético e sinal de RF para produzir imagens de estruturas anatômicas através de uma fórmula matemática. Descoberta em 1946 por Bloch e seus colaboradores na Universidade de Stanford, na sequência, Purcell em Harvard que iniciou as aplicações na medicina, sendo um dos maiores avanços do século XX na área, vimos que houve uma grande parte de outros cientistas, físicos muito importante até a sua descoberta. A RM vem auxiliando e sendo aplicada atualmente em diversas áreas da medicina no diagnóstico de massas, nódulos, aneurismas, abscessos, lesões múltiplas, processos inflamatórios, cânceres e traumatismos.

Palavras-chaves: Ressonância magnética, diagnóstico, aplicações.

ABSTRACT

With the constant evolution of equipment and protocols applied in the health follow-up in the scope of radiodiagnosis and therapy, the need and demands of all professionals in Radiological Techniques to be prepared for an increasingly demanding job market grows. This work presents the importance of continuing education in the higher course in Radiology in the face of the job market and demonstrates the level of knowledge of the Technologist within the Radiology course. This research is justified considering that the theme of permanent education is of great importance to higher education students in Radiology, as well as to the entire academic community, and it is necessary to explore how to provide a reflection on the reality of education in Brazil, whether in the realm of face-to-face education or distance education (EAD). This work was developed with the help of social networks, which in turn supported the dissemination and capture of information. The data collection instrument was an online form produced on the Google Forms platform. There were no costs for the performance of the activity, as the platform is available free of charge on the internet. The research was established between three (3) conditions: graduates, undergraduates and I have no higher education (technicians in radiology). Within the universe among respondents, there were a greater number of students graduating from the technological course in Radiology, about 55% of respondents, the other 45% corresponded to the following parameters: 31% (graduated students) and 14% (students without training higher).

Magnetic resonance imaging (MRI) is a non-invasive diagnostic imaging exam, it is a physical phenomenon where radiofrequency (RF) pulses are applied to electromagnetic waves that interact with the most abundant atoms in our body: hydrogen. Imaging process that uses a magnetic field and RF signal to produce images of anatomical structures using a mathematical formula.

Keywords: Magnetic resonance, diagnostics, applications.

¹ Técnico em Radiologia. Tecnólogo em Radiologia. Supervisor de Aplicação de Técnicas Radiológicas SATR. Pós Graduação em Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética.

² Tecnólogo em Radiologia

1. INTRODUÇÃO

A ressonância magnética (RM) é um exame de diagnóstico por imagem não invasivo, trata-se de um fenômeno físico onde são aplicados os pulsos de radiofrequência (RF) nas ondas eletromagnéticas que interagem com os átomos mais abundantes do nosso corpo: o hidrogênio. (NOBREGA, 2006).

Em 1946, dois grupos independentes faziam os primeiros estudos em Ressonância Magnética (RM). Um grupo que estudava os líquidos em Stanford do físico Bloch, e outro de Purcell, que ficava em Havard onde estudavam os sólidos. (HAGE; IWASAKI, 2009).

Em experiências independentes, descobriram que os núcleos dos átomos se excitavam quando submetidos a um campo magnético e bombardeados com ondas de RF. Com esses estudos e experiências lhe renderam o Prêmio Nobel de Física de 1952.

No período entre 1950 e 1970, a RM foi desenvolvida e utilizada para análises moleculares físicas e químicas. Em 1970, o médico norte-americano Raymond Damadian observou que havia em ratos diferenças significativas na resposta à excitação magnética entre os tecidos normais e aqueles patológicos quando ambos eram bombardeados por um pulso de RF ressonante, já que emitia dois tipos de sinais diferentes à medida que os momentos dos dipolos magnéticos dos tecidos relaxavam para o equilíbrio. (FERREIRA; NACIF 2011)

Apesar do fenômeno físico da RMN ter sido descrito em 1946 por Block e Purcell em artigos independentes da Physics Review, as primeiras imagens do corpo humano só foram possíveis cerca de trinta anos após (MAZZOLA, 2009). Os materiais e métodos deste trabalho foi desenvolvido com pesquisa em livros e artigos publicados nos sites: Scielo e LiLACS. As bases de buscas de artigos publicados foram entre os períodos de 2001 a 2021. Foi pesquisado também o Google imagens e Ministério da Saúde. Para que fosse encontrado o resultado das pesquisas, foi usado como palavras chaves: Ressonância Magnética; Princípios Físicos da Ressonância Magnética; Patologia por Ressonância Magnética

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 PIONEIROS DA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

Figura 1: Hans Christian Oersted



Fonte: <https://museuweg.net/blog/hans-christian-oersted/>

1820 – Hans Christian Oersted (Figura 1) – descobriu que a passagem da corrente elétrica por um fio condutor produz fenômenos magnéticos, tais como o desvio da agulha de uma bússola colocada nas proximidades de um condutor (SILVA, 2019).

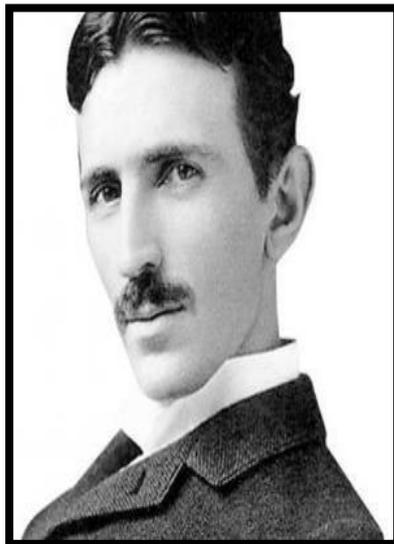
Figura 2: Jean Baptiste Joseph Fourier



Fonte: <https://clube.spm.pt/news/2036>

1822 - Jean Baptiste Joseph Fourier (Figura 2) – desenvolveu uma matemática complexa sobre condução de calor, esta matemática é hoje o coração da IRM. (AURANI, 2015).

Figura 3: Nikola Tesla



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Nikola_Tesla

1882 - Nikola Tesla descobriu o campo magnético giratório e foi dado a unidade de medida de campo “Tesla” (Ferreira 2021).

Figura 4: Joseph Larmor

Fonte: <https://www.kidpaw.com/famous-people/joseph-larmor-pid79369>

Joseph Larmor é famoso na Ressonância Magnética por afirmar que uma frequência de precessão do momento magnético nuclear é diretamente proporcional ao produto da força do campo magnético e da razão giromagnética, ou seja, a famosa equação de Larmor (FERREIRA; NACIF 2011).

Figura 5: Michael Faraday

Fonte: <https://socientifica.com.br/michael-faraday-quem-foi-e-o-que-descobriu/>

1831 Michael Faraday (Figura 5) – Lei da indução magnética no qual é a base de detecção do sinal de RM. Ele descobriu que o campo magnético transversal através de uma bobina elétrica a um ângulo de 90° induzirá uma voltagem/corrente na bobina (DIAS; MARTINS, 2004).

Figura 6: James Clerk Maxwell

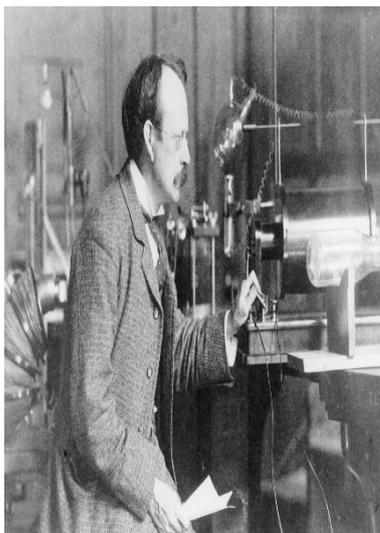
Fonte: <https://degiuli.github.io/Maxwell/Maxwell.html>

1873 – Maxwell cria as equações para campos elétricos e magnéticos. James Clerk Maxwell (Figura 6) - Conhecido por ter dado a sua forma final à teoria moderna do electromagnetismo, que une a eletricidade, o magnetismo e a óptica Maxwell. Demonstrou que os campos elétricos e magnéticos se propagam com a velocidade da luz. Apresentou uma teoria detalhada da luz como um efeito eletromagnético, demonstrou em 1864 que as forças elétricas e magnéticas têm a mesma natureza (TORT; CUNHA; ASSIS, 2004).

Figura 7: Heinrich Hertz

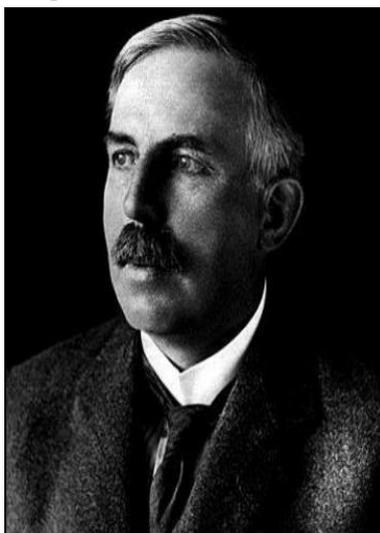
Fonte: <https://operamundi.uol.com.br/hoje-na-historia/3236/hoje-na-historia-1888-heinrich-hertz-propoe-teoria-de-ondas-eletromagneticas>

1887 – Heinrich Hertz (Figura 7) - Descobre a radiofrequência. Físico alemão demonstrou que a eletricidade pode ser gerada pelas ondas eletromagnéticas movendo-se à velocidade da luz (WESTBROOK, 2011).

Figura 8: J.J. Thomson

Fonte: <http://pt.infobiografias.com/biografia/33760/Joseph-John-Thomson.html>

No final da década de 1890, enquanto investigava as propriedades físicas dos raios catódicos (elétrons), J.J. Thomson (Figura 8), concluiu que os elétrons eram parte integrante de todos os átomos. (DIAS; MARTINS, 2004).

Figura 9: Ernest Rutherford

Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/ernest-rutherford.htm>

Mediante uma série de experimentos engenhosos, Ernest Rutherford (Figura 9), em 1911 refutou o modelo do átomo de Thomson. Rutherford introduziu o modelo nuclear, que descreveu o átomo como contendo um pequeno e denso centro, positivamente carregado e rodeado por órbitas de elétrons* Ele chamou o centro do átomo de núcleo (BUSHONG, 2010).

Figura 10: Wolfgang Pauli

Fonte: http://www.cbpf.br/~desafios/index_1.php?p=neutrinos/como_comecou

1924 – O físico austríaco Wolfgang Pauli (Figura 10) descreve que os núcleos de hidrogênio se comportavam como minúsculos ímãs (Hoje chamados Spins) (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, 2006).

Figura 11: Isidor Isaac Rabi

Fonte: <https://delhipages.live/pt/ciencia/fisica/fisicos/isidor-isaac-rabi>

1939 – O Físico americano Rabi (Figura 11). O trabalho científico mais importante de Rabi foi o desenvolvimento de um método para medir as propriedades magnéticas de átomos, núcleos atômicos e moléculas. O método é baseado na medição do spin dos prótons no núcleo do átomo, um fenômeno conhecido como momentos magnéticos nucleares. (BUSHONG, 2010).

Figura 12: Félix Bloch / Edward Purcell

Fonte: edumed.org.br/cursos/neurociencia/01/Artigos/aula07/bloch.gif

Em experiências independentes, Bloch e Purcell descobriram que os núcleos dos átomos se excitavam quando submetidos a um campo magnético e bombardeados com ondas de RF. Com esses estudos e experiências lhe renderam o Prêmio Nobel de Física de 1952. (HAGE; IWASAKI, 2009).

Figura 13: Raymond Vahan Damadian

Fonte: <https://estacaoarmenia.com.br/11276/conheca-damadian-o-medico-armenio-inventor-da-imagem-de-ressonancia-magnetica/>

Observou que células patológicas possuem fluxo de água mais permeável que as células saudáveis. Tendo com isso tempos de relaxamentos mais curtos. Com essa experiência Damadian (Figura 12) chegou à conclusão que a estrutura da água era fundamental para a imagem por RM. Também concluiu que o contraste das imagens é determinado pela diferença do nível de hidratação dos tecidos, independentemente de ser células saudáveis ou patológicas. (FERREIRA; NACIF 2011)

Figura 14: Paul Lauterbur / Peter Mansfield

Fonte: <https://www.scielo.br/j/jbpm/a/QQZ8VXyVfmDsXLBMKxw3tpx/?lang=pt>

Em 1972, Lauterbur, (Figura 13) da Universidade de Illinois, obteve as primeiras imagens com a RM, as quais foram publicadas na Revista Nature. Peter Mansfield (Figura 13) aplicou a técnica de utilizar gradientes de campo magnético para gerar imagens precisas e velozes, analisando rapidamente os sinais gerados pela ressonância. (Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial, 2004).

Em 1976, Mansfield, da Universidade de Nottingham, produziu as primeiras imagens de uma parte do corpo: um dedo. E já no ano 1977 fizeram a primeira imagem de corpo inteiro ponderada por densidade de prótons, uma imagem demorou 4 horas e 45 minutos.

Mesmo Damadian ter sido o primeiro estudioso a reconhecer a aplicação da RM no diagnóstico médico, foram Lauterbur e Mansfield que receberam o Prêmio Nobel de Medicina em 2003. (HAGE; IWASAKI, 2009).

2.2 PRINCÍPIOS BÁSICOS DA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA.

- **Definição:**
A RM realiza um processo de obtenção de imagens que utiliza um campo magnético e um sinal de RF para produzir imagens de estruturas anatômicas através de uma fórmula matemática.
 $\text{Campo Magnético (B0) + Radiofrequência (RF) = RM}$ (WESTBROOK, 2014).
- **A Imagem:**
A imagem da RM representa as diferenças, nos diversos tipos de tecidos moles do corpo, no número de núcleos e na frequência com a qual esses núcleos se recuperam da estimulação causada pelas ondas de rádio na presença de um campo magnético.
- **Spin:**
Movimento de rotação das partículas em torno de seu próprio eixo. Cargas elétricas que giram em torno de seu eixo criam um dipolo magnético nuclear denominado Momento Magnético.
Todas as partículas possuem spin (BONTRAGER; LAMPIGNANO; 2015).
- **Eletromagnetismo:**
Campo magnético é criado quando uma partícula carregada se move.
O próton de hidrogênio tem campo magnético induzido a sua volta e age como um pequeno magneto (WESTBROOK, 2014).

- **Precessão:**
 - Movimento de rotação do próton de H em torno do campo magnético principal (B_0).
 - Cada núcleo de hidrogênio está girando sobre seu eixo (Spin)
 - A influência de B_0 produz uma rotação secundária do vetor (VME) em torno de B_0 .
- **Ressonância:**
 - Transferência de energia de um sistema para outro. Quando o próton de H é exposto a uma perturbação externa, com oscilação semelhante a sua própria frequência presecional, ganha energia, ou seja, entra em Ressonância (BONTRAGER; LAMPIGNANO 2015).
- **Pulso de Radiofrequência (RF):**
 - Energia excitatória capaz de provocar a ressonância do próton de H. O pulso de RF deve ser exatamente igual a frequência de Precessão do VME do H.
- **Sequência de pulsos:**
 - Parâmetros da escala temporal dos pulsos.
 - Tempo de repetição (TR): tempo que vai da aplicação de um pulso RF ao outro pulso RF seguinte. TR determina o grau de relaxamento T1.
 - Tempo de eco (TE): tempo que vai da aplicação do pulso de RF à captação do pico máximo de sinal induzido no fio (ms). O TE determina o grau de declínio da magn. Transversa T2 (WESTBROOK, 2014).
- **Ponderação da Imagem:**
 - Imagem ponderada em T1: TR curto.
 - TR controla o grau de ponderação T1 Imagem ponderada em T2: TE longo
 - TE controla o grau de ponderação T2. Imagem ponderada em DP: TR longo TE curto
 - Altera os efeitos do contraste T1 e T2.
- **Escala de Cinza:**
 - T1: Água: Hipossinal Gordura: Hipersinal T2: Água: Hipersinal Gordura: Hipossinal
 - DP: (Densidade de Prótons) Água: Hipossinal Gordura: Hipersinal (WESTBROOK, 2014).

2.3 APLICAÇÕES GERAIS DA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

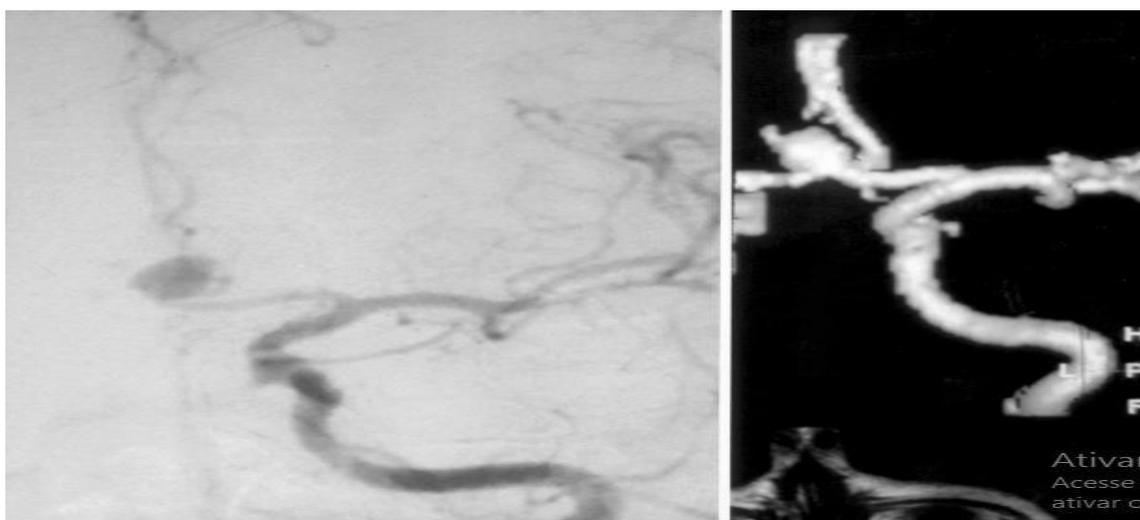
Lesão muscular.

Cerca de 45% do peso total do corpo humano é graças ao tecido muscular esquelético, tornando o tecido de maior massa do corpo, já que são os músculos que dão estrutura ao nosso corpo e através das contrações ocorrem os movimentos. As contusões, estiramentos e lacerações são consideradas lesões musculares e podem ser classificadas entre leve, moderada e grave, indo desde um desconforto muscular até mesmo à uma rotura completa (FERNANDES et al. 2011).

A ressonância magnética é um exame que permite avaliação de doenças musculoesqueléticas, chega até substituir a ultrassonografia, pois permite visualizar roturas ou desprendimento musculotendíneas, edemas, e até mesmo mensurar hematomas (FERNANDES et al. 2011).

radiação ionizante, a Angioressonância cerebral (angioRM). Teve seu primeiro método de imagem descrito em 1977, onde obteve-se imagens das estruturas intra e extracranianas. A aquisição da imagem ocorre após a realização de sequências de eco-gradiente, e ao captar sinais do sangue e seu fluxo, forma-se a imagem. Para a reconstrução, o equipamento subtrai os tecidos estacionários adjacentes ou sobrepostos e entrega apenas a vascularização, em razão do fluxo que é detectado (SPOTTI, et al; 2001) Para um bom planejamento cirúrgico e terapêutico, faz-se necessário a visualização de diversas dimensões dos aneurismas, para análise de informações como dimensões, quantidade, localização, morfologia, etc (SPOTTI, et al; 2001).

Figura 17: Paciente de 68 anos, masculino, com hemorragia subaracnóide, decorrente de aneurisma. (A) angiografia digital seletiva da carótida (B) angiografia por ressonância magnética, técnica 3D-TOF



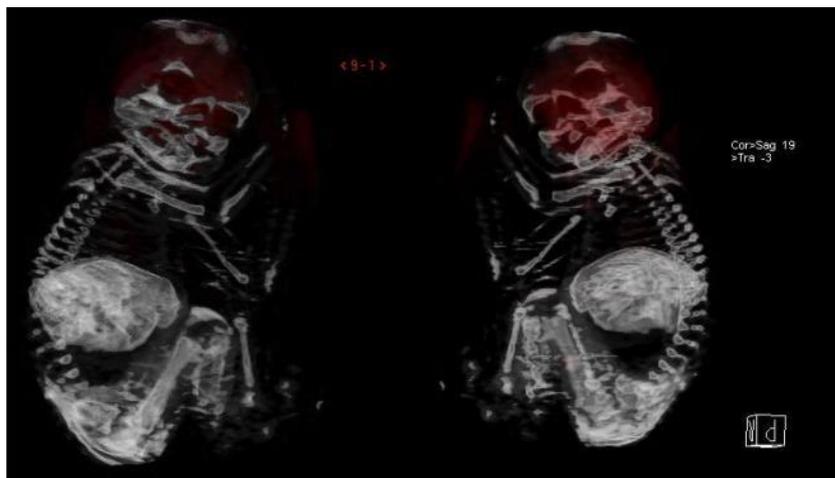
Fonte: (SPOTTI, et al; 2001)

Como resultado do estudo comparativo, Spotti et. al. (2001) concluiu que a angioRM é capaz de substituir a angiografia, já que se trata de um procedimento não invasivo, de baixo custo, rápido e por fim, não faz o uso de radiação ionizante, auxiliando assim no diagnóstico e prognóstico dos pacientes.

Avaliação fetal por Ressonância Magnética.

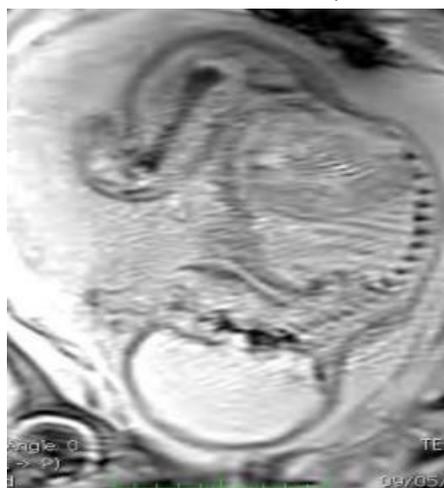
A ressonância magnética se destaca na avaliação de esqueletos fetais, por que pode ser usada como exame complementar à ultrassonografia. Nota-se o avanço da RM nesta área ao nos depararmos com as literaturas descritivas, onde relatam os resultados adquiridos com este exame. Aspectos que impossibilitam a realização da ultrassonografia não afetam a RM nos esqueletos fetais, como obesidade materna, posição fetal, ou oligodramnia (redução de líquido amniótico), mas pode sofrer alterações caso haja movimentação fetal durante a realização do exame (NOGUEIRA, 2014).

Figura 18: 33 semanas de gestação, imagem da reformatação RM, realizada na estação detrabalho.



Fonte: (NOGUEIRA, 2014)

Figura 19: 28 semanas, imagem sagital da sequência VIBE (Volumetric interpolated breath-hold examination).



Fonte: (NOGUEIRA, 2014)

A RM ainda não é considerada exame ouro para avaliação esquelética fetal segundo FDA (Food and Drug Administration), sendo que a ultrassonografia pode ser útil em avaliações músculo-esquelética, mas não em displasias esqueléticas específicas, tornando assim um exame de visualização limitada. As imagens tridimensionais aplicadas na sequência de 3D flash ponderada em T2 trouxe uma ampla variedade de informações exceto para avaliação de extremidades, a angio RM se mostrou limitada quanto a isso, necessitando de aprimoramento na técnica (NOGUEIRA, 2014).

Doença de Alzheimer por Espectroscopia na Ressonância Magnética.

A doença de Alzheimer (DA) é considerada uma doença progressiva que afeta o tecido cerebral de forma degenerativa, causando demência em pacientes idosos. As manifestações clínicas são sugestivas para o diagnóstico da DA, já que há o comprometimento cognitivo, resultando em alterações comportamentais e psicológicas, redução das atividades diárias e sinais neurológicos. Existem também critérios para a confirmação do diagnóstico utilizados internacionalmente que auxiliam na precisão do mesmo, bem como exames laboratoriais e de neuroimagem (ENGELHARDT et al; 2001).

A degeneração se inicia na região medial do lobo temporal, nas áreas límbicas do cérebro (hipocampo), portanto, a pesquisa deve ter esta região como foco e, com o seu avanço a doença progride para as

áreas adjacentes como as áreas associativas frontais e temporais, e até mesmo as áreas primárias do cérebro. Assim como qualquer doença, a DA deve ser diagnosticada o quanto antes, para que as devidas intervenções terapêuticas sejam feitas e possam retardar o quanto antes a progressão da doença (ENGELHARDT et al; 2001).

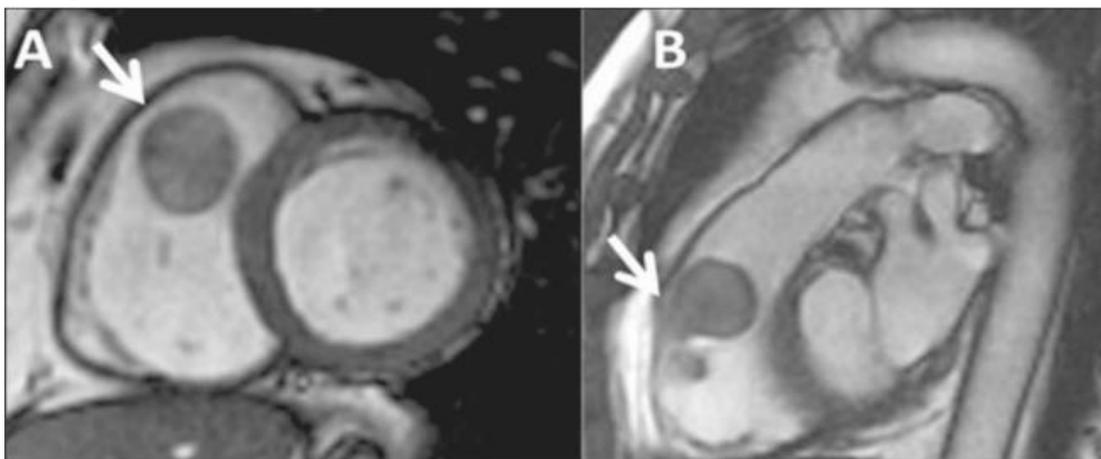
Segundo Engelhardt, et al; (2001), a espectroscopia por ressonância magnética é um exame de neuroimagem considerado importante para auxiliar no diagnóstico da DA, através dos resultados obtidos da região hipocampal, já que permite conhecer exatamente a composição de metabólitos do tecido nervoso normal e patológico, de forma não invasiva.

Ressonância Magnética Cardíaca

A ressonância magnética cardíaca (RMC) pode ser utilizada na rotina clínica sendo ela emergencial ou ambulatorial, desde que seja aplicado critérios baseados em diretrizes já utilizados. Em mais uma modalidade a ressonância é considerada exame ouro como método de diagnóstico por imagem, justamente pela sua precisão nos detalhes, diminuição na variabilidade e aumento na reprodutibilidade, na avaliação cardíaca (BARRANHAS, et al; 2014).

As indicações para este exame são diversas, mas entre as mais recorrentes estão isquemia miocárdica sob estresse farmacológico, avaliação de miocardite, viabilidade miocárdica, e displasia arritmogênica do ventrículo esquerdo.

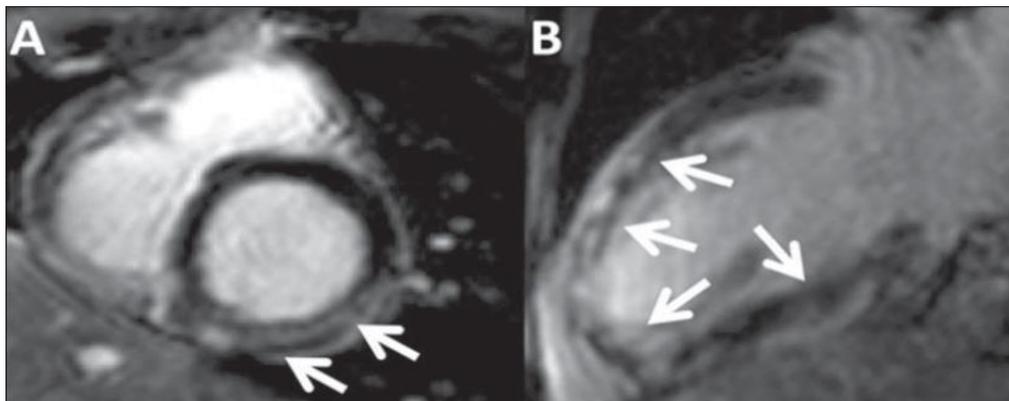
Figura 20: Paciente feminina, 62 anos, com formação expansiva na via de saída do VD.



Fonte: (BARRANHAS, et al; 2014)

Através da avaliação do tardio miocárdico é possível diagnosticar as patologias citadas acima bem como arritmias e cardiomiopatias, e também quantificar a fibrose miocárdica definindo o grau de degeneração do tecido cardíaco. Quando comparada a cintilografia miocárdica perfusional, esta técnica de visualização do tardio miocárdico se tornou mais indicada para avaliação da viabilidade miocárdica, e se igualou quando comparada a especificidade da PET, sendo a RMC o exame mais acessível (BARRANHAS, et al; 2014).

Figura 21: Paciente feminina, 24 anos, com realce tardio miocárdico compatível com miocardite. Observa-se realce tardio epimesocárdico (setas), não territorial, na imagem eixo curto (A) e eixo longo duas câmaras (B).



Fonte: (BARRANHAS, et al; 2014)

Com a RMC, é possível visualizar o coração sem o uso de contrastes ou de radiação ionizante, sendo possível visualizar sua funcionalidade e sua morfologia. O exame permite variabilidade das imagens, com aplicação de diferentes ponderações para a caracterização de diferentes tecidos na imagem, em razão do uso das sequências de FSE (fast Spin-Echo), onde os interiores das câmaras cardíacas se apresentam sem sinal de ressonância, quando isto ocorre é chamado de black-blood ou sangue-preto (SARA, et al. 2014).

A vascularização também pode ser avaliada com a RMC, com ou sem o uso de meio de contraste à base de gadolínio. Utiliza-se técnicas específicas que possibilitam a visualização do Lúmen das paredes das artérias carótidas, renais e a aorta, bem como as dos membros (SARA, et al. 2014).

A seguir, mostraremos de forma geral uma lista de todas aplicações da Ressonância Magnética na Cardiologia.

- Cardiopatia isquêmica
- Cardiomiopatia hipertrófica
- Cardiomiopatias restritivas
- Cardiomiopatia dilatada
- Cardiomiopatia siderótica
- Cardiomiopatia não compactada
- Miocardite
- Avaliação da perfusão miocárdica
- Angiorressonância das artérias coronária
- Detecção e caracterização do infarto do miocárdio
- Viabilidade miocárdica (Fase aguda e fase crônica)
- Displasia arritmogênica do ventrículo direito
- Transplante cardíaco
- Doença do pericárdio: Derrame pericárdico, Pericardite constrictiva, Anomalias congênitas do pericárdio,
- Tumores e Trombos
- Doenças valvares
- Cardiopatias congênitas
- Defeitos septais e persistência do canal arterial
- Transposição das grandes artérias

- Conexão venosa anômala parcial e total
- Coarctação, anomalias do arco aórtico
- Transposição das grandes artérias
- Avaliação de anomalias das artérias coronárias
- Avaliação do território arterial pulmonar
- Tetralogia de Fallot
- Aorta
- Carótidas extracranianas
- Doenças vasculares: Artérias renais
- Doença arterial periférica

3. RESULTADOS E CONCLUSÃO

Com base na revisão da literatura, entende-se que a Ressonância Magnética tem em sua história diversos nomes responsáveis pela sua descoberta e, que foram necessários muitos anos para que ela fosse aperfeiçoada para enfim ser aplicada. A sua alta complexidade se dá em razão do uso de magnetismo juntamente com a radiofrequência, que em conjunto, excitam os prótons de hidrogênio presentes no corpo e para formação da imagem, faz-se necessário também o uso de equações, para que o computador processe as informações e gere as imagens.

É um exame muito utilizado, pois oferece maior definição de imagem quando comparada aos outros métodos de diagnóstico por imagem, bem como confiabilidade e alta aplicabilidade nas diversas áreas da medicina.

4.REFERÊNCIA

ANDRIOLO, A.; Silvana, S, M, E; et al; Paul Lauterbur e Peter Mansfield, ganhadores do Prêmio Nobel de Medicina de 2003. Nossa Capa. Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial, Rio de Janeiro, RJ; v.40, n.5, p.1, Out/2004.

BARRANHAS, A. D. et al; Ressonância magnética cardíaca na prática clínica, Radiologia Brasileira - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ; v.47 n.1, p.1 - 8, Jan/Fev. 2014.

DIAS, V, S; M, R, A; Michael Faraday: o caminho da livreria à descoberta da indução eletromagnética. Ciência & Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências, Bauru, SP; v.10, n.3, p.1-14, Dez/2004.

ENGELHARDT, E. et al. Doença de Alzheimer e espectroscopia por ressonância magnética do hipocampo, Arquivo Neuropsiquiatria, Copagabana - RJ, v.59 n.4, ago. 2001.

FERNANDES, T. L; PEDRINELLI, A; HERNANDEZ, A. J; Lesão Muscular - Fisiopatologia, diagnóstico, tratamento e apresentação clínica, Revista Brasileira de Ortopedia, São Paulo - SP, v.46, n.3, 2011.

FERREIRA, M. F; NACIF. M. S; Manual Técnicas, em Ressonância Magnética. 1. ed. Rio de Janeiro: Rubio, 2011.

FERREIRA, P; A Física Da Ressonância Magnética. 1. ed. Santa Catarina: Clube de Autores, 2021.

HAGE, M. C. F. N. S; IWASAKI, M; Imagem por ressonância magnética: princípios básicos. Ciência Rural. Universidade Federal de Santa Maria, (UFSM), Santa Maria, RS; v.39, n.4, p. 1-9, Jul/2009.

LEITE, L. L. B. Aplicação da espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear quantitativa de Hidrogênio (RMNq1H) na área farmacêutica e afins, dissertação (Conclusão de Curso) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa - PB, 2013.

MAZZOLA, A. A; Ressonância magnética: princípios de formação da imagem e aplicações em imagem funcional. Revista Brasileira De Física Médica; v.3, n.1, p. 1-129, Out/2009.

NOBREGA, A. I. Técnicas em Ressonância Magnética Nuclear. 1. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2006.

NOGUEIRA, R. A; Aplicabilidade da ressonância magnética na avaliação do esqueleto fetal, Dissertação (Mestrado Profissional em Saúde Materno-Infantil) - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro - Niterói, 2014.

PIFER, A; Aurani, K, M, A; Teoria analítica do calor de Joseph Fourier: uma análise das bases conceituais e epistemológicas. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, SP; v.37, n.1, p.1-9, Mar/2015.

SARA, L. et al; II Diretriz de Ressonância Magnética e Tomografia Computadorizada Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia e do Colégio Brasileiro de Radiologia. Arquivo Brasileiro de Cardiologia; Rio de Janeiro – RJ, v.103 n.6: p.1-86, dez. 2014.

SILVA, A, P, B; Distorções científicas perenes e suas consequências para o ensino de ciências: a relação entre eletricidade, magnetismo e calor. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, SP; v.41, n.4, p.1-11, 2019.

SPOTTI, A. R. et al; Angiografia pela ressonância magnética nos aneurismas cranianos - Estudo comparativo com a angiografia cerebral, Arquivo Neuropsiquiatria, São José do Rio Preto - SP, v.59 n.2-B, Janeiro, 2001.

TORT, A, C; Cunha, A, M; Assis, A. K. T; Uma tradução comentada de um texto de Maxwell sobre a ação a distância. Revista Brasileira de Ensino de Física; v.26, n.3, p.1-10, 2004.

WESTBROOK, Catherine. Manual de Técnicas de Ressonância Magnética. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2011.

Endereço Eletrônico:

Alan Cadernes Michelini
E-mail radiologiatotal2020@gmail.com

Recebido em: 01 de Novembro de 2022

Aceito em: 10 de Dezembro de 2022