

Imagens Médicas

Prof. João Luiz Azevedo de Carvalho, Ph.D.
Aula na disciplina Processamento de Imagens
Universidade de Brasília
17 de novembro de 2011
<http://pgea.unb.br/~joaoluiz/>
joaoluiz@pgea.unb.br

Tópicos

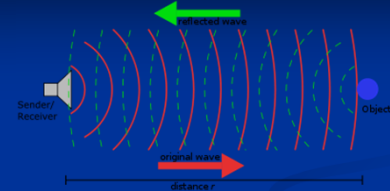
- Ultrassonografia
- Radiografia
- Tomografia computadorizada
- Medicina nuclear
 - Cintilografia planar
 - SPECT
 - PET
- Ressonância magnética

Ultrassonografia



- Não invasivo, barato, portátil
- Imagens em tempo real

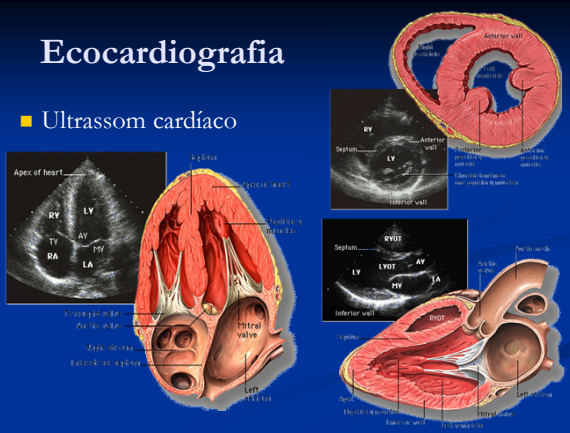
Ultrassonografia



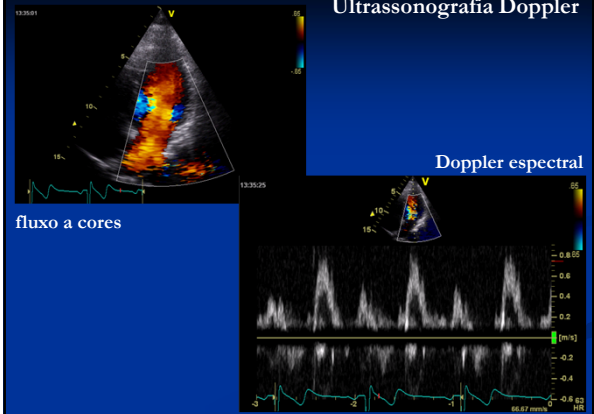
- Mede a refletividade acústica
- Atraso \leftrightarrow distância
- Deslocamento em frequência (efeito Doppler): indica a velocidade do alvo
 - Fluxo sanguíneo

Ecocardiografia

- Ultrassom cardíaco



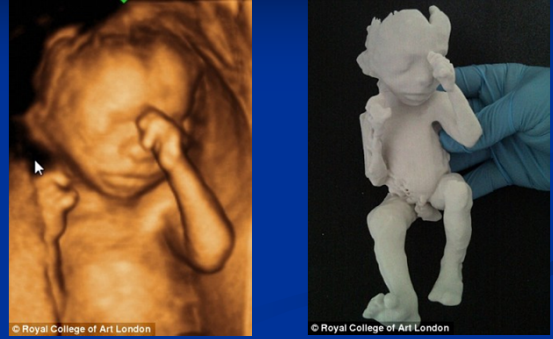
Ultrassonografia Doppler



Ultrassonografia 3D



Impressora 3D

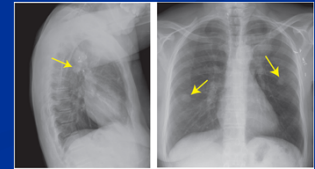
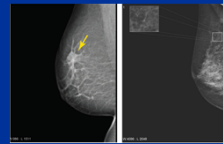


Radiografia



Imagens estáticas (imagens radiográficas)

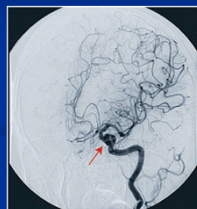
- Esqueleto
- Tórax
- Mamografia
- Raio-X dental



Imagens dinâmicas (imagens fluoróscópicas)

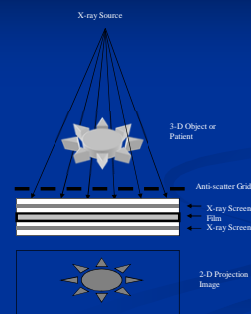


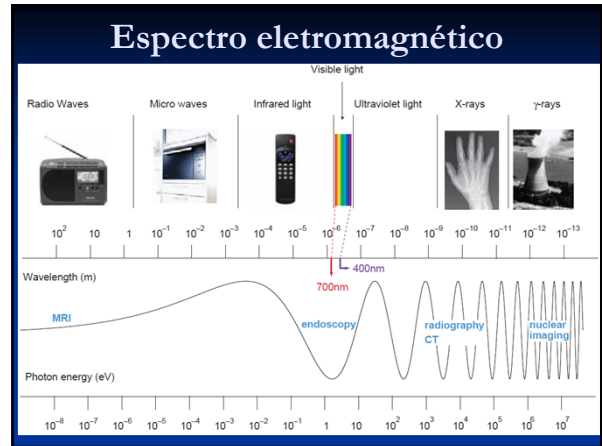
fixação de placa



aneurisma

Princípio básico

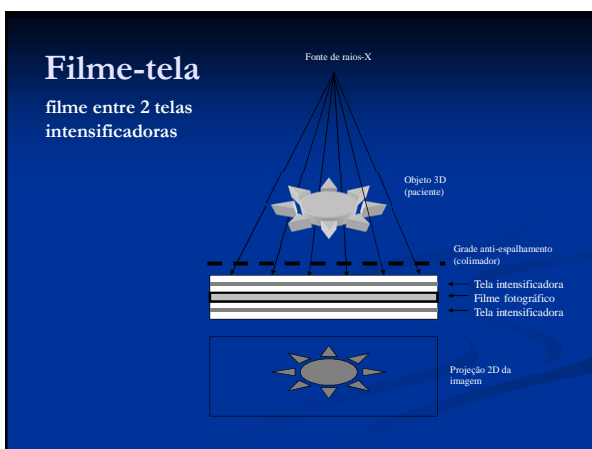
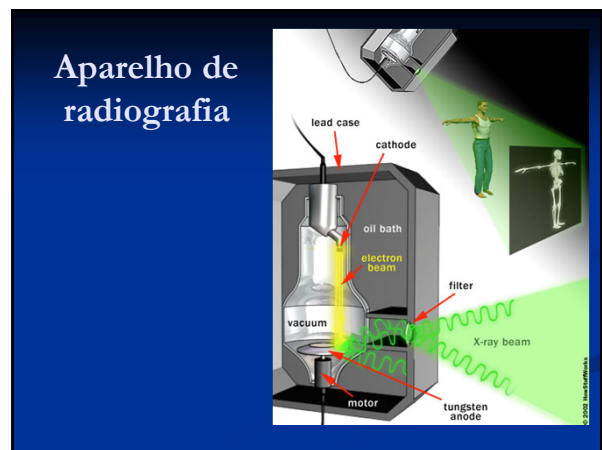




Absorção de raios X

- Tecido macio
 - Átomos menores
 - Não absorvem bem os fótons
- Ossos
 - Átomos de cálcio são grandes
 - Absorvem bem os fótons de raio X

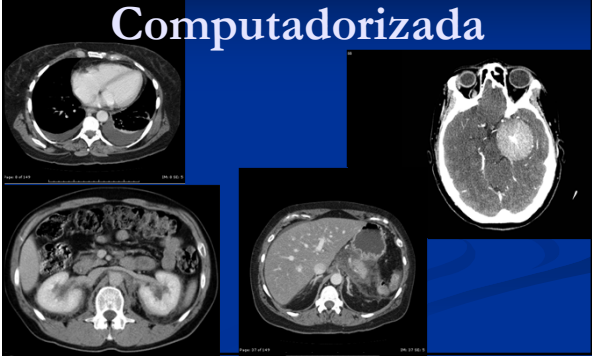
Contraste!



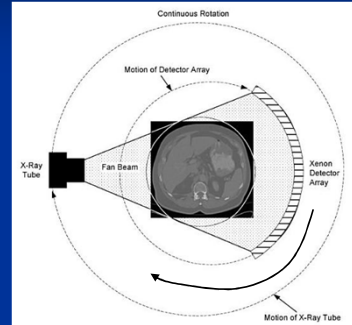
Raios X são radiação ionizante

- Raios X removem elétrons dos átomos
- Átomos carregados eletricamente = Íons
- Cargas elétricas causam reações químicas nas células
 - Quebram cadeias de DNA
 - Câncer
- Raio X não pode ser usado com frequência
- Principal limitação: sobreposição de órgãos na imagem

Tomografia Computadorizada



Princípio básico



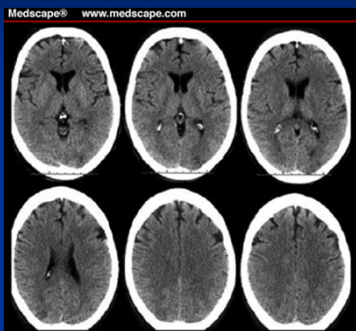
Scanners de propósito geral



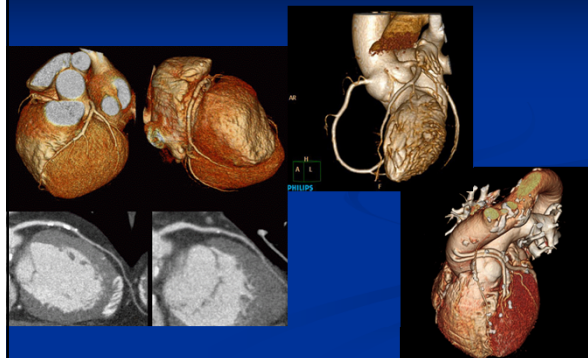
Tomografia intervencionista



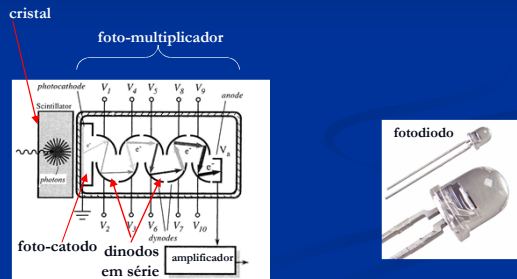
Cérebro



Coração

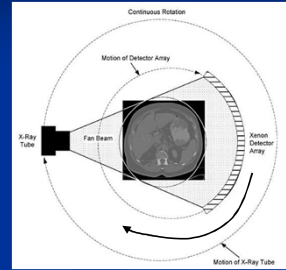


Detecores de cintilação: cristal-fotomultiplicador ou cristal-fotodiodo



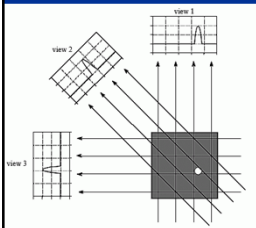
Sistemas de 3ª geração

- Modelo mais comum
- Feixe largo
- Tubo e detectores giram
 - Não há translação
- Chegam a 2 rot/seg

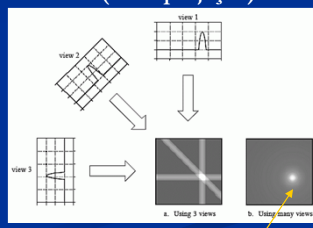


Reconstrução: retro-projeção (processo inverso ao da projeção)

aquisição
(projeção)



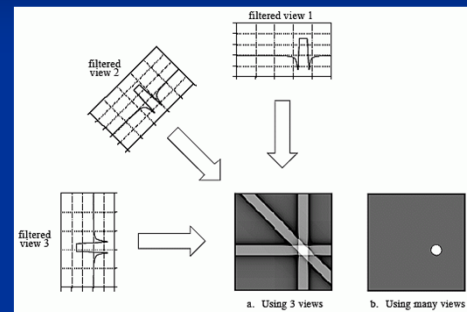
reconstrução
(retro-projeção)



objeto borrado

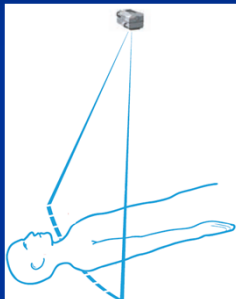
Retro-projeção filtrada

- Filtrar as projeções com filtro passa-altas antes de fazer a retro-projeção



Tomografia 3D

corte único

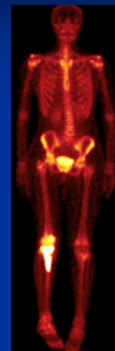


multi-corte

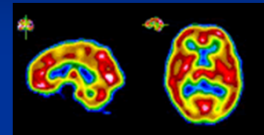


Medicina Nuclear

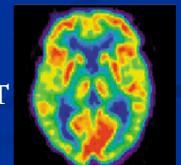
Cintilografia
planar



SPECT



PET



Aplicações

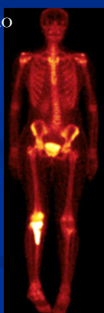
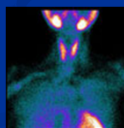
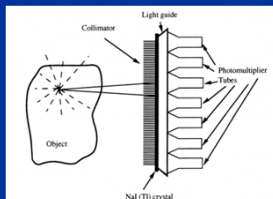
- Raio-X e tomografia mostram a anatomia
- Medicina nuclear mostra atividade metabólica

Princípio básico

- Isótopos são injetados no corpo
- Metabolizados pelo tecido
- Emitem radiação (fótons gama)
- A radiação é captada por detectores

Cintilografia planar ou convencional

- Detecção feita em uma placa plana
- Projeção do objeto 3D em uma placa 2D
- Detectores cristal-fotomultiplicador ρ / localização
- Colimadores: só são detectados raios perpendiculares à placa
- Regiões que emitem mais radiação em destaque

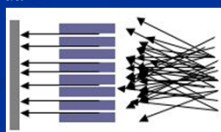


Cintilógrafos



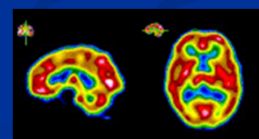
Colimação

- Radiografia e tomografia:
 - Posição da fonte é conhecida
 - Cada fóton está associado a uma linha de projeção (ligando fonte e ponto de detecção)
- Medicina nuclear
 - Posição da fonte é desconhecida
 - É necessário usar colimação
 - Perda de sensibilidade



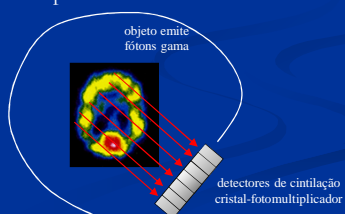
Cintilografia SPECT

- SPECT
 - Single photon emission computed tomography
 - Tomografia computadorizada por emissão de fóton único



Princípio de funcionamento

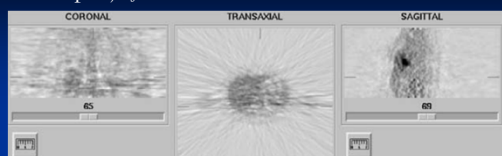
- Tecido metaboliza o elemento radioativo e emite fótons gama
- Colimadores alinham os fótons com a placa de detecção
- Detectores cristal-fotomultiplicador contam os fótons em cada ângulo: projeções
- Placa gira em volta do paciente



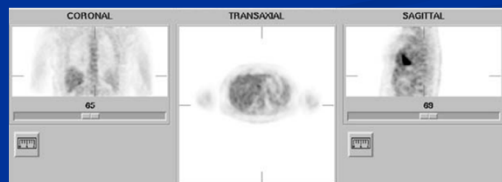
Reconstrução

- Imagem reconstruída no computador
 - Fonte de raios gama: dentro do paciente
 - Dados ruidosos
 - Algoritmos iterativos

Retroprojeção filtrada

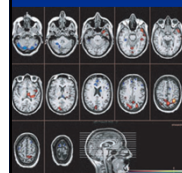


Algoritmo iterativo (ML-EM)



Algoritmo iterativo c/ informação anatómica

MRI + SPECT

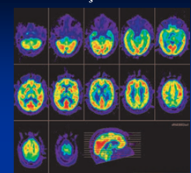


massa cinzenta

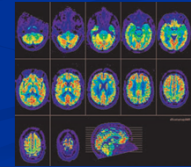
massa branca

liquido cefalorraquidiano

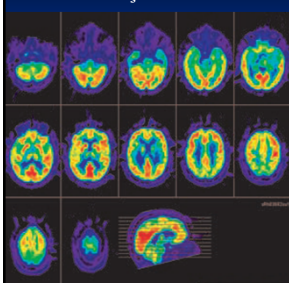
reconstrução convencional



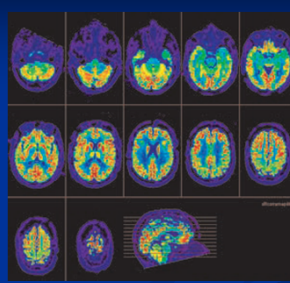
MAP+anatomia



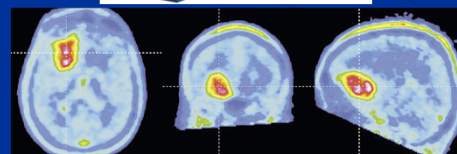
reconstrução convencional

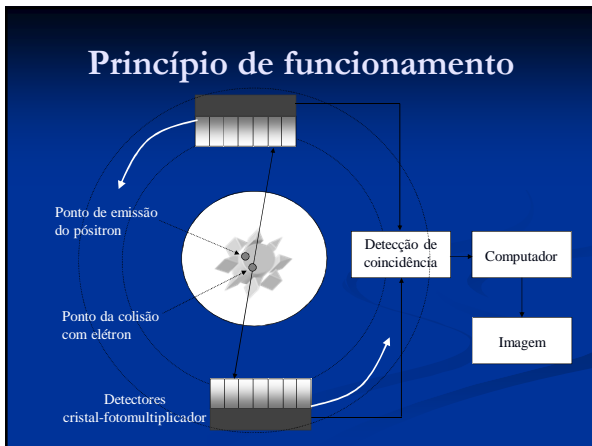


MAP+anatomia

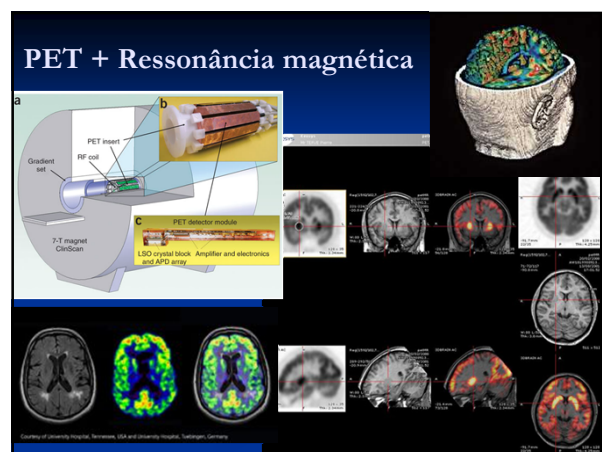


Tomografia por emissão de pósitrons: PET

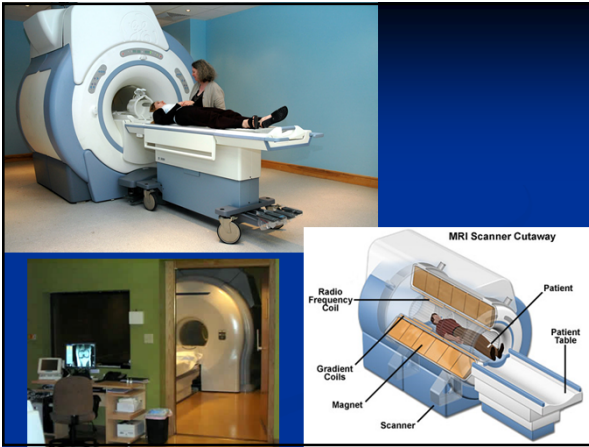




- ### Colimação em PET
- Origem dos fótons está ao longo da linha que conecta os pontos de detecção
 - Maior resolução
 - Dispensa colimação
 - Maior sensibilidade



- ### Ressonância Magnética (RM)
- Radiação não-ionizante
 - Campos magnéticos
 - Pulsos eletromagnéticos
 - Bastante utilizada para todas as regiões do corpo
 - Excelente para tecido macio
 - Ruim para ossos
 - 10 vezes mais caro que as demais técnicas



RM: Riscos e Contra-indicações

- Claustrofobia
- Pulsos de RF: queimaduras
- Campo magnético variando
 - Ruído sonoro
 - Estimulação de nervos
- Agente de contraste: complicações renais

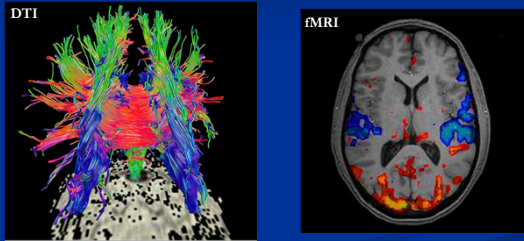
RM: Riscos e Contra-indicações

- Campo magnético fortíssimo (0.5T a 7T)
 - Campo magnético da Terra: 30 a 60 μ T
 - Atrai objetos ferromagnéticos com MUITA força
- Contra indicações:
 - Implantes metálicos, marca-passo, alguns tipos de tatuagem, etc.

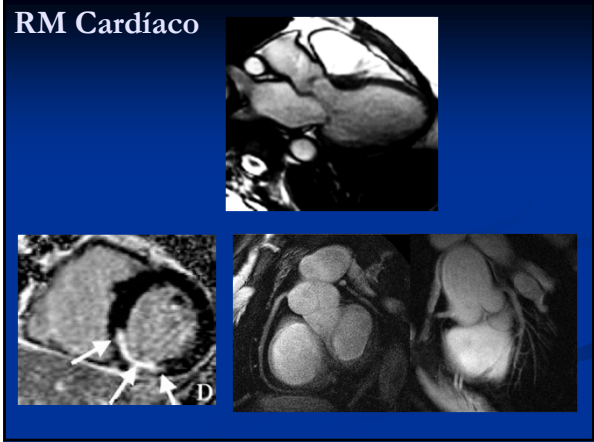


Lesões

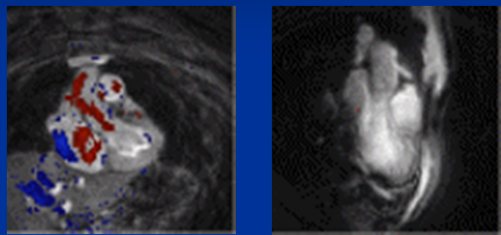
Conexões, Atividade Cerebral



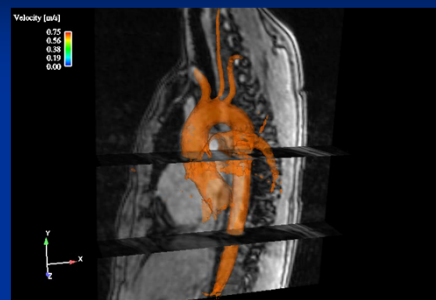
RM Cardíaco



Fluxo Sanguíneo

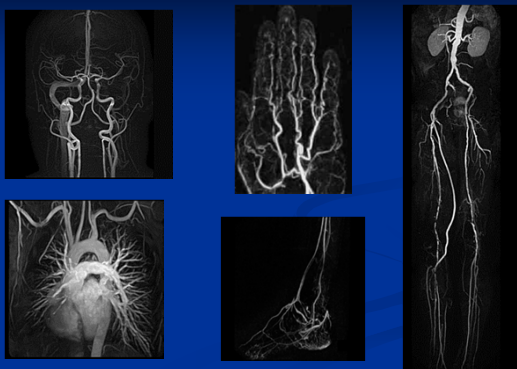


Fluxo 7D



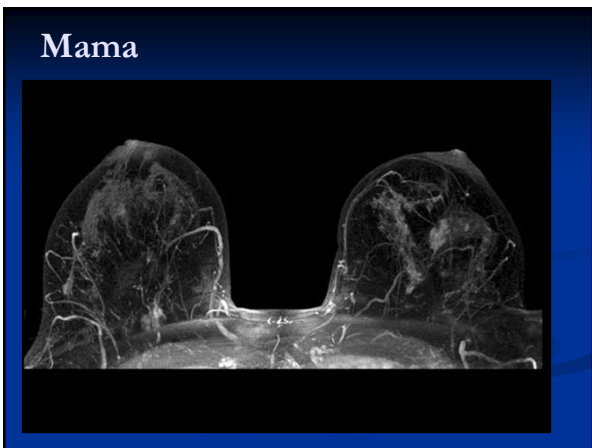
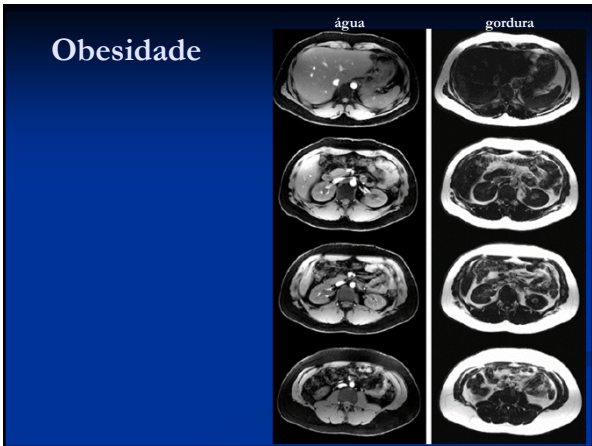
Markl et al., Freiburg University

Vasculatura (Angiografia)



Intervenção guiada por RM





Mecanismo de contraste

- Quase sempre se mede a distribuição espacial dos núcleos de hidrogênio (^1H)

Polarização

Sem campo magnético

A magnetização total é nula!

Com campo magnético

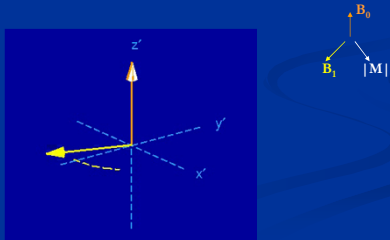
Um pouco mais da metade dos spins ($7 : 1.000.000 @ 3\text{T}$) aponta na direção do campo. Isso é o suficiente para gerar uma magnetização mensurável.

A magnetização total é proporcional à intensidade de B_0 .

Quanto maior a magnetização, maior a intensidade de sinal e a SNR.

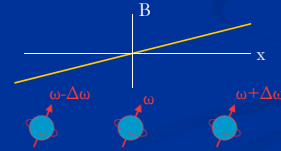
Excitação

- Campo B_1 : sinal de RF que excita os núcleos
- Bobinas de transmissão e recepção

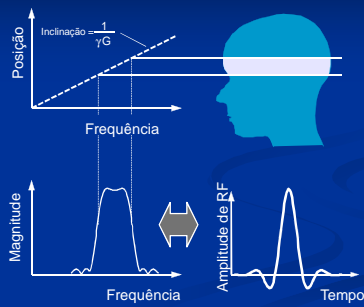


Localização espacial

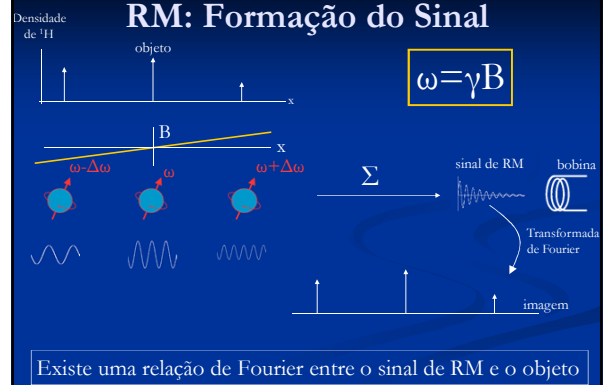
- Frequência de precessão: $\omega = \gamma B$
- Gradientes magnéticos: G_x, G_y, G_z
 - B varia com posição espacial: $B(x) = B_0 + G_x x$
 - ω varia com posição espacial: $\omega(x) = \gamma B(x)$



Seleção de Corte

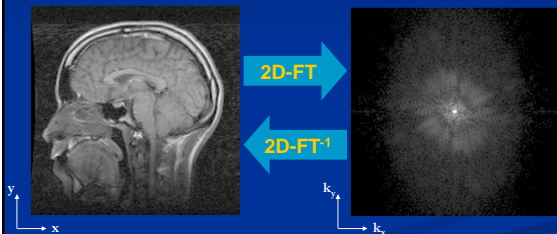


RM: Formação do Sinal



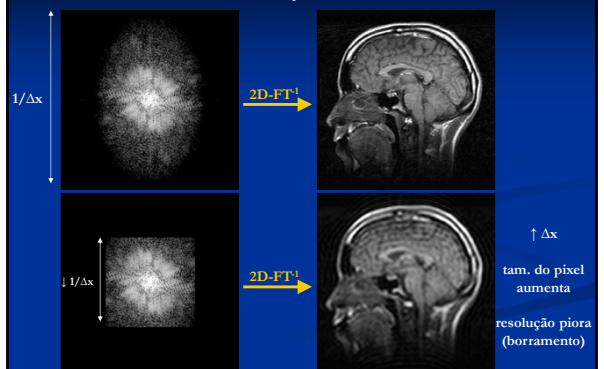
Espaço-k

Imagem (Domínio Espacial) Espaço-k (Domínio da "Frequência")



Imagens de RM são adquiridas no espaço-k.
Para se obter $M \times N$ pixels de imagem, devem-se adquirir $M \times N$ amostras do espaço-k.

Truncamento em $k_x, k_y \rightarrow$ Borramento em x, y



Sobreposição (aliasing) em RM

2D-FT⁻¹

Trajetórias no espaço-k

2D Fourier Transform (2DFT)

- Mais usada em geral
- Excelente qualidade de imagem
- Aquisição lenta

Echo-Planar Imaging (EPI)

- Muito usada para fMRI
- Aquisição rápida
- Fantasmas na imagem

Espiral

- Usada principalmente para RM cardíaco (1.5T)
- Aquisição muito rápida
- Baixa qualidade de imagem

Projection Reconstruction (PR)

- Muito usada para angiografia 3D
- Aquisição muito lenta
- Densidade não uniforme

Reconstrução de imagens de RM

- Dados adquiridos: $M(k_x, k_y)$
- Dados desejados: $m(x, y)$
- Solução: transformada de Fourier inversa

2D-FT⁻¹

Reconstrução não-Cartesiana

- Solução analítica: lenta!
- NUFFT: algoritmo iterativo
- Gridding: algoritmo rápido

- 1) Interpolam as amostras em uma grade uniforme
- 2) Usar a FFT para calcular a transformada inversa

Fim

- Obrigado pela atenção!
- Comentários, perguntas, etc.:
 - joaoluiz@pgea.unb.br
- O material (em cores) estará disponível em:
 - <http://pgea.unb.br/~joaoluiz/>

João Luiz Azevedo de Carvalho, Ph.D.
Aula na disciplina Processamento de Imagens
Universidade de Brasília
Brasília-DF, Brasil – 17 de novembro de 2011