




Universidade de Brasília 50th ANIVERSÁRIO 1962 2012 PGEA ASSOCIAÇÃO DE ENGENHEIROS E SISTEMAS ELETRÔNICOS E DE AUTOMAÇÃO

Aceleração por imageamento paralelo de um exame de ressonância magnética de fluxo cardiovascular

Davi Marco Lyra-Leite
João Luiz Azevedo de Carvalho

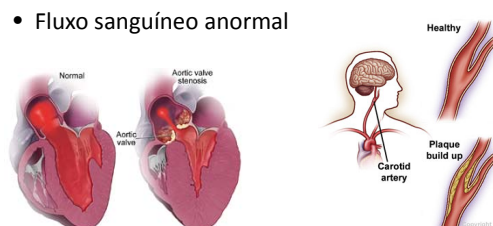
XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica — Porto de Galinhas — 4 de outubro de 2012



Universidade de Brasília 50th ANIVERSÁRIO 1962 2012 PGEA ASSOCIAÇÃO DE ENGENHEIROS E SISTEMAS ELETRÔNICOS E DE AUTOMAÇÃO

Motivação: doenças cardiovasculares

- Principal causa de morte no mundo ocidental
- Fluxo sanguíneo anormal



Normal Aortic valve Aortic valve stenosis Healthy Carotid artery Plaque build up



Universidade de Brasília 50th ANIVERSÁRIO 1962 2012 PGEA ASSOCIAÇÃO DE ENGENHEIROS E SISTEMAS ELETRÔNICOS E DE AUTOMAÇÃO

Motivação: medição não invasiva do fluxo sanguíneo

- Padrão-ouro: ultrassonografia Doppler
 - janela acústica; alinhamento do feixe com o fluxo
- Ressonância magnética: exame cardiovascular completo; menos dependente do operador




válvula aórtica carótida comum

ressonância ultrassom

velocidade (cm/s)

tempo (ms)




Universidade de Brasília 50th ANIVERSÁRIO 1962 2012 PGEA ASSOCIAÇÃO DE ENGENHEIROS E SISTEMAS ELETRÔNICOS E DE AUTOMAÇÃO

Objetivo do trabalho

- Reduzir o tempo de aquisição dos dados (i.e., reduzir a duração do exame) de RM de fluxo (spiral FVE^[1]) usando imageamento paralelo (técnica SPIRiT^[2])

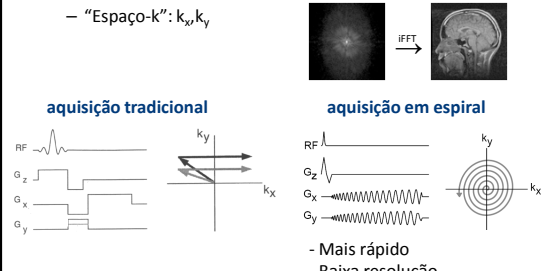
[1] Carvalho e Nayak, *Magn Reson Med* 57:639–646, 2007
[2] Lustig e Pauly, *Magn Reson Med* 64:457–471, 2010



Universidade de Brasília 50th ANIVERSÁRIO 1962 2012 PGEA ASSOCIAÇÃO DE ENGENHEIROS E SISTEMAS ELETRÔNICOS E DE AUTOMAÇÃO

Ressonância Magnética (RM)

- Relação de Fourier entre dados brutos e imagem
 - “Espaço-k”: k_x, k_y




RF G_z G_x G_y

IFFT

RF G_z G_x G_y

adição tradicional aquisição em espiral

- Mais rápido
- Baixa resolução

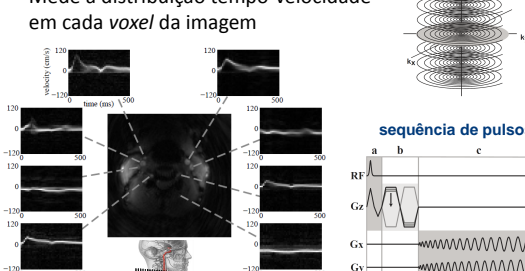


Universidade de Brasília 50th ANIVERSÁRIO 1962 2012 PGEA ASSOCIAÇÃO DE ENGENHEIROS E SISTEMAS ELETRÔNICOS E DE AUTOMAÇÃO

Spiral FVE

Carvalho e Nayak, 2007

- Mede a distribuição tempo-velocidade em cada *voxel* da imagem



espaço-k

sequência de pulsos

RF G_z G_x G_y

a b c d

Universidade de Brasília 50th PGEA

Acelerando o exame: subamostragem

- Sub-amostragem no espaço-k → *aliasing* no domínio da imagem (espaço x,y)

espaço-k

espaço x,y

100% das amostras

50% das amostras

25% das amostras

Universidade de Brasília 50th PGEA

Imageamento paralelo

- Uso de múltiplos receptores

soma quadrática

não corrige o aliasing!

Universidade de Brasília 50th PGEA

Imageamento paralelo

- Com um número suficiente de receptores, é possível reduzir o *aliasing*

Coil 1

Coil 2

Coil 2 Full FoV

Coil 2 1/2 FoV

Coil 1 Full FoV

Coil 1 1/2 FoV

- Técnicas: SENSE, GRAPPA, SPIRiT Lustig e Pauly, 2010

Universidade de Brasília 50th PGEA

Resultados: imagens espaciais

referência

subamostragem fator 2

subamostragem fator 4

soma quadrática

SPIRiT

soma quadrática

SPIRiT

magnitude

erro

Universidade de Brasília 50th PGEA

Resultados: imagens de fluxo

bifurcação carotídea esquerda

carótida externa direita

carótida interna direita

referência

magn erro magn erro magn erro

soma quadrática 2x

SPIRiT 2x

Universidade de Brasília 50th PGEA

Resultados: razão sinal-erro (dB)

Fator de subamostragem	2 vezes		4 vezes	
	soma quadrática	SPIRiT	soma quadrática	SPIRiT
Imagem espacial	5,0	16,7	-1,3	9,6
BACE	9,0	11,6	6,1	8,7
VJE	11,3	12,0	4,3	10
ACED	11,2	10,8	5,8	7,7
ACID	15,1	11,4	3,0	9,3
VJD	17,5	13	7,6	5,8
AVD	8,0	9,9	1,8	10,1
AVE	16,5	7,8	-2,0	11,8

fluxo nos diferentes vasos sanguíneos

Universidade de Brasília 50¹⁹⁶² PGEA
PROGRAMAÇÃO EM FERRAMENTAS DE SISTEMAS ELETRÔNICOS E DE AUTOMAÇÃO

Conclusões

- SPIRiT foi capaz de remover o aliasing estático em dados subamostrados de spiral FVE
 - Pode ser combinado com outras técnicas
- Contudo, introduziu artefatos nas distribuições tempo-velocidade
 - Podem ser evitados c/ outros esquemas de subamostragem?
 - Para baixos fatores de subamostragem, usar soma quadrática
- Trabalhos futuros
 - Usar esquemas de subamostragem mais inteligentes
 - Usar SPIRiT 3D e T-SPIRiT para corrigir o *aliasing* associado a esses esquemas
 - Reconstrução rápida: GPGPU / CUDA

Universidade de Brasília 50¹⁹⁶² PGEA
PROGRAMAÇÃO EM FERRAMENTAS DE SISTEMAS ELETRÔNICOS E DE AUTOMAÇÃO

Obrigado!

joaoluiz@pgea.unb.br
<http://pgea.unb.br/~joaoluiz>

Apoio:  **CNPq**
 Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
 edital Universal 2010 & bolsa IC

 **CAPES**
 PROAP