

2. ESTRUTURA DO RESSONADOR

2.1 INTRODUÇÃO

A primeira vista, o aparelho de ressonância magnética é muito semelhante a um aparelho de tomografia computadorizada. A sala, os vários monitores, a mesa motorizada, o portal. Porém as semelhanças não passam do aspecto físico. Por trás daquele enorme portal, existe um sistema completamente diferente do TC. Em primeiro lugar, vale lembrar que a RM não utiliza qualquer tipo de radiação ionizante, o que quer dizer, que o exame de ressonância magnética não acarreta nenhum dano ao paciente ou ao operador. Em segundo lugar, não há partes móveis dentro do portal, ou seja, não existem componentes que giram ao redor do paciente. E por fim, a imagem é obtida através de uma seqüência de ações onde o corpo humano participa ativamente, ao contrário da forma passiva de atenuação dos raios X.

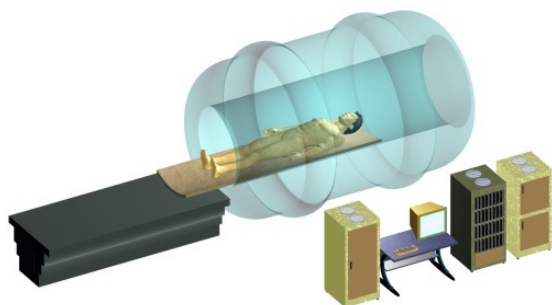


Figura 2.1. Desenho simbólico das partes integrantes de um ressonador. (Picker - divulgação)



Figura 2.2. Equipamento Ressonância Magnética Philips Gyroscan. (cortesia Hosp. Dona Helena - Joinville)

Dessa forma, veremos a seguir que um sistema de RM possui 6 componentes fundamentais para o seu funcionamento: magneto, bobinas de gradiente, bobinas de radiofrequência, suporte eletrônico, computador e console.



Figura 2.3. Imagem sagital T1 da coluna cervical. (Fonar - divulgação)

2.2 MAGNETOS

O componente mais visível e provavelmente mais discutido do sistema de RM é o magneto. O magneto produz o potente campo magnético estático (intensidade constante) ao redor do qual os prótons estão em precessão. Atualmente, há três tipos de magnetos no sistema de RM. Nenhum dos três pode ser considerado superior aos outros. Cada um possui características próprias, entretanto, compartilha um objetivo comum, a criação do campo magnético que é medido em teslas. As intensidades de campo usadas na RM variam de 0,1 a 2,0 teslas. Apenas para comparação, o campo magnético da Terra é de aproximadamente 0,00005 tesla. Outra unidade de medida de campo magnético é o gauss (1 tesla = 10.000 gauss), muito utilizada para medir a intensidade do campo em torno do equipamento de RM. Nesta medida, a Terra possui um campo magnético em torno de 1 gauss.

2.2.1. Magnetos resistivos

O magneto resistivo funciona segundo o princípio do eletromagneto, no qual um campo magnético pode ser criado passando-se uma corrente elétrica através de uma bobina de fios. Magnetos resistivos exigem grandes quantidades de energia elétrica muitas vezes maior que aquela necessária para equipamentos radiológicos, a fim de fornecer as altas correntes necessárias para a produção de campos magnéticos de grande intensidade. O custo desta energia deve ser contabilizado como parte do custo do exame.

Além disso, as elevadas correntes elétricas produzem calor, que deve ser dissipado com um sistema eficiente de resfriamento. O calor é produzido pela resistência do próprio fio através do efeito Joule. Sistemas resistivos típicos produzem campos magnéticos de até 1 tesla.

2.2.2. Magnetos permanentes

Os custos elevados de operação associados aos outros tipos de magnetos, a energia elétrica e o criogênio para refrigeração, não existem no magneto permanente. Determinados materiais na natureza podem adquirir propriedades magnéticas permanentes. Um exemplo de magneto permanente são aqueles ímãs de geladeira. Para uso em RM, determinados magnetos permanentes podem ser construídos em grandes tamanhos e obter-se desta forma, intensidade de campos de até 0,3 Tesla. Alguns equipamentos de ressonância magnética são construídos com forma de placas paralelas, sustentadas por quatro pilares, onde se empregam os magnetos permanentes. Este tipo de equipamento é conhecido popularmente como ressonância aberta.

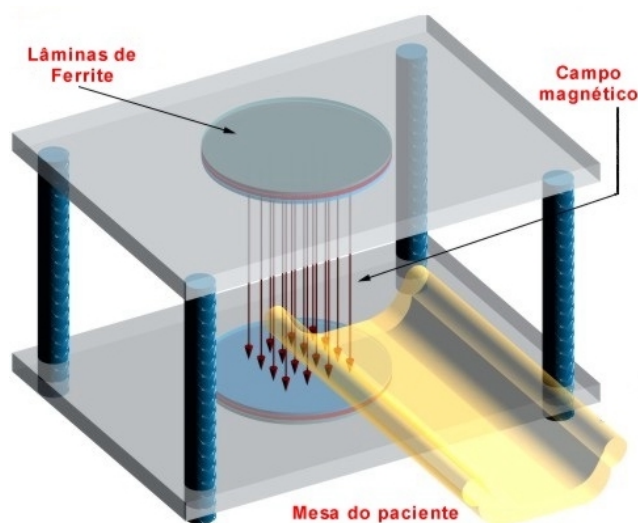


Figura 2.4. Desenho do funcionamento da bobina de um ressonador aberto. (Picker Intl. - divulgação)

O custo de aquisição de um equipamento a magneto permanente situa-se entre os dois outros tipos. No entanto, o custo operacional é muito reduzido, pois não necessita de energia elétrica nem refrigeração. Entretanto, possui a desvantagem de ser impossível "desligar" a força do campo magnético, o que dificulta inclusive a manutenção. Se objetos metálicos ficarem presos no orifício central do magneto, estes terão que ser arrancados com uma força física capaz de vencer a força total do campo magnético. Além disso, os magnetos não podem ser transportados em caminhões metálicos comuns.

2.2.3. Magnetos supercondutores

Última novidade em termos de RM, o magneto construído com supercondutor também utiliza o princípio do eletromagneto. Além disso, utiliza uma propriedade que é apresentada por alguns materiais em temperaturas extremamente baixas, a característica da supercondutividade. Um material supercondutor é aquele que perdeu toda a resistência à passagem da corrente elétrica. Quando isso ocorre, correntes elétricas muito grandes podem ser mantidas com pouco dispêndio de energia elétrica. Assim, o custo elétrico de operação do magneto é mínimo.

Por outro lado, o custo do sistema de refrigeração para manter o supercondutor em temperaturas muito baixas é alto. Os materiais utilizados na refrigeração, chamados de criogênicos, são o nitrogênio líquido (-196°C) e o hélio líquido (-268°C). O custo de manter este sistema de resfriamento intensivo é da mesma grandeza ou maior que o custo da energia elétrica para magnetos resistivos. Há de se levar em conta o custo do refrigerante. Por exemplo, RM's de 0,5 Tesla necessitam em torno de 1000 litros de hélio para sua refrigeração. No entanto, no uso diário, são consumidos em torno de 2 litros. Ao final de 6 meses, o consumo será de 400 litros, que deverão ser repostos num dia de manutenção preventiva do equipamento. A vantagem deste tipo de tecnologia, apesar do alto custo inicial, é a capacidade de se atingir campos magnéticos de até 2 Teslas.

2.3 BOBINAS DE GRADIENTE

Além dos potentes magnetos, um segundo importante componente do sistema de RM é a bobina de gradiente. A presença de um gradiente magnético ao longo do corpo do paciente causa a precessão dos prótons em velocidades ligeiramente diferentes, em diferentes localizações do paciente, permitindo que o

computador determine a localização no paciente da qual se originou o sinal de RM recebido. Esta informação é, obviamente, fundamental para a reconstrução de imagens do paciente. Os gradientes são muito mais fracos que o campo magnético estático e podem ser produzidos por bobinas de fio relativamente simples.

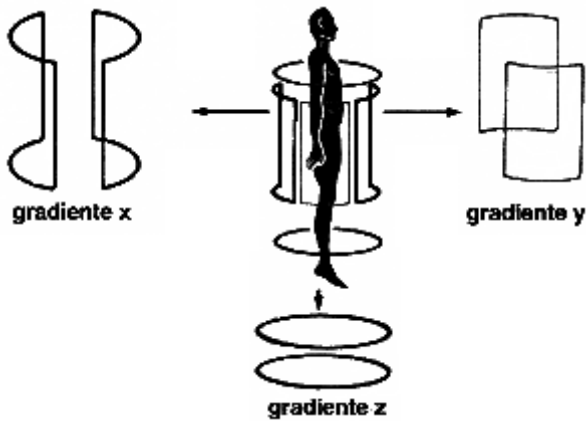


Figura 2.5. Bobinas de gradiente para cada uma das 3 direções.

Uma configuração típica das bobinas de gradiente é mostrada na Figura 2.5. Um sistema de RM pode conter três grupos de bobinas de gradiente permitindo a aplicação de um gradiente em qualquer das três direções ortogonais - x, y e z. Estas bobinas, denominadas bobinas de gradiente x, y e z, estão localizadas dentro do orifício do magneto do sistema principal. Mediante o ajuste eletrônico da quantidade de corrente nestes três grupos de bobinas é possível obter um gradiente em qualquer direção. Esta flexibilidade permite que o sistema de imagem por ressonância magnética obtenha imagens em qualquer orientação dentro do paciente.

A figura 2.6 apresenta o desenho das bobinas de gradientes como são construídas junto ao portal.

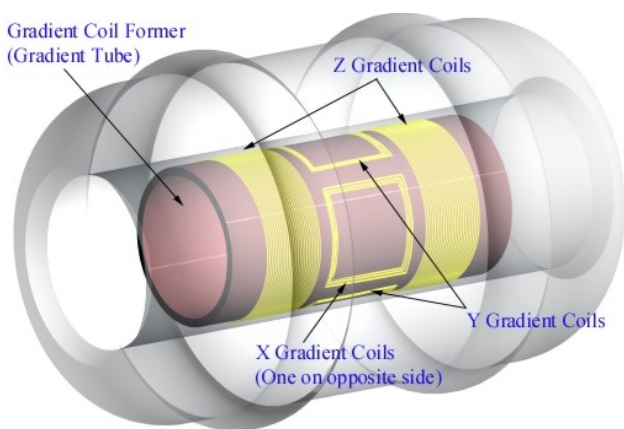


Figura 2.6. Bobinas de gradiente desenhadas como são construídas no ressonador. (Picker Intl. - divulgação)

2.4 BOBINAS DE RADIOFREQUÊNCIA

Um terceiro componente fundamental do sistema de RM é as bobinas de radiofrequência (RF) ou bobinas de "emissão e recepção". Estas bobinas de RF atuam como antenas para produzir e detectar as ondas de rádio que são denominadas de "sinal de ressonância magnética". Uma bobina de RF típica está encerrada no portal do magneto e, assim, não é especificamente visível. Estas bobinas de RF encobertas, algumas vezes denominadas de bobinas corporais, circundam completamente o paciente, incluindo a mesa sobre a qual ele está deitado.

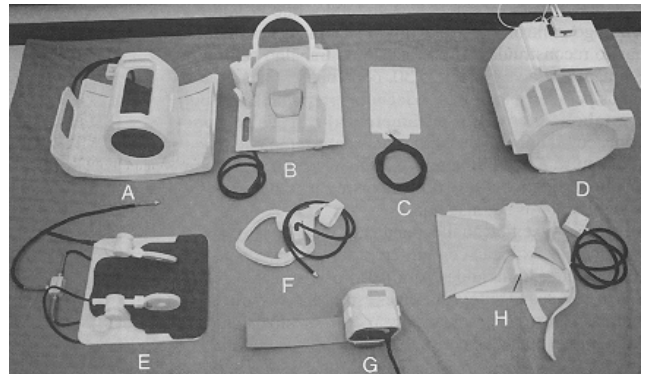


Figura 2.7. Algumas bobinas de volume integral circunferenciais e bobinas de superfície: a) bobina para membro; b) bobina para pescoço; c) bobina de superfície plana; d) bobina para cabeça; e) bobina para ATM (lateral); f) bobina para ombro; g) bobina para punho; h) bobina para coluna.

Os desenhos das bobinas de RF variam desde esta grande bobina corporal embutida no próprio portal até bobinas de volume integral circunferenciais menores e separadas, que também circundam a parte examinada. Algumas bobinas de superfície, como a bobina para ombro, são colocadas sobre a área a ser examinada. Geralmente, este tipo de bobina é usado para visualização de estruturas mais superficiais. Outro tipo de bobina de RF usado frequentemente é a bobina de arranjo de fase (*phased array*). Estas consistem em múltiplas bobinas e receptores agrupados juntos. Cada bobina é independente da outra e tem seu próprio receptor que permite grande campo de cobertura de visão para uso no estudo da coluna vertebral.

2.5 SUPORTE ELETRÔNICO

Os sistemas de suporte eletrônico, que cons-

tituem o quarto componente do sistema de RM, podem ser divididos em duas partes. A primeira parte, o suprimento de energia, fornece tensão e corrente para todas as partes do sistema de RM, como as bobinas de gradiente, o sistema de resfriamento, o magneto e o computador. O uso e a quantidade de energia elétrica varia para cada sistema de RM. Por exemplo, as necessidades do sistema de resfriamento e magnetos são mínimas em equipamentos com magneto permanente, mas representam os maiores consumidores de energia nos equipamentos com magnetos resistivos. Assim, o consumo de energia pode variar de 25 kW até 150 kW entre cada um dos sistemas citados.

A segunda parte principal do sistema de suporte eletrônico é a etapa de recepção e transmissão de RF. Esta parte do sistema realiza as mesmas funções que os transmissores e receptores de comunicação de uma estação de rádio AM ou FM. Envia os pulsos de onda de rádio para o paciente e recebe os sinais de ressonância magnética do paciente, através das bobinas de RF descritas anteriormente. O receptor de RF também contém amplificadores que aumentam a intensidade de sinais de radiofrequência relativamente fracos recebidos do paciente dentro do magneto.

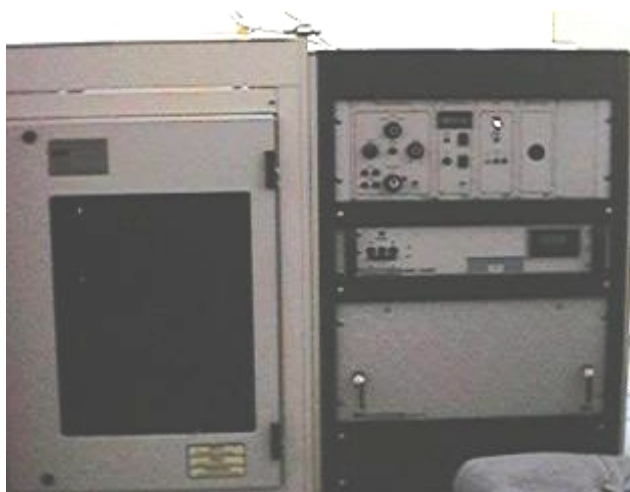


Figura 2.8. Armários do sistema de fornecimento de energia (cortesia Hosp. D. Helena - Joinville).

2.6 COMPUTADOR

O quinto componente de um sistema de RM é o computador, componente que pode ser considerado fundamental neste tipo de equipamento. É o computador que comanda e processa as informações de todas as partes do sistema de RM. Durante o exame, controla o tempo dos pulsos para coincidir com alterações das intensidades do campo de gradiente. Após

o exame, ele reconstrói a imagem do paciente utilizando técnicas como a Transformada de Fourier, semelhante àquelas usadas em tomografia computadorizada.

O computador contém dispositivos de memória internos e externos. A memória interna permite que ele manipule os milhões de bits de informações para gerar a imagem do paciente. A memória externa, disco rígido ou CD-ROM regravável (disco óptico), serve para armazenar as imagens para uso futuro.

2.7 CONSOLE DE COMANDO

O sexto e último componente do sistema de RM é a estação de trabalho do operador, ou console de comando, onde o técnico poderá comandar toda a operação e visualizar a imagem reconstruída. Na estação de trabalho central, estão localizados os controles usados pelo técnico para selecionar seqüências de pulsos, estabelecer os vários parâmetros ajustáveis, como número de médias de sinal e tempos TR e TE, além de dar os comandos de iniciar e terminar o exame. Também poderão ser dados ajustes na imagem obtida, como brilho e contraste, além dos comandos de arquivamento e recuperação desta imagem.

Estações de exibição independentes (estações de trabalho) localizadas distante da estação de exibição central, que geralmente é junto a sala de diagnóstico, freqüentemente são incluídas para permitir a visualização de imagens, enquanto outros pacientes estão sendo examinados. Isto facilita e melhora a qualidade do laudo médico, pois o radiologista poderá buscar imagens não impressas no filme para avaliar seu diagnóstico. Inclusive, poderá solicitar ao computador que realize novos cortes, a partir das imagens adquiridas, em ângulos ou planos diferentes dos realizados durante o exame, e até mesmo solicitar reconstruções tridimensionais.



Figura 2.9. Console de comando do Fonar 1200 (Fonar - divulgação).



Figura 2.10. Console de comando do GE (cortesia Vita Medicina Diagnóstica - Florianópolis).



Figura 2.10. Console de comando do Philips Gyroscan (cortesia Hosp. Dona Helena - Joinville).

2.8 SEQUÊNCIA DE PROCEDIMENTO

O processo de execução de um exame de ressonância magnética é, de certa forma, simples. Resumidamente, podemos dizer que o processo se restringe a colocar o paciente sobre a mesa e posicioná-lo corretamente. Depois, escolher e posicionar a bobina correta para o exame e por último, escolher no console os tempos adequados (técni-

Etapa	Componente	Resultado
1. Aplicar campo magnético	Magneto	Prótons alinham-se e precessão.
2. Selecionar corte aplicando um gradiente no campo magnético	Bobinas de gradiente	Núcleos realizam precessão em frequência particular.
3. Aplicar pulsos de RF	Bobina ou antena de emissão de RF	Núcleos na área do corte entram em precessão em fase e em ângulo maior.
4. Receber sinal de RF	Bobina ou antena de recepção de RF	Sinal elétrico é recebido dos núcleos e enviado ao computador.
5. Converter sinal de RF em imagem	Computador	A imagem é construída na tela.

Folha deixada em branco