

## Medição da variabilidade do volume sistólico por meio de ressonância magnética de tempo real



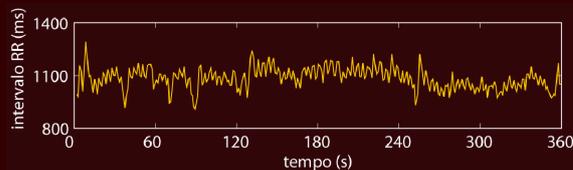
João Luiz Azevedo de Carvalho, Ph.D.  
Universidade de Brasília, Engenharia Elétrica

Heraldo Sampaio de Carvalho, M.D., D.Sc.  
Universidade de Brasília, Faculdade de Medicina



Krishna Shrinivas Nayak, Ph.D.  
University of Southern California  
Department of Electrical Engineering

## Variabilidade da frequência cardíaca (VFC)

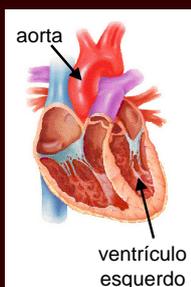


- Variação do intervalo entre batimentos cardíacos em função do tempo
- Informação sobre controle autonômico
  - Equilíbrio simpático-parassimpático

## Débito cardíaco e volume sistólico



- Volume de sangue ejetado pelo ventrículo esquerdo
- Débito cardíaco
  - Volume médio por minuto (L/min)
- Volume ou débito sistólico
  - Volume associado a uma única sístole ventricular (ml)



## Variabilidade do volume sistólico

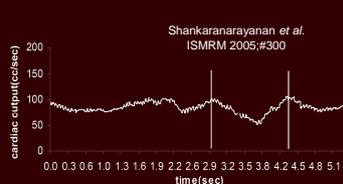
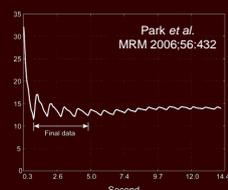


- Variação do VS batimento a batimento
- Também é indicador da resposta autonômica
  - Conecta a VFC às variabilidades da pressão arterial e do retorno venoso
- Não existe padrão ouro p/ medir VS

## Métodos recentes em ressonância magnética (RM)



- Volume médio p/ vários batimentos

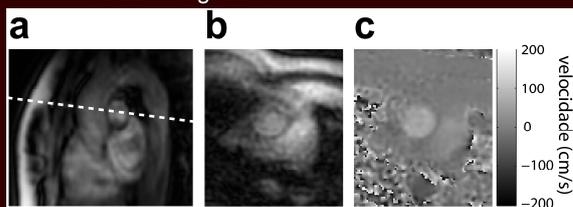


- Objetivo deste trabalho: medir o volume sistólico batimento a batimento

## Método proposto



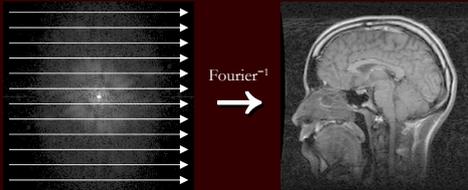
- Corte perpendicular à aorta
- RM de fluxo em tempo real
- Medir:
  - Área de seção transversal da aorta
  - Velocidade média do sangue pela aorta
  - Fluxo sanguíneo



## Ressonância Magnética



- Dados são adquiridos no domínio de Fourier
  - Tipicamente: uma linha de cada vez
- A transformada inversa produz a imagem

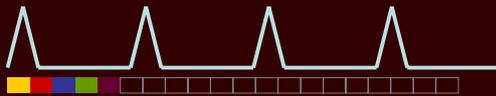


## RM dinâmica: aquisição gatilhada



- Uma fração dos dados de cada quadro temporal é adquirida em cada batimento
- Boa resolução
- Aquisição leva vários batimentos cardíacos
  - Produz um vídeo de um único ciclo

## Aquisição em tempo-real



- Imagens são adquiridas continuamente, uma após a outra
- Cada imagem é adquirida por completo em poucos milissegundos
  - Aquisição em espiral
  - Baixa resolução
  - Produz um vídeo c/ vários ciclos

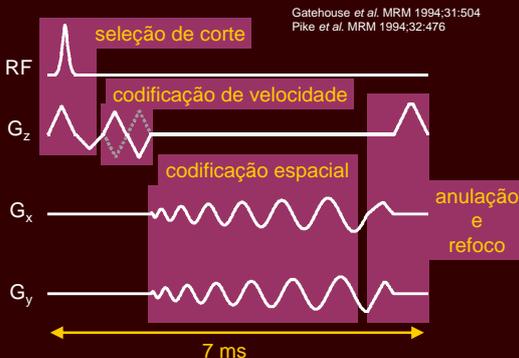


## Parâmetros de aquisição

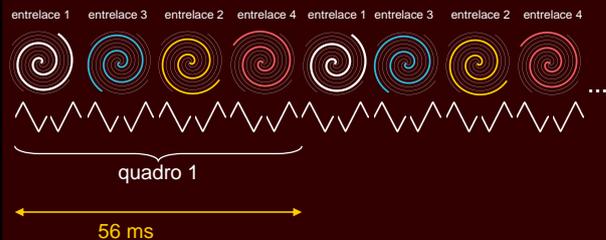


- Sistema GE Signa 3T EXCITE HD
- 4 entrelaces de espiral
- Resolução espacial: 3 mm
- Resolução temporal: 56 ms
- Faixa de velocidades:  $\pm 200$  cm/s

## Seqüência de pulsos



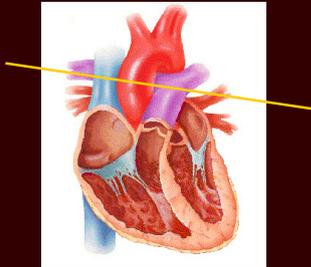
## Ordenamento temporal da aquisição



- Resolução temporal: 56 ms
- Uma nova imagem a cada 14 ms

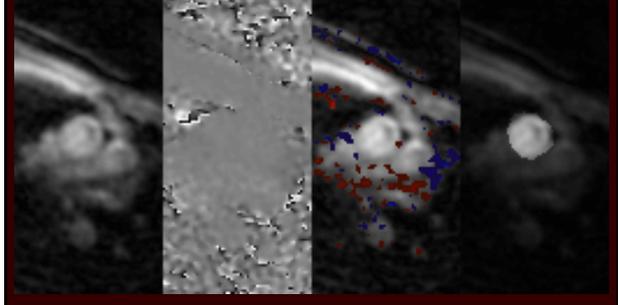
## Prescrição do corte

- Perpendicular à aorta
- Antes das principais bifurcações

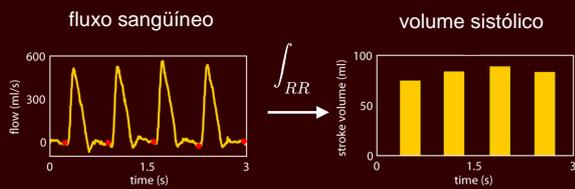


## Rastreamento da região de interesse

morfologia      velocidade      fluxo a cores      região

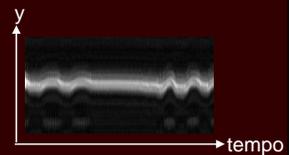
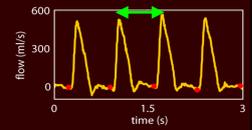


## Cálculo do volume sistólico



## Frequência cardíaca e respiração

- Frequência cardíaca obtida a partir dos gatilhos do ECG (ondas R)
  - Falsos negativos: corrigidos com base nos intervalos entre picos na curva de fluxo
- Respiração:
  - Posição da parede do tórax nas imagens

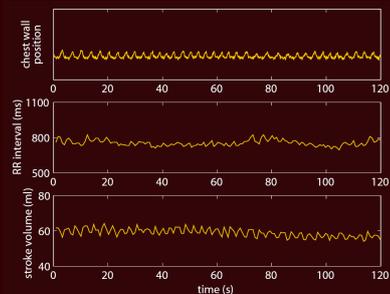


## Estímulos autonômicos

- Repouso
- Apnéia inspiratória
- Manobra de Valsalva
- Handgrip
- Resfriamento facial
- Estresse mental
- Banho de imersão frio
- 7 voluntários\*



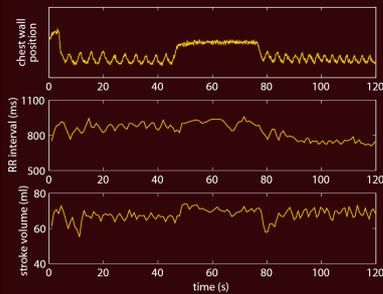
## Resultados: repouso



O conteúdo espectral das oscilações fornece informação acerca do controle autonômico

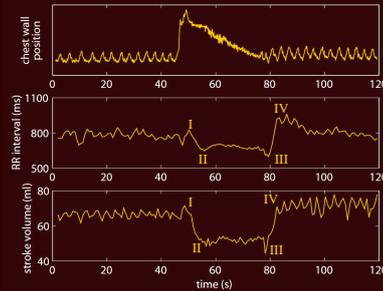


## Resultados: apnéia inspiratória



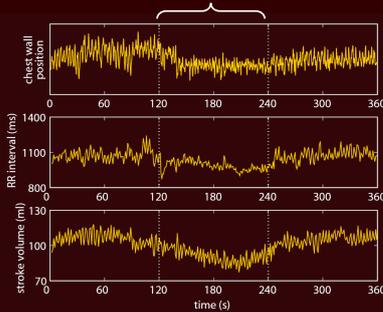
- resposta simpática → variabilidade reduzida
- retorno venoso aumenta → VS aumenta

## Resultados: manobra de Valsalva



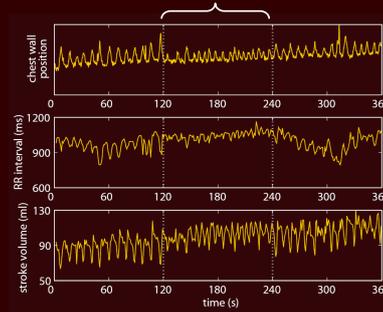
- I: pressão inspiratória → VS aumenta
- II: resposta simpática → variabilidade reduz, FC aumenta, VS reduz
- III: pressão expiratória → breve queda no VS
- IV: resposta vagal → FC reduz, VS aumenta, variabilidade aumenta

## Resultados: handgrip (40% MCV)



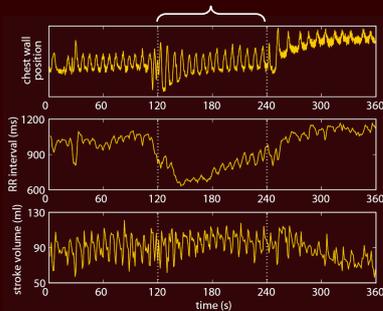
- resposta simpática → FC aumenta, VFC reduz
- diástoles mais curtas → VS reduz

## Resultados: estresse mental



- resposta simpática → freq. respiratória aumenta, padrões de variabilidade mudam

## Resultados: banho de imersão frio



- resposta simpática → FC aumenta
- pequeno aumento no VS → grande aumento no débito cardíaco

## Conclusões



- VS pode ser medido batimento a batimento usando ressonância magnética
- Ausência de padrão ouro: difícil de validar
- Os resultados estão de acordo com nossas expectativas, baseadas em nosso entendimento atual da fisiologia envolvida

Obrigado



PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
SISTEMAS ELETRÔNICOS E DE AUTOMAÇÃO

<http://pgea.unb.br>



<http://mrel.usc.edu>

joaoluiz@pgea.unb.br – 25 Nov 2010