

INSTITUTO PRINCIPIA
ESCOLA DE TALENTOS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**IMAGEM DE DIFUSÃO POR RESSONÂNCIA
MAGNÉTICA E SUAS APLICAÇÕES EM DOENÇAS
CEREBROVASCULARES**

AUTORA: BIANCA CORTES PIRES LEOPOLSKI
ORIENTADORA: RENATA FERRANTI LEONI

SÃO PAULO, SP
JULHO DE 2024

AGRADECIMENTOS

À minha família e amigos, que me incentivaram a participar do projeto e permanecer nele.

Ao Welington, que sempre organiza os nossos encontros presenciais e se dedica para que tudo ocorra como planejado.

Aos professores Leonardo, Ricardo e Rickson, que conduziram as aulas durante o primeiro ano de projeto, sempre dispostos a enriquecer nosso conhecimento e nos guiar da melhor forma possível para que o projeto fosse de sucesso.

Ao diretor Marcelo Guzzo, que sempre procurou fazer o possível para que nossa trajetória na Escola de Talentos fosse algo leve e que pudéssemos estudar aquilo que gostamos durante o último período do projeto.

À minha orientadora Renata Leoni, que nesses 1 ano e meio se dispôs a ajudar a mim e ao Lorenzo nesse trabalho de conclusão de curso. Sempre nos ensinando de maneira calma, clara e atenciosa às nossas dúvidas e preocupações.

Ao Instituto Principia, que promoveu a criação desse projeto maravilhoso que chamamos de Escola de Talentos, tenho certeza que foi e será um aprendizado enriquecedor para muitos alunos.

E é Stark Bank que financia os nossos encontros presenciais e nos apoia financeiramente para que finalizemos o projeto com êxito.

RESUMO

A difusão da água e o seu comportamento no tecido cerebral são de extrema importância para a análise de imagens por ressonância magnética ponderada em difusão, as quais tem sua obtenção iniciada no processo de IRM, em que o átomo de hidrogênio é essencial. As imagens obtidas tem grande relevância no âmbito médico, para diagnósticos mais rápidos e eficazes. Neste trabalho serão tratadas especialmente suas aplicações em doenças cerebrovasculares, como por exemplo o acidente vascular cerebral (AVC).

ABSTRACT

The water diffusion and its behavior in the brain tissue are extremely important for the analyses of Diffusion Magnetic Resonance Imaging, which has the obtaining process started in MRI, that has the hydrogen atom as an essential participant. The obtained images have a big relevance in the medical scope, for faster and more effective diagnosis. In this text, its applications in vascular brain diseases, for example a stroke, will be especially analyzed.

1. INTRODUÇÃO

Imagem por Ressonância Magnética (IRM) pode ser sensível a deslocamentos de moléculas de água em pequenas escalas em um tempo de alguns milissegundos a alguns segundos. Como esses deslocamentos são da mesma ordem de magnitude das dimensões celulares em tecidos biológicos, medidas de difusão com IRM podem fornecer informações da estrutura e da organização do tecido, e potencialmente do tamanho, orientação e tortuosidade dos espaços intra e extracelular.

Tais informações são aplicadas para a obtenção de diversos diagnósticos, como de doenças cerebrovasculares, neurodegenerativas e tumores.

Esse trabalho tem como objetivo mostrar as formas de obtenção e formação da IRM ponderada em difusão e suas aplicações referentes ao tecido cerebral.

2. DIFUSÃO

A difusão é um movimento aleatório de moléculas do meio mais concentrado em direção ao menos concentrado. Difusão molecular é um caso típico de transporte de matéria em que os solutos são transportados em virtude do movimento das moléculas do fluido [1].

2.1. PRIMEIRA LEI DE FICK

Partindo dos conceitos anteriores e tomando de partida uma solução heterogênea, tem-se que o fluxo do soluto é dado na seguinte expressão:

$$J(x, t) = -D \frac{dC(x, t)}{dx} \quad (1)$$

onde J é o fluxo, D o coeficiente de difusão e C a concentração

Por meio desta expressão é possível perceber que o fluxo varia no espaço e no tempo, quando há variação de concentração no espaço ocorre a movimentação da partícula. Além disso, quando

este movimento é tridimensional tem-se a seguinte expressão:

$$\vec{J}(x, y, z, t) + Dgrad(x, y, z, t) = 0 \quad (2)$$

em que:

$$grad = \frac{dC}{dx} + \frac{dC}{dy} + \frac{dC}{dz} \quad (3)$$

onde J é um vetor.

2.2. DIFUSÃO E VISCOSIDADE

É possível escrever também a difusão proporcional à viscosidade. Levando em consideração uma molécula grande e aproximadamente esférica de raio a, tem-se que:

$$D = \frac{kT}{6\pi a\eta} \quad (4)$$

O conceito de difusão pode ser subdividido em dois, difusão simples e difusão facilitada.

- Difusão Simples: define-se como a passagem por diferença de concentração do meio mais concentrado para o menos concentrado, em que não há necessidade do uso de proteínas facilitadoras. Em seres vivos, neste caso, não há gasto de energia (ATP) para que ocorra o movimento.
- Difusão Facilitada: tem seu movimento contra o gradiente de concentração, do meio menos concentrado para o mais concentrado e requisita o uso de proteínas facilitadoras. Nos seres vivos para que o movimento ocorra também não há gasto de energia (ATP).

Além disso existe a osmose, que consiste em uma difusão seletiva através de uma membrana semipermeável, a qual possui um importante papel biológico na diálise onde produtos metabólicos inúteis e/ou tóxicos são removidos do sangue pelos rins.

2.3. DIFUSÃO DA ÁGUA

Na difusão da água o movimento ocorre devido a agitação térmica das moléculas, é um

movimento aleatório de translação, rotação e vibração. Na água ocorre a autodifusão, ou seja, a difusão ocorre entre átomos de mesma espécie, por esta razão não existe um gradiente de concentração. Com isso tem-se a segunda lei de Fick na equação:

$$\frac{dP}{dt} = D\nabla^2 P \quad (5)$$

Em que P é a probabilidade de encontrar uma molécula em uma determinada posição r no tempo t. Em um meio isotrópico onde existe a mesma probabilidade de a difusão ocorrer para todos os lados, a expressão que define o raio da mesma se dá por

$$R = \sqrt{6Dt} \quad (6)$$

Em que D é o coeficiente de difusão.

A difusão da água no corpo é observada nos meios intravascular e extracelular. No caso dos vasos sanguíneos, além da difusão, há o fluxo sanguíneo.

Em sistemas biológicos a observação desse fenômeno é mais complexa do que em sistemas não biológicos devido a obstáculos que dificultam a difusão.

No cérebro, nas cavidades, a difusão ocorre para todas as direções, ou seja, observa-se a isotropia, já onde há tecidos existem barreiras que limitam o movimento. Então, se esse movimento tiver uma direção preferencial, este processo entende-se como anisotropia.

Existem algumas mudanças biológicas que podem alterar a difusão da água, como por exemplo a viscosidade do meio e a quantidade de células. Tais mudanças têm como causas edemas, necrose celular, desmielinização e glioses. Esses fatores levam à destruição das barreiras cerebrais ou restrição do movimento da água, alterando a difusão.

3. SISTEMA NERVOSO CENTRAL

O sistema nervoso central é dividido em duas partes, medula espinal e o encéfalo (figura 1). O encéfalo pode ser dividido em três partes:

- O cérebro, que por sua vez pode ser subdividido em telencéfalo onde se localizam os sulcos e os giros cerebrais, e diencefalo dividido em tálamo, hipotálamo, epitálamo, e subtálamo.

- O tronco encefálico subdividido em mesencéfalo, ponte e bulbo que controlam as ações involuntárias.
- O cerebello.

O cérebro é composto de substância branca, que consiste na parte mais interna onde estão localizados os axônios, fibras nervosas com mielina e glia, as quais são organizadas em tratos, e a substância cinzenta, que se localiza na região mais externa onde está o córtex, composto por corpos celulares e axônios sem mielina. No cérebro também existem os ventrículos, os quais produzem fluido cérebro-espinhal, uma solução salina que possui um fluxo, o qual é levado até os seios, região periférica cerebral onde é liberado para as veias. Estes seios ficam localizados na dura-máter e podem ser visualizados com contraste em exames.

O cerebello controla a coordenação muscular e o equilíbrio.

Para a proteção mecânica, química e biológica do encéfalo existem as meninges que são divididas em dura mater, aracnoide e pia mater.

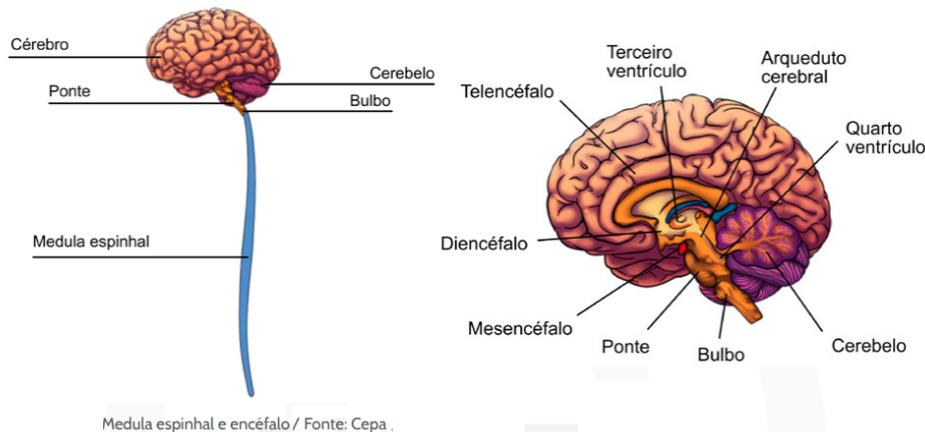


Figura 1: Sistema nervoso central, estruturas principais.

4. DOENÇAS CEREBROVASCULARES

Nesta seção, abordaremos um pouco sobre as doenças cerebrovasculares nos baseando em algumas referências [2-7]. Em geral, o termo doença cerebrovascular é usado para descrever um grupo heterogêneo de condições patológicas, cuja característica comum é a disfunção focal do tecido cerebral causada por um desequilíbrio entre a disponibilidade e a necessidade de oxigênio

e de outros substratos. É uma condição em que o fluxo sanguíneo é dificultado e pode causar danos momentâneos ou permanentes em uma determinada área do cérebro.

As doenças cerebrovasculares constituem a maior causa de morte no Brasil e uma das três principais causas de mortalidade na maioria dos países industrializados, juntamente com doenças isquêmicas do coração e o câncer. Causam muito mais incapacidade física do que qualquer outra patologia. Constituem um conjunto de doenças: acidente vascular cerebral (AVC), aneurisma, estenose carotídea e intracraniana, malformações vasculares, moyamoya.

Acidente Vascular Cerebral (AVC)

Acidente vascular cerebral define-se quando vasos que levam sangue ao cérebro entopem ou se rompem provocando consequências, como a paralisia da área cerebral afetada pela falta de irrigação sanguínea.

Existem dois tipos de AVCs, o primeiro sendo o AVC isquêmico que ocorre quando há a obstrução dos vasos devido a vários motivos, por exemplo, o acúmulo de gordura e a presença de coágulos sanguíneos no vaso. O segundo trata-se do AVC hemorrágico o qual acontece devido a ruptura do vaso que gera sangramento e conseqüentemente um aumento da pressão interna cerebral. Além disso, há o caso em que o fluxo sanguíneo é interrompido temporariamente gerando o chamado acidente isquêmico transitório (AIT).

A análise etiológica desta doença permite concluir que cada um dos tipos de acidente vascular cerebral possui causas particulares que podem ou não ser comuns entre si. Primeiramente, é relevante destacar possíveis causas para um AVC isquêmico além das citadas anteriormente ou detalhando-as. Dentro deste segmento existem subvariações com suas respectivas causas por exemplo o AVC isquêmico aterotrombótico causado pela obstrução de artérias (aterosclerose) o cardioembólico ocasionado quando o êmbolo que causa o acidente provém do coração, o criptogênico, quando a causa não é identificada e o de outra etiologia, o qual normalmente ocorre em pessoas mais jovens decorrente de distúrbios na coagulação sanguínea.

Da mesma forma, cabe elencar as causas de um AVC hemorrágico, ao quais são: pressão alta não controlada, o excessivo tratamento com anticoagulantes, a ruptura ou até mesmo a presença de aneurismas em pontos fracos da rede vascular, traumas, angiopatia amiloide cerebral, que se trata da fraqueza dos vasos sanguíneos devido a deposição de proteínas em suas paredes.

Já o AIT possui causas similares a um AVC isquêmico, porém não gera danos permanentes.

Uma das maneiras mais eficazes para se diagnosticar um AVC é por meio dos sintomas apresentados pelo paciente, tais como dificuldades de fala e do entendimento da mesma, paralisia ou dormência em regiões como a face, braços ou pernas, problemas na visão de um ou ambos os olhos, dor de cabeça e dificuldade para andar.

Por mais que seja uma doença a qual todos estão sujeitos, existem fatores de risco que agravam essas chances, alguns relacionados ao estilo de vida do paciente como, sobrepeso ou obesidade, falta de atividade física, a ingestão excessiva de bebidas alcoólicas, tabagismo e o uso de drogas ilícitas, e outros relacionados à ficha médica, por exemplo, pressão alta, colesterol alto, diabetes, apneia do sono, doença cardiovascular, histórico familiar e infecção por COVID-19.

Existem outros fatores importantes como a idade acima dos 55 anos, etnia afro-americana e hispânica, ser do sexo masculino e o uso de anticoncepcionais ou terapias hormonais.

Felizmente, existem tratamentos altamente eficazes para cada caso, os quais evitam a morte do paciente, porém não inibem as chances de haver sequelas. Um dos tratamentos mais utilizados para casos isquêmicos são os medicamentos trombolíticos, existem também os procedimentos endovasculares de emergência, que tratam diretamente no vaso afetado, fazendo a remoção de coágulos ou usando um stent. No caso hemorrágico existem medicamentos que reduzem a pressão intracraniana, cirurgias também podem ser realizadas com o mesmo fim, além de procedimentos preventivos em aneurismas e outros reparadores de mal formações dos vasos sanguíneos como a radiocirurgia estereotáxica.

5. IMAGEM POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

A ressonância magnética consiste em um processo de obtenção de imagem não invasivo, que é sensível a diferentes tecidos e é flexível, ou seja, possui várias aplicações [8].

A imagem por ressonância magnética (IRM) se difere da tomografia computadorizada em vários aspectos como no tipo de radiação, em que a IRM utiliza radiação não ionizante, enquanto a tomografia utiliza a ionizante. Outra diferença está na quantidade de imagens obtidas, a ressonância é um exame mais demorado, porém adquire várias informações do tecido, já a tomografia só obtém um tipo de imagem sendo mais rápida.

A máquina de ressonância magnética é composta de um material supercondutor o qual estabelece uma alta corrente elétrica gerando um forte campo magnético, normalmente de 1,5

a 3 Tesla para equipamentos clínicos.

O exame de IRM é dividido em várias etapas sendo elas: colocar o paciente em um campo magnético intenso (B_0 , aplicado no eixo z), em seguida ondas de radiofrequência são transmitidas no sujeito, logo após esse transmissor de ondas é desligado e as ondas que estavam no sujeito são retransmitidas e os dados obtidos por elas são convertidos em imagem.

Existem algumas condições para que ocorra o fenômeno de ressonância magnética nuclear (RMN): a existência de núcleos com spin diferente de 0 e a interação com campos magnéticos.

O átomo mais utilizado nas análises de ressonância é o hidrogênio (H), isto porque existe em maior quantidade no corpo e possui spin diferente de 0, interagindo assim com o campo magnético. Durante essa interação o H se comporta como um ímã se alinhando na mesma direção do campo magnético, mas não necessariamente no mesmo sentido. Porém, há um vetor resultante dessa interação na mesma direção e sentido do campo magnético aplicado.

Dentro do aparelho existe uma bobina que emite pulsos de radiofrequência, ou seja, ondas eletromagnéticas com a mesma frequência do movimento de precessão do spin para que entre em ressonância com o núcleo do átomo. Assim, o núcleo absorve a energia do pulso e começa a precessionar se desviando do alinhamento; o desvio mais usado é o de 90° .

Após o desvio a bobina é desligada e o átomo tende a voltar para sua posição original, este processo de volta é chamado de relaxação. A relaxação leva um certo tempo para ocorrer e depende do tecido, sendo tabelado para cada tecido do corpo.

Enquanto ocorre a relaxação, as ondas emitidas pelo corpo são captadas por bobinas de recepção.

6. FENÔMENO DE RELAXAÇÃO E AQUISIÇÃO DO SINAL

O tempo de relaxação é utilizado para diferenciar tecidos. Existem dois tipos de relaxação: longitudinal (T_1) e transversal (T_2).

A relaxação longitudinal (T_1) é o retorno da magnetização ao alinhamento em B_0 após a aplicação do pulso de radiofrequência devido às interações do spin com B_0 . Assim, o sinal tende a aumentar gradualmente até a volta total ao devido alinhamento (figura 2).

Já a relaxação transversal (T_2) ocorre devido a interações entre spins, provocando perda de sinal medida no plano transversal (xy)(figura 3).

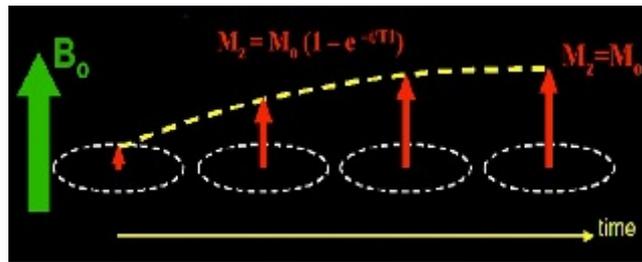


Figura 2: spin na relaxação longitudinal

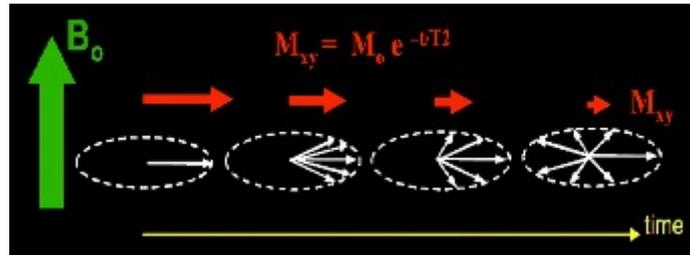


Figura 3: spin na relaxação transversal

Existem alguns fatores que afetam esse fenômeno, como, o tipo do núcleo, a frequência de ressonância, a temperatura, a viscosidade e a presença de grandes moléculas, diferenciando assim o sinal entre os tecidos.

A detecção do sinal gerado é realizada por bobinas localizadas perto da área de interesse, tais bobinas medem o sinal gerado pelos núcleos do spin de H, os quais possuem momento magnético, este fluxo passa pela bobina e varia com o tempo, gerando corrente (força eletromotriz induzida) o que consiste no sinal medido na ressonância.

Com este conceito em mente é possível entender o motivo da RM não ser ideal para ver ossos, isto ocorre pois o tempo de relaxação é muito curto, na escala dos microssegundos, ou seja, o sinal fica fraco devido à dificuldade na sua obtenção, gerando imagens insatisfatórias, sendo assim, a RM não é indicada para obter imagens de ossos, mas é ótima para tecidos moles, como no caso do cérebro.

Uma forma de aquisição simples usa a aplicação de um pulso de radiofrequência de 90° (figura 4), gerando uma relaxação $T2^*$ ($T2+T2'$), em que há interação com spins vizinhos ($T2$), o qual muda com o passar do tempo e por este motivo quando o sinal é perdido não pode ser recuperado. Porém, também há a interação com o campo magnético ($T2'$), este não varia com o tempo e a perda de sinal pode ser recuperada por meio de uma sequência eco de spins (spin echo, figura 5).

Quando o pulso de 90° é aplicado o sinal é perdido em $T2'$ e os spins se defasam, então é apli-

cado um pulso de 180° para os spins defasados se juntarem novamente, sendo isso denominado echo (figura 5).

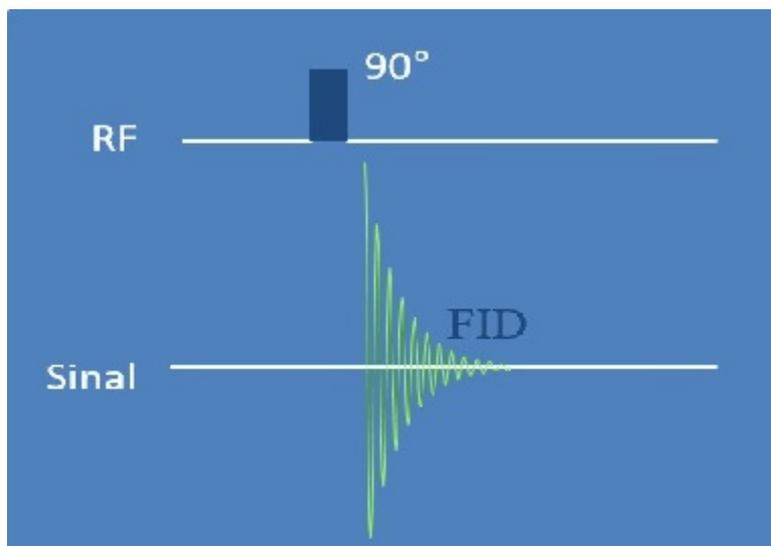


Figura 4: Aquisição simples com apenas um pulso de 90° . O sinal medido tem decaimento com tempo de relaxação $T2^*$. FID: free induction decay.

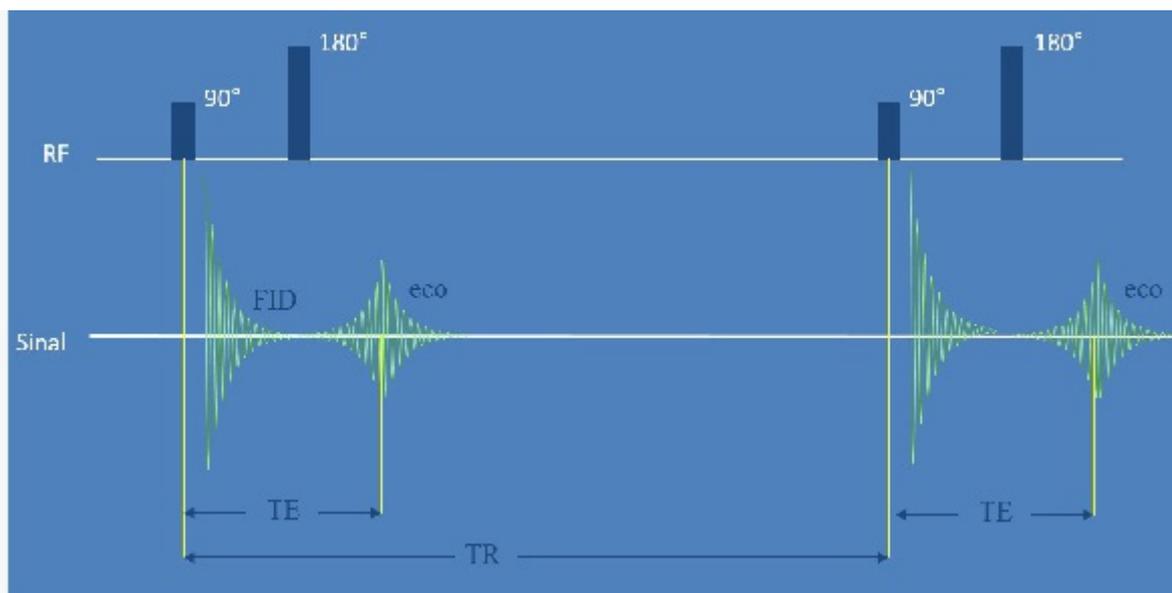


Figura 5: Spin echo: sequência de pulsos em que um eco é adquirido. A diferença de amplitude entre o FID e o eco é devida à relaxação $T2$.

No momento em que essa aquisição é realizada é possível escolher o TE (tempo ao echo), o tempo entre a aplicação do pulso de 90° e de 180° . Além disso, escolhe-se o TR (tempo de repetição), o tempo que leva para cada repetição realizada entre dois pulsos de 90° . Tanto o TE quanto o TR são escolhidos para o tipo de imagem necessária em cada caso.

O sinal gerado pode ser descrito por:

$$S(t) = \int d^3r. \rho(\vec{r}). e^{i(\Omega t + \phi(\vec{r}, t))} \quad (7)$$

Em que $S(t)$ é o sinal medido e $p(r)$ o parâmetro de interesse

Para codificar o sinal é necessário aplicar um gradiente de campo, para gerar uma dependência espacial conhecida. Assim, o campo magnético terá amplitudes ligeiramente diferentes para posições distintas e com isso os spins terão frequências de precessão minimamente diferentes para cada posição.

Assim, o sinal adquirido é um somatório de sinais de diferentes frequências. A partir da transformada de Fourier, obtemos a distribuição do sinal por frequência, podendo relacionar com sua posição e reconstruir a imagem (figura 6).

Então, o sinal adquirido no domínio do tempo é digitalizado para o espaço inverso, de frequências (espaço K), por meio de uma transformação simples que o codifica. Após isso, o processo continua por meio da transformada de Fourier inversa, que decodifica o sinal e leva ao espaço da imagem.

6.1. IMAGEM PONDERADA EM DIFUSÃO (DWI)

A imagem de ressonância magnética é sensível ao deslocamento de moléculas de água e por meio do mapeamento desse deslocamento é capaz de fornecer informações acerca da microestrutura e da organização do tecido [9].

Existem duas formas em que a água pode se movimentar, a anisotropia e a isotropia.

A isotropia consiste no movimento aleatório das moléculas de água, por exemplo nos ventrículos e cavidades cerebrais e na substância cinzenta, em que a difusão da água é quase livre, ou seja não possui direção preferencial (figura 7).

Já na anisotropia existe uma direção preferencial, a qual depende da direção dos feixes dos axônios que formam a substância branca (figura 7).

Vale ressaltar que mesmo tendo uma direção preferencial, a água pode continuar se movimentando em outras direções, mas com menor intensidade (menor coeficiente de difusão). Além disso, quando há destruição do tecido a ser observado ocorre a diminuição da anisotropia fracionada, ou seja, da taxa de preferência da água e acarreta no aumento da difusividade média,

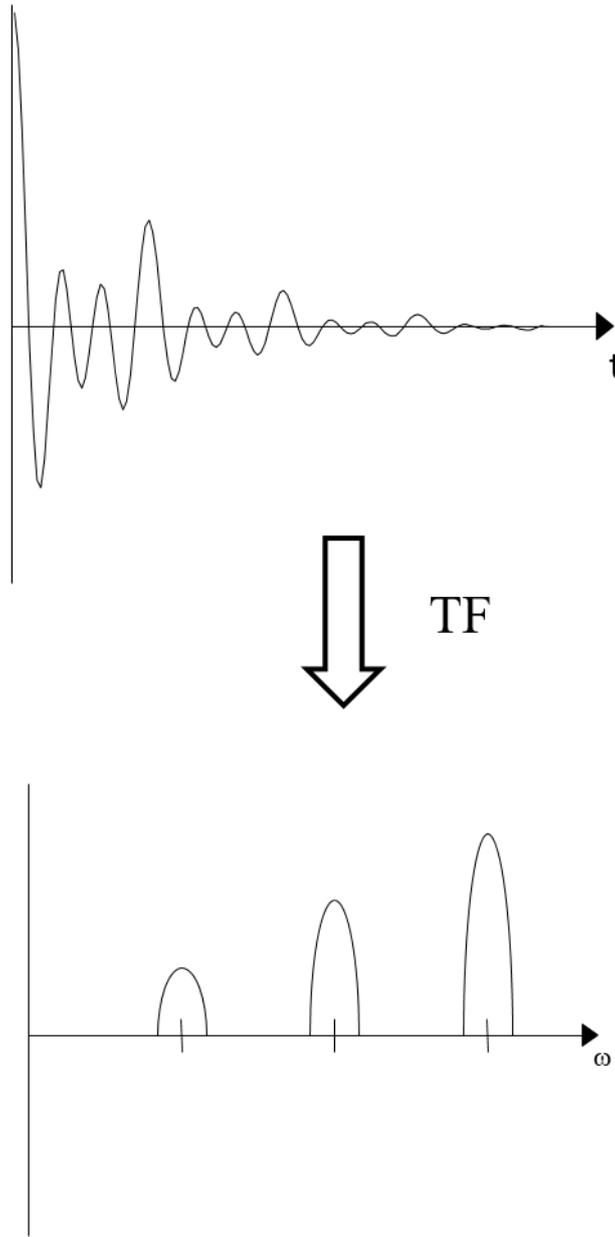


Figura 6: Sinal adquirido ao longo do tempo e a distribuição em frequências do mesmo sinal após aplicar a transformada de Fourier (TF)

em outras palavras, aumentará a difusão naquele local.

O papel da IRM por difusão é estimar como o tecido se encontra de acordo com a difusão da água. Assim, há a aplicação de um gradiente de difusão que resulta em um mais um decaimento do sinal no plano xy (segundo termo da equação abaixo).

$$S = S_0 \cdot e^{-\frac{TE}{T_2}} \cdot e^{-b \cdot ADC} \quad (8)$$

Em que S é o sinal no eco, S₀ a amplitude do sinal inicial, b depende da força do gradiente

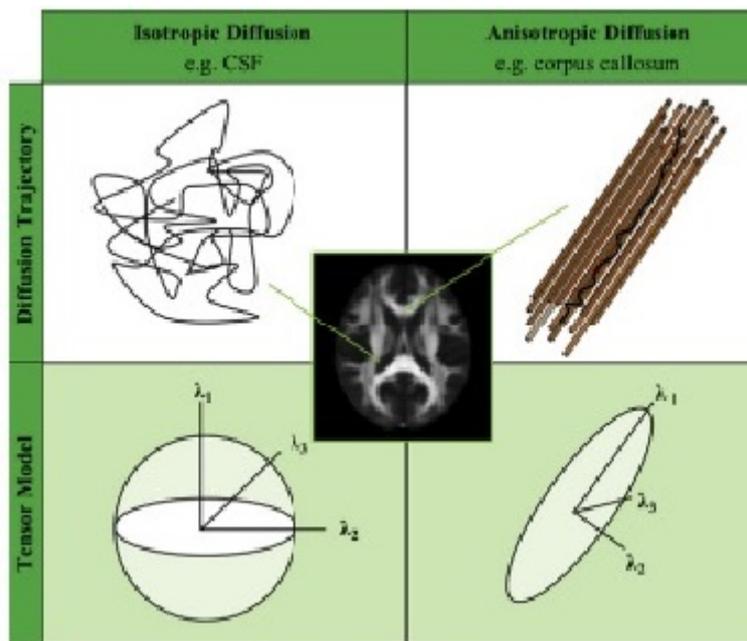


Figura 7: Difusão isotrópica e anisotrópica e o modelo de tensor. Na linha superior, as diferentes trajetórias da água sem barreiras, como nos ventrículos (ex.: CSF), e com barreiras, como na substância branca (ex.: corpo caloso). Na linha inferior, o modelo de tensor de difusão para cada voxel da imagem. Adaptado de [10].

e do tempo da sua aplicação e ADC é o coeficiente de difusão aparente (referente ao coeficiente D, mas sem informação de direção). Quando $b = 0$, a imagem é ponderada apenas em T2, sem difusão.

No momento da obtenção da imagem os spins podem se encontrar de duas formas, estáticos ou em movimento.

Quando o spin está estático, é possível recuperar o sinal perdido, entre os pulsos de 90° e de 180° . É aplicado um gradiente de campo que acelera a perda de sinal então aplica-se o pulso de 180° e o sinal perdido em T2 é recuperado. Para a recuperação do sinal perdido no gradiente é necessário a aplicação de outro gradiente no sentido oposto. Dessa forma, há perda de sinal somente em T2 e o sinal obtido na imagem é mais brilhante visualmente.

Já quando os spins estão em movimento não é possível refocalizar o sinal, pois a recuperação depende da posição do spin, a qual não pode ser obtida quando este está em movimento. Então, há perda de sinal tanto em T2 quanto na difusão, sendo assim o valor na imagem mais escuro visualmente.

Quando o gradiente é forte (b alto), o decaimento por difusão supera o decaimento por T2. Portanto, para o cálculo do ADC:

$$ADC = \frac{-1}{b} \cdot \ln \frac{S}{S_0} \quad (9)$$

A qual gera um mapa de ADC, mapa da difusão aparente da água, aparente, pois nela não é possível saber a direção da difusão se a direção do gradiente não for informada. Mesmo em posse dessa informação os dados obtidos informam a difusão naquela direção específica.

No mapa de ADC, cada voxel (pixel tridimensional) tem o valor de coeficiente de difusão aparente da região no cérebro a que se refere. Neste caso, quanto maior a difusão do local mapeado maior será a perda de sinal, então, mais brilhante será a região visualmente.

Para solucionar o problema de não saber a direção da difusão existe o tensor de difusão, que consiste em uma maneira de representar vários vetores, direções e serve para obter a orientação do sinal e é dado por:

$$D = \begin{bmatrix} D_{xx} & D_{xy} & D_{xz} \\ D_{xy} & D_{yy} & D_{yz} \\ D_{xz} & D_{yz} & D_{zz} \end{bmatrix}$$

Em que cada componente da matriz representa um mapa de ADC em cada direção, ou seja, são aplicados vários gradientes, no mínimo 6, para se obter a imagem em todas as direções. Vale ressaltar que cada componente é obtido várias vezes para a maior precisão da informação.

O tensor de difusão também é realizado para cada voxel obtendo-se a direção preferencial em cada um (figura 8).

Para cada direção é designada uma cor que indica a orientação da água, com isso é possível estimar a direção dos axônios.

6.2. APLICAÇÕES CLÍNICAS

A IRM mostra-se relevante em diversos estudos da atualidade, entre eles está a obtenção de imagem e diagnóstico de acidente vascular cerebral isquêmico, em que há a obstrução dos vasos.

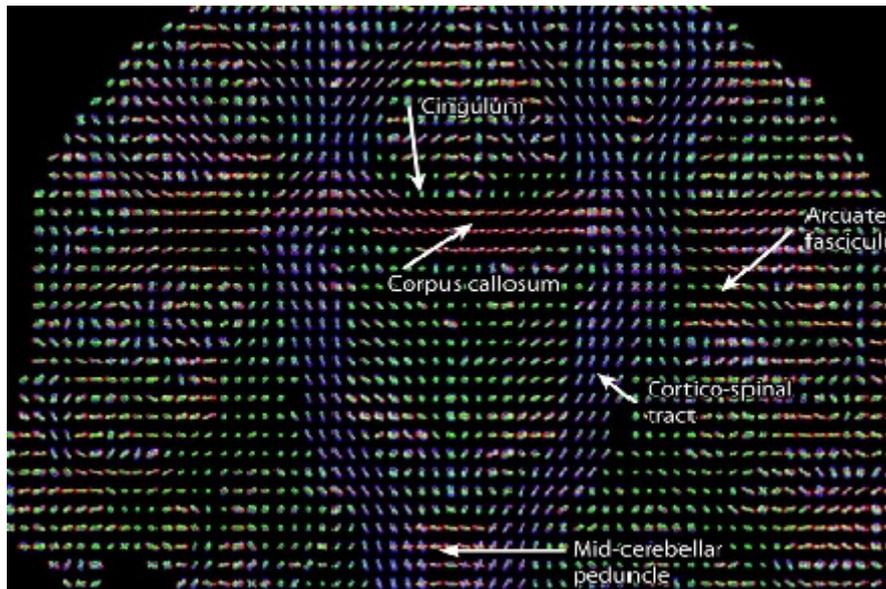


Figura 8: Mapa da função de distribuição de orientação de uma secção coronal do cérebro.

A imagem em DWI oferece informações importantes para se obter resultados rápidos, facilitar o tratamento e diminuir as sequelas em casos de AVC isquêmico [11].

Existem alguns fatores que determinam a severidade do AVC, como os sintomas apresentados pelo paciente, a artéria obstruída, o tamanho da área afetada, o volume do núcleo da isquemia e o tratamento usado.

Algumas artérias apresentam maior fator de risco em caso de obstrução, como a artéria carótida interna (ACI), com taxa de mortalidade entre 41,7% e 53%, a artéria cerebral média (ACM), com taxa de mortalidade entre 27% e 78% e a artéria basilar (AB), com taxa de mortalidade de 92%.

O conhecimento do volume do núcleo da isquemia é importante para saber o nível de reversibilidade do dano causado pelo AVC. Em volumes acima de 72 ml a maioria dos casos é irreversível e tem uma recuperação insatisfatória.

O uso de IRM nesse tipo de diagnóstico é favorável, pois após a ocorrência do episódio o tempo necessário pra detectar seus impactos no cérebro é menor em relação a outros processos de obtenção de imagem. Isso é relevante devido a rapidez que ocorre a morte celular após um AVC. Em média, cerca de 1,8 milhões de neurônios são perdidos a cada minuto a depender de cada paciente e do tamanho da área afetada.

Além disso, a DWI também detecta os tamanhos do núcleo e da penumbra da isquemia. O núcleo é onde primeiramente e mais intensamente acontece a morte celular, ao entorno desta

área existe a penumbra, região em que o fluxo sanguíneo é reduzido, ou seja, a isquemia é incompleta e seus danos são reversíveis se o tratamento for adequado. A obtenção do tamanho dessas duas regiões é importante, pois indica quanto foi o dano gerado, seu potencial de aumento e áreas reversíveis. Sendo assim de suma importância para a procedência do tratamento (figura 9).

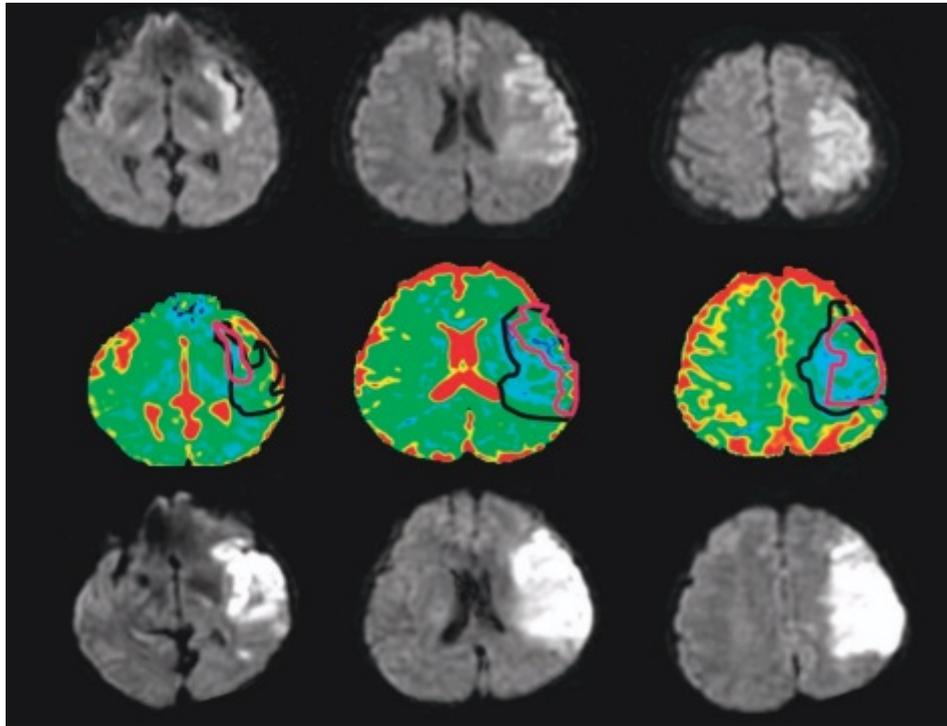


Figura 9: Utilização de Imagens de difusão por ressonância magnética para estimar a penumbra isquêmica. Na linha superior, DWI obtido aproximadamente 3 horas após a ocorrência do AVC. Na linha do meio, linha vermelha indicando a lesão inicial e linha preta indicando a estimativa para a lesão final. Na linha inferior, DWI obtido aproximadamente 24 horas após a ocorrência do AVC em um paciente em que não foi realizada a recanalização. Adaptado de [11].

A escolha do tratamento ideal acontece de acordo com as informações obtidas na imagem, como citado anteriormente. tais tratamentos podem ser realizados de duas formas principais, espontâneamente, com a desobstrução do vaso realizada pelo próprio corpo ou de maneira cirúrgica, por meio da recanalização do vaso com agentes trombolíticos ou mecânicos. O número de cirurgias não está diretamente relacionado com bons resultados, pois muitas vezes esses processos são realizados em pessoas em que o núcleo da isquemia já possui mais que 72 ml, ou seja, já havia propensão para resultados ruins.

Em conclusão, tem-se que as imagens de ressonância magnética ponderadas em difusão têm grande aplicação no diagnóstico e identificação do melhor tratamento para cada caso de AVC.

REFERÊNCIAS

- [1] <https://www.biologianet.com/biologia-celular/difusao.htm>. Acessado em 03/07/2024 às 20:00
- [2] World Health Organization. Dementia. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dementia>.
- [3] <https://www.rededorsaoluiz.com.br/doencas/acidente-vascular-cerebral-avc>. Acessado em 16/10/2023 às 19:24
- [4] <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/avc>. Acessado em 16/10/2023 às 19:15.
- [5] <https://www.msmanuals.com/pt-br/casa/disturbios-cerebrais,-da-medula-espinal-e-dos-nervos/acidente-vascular-cerebral-avc/hemorragia-intracerebral>. Acessado em 16/10/2023 às 20:00.
- [6] <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/stroke/symptoms-causes/syc-20350113>. Acessado em 16/10/2023 às 20:20.
- [7] <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/stroke/diagnosis-treatment/drc-20350119>. Acessado em 16/10/2023 às 20:33.
- [8] Mazzola, A. Revista Brasileira de Física Médica. 2009; p.117-129
- [9] Melhem, E. R. et al. Diffusion Tensor MR Imaging of the Brain and white Matter Tractography Am. J. Roentgenol. 2002;178:3-16.
- [10] T.M. 58 Wassenaar et al., Neurobiology of Aging 80 (2019) p.56-70
- [11] González, R. Clinical MRI of acute Ischemic Stroke. Wiley Periodicals, Inc. 2012; p. 259-271