

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
RESIDÊNCIA EM RADIOLOGIA E DIAGNÓSTICO POR IMAGEM

GILMAR PERUZINI FILHO

**ARTEFATOS EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA
DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL: UM ESTUDO PICTÓRICO**

VITÓRIA
2021

GILMAR PERUZINI FILHO

**ARTEFATOS EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA
DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL: UM ESTUDO PICTÓRICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Comissão de Residência Médica da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), como requisito parcial para obtenção do título de especialista em Radiologia e Diagnóstico por Imagem.

Orientador:
Prof. Dr. Marcos Rosa Junior.

VITÓRIA
2021

GILMAR PERUZINI FILHO

**ARTEFATOS EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA
DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL: UM ESTUDO PICTÓRICO**

Orientador:

Prof. Dr. Marcos Rosa Junior.

Professor Adjunto de Radiologia da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES.

Médico radiologista do Hospital Universitário Cassiano Antônio Moraes - UFES/EBSERH.

BANCA EXAMINADORA

Avaliadores Internos:

Prof. Dr. Ricardo Andrade Fernandes de Mello.

Professor Adjunto de Radiologia da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES.

Coordenador do programa de Residência Médica em Radiologia e Diagnóstico por Imagem da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES/HUCAM.

Dr. Octávio Meneghelli Galvão Gonçalves.

Médico radiologista do Hospital Universitário Cassiano Antônio Moraes - UFES/HUCAM.

RESUMO

Artefatos são atributos presentes em uma imagem e que não fazem parte da estrutura original analisada. Ocorrem devido a uma série de fatores e podem ser mal interpretados como condições patológicas, levando a consequências adversas aos pacientes. Ao mesmo tempo, suas repercussões na imagem podem ser usadas como ferramentas adicionais no auxílio ao diagnóstico correto. Objetivo: Apresentar uma seleção de artefatos descritos até o momento em ressonância magnética (RM) do crânio e da coluna com o intuito de aprimorar a habilidade dos médicos em reconhecê-los e, desta forma, expandir a gama de diagnósticos diferenciais no que tange as desordens do sistema nervoso central (SNC). Métodos: Vários artigos científicos abordando artefatos em RM foram analisados, chegando a um compilado de 23 deles. Depois foram, retrospectivamente, revisados exames de RM do SNC realizados no setor de radiologia do Hospital Universitário Cassiano Antônio Moraes nos últimos seis anos. Por último, foram selecionadas as imagens com os achados mais notórios a fim de ilustrar os artefatos. Resultados: Foram listados vários artefatos, considerando os que contribuem para o diagnóstico, os que podem ser confundidos com alterações patológicas e os relacionados a questões de hardware/software. Com a classificação proposta, médicos podem ser estimulados a olhar os artefatos a partir de uma outra perspectiva: além de distorcer o objeto original, também podem ser úteis na avaliação de certas condições, mesmo que não possam ser totalmente corrigidos. Conclusão: Como aspectos indesejados que podem aparecer num estudo de RM, artefatos deveriam interferir negativamente na interpretação da imagem. Todavia, eles podem contribuir para o diagnóstico de algumas condições, já que os mecanismos relacionados com a sua geração ajudam na distinção entre lesões patológicas verdadeiras.

Palavras-chave: imagem por ressonância magnética; neuroimagem; artefatos; diagnóstico diferencial

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Artefato de deslocamento químico realçando um lipoma.

Figura 2 – Artefato de fluxo identificando hidrocefalia de pressão normal (HPN; A) e um aneurisma da circulação anterior (B).

Figura 3 – Ausência de artefato de fluxo do LCR e cisto aracnoide.

Figura 4 – Artefato *entry slice*.

Figura 5 – Fluxo do LCR mimetizando uma fístula dural.

Figura 6 – Diagnósticos diferenciais de artefato de pulsação do LCR em imagens axiais FLAIR.

Figura 7 – Artefato de fluxo sanguíneo *versus* desmielinização em um paciente com esclerose múltipla.

Figura 8 – Baixo fluxo na periferia simulando vasculite do SNC.

Figura 9 – Artefato de susceptibilidade se apresentando como hipersinal no espaço subaracnóideo.

Figura 10 – Artefato de susceptibilidade no SWI: interpretação incorreta de uma calcificação como um possível foco de hemorragia.

Figura 11 – Artefato de retroprojeção.

Figura 12 – Artefato por correntes de Foucault.

Figura 13 – Artefato de truncamento.

Figura 14 – Borramento da imagem devido ao movimento voluntário do paciente.

Figura 15 – *Ghosting* (setas).

Figura 16 – Corte axial ponderado em T1 com saturação de gordura com artefato de heterogeneidade de radiofrequência, demonstrado por falha de supressão do sinal da gordura na periferia da imagem.

Figura 17 – Artefato de susceptibilidade magnética.

SUMÁRIO

1.	6	
2.	7	
3.	8	
3.1 – Artefatos que contribuem para o diagnóstico		8
3.1.1 – Artefato de deslocamento químico		8
3.1.2 – Artefato de fluxo		9
3.2 – Artefatos que devem ser distinguidos de lesões patológicas		11
3.2.1 – Artefato <i>entry slice</i>		11
3.2.2 – Artefato de fluxo liquórico		12
3.2.3 – Artefato do fluxo sanguíneo		13
3.2.4 – Artefato de susceptibilidade magnética.		15
3.3 – Artefatos relacionados a questões de hardware/software		16
3.3.1 – Artefato de retroprojeção		16
3.3.2 – Artefato por correntes de Foucault		17
3.3.3 – Artefato de truncamento		18
3.3.4 – Artefato de movimento		19
3.3.5 – Artefato por não homogeneidade da radiofrequência		22
3.3.6 – Artefato de susceptibilidade magnética		23
4.	24	
REFERÊNCIAS		25

1. INTRODUÇÃO

A ressonância magnética (RM) é a modalidade de imagem de escolha para avaliar as partes moles e, principalmente, o sistema nervoso central (SNC). Devido à complexa tecnologia envolvida na geração das imagens, alguns imprevistos, como artefatos, estão propensos a ocorrer¹⁻⁵.

Um artefato é uma característica que está presente na imagem obtida, mas que não faz parte da estrutura original analisada. É uma consequência de falhas de hardware/software²; de movimentos corporais fisiológicos, como fluxo do líquido cefalorraquidiano (LCR), ou da presença de objetos ferromagnéticos no corpo do paciente, como cliques neurocirúrgicos^{2,3}, dentre outras causas. Os artefatos podem ser evidentes ou discretos e a má interpretação de um artefato como um achado patológico pode ter consequências adversas para o paciente.

Compreender os artefatos é uma tarefa desafiadora, pois são vários princípios físicos complexos que interagem e culminam na sua ocorrência⁵. Vários autores demonstraram que esses princípios devem ser minimamente compreendidos para atenuar o impacto causado pelos artefatos. No entanto, além de discernir os aspectos que se confluem para o surgimento de um artefato, este estudo demonstra que o reconhecimento de um artefato pode ser útil para lembrar patologias verdadeiras, pois alguns aspectos podem ser similares entre si. Portanto, um artefato pode, em uma última análise, melhorar a capacidade diagnóstica global⁴.

Este estudo tem como objetivo apresentar os principais artefatos que já foram descritos nos exames de RM do CNS até o momento. O texto enfatiza como os artefatos ocorrem, como evitar seu surgimento e quais achados podem ser usados na consideração dos diagnósticos diferenciais.

2. MÉTODOS

Foram pesquisados e revisados artigos científicos da literatura que abordam artefatos em RM. Posteriormente, foram listados os artefatos e reduziu-se o escopo do estudo para os achados no SNC. De acordo com os achados, propôs-se a seguinte classificação: artefatos que contribuem para o diagnóstico; artefatos que devem ser distinguidos de lesões patológicas; artefatos relacionados a problemas de hardware/software.

A partir daí estes achados foram pesquisados nas imagens de exames contidos no banco de dados do setor de Radiologia do Hospital Universitário Cassiano Antônio Moraes. O banco de dados utilizado foi o Sistema de Comunicação e Arquivamento de Imagens (PACS), DICOMVIX. O foco da pesquisa foram exames de RM do crânio e da coluna vertebral realizados nos últimos seis anos. Os exames foram avaliados e selecionados e, terminada a pesquisa, as imagens com os achados mais notórios foram escolhidas para ilustrar este estudo pictórico.

3. RESULTADOS

Foram listados e selecionados 13 artefatos descritos nos artigos pesquisados, separados em: 2 que contribuem para o diagnóstico; 5 que podem ser confundidos com achados patológicos e 6 relacionados a problemas de hardware/software.

Com a classificação proposta acima por este estudo, os médicos podem ser estimulados a observar artefatos por uma perspectiva diferente: além de distorcer o objeto original, eles podem ser úteis para avaliar certas condições patológicas, mesmo que não possam ser totalmente corrigidos, como demonstrado abaixo.

3.1 – Artefatos que contribuem para o diagnóstico

Esta seção inclui achados que, devido à natureza de sua ocorrência, podem ajudar os médicos a diagnosticar certas desordens. No entanto, para chegar a esse objetivo, alguns princípios básicos relacionados aos artefatos devem ser entendidos.

3.1.1 – Artefato de deslocamento químico (do inglês *chemical shift*): Como consequência da frequência de ressonância diferente entre a gordura e a água, este artefato pode surgir e se apresentar como uma linha de hipersinal ao longo da interface entre água e lipídios^{1,3-7}. Geralmente aparece em vísceras repletas de líquido (a exemplo da bexiga) ou em órgãos em íntimo contato com tecido muscular^{3,5}, que possui uma grande quantidade de água. No entanto, este artefato também pode aparecer na RM do crânio, sendo de fácil detecção (figura 1). Também pode ser exibido como uma linha de hipossinal, sendo chamado de artefato *black boundary* ou deslocamento químico do tipo 2^{1,5}.

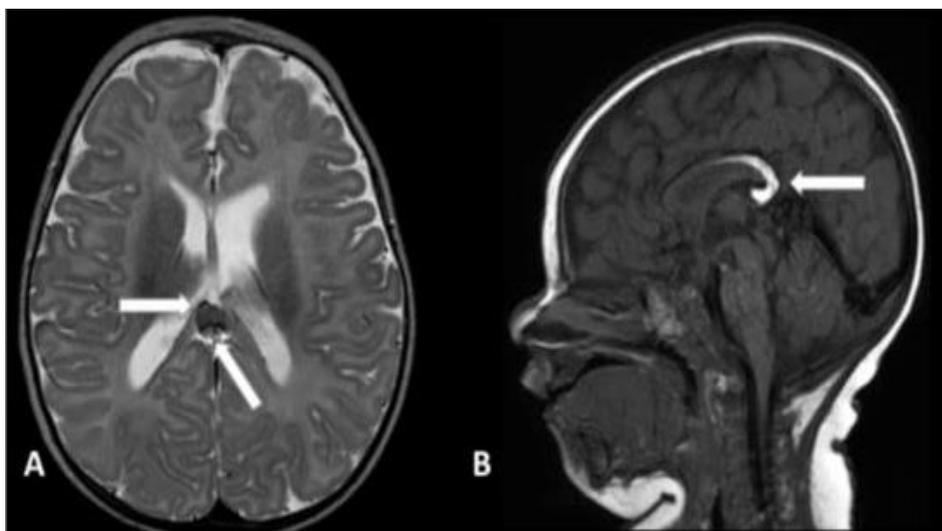


Figura 1 – Artefato de deslocamento químico realçando um lipoma. Acima, pode-se observar o artefato de deslocamento químico ajudando no diagnóstico de um lipoma do corpo caloso. *Black boundary* (A – axial T2) e deslocamento químico (B – sagittal T1), variações do mesmo artefato,^{1,5} realçam e delimitam os contornos da lesão, reforçando assim a hipótese de uma lesão que contém gordura.

3.1.2 – Artefato de fluxo: Esta categoria compreende os artefatos relacionados aos fluxos líquórico e sanguíneo. Os artefatos de fluxo do LCR estão relacionados à pulsação do LCR durante a aquisição da sequência^{1,6}, podendo se apresentar como fantasmas (do inglês *ghosting*)^{5,6}, vazios de sinal (do inglês *flow voids*), borrões (do inglês *blurring*) ou hiperintensidades⁹ (figuras 2 e 3).

Os artefatos do fluxo sanguíneo podem chegar a imitar anormalidades graves como aneurismas, sendo que o uso de meio de contraste paramagnético endovenoso ajuda a melhorar tais artefatos devido ao aumento do sinal do sangue no interior do vaso¹⁴. Anulação do momento gradiente ou aplicação de bandas de saturação^{5,6} são ferramentas úteis para ajudar a reduzir o artefato.

Também foi descrita na literatura uma nova técnica de imagem para potencializar a supressão de artefatos de fluxo em sequências ponderadas em T1 pós-contraste. Li e cols.¹⁴ mostraram que uma sequência de aquisição *spin-eco* em espiral foi mais eficiente na redução dos artefatos que as sequências *turbo spin-eco* cartesianas geralmente aplicadas na prática. Portanto, pode haver melhora da qualidade da imagem, revelando alterações mais sutis que antes seriam ocultadas.

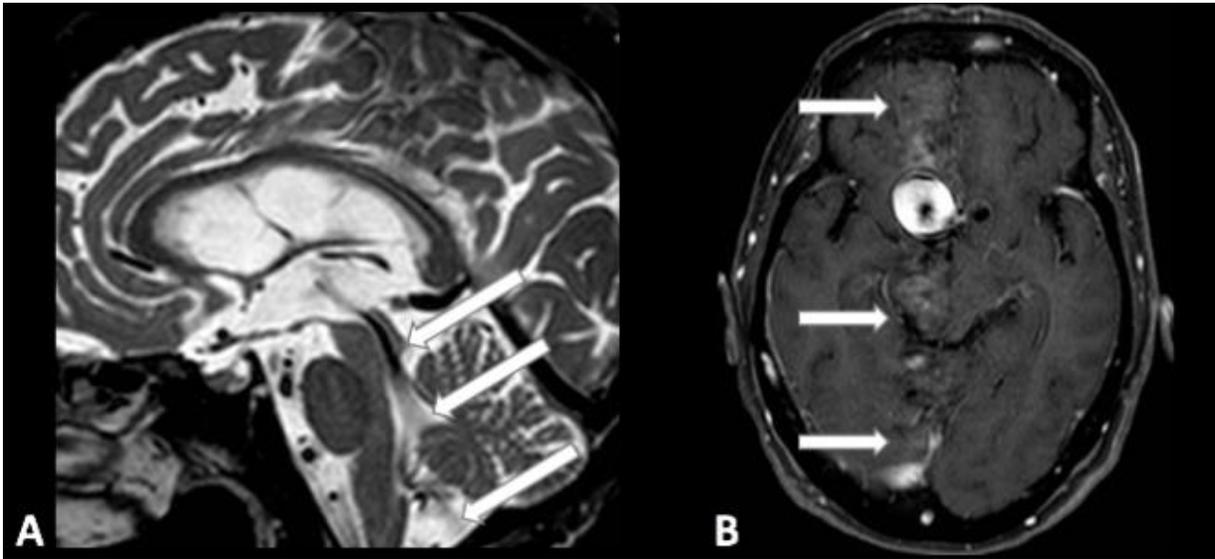


Figura 2 – Artefato de fluxo identificando hidrocefalia de pressão normal (HPN; A) e um aneurisma da circulação anterior (B).

A – Imagem sagital T2 com aumento do fluxo liquórico devido à HPN, gerando artefatos (setas). O aumento da velocidade e o fluxo turbulento no interior do aqueduto de Sylvius gera artefatos representados por vazios de sinal que lembram a forma de uma trombeta (sinal da trombeta)¹⁰. Tal achado pode corroborar a presença de hidrocefalia.

B – Imagem axial T1 ilustrando um aneurisma gigante com artefatos adjacentes (setas) devido ao fluxo sanguíneo turbulento. Estes artefatos reforçam a distinção entre aneurismas e lesões neoplásicas/infecciosas, visto que lesões sólidas ou sólido-císticas não causariam tal interferência.

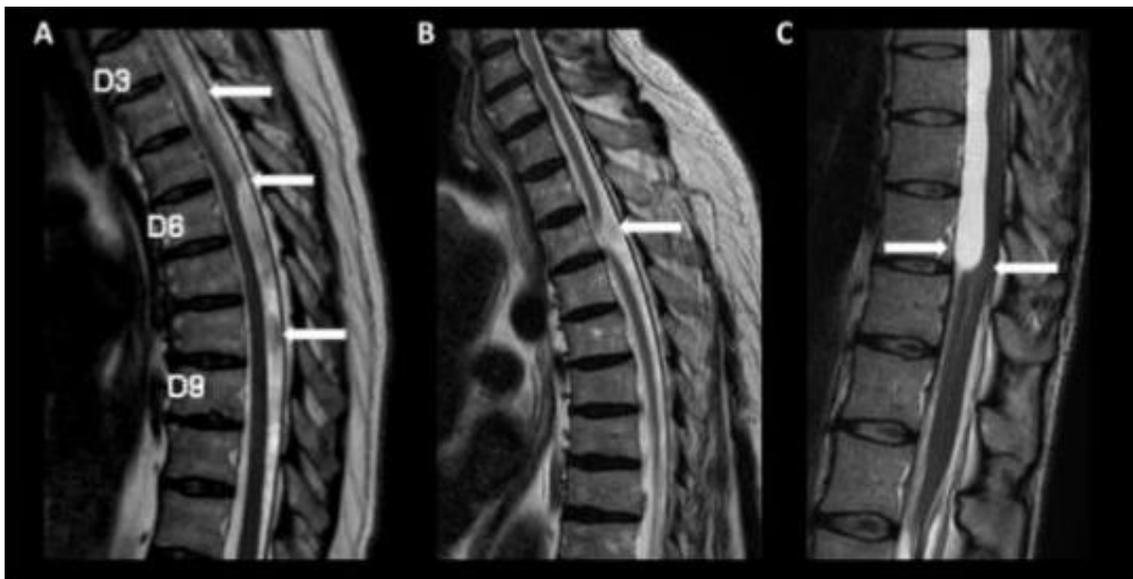


Figura 3 – Ausência de artefato de fluxo do LCR e cisto aracnoide. Sequências sagitais ponderadas em T2 (A, B e C).

A – Caso de membrana aracnoide na coluna dorsal, distorcendo e empurrando a medula espinhal anteriormente. Conseqüentemente, há alargamento da coluna liquórica posterior, com formato semelhante de um bisturi cirúrgico, daí o termo "sinal do bisturi".

B – Paciente com herniação medular transdural. Há distorção focal e rotação da medula espinhal, que se projeta anteriormente através de um defeito dural, com conseqüente obliteração do espaço liquórico anterior.

Em A e B, é possível observar o habitual artefato de fluxo do LCR (setas) nas colunas liquóricas posteriores, uma vez que não há obstrução ao fluxo nesses compartimentos. A ausência do artefato em C sugere, por outro lado, a presença de uma condição que causa obstrução ao fluxo liquórico, representada neste caso por um grande cisto aracnoide hiperintenso no aspecto anterior do canal vertebral da coluna torácica.

3.2 – Artefatos que devem ser distinguidos de lesões patológicas

Esta seção inclui artefatos que, se avaliados incorretamente, podem ser confundidos com desordens orgânicas. No entanto, alguns achados relatados a seguir podem ajudar a distinguir artefatos de lesões patológicas verdadeiras.

3.2.1 – Artefato *entry slice*: este artefato se correlaciona com a espessura do corte e a excitação dos vasos sanguíneos¹. Se os cortes forem muito grossos, alguns *spins* de vasos podem ser saturados por pulsos de excitação anteriores que foram direcionados para outros cortes. Em seguida, o vaso sanguíneo adquire um alto sinal puntiforme no primeiro corte em que aparece, podendo ser confundido com trombose venosa¹¹ (figura 4). Para remover este artefato, a principal tática é a colocação de bandas de saturação parcial antes do primeiro corte e depois do último.

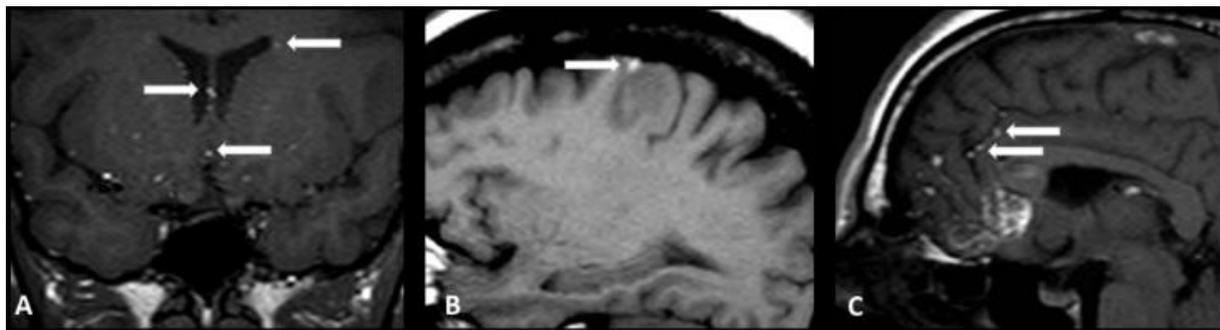


Figura 4 – Artefato *entry slice*.

A - Artefato *entry slice* em corte coronal T1: se visto rapidamente, pode ser confundido com trombose venosa (B - sagital T1) ou um cisto dermoide roto (C - sagital T1). No entanto, uma análise cuidadosa e completa do exame mostra que esse é o único corte no qual o ponto brilhante aparece e, portanto, é um artefato. Deve ser distinguido do achado em B, uma verdadeira trombose de veia cortical: o ponto de hipersinal deve aparecer em mais de um corte e, além disso, deve respeitar a anatomia vascular do SNC.

3.2.2 – Artefato de fluxo liquórico: Em alguns casos, o fluxo liquórico pode perturbar o sinal original e causar distorções que se assemelham a algumas doenças, como fístulas durais (figura 5). Uma fístula dural é uma conexão anormal entre o suprimento arterial segmentar dural da raiz nervosa e a veia medular subjacente^{14,15}, aparecendo nas imagens como dilatações vasculares perimedulares. No entanto, ela pode ser distinguida do artefato de fluxo liquórico pela aparência em sal e pimenta em imagens pós-contraste¹⁵. Mesmo assim, pode ser um desafio diferenciar estes achados. A correlação clínica é essencial e a angiografia espinal pode ser considerada, pois é o método de escolha para avaliar as patologias dos vasos espinais¹⁵.



Figura 5 – Fluxo do LCR mimetizando uma fístula dural.

A – Imagem sagital T2 evidenciando uma fístula dural. Em uma ressonância magnética, os sinais indicativos incluem aumento do sinal da medula espinal nas imagens ponderadas T2 e diminuição do sinal

nas imagens ponderadas em T1 (decorrente do edema medular), além de vasos intradurais proeminentes, como mostrado neste exemplo.

B – Imagem sagital T2 STIR demonstrando o fluxo do LCR na medula espinhal. Para médicos desavisados, as alterações podem se assemelhar a uma fístula dural.

O fluxo do LCR também pode se apresentar como imagens nodulares dentro do sistema ventricular, exigindo diagnóstico diferencial com esclerose tuberosa e nódulos em forma de anel na superfície dos ventrículos laterais¹⁷(figura 6), um achado incidental na RM em pacientes submetidos a neuroimagem devido a cefaleia. Para distinguir essas entidades de um artefato de fluxo, os achados clínicos, o histórico do paciente e a repetição do exame são ferramentas úteis.

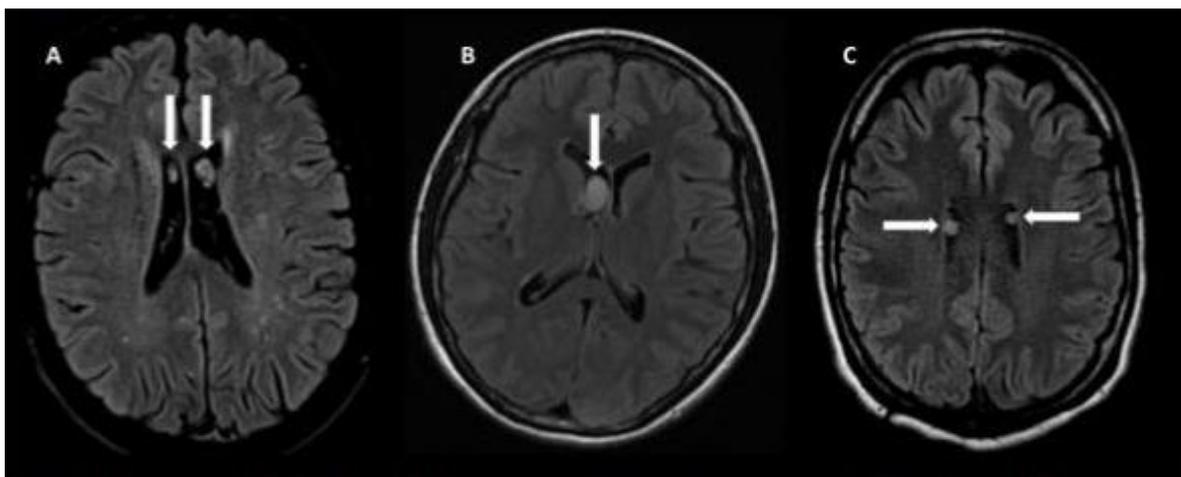


Figura 6 – Diagnósticos diferenciais de artefato de pulsação do LCR em imagens axiais FLAIR (A, B e C). A – Artefato de fluxo líquido nos ventrículos laterais (setas), mimetizando nódulos subependimários. B – Paciente com esclerose tuberosa (ET) e astrocitoma subependimário de células gigantes (SEGA). O tamanho da lesão, a impregnação pós-contraste e o crescimento rápido sugerem que um nódulo subependimário em um paciente com ET pode ter degenerado para um SEGA¹⁹. C – Nódulos em forma de anel na superfície dos ventrículos laterais: a natureza destes nódulos é controversa, incluindo cistos neurogliais e subependimários, gliose, entre outras condições. O diagnóstico diferencial é com heterotopias subependimárias, nódulos subependimários da ET²⁰ e artefatos de fluxo.

3.2.3 – Artefato do fluxo sanguíneo: Como já descrito, o fluxo sanguíneo nos vasos pode gerar artefatos que, em alguns cenários, ajudam a diagnosticar até mesmo aneurismas do SNC. No entanto, é importante estar atento às potenciais ciladas que tais artefatos podem causar (figuras 7 e 8).

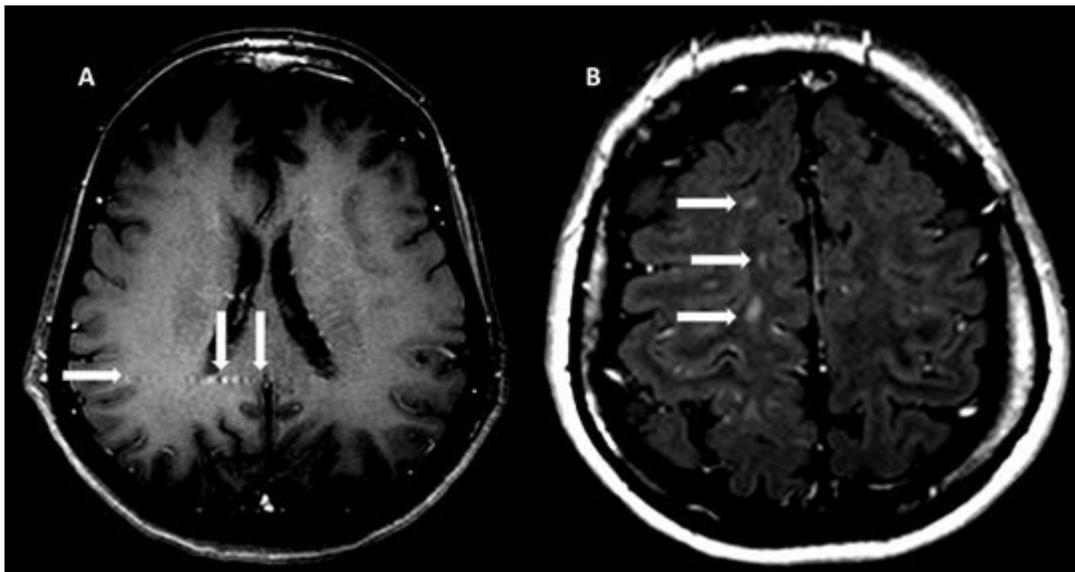


Figura 7 – Artefato de fluxo sanguíneo *versus* desmielinização em um paciente com esclerose múltipla.
 A – Corte axial T1 pós-contraste mostrando um vaso subcutâneo dilatado gerando artefatos de fluxo que simulam focos de impregnação na substância branca da coroa radiada (setas) que se estendem até a linha média. É importante ressaltar que o “realce” foi gerado respeitando um padrão horizontal linear.
 B – Imagem axial FLAIR em um paciente com esclerose múltipla, no qual os focos de desmielinização (setas) se apresentam verticalmente, não tão regulares quanto o artefato, e respeitando o hemisfério cerebral direito.

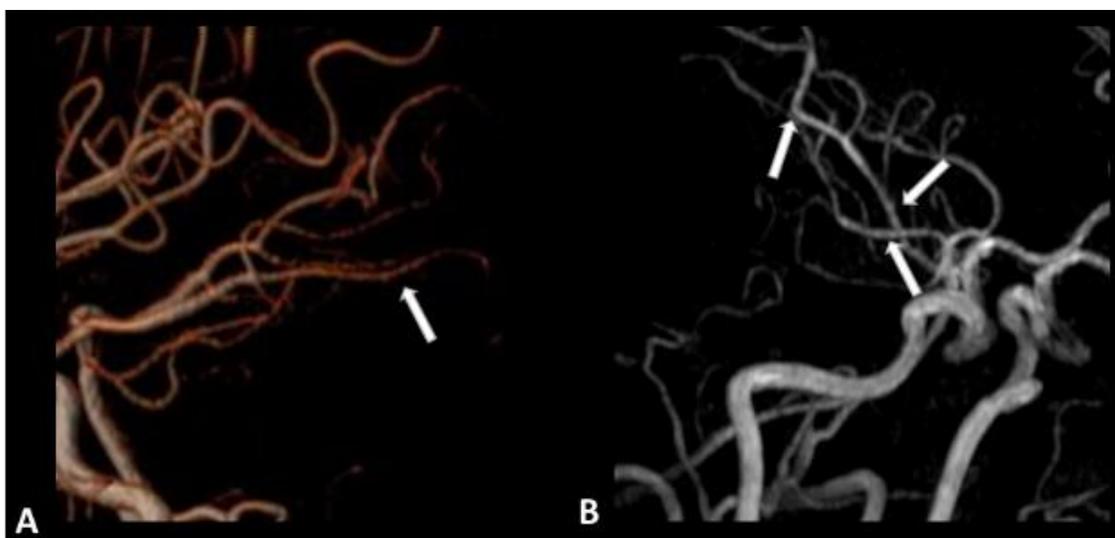


Figura 8 – Baixo fluxo na periferia simulando vasculite do SNC.
 Reconstruções em MIP (*maximum intensity projection*) de angiorressonâncias magnéticas arteriais do crânio com a técnica “tempo de voo” (*time-of-flight*).

A – Imagem mostrando vasos com várias pequenas falhas de enchimento na periferia da imagem, lembrando uma vasculite.

B – Caso de verdadeira vasculite do SNC.

É possível observar na figura B que as estenoses e falhas de enchimento aparecem por toda a extensão do vaso (compatível com uma vasculite no SNC). Por outro lado, os artefatos mostrados na figura A estão presentes principalmente na periferia dos vasos, onde a velocidade do fluxo sanguíneo é menor, sugerindo uma interferência gerada pelo próprio aparelho de ressonância magnética, que pode ser devida a uma espessura de corte muito alta ou a uma relação sinal-ruído inadequada. Portanto, a distribuição desigual das falhas de enchimento sugere uma falsa alteração do exame.

3.2.4 – Artefato de susceptibilidade magnética: Este artefato se apresenta de muitas maneiras diferentes, habitualmente como perda de sinal e/ou distorção de campo^{1,4-7}. Geralmente, a não uniformidade do campo magnético é causada pelo próprio objeto em estudo, como consequência de diferentes susceptibilidades magnéticas^{1,4-7} entre tecidos distintos (por exemplo osso/tecidos moles – figuras 9 e 10) ou, mais comumente, devido à presença de objetos ferromagnéticos no corpo do paciente, como aparelhos dentários e cliques neurocirúrgicos^{3,5} (figura 17). Conseqüentemente, estes artefatos se correlacionam diretamente com a forma, tamanho, quantidade e, mais importante, tipo de metal do implante. Sabe-se que o aço inoxidável leva à geração de um grande número de artefatos, enquanto o titânio gera consideravelmente menos³.

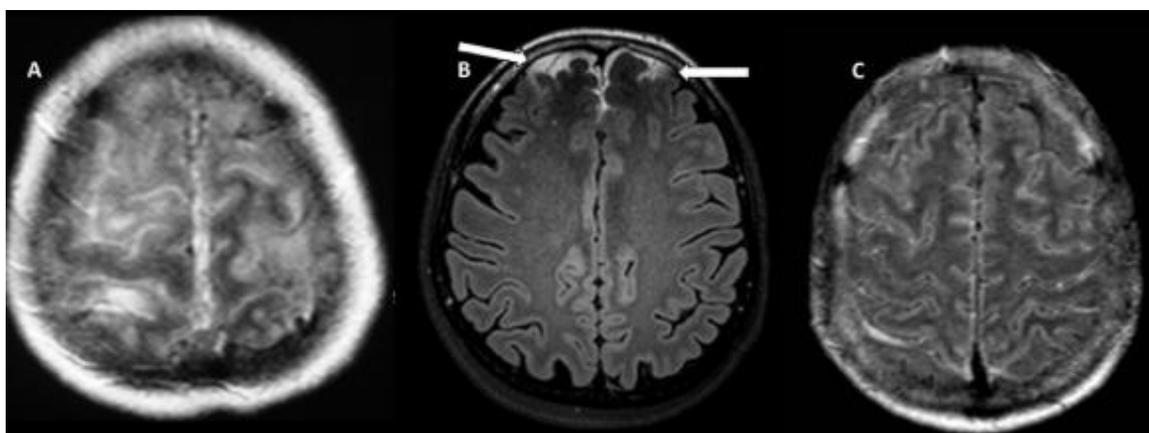


Figura 9 – Artefato de susceptibilidade se apresentando como hipersinal no espaço subaracnóideo.

A – Sequência axial T2 mostrando hemorragia subaracnóidea: hipersinal preenchendo os sulcos entre os giros, de forma difusa e com limites mal definidos.

B – Sequência axial FLAIR na qual se observa o artefato de susceptibilidade magnética representado por hipersinal focal no espaço subaracnóideo das regiões frontais.

C – Sequência axial T2 no exame de um paciente com meningite. Nestes casos, as características clínicas acrescentam muito ao diagnóstico diferencial, bem como os achados da punção lombar.

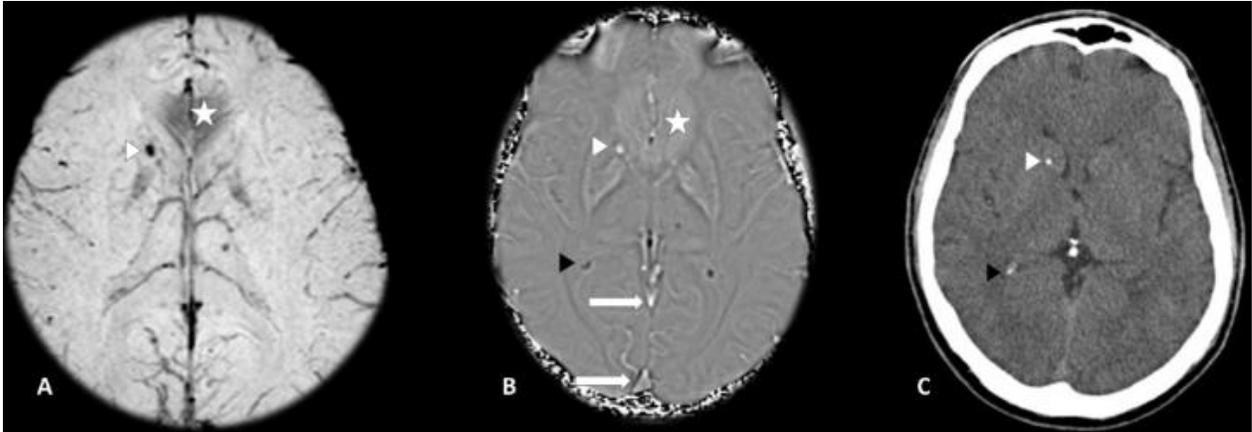


Figura 10 – Artefato de susceptibilidade no SWI: interpretação incorreta de uma calcificação como um possível foco de hemorragia.

A – Sequência axial SWI com um artefato de susceptibilidade magnética (estrela) e um achado patológico que pode ser um foco de calcificação ou hemorragia (ponta de seta branca).

B – É possível observar neste SWI com filtro de fase que o plexo coroide calcificado aparece com baixo sinal (ponta de seta preta), enquanto a confluência dos seios (seta inferior) e seio sagital inferior (seta superior) aparecem com hipersinal. Portanto, o foco de hipersinal evidenciado pela ponta de seta branca poderia ser interpretado como uma hemorragia. No entanto, a avaliação da área ao redor do artefato (estrela) mostra que a artéria cerebral anterior em seu centro possui baixo sinal, oposto ao dos seios. Portanto, é inferível que o artefato alterou seu sinal e o foco desconhecido próximo a eles poderia ser tanto calcificação quanto hemorragia.

C – TC sem contraste solucionando a questão e mostrando que a lesão da ponta de seta branca é na verdade calcificada, assim como o plexo coroide (ponta de seta preta).

3.3 – Artefatos relacionados a questões de hardware/software

3.3.1 – Artefato de retroprojeção / dobradura (do inglês *aliasing / wrap around*): Este artefato está relacionado a uma subamostragem das estruturas anatômicas desejadas devido a um campo de visão (*field of view - FOV*) pequeno¹. Como resultado, há um desalinhamento da imagem e as estruturas localizadas fora do FOV aparecem como uma dobra na imagem original^{1,3-9} (figura 11).



Figura 11 – Artefato de retroprojeção.

Esta imagem sagital ponderada em FLAIR ilustra um artefato de retroprojeção representado pela orelha do paciente (mais especificamente, a aurícula). A principal forma de evitar o *aliasing* é aumentar o FOV³⁻⁹, para que ele abranja toda a estrutura anatômica a ser estudada, mesmo que isso eventualmente reduza a resolução da imagem. Outras formas de evitar esse artefato incluem colocar faixas de saturação fora do atual FOV⁵ ou usar uma bobina com um perfil de sensibilidade espacial limitado^{6,9} (ambos os métodos impedem a aquisição de imagens das partes fora do FOV determinado e, portanto, a “dobra para trás” que caracteriza o artefato); alterar as direções de codificação de fase e sequência; e superamostragem na direção de codificação de fase ou frequência^{5,6,9}.

3.3.2 – Artefato por correntes de Foucault: As correntes elétricas surgem da interação entre os gradientes de campo magnético em rápida mudança e os materiais metálicos ou condutores na máquina de ressonância magnética^{1,4,5}. Esses fortes pulsos de gradiente de comutação rápida são comumente usados em imagens ponderadas em difusão⁵, de modo que as correntes de Foucault são uma importante fonte de artefatos nesta sequência. Eles são indesejados pois geram seus próprios campos magnéticos secundários, que são sobrepostos aos gradientes de imagem originais. As distorções geométricas resultantes podem assumir vários padrões, como contração, dilatação, deslocamento e distorção da imagem (figura 12), dependendo da formação espacial dos campos de correntes de Foucault e do gradiente de pulso que as induziu⁵.

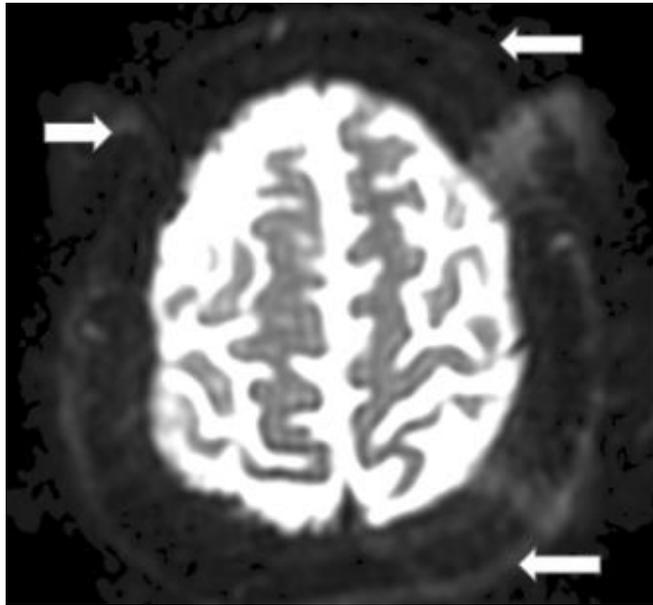


Figura 12 – Artefato por correntes de Foucault em sequência axial ponderada em difusão.

A ocorrência de correntes de Foucault pode ser evitada usando bobinas secundárias ao redor da bobina principal, o que reduz o artefato e os efeitos de gradientes espúrios do campo magnético fora das bobinas do gradiente; também pela pré-distorção do pulso do gradiente, para que o campo magnético gerado pelas correntes de Foucault melhore o campo magnético original, em um procedimento conhecido como compensação pré-ênfase^{4,5}.

3.3.3 – Artefato de truncamento: É uma intercalação de linhas escuras e brilhantes paralelas e adjacentes a interfaces de estruturas com alto contraste entre si, nas quais a intensidade do sinal muda significativamente de maneira abrupta^{3,8}. O sinal de RM é truncado porque o mesmo deve ser amostrado de forma finita⁵, o que leva à perda de informações de alta frequência espacial e à amostragem incorreta da imagem. Esse artefato pode, por exemplo, simular um achado de siringomielia em imagens ponderadas em T2^{3,6} e atrapalhar a avaliação da transição das superfícies liquóricas com o tecido cerebral em uma RM do crânio (figura 13). A correção da imagem requer melhor resolução espacial^{5,8}, portanto: campos magnéticos mais altos; gradientes mais altos e mais rápidos de codificação de fase e frequência⁹; técnicas de imagem paralela e ajuste da transformação de Fourier⁶ são necessários.

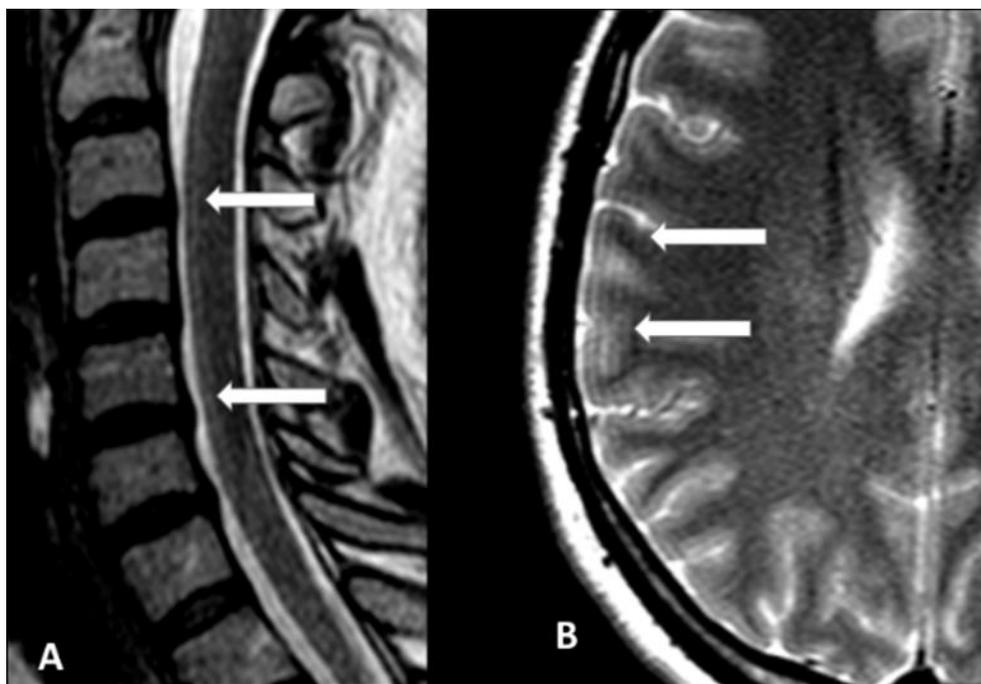


Figura 13 – Artefato de truncamento.

A – Sequência sagital T2 com artefatos de truncamentos na região anterior da medula espinhal (setas).

B – Sequência axial T2 com linhas escuras e brilhantes intercaladas que foram geradas devido à mudança abrupta do sinal entre o LCR hiperintenso e a substância cinzenta cerebral.

3.3.4 – Artefato de movimento: O movimento, voluntário do paciente ou devido à atividade fisiológica (como na dinâmica dos fluidos no próprio corpo)^{1,3-5}, pode causar distorções de diferentes magnitudes quando a imagem é adquirida, o que pode prejudicar a análise da estrutura original. Essas distorções podem se apresentar como *ghosting*, borrões ou perda da intensidade do sinal^{1,5}, como consequência dos diferentes sinais gerados após o movimento³ (figura 14).

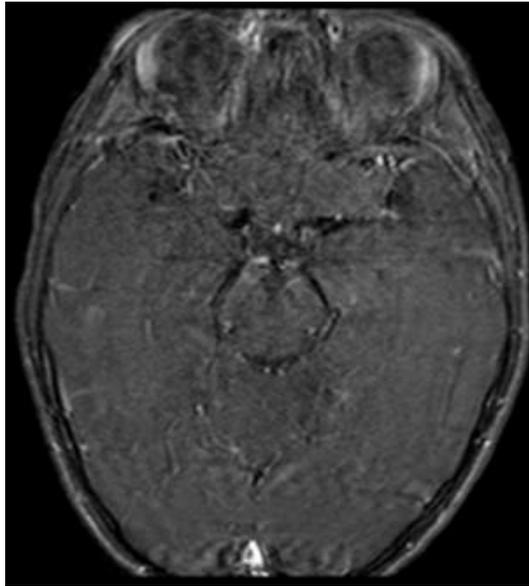


Figura 14 – Borramento da imagem devido ao movimento voluntário do paciente durante a aquisição de uma sequência axial T1.

Os movimentos da cabeça são um tipo específico de artefato de movimento que se mostra como uma distorção fora do centro da imagem ou como linhas semicirculares na direção do movimento, como visto acima. Sartoretti e cols.¹⁶ avaliaram esses artefatos com o uso de *compressed SENSE* (uma técnica usada para acelerar a aquisição de imagens) e demonstraram que esse artefato é mais evidente quando a técnica acima é aplicada do que quando não é. Evitar essa interferência requer comunicação clara com o paciente sobre a importância de permanecer imóvel, devendo-se considerar a sedação do paciente, se necessário^{3,7}.

Ghosting^{1,4-6} é um tipo específico de artefato de movimento relacionado a batimentos cardíacos, movimentos respiratórios, movimentos intestinais e fluxo nos vasos sanguíneos, por exemplo. Geralmente, mostra-se como duplicações da imagem e réplicas da estrutura original (figura 15).

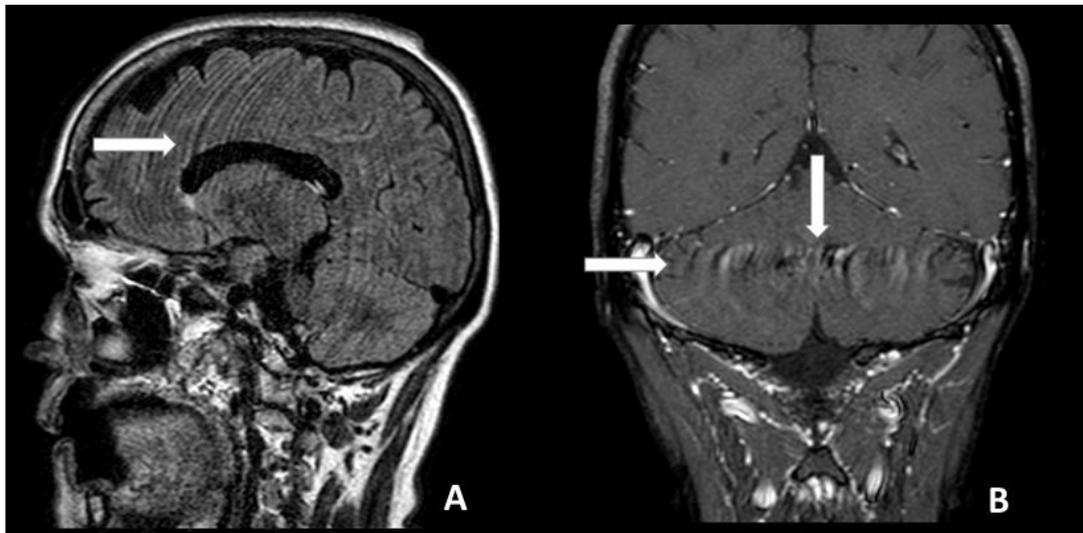


Figura 15 – *Ghosting* (setas).

A – Sequência sagital FLAIR demonstrando o artefato *ghosting* relacionado à pulsação do seio sagital superior.

B – Sequência coronal T1 pós-contraste evidenciando a replicação do seio transversal ao longo do parênquima cerebelar.

Existem muitos métodos descritos para evitar ou reduzir artefatos de movimento. Abaixo, seguem os principais:

- Técnicas de imagem paralela², conforme citado para artefatos de truncamento. Devido à matriz de bobinas múltiplas, cada bobina adquire parte do todo e diferentes sinais gerados pelo movimento podem ser detectados. Além disso, é possível uma detecção mais rápida de imagens, reduzindo o tempo de estudo e a possibilidade de movimentação do paciente.
- *PROPELLER*^{2,5,18}: esta sequência usa uma amostragem radial múltipla do espaço k. Tais "lâminas" são direcionadas para o centro da imagem, resultando na aquisição de imagens por superamostragem. As diferenças de fase e frequência entre as lâminas podem ser medidas e os desvios causados pelo movimento podem ser corrigidos. Por fim, há redução da distorção, de *ghosting* e da sensibilidade ao movimento nas sequências *spin-echo*.
- Rede neural multiescala totalmente convolucional (*multiscale fully convolutional neural network* - FCN): é uma técnica descrita recentemente por Sommer et al.²¹, um método de correção retrospectiva fundamentado em um programa baseado

em rede, no qual um conjunto de dados gerado com varreduras sem artefatos é a base para remover ou minimizar artefatos *ghosting*. Eles demonstraram que a FCN pode melhorar a qualidade da imagem e a similaridade estrutural, mas outros estudos ainda são necessários para refinar a técnica, especialmente para artefatos leves.

3.3.5 – Artefato por não homogeneidade da radiofrequência (RF): Consequente à falha da bobina de RF, surge heterogeneidade do campo magnético e variação de brilho na imagem^{1,3}. A falta de homogeneidade é mostrada como distorções geométricas e intensidade de sinal variável na direção da codificação de frequência, principalmente na periferia^{3,5} (figura 16).

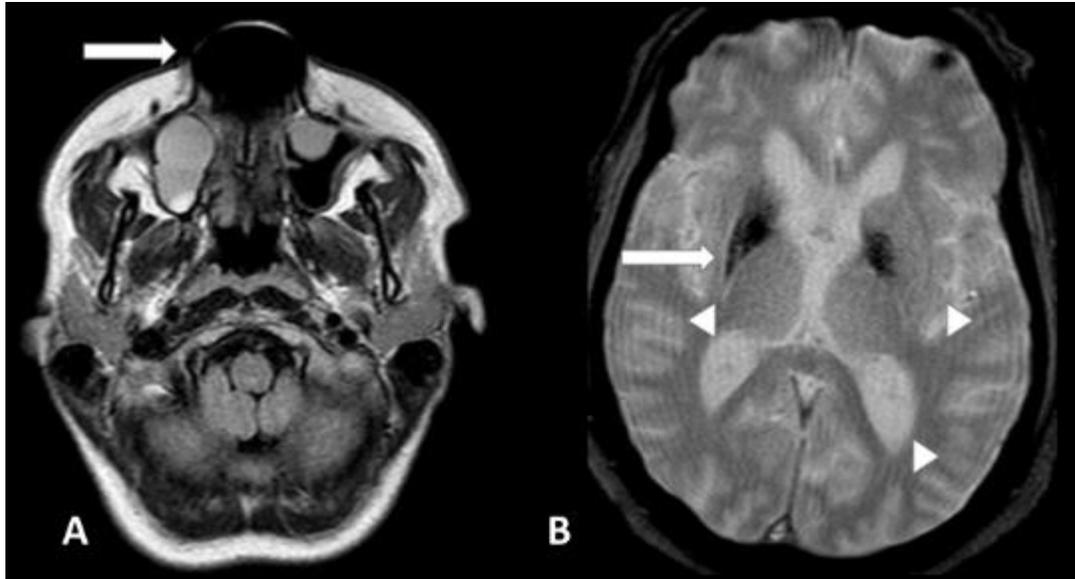


Figura 16 – Corte axial ponderado em T1 com saturação de gordura com artefato de heterogeneidade de radiofrequência, demonstrado por falha de supressão do sinal da gordura na periferia da imagem.

Shimming é uma técnica específica para reduzir esse artefato⁵: homogeneiza a distribuição de pulsos de radiofrequência e o ângulo de rotação (a quantidade de rotação que a magnetização líquida experimenta durante a aplicação de um pulso de RF)¹⁸. É uma técnica afetada pelo formato do pulso de RF utilizado, bem como pelos gradientes de seleção de cortes e pelas não homogeneidades de campo, que se tornam particularmente problemáticas à medida que a intensidade do campo aumenta para 3,0T e acima.

3.3.6 – Artefato de susceptibilidade magnética: A suscetibilidade pode se apresentar de várias formas nas imagens de RM do CNS. Abaixo, há alguns exemplos de distúrbios gerados por esse artefato.

Figura 17 – Artefato de susceptibilidade magnética.



A - Artefato de susceptibilidade gerado por aparelho dentário em corte axial FLAIR.

B - Artefato de susceptibilidade margeando os ventrículos laterais (seta), associado a artefatos de truncamento na periferia da imagem (pontas de seta) em sequência axial ponderada em difusão.

4. CONCLUSÃO

Como facetas indesejadas que podem surgir em um estudo de RM, os artefatos podem interferir negativamente na interpretação das imagens. No entanto, os mesmos podem contribuir para o diagnóstico de condições específicas, pois os mecanismos relacionados à sua geração auxiliam na distinção de lesões patológicas verdadeiras. Neste mesmo contexto, é esperado que determinados artefatos sejam encontrados rotineiramente nos estudos de RM, uma vez que alguns deles surgem de fenômenos fisiológicos do corpo. Portanto, é importante estar ciente de que não apenas a presença de artefatos, mas também sua ausência, podem indicar a presença de uma patologia subjacente.

Foi compilado, com um vocabulário simples, novas informações sobre os artefatos mais comuns nos exames de RM do SNC, como alguns podem ajudar no diagnóstico diferencial de condições neurológicas e os recursos presentes até o momento para melhorar a qualidade da imagem.

À medida que a RM avança, novas sequências surgem e, ao lado delas, novos artefatos também. Portanto, é necessário estudar e estar sempre atualizado para aprimorar ao máximo a capacidade diagnóstica.

REFERÊNCIAS

1. SOMASUNDARAM, Karuppanagounder; KALAVATHI, Palanisamy. Analysis of imaging artifacts in MR brain images. ***Oriental J Comput Sci Technol***, v. 5, n. 1, p. 135-141, 2012.
2. MOSELEY, Michael E. et al. Advances in magnetic resonance neuroimaging. ***Neurologic clinics***, v. 27, n.1, p. 1-9, 2009.
3. KRUPA, Katarzyna; BEKIESIŃSKA-FIGATOWSKA, Monika. Artifacts in magnetic resonance imaging. ***Polish journal of radiology***, v. 80, p. 93-106. 2015.
4. GRAVES, Martin J.; MITCHELL, Donald G. Body MRI artifacts in clinical practice: a physicist's and radiologist's perspective. ***Journal of Magnetic Resonance Imaging***, v. 38, n. 2, p. 269-287, 2013.
5. HUANG, Susie Y. et al. Body MR imaging: artifacts, k-Space, and solutions. ***Radiographics***, v. 35, n. 5, p. 1439-1460, 2015.
6. OGBOLE, Godwin et al. Brain and spine imaging artefacts on low-field magnetic resonance imaging: Spectrum of findings in a Nigerian Tertiary Hospital. ***Nigerian Postgraduate Medical Journal***, v. 24, n. 2, p. 97, 2017.
7. TRICHE, Benjamin L. et al. Recognizing and Minimizing Artifacts at CT, MRI, US, and Molecular Imaging. ***RadioGraphics***, v. 39, n. 4, p. 1017-1018, 2019.
8. HEILAND, Sabine. From A as in Aliasing to Z as in Zipper: Artifacts in MRI. ***Clinical neuroradiology***, v. 18, n. 1, p. 25-36, 2008.
9. HAKKY, Michael et al. Application of basic physics principles to clinical neuroradiology: differentiating artifacts from true pathology on MRI. ***American Journal of Roentgenology***, v. 201, n. 2, p. 369-377, 2013.
10. MIDDIONE, Matthew J.; ENNIS, Daniel B. Chemical shift-induced phase errors in phase-contrast MRI. ***Magnetic resonance in medicine***, v. 69, n. 2, p. 391-401, 2013.
11. LI, Z. et al. A spiral spin-echo MR imaging technique for improved flow artifact suppression in T1-weighted postcontrast brain imaging: a comparison with cartesian turbo spin-echo. ***American Journal of Neuroradiology***, v. 37, n. 4, p. 642-647, 2016.

- 12.LEV, Nirit et al. Spinal dural arteriovenous fistulae-a diagnostic challenge. The Israel Medical Association journal: **IMAJ**, v. 3, n. 7, p. 492-496, 2001.
- 13.KOCH, Christoph. Spinal dural arteriovenous fistula. **Current opinion in neurology**, v. 19, n. 1, p. 69-75, 2006.
- 14.KRISHNAN, Anant; KAZA, Ravi K.; VUMMIDI, Dharshan R. Cross-sectional imaging review of tuberous sclerosis. **Radiologic Clinics**, v. 54, n. 3, p. 423-440, 2016.
- 15.ROSA JÚNIOR, Marcos; VIEIRA, Vera Lúcia Ferreira. Ring-shaped lateral ventricular nodules: a “leave me alone” lesion. **Arquivos de neuro-psiquiatria**, v. 76, n. 7, p. 494-494, 2018.
- 16.TSURUDA, Jay; SALONER, David; NORMAN, David. Artifacts associated with MR neuroangiography. **American journal of neuroradiology**, v. 13, n. 5, p. 1411-1422, 1992.
- 17.GODENSCHWEGER, Frank et al. Motion correction in MRI of the brain. **Physics in Medicine & Biology**, v. 61, n. 5, p. R32, 2016.
- 18.LAVDAS, Eleftherios et al. T2 FLAIR artifacts at 3-T brain magnetic resonance imaging. **Clinical imaging**, v. 38, n. 2, p. 85-90, 2014.
- 19.SARTORETTI, Thomas et al. Common artefacts encountered on images acquired with combined compressed sensing and SENSE. **Insights into imaging**, v. 9, n. 6, p. 1107-1115, 2018.
- 20.SOMMER, K. et al. Correction of motion artifacts using a multiscale fully convolutional neural network. **American Journal of Neuroradiology**, v. 41, n. 3, p. 416-423, 2020.
- 21.WANG, Jinghua et al. Factors influencing flip angle mapping in MRI: RF pulse shape, slice-select gradients, off-resonance excitation, and B0 inhomogeneities. **Magnetic Resonance in Medicine: An Official Journal of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine**, v. 56, n. 2, p. 463-468, 2006.