



VI Encontro Nacional das Ciências e Tecnologias da Saúde

QUANTIFICAÇÃO DO MOVIMENTO RESPIRATÓRIO EM LESÕES PULMONARES DE IMAGENS MICROPET

Susana Branco Silva - ESTeSL

22. 10. 11



ESCOLA
SUPERIOR
DE TECNOLOGIA
DA SAÚDE
DE LISBOA



A Desafiar o Futuro!

Sumário

2

Sumário

Introdução

O microPET[®]
FOCUS 220

Fantômas

Protocolo de
simulação

PET em pequenos
animais com
GATE

Quantificação do
movimento
respiratório

Conclusões e
Perspectivas

Introdução

Métodos

- O microPET[®] FOCUS 220 no GATE
- Fantômas digitais
- Protocolo de simulação

Resultados

- Simulação PET em pequenos animais com GATE
- Quantificação do movimento respiratório em lesões pulmonares

Conclusões e Perspectivas



Introdução

3

Sumário

Introdução

O microPET®
FOCUS 220

Fantômas

Protocolo de
simulação

PET em pequenos
animais com
GATE

Quantificação do
movimento
respiratório

Conclusões e
Perspectivas



IBEB

Instituto de Biofísica e Engenharia Biomédica



FACULDADE DE CIÊNCIAS UNIVERSIDADE DE LISBOA

Introdução

4

Sumário

Introdução
O microPET®
FOCUS 220

Fantômas

Protocolo de
simulaçãoPET em pequenos
animais com
GATEQuantificação do
movimento
respiratórioConclusões e
Perspectivas

Porquê imagem PET em pequeno animal?

- Estudos longitudinais do mesmo animal;
- Ferramenta de valor inestimável em imagem molecular (estudos biológicos; desenvolvimento de novos fármacos; expressão genética; etc.);
- Ligação entre o modelo animal e o Homem.

Porquê simulações Monte Carlo?

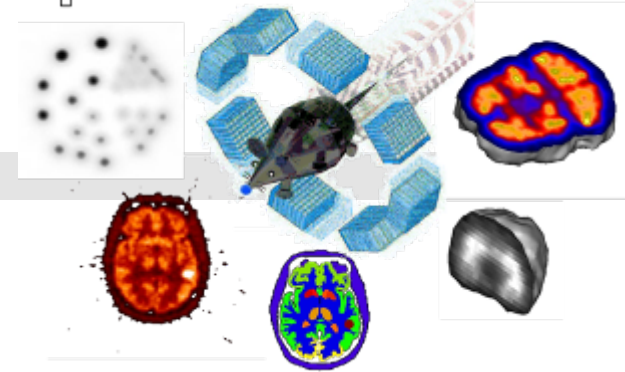
- Desenvolvimento e optimização de métodos de reconstrução;
- Validação de metodologias de correcção;
- Desenvolvimento e optimização do *design* de novos *scanners*;
- Ferramenta de análise quantitativa.

GATE (Geant4 Application for Tomographic Emission)

Objectivos

Modelação e validação de uma plataforma de simulação do sistema microPET FOCUS 220.

Quantificação do movimento respiratório em lesões pulmonares.



O microPET[®] FOCUS 220 no GATE

5

Métodos

Sumário

Introdução

O microPET[®]
FOCUS 220

Fantômas

Protocolo de
simulação

PET em pequenos
animais com
GATE

Quantificação do
movimento
respiratório

Conclusões e
Perspectivas

Descrição completa do scanner...

Geometria

- 4 anéis detectores
- 168 blocos
- 24192 cristais (...)

Materiais

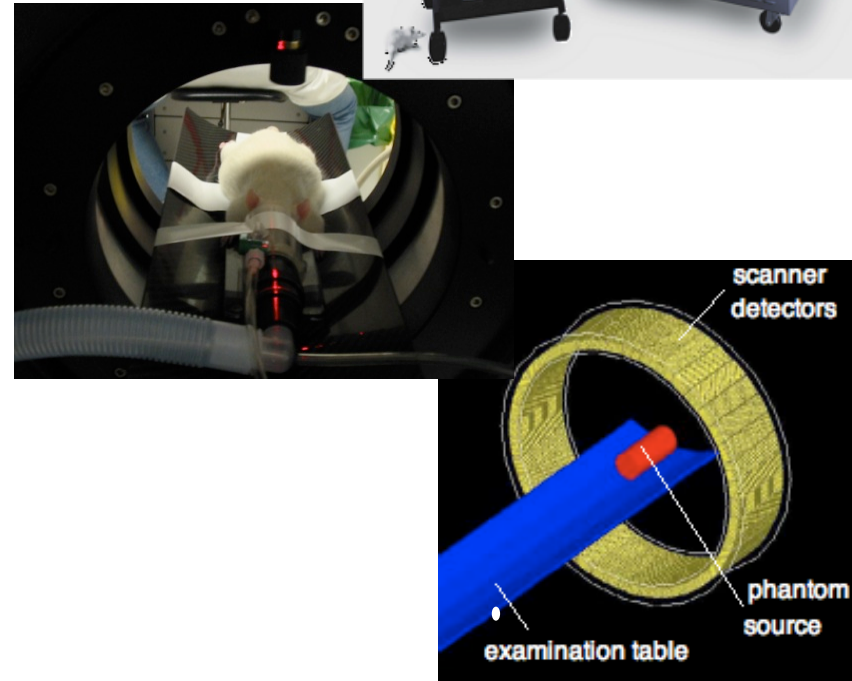
- LSO; carbono; chumbo;...
- Tecidos biológicos

Electrónica

- Tratamento de eventos
- Processador de coincidências
- Transferência de coincidências

Formato de saída

- LMF 48 bits



- FOV radial: 24.2 cm
- FOV axial: 7.6 cm
- Resolução em volume no centro do FOV: 2.5 μ L
- Sensibilidade absoluta no centro do FOV: 3.4%

Jan, S. et al. 2005. "Monte Carlo Simulations of the microPET FOCUS system for small rodents imaging applications". *IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record 3*: 1653-1657.

Fantômas digitais

6

Métodos

Sumário

Introdução

O microPET®
FOCUS 220

Fantômas

Protocolo de
simulação

PET em pequenos
animais com
GATE

Quantificação do
movimento
respiratório

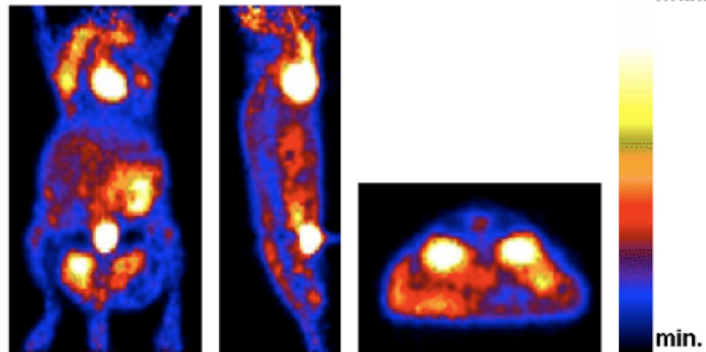
Conclusões e
Perspectivas

Fantôma ^{18}F -fluoride

Gerado a partir de uma aquisição de corpo inteiro:

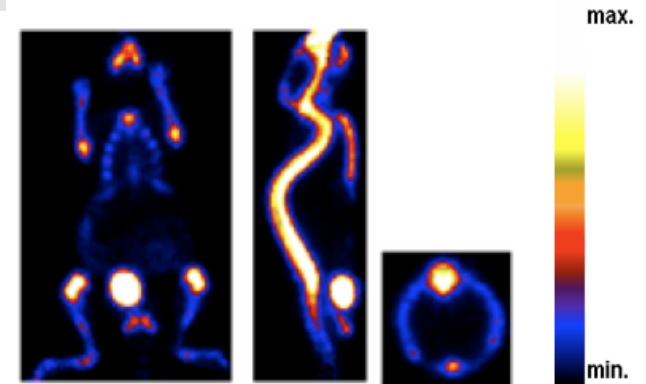
- 400 μCi de ^{18}F -fluoride
- Aquisição 20 minutos após injeção
- 4 frames de 900 s

Fantôma ^{18}F -FDG

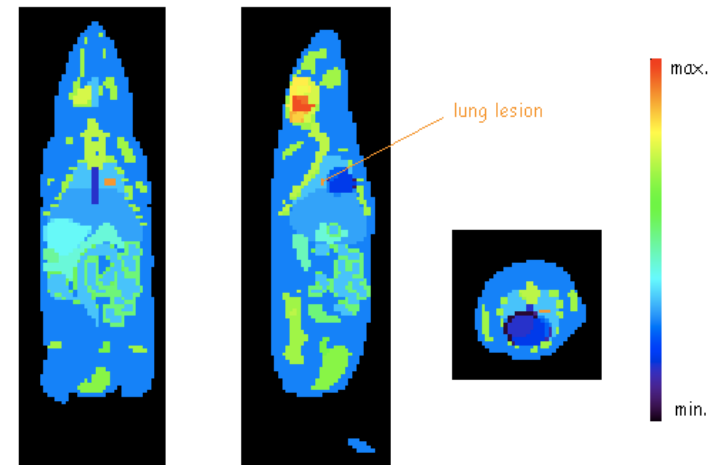


Gerado a partir de uma aquisição de corpo inteiro:

- 220 μCi de [^{18}F]FDG
- 90 minutos de aquisição
- 18 frames (5 de 60 s; 5 de 120 s; 3 de 300 s; 3 de 600 s e 2 de 900 s)



Fantôma MOBY



Baseado em *non-uniform rational B-splines*:

- Mapa de emissão: $[40 \times 40 \times 124]$
- Tamanho do voxel: 500 μm

W. P. Segars, et al., *Molecular Imag. Biol.* 6 (3) (2004) 149.

Protocolo de simulação

7

Métodos

Sumário

Introdução

O microPET®
FOCUS 220

Fantômas

**Protocolo de
simulação**

PET em pequenos
animais com
GATE

Quantificação do
movimento
respiratório

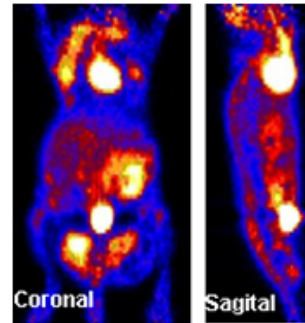
Conclusões e
Perspectivas

Reconstrução OSEM2D

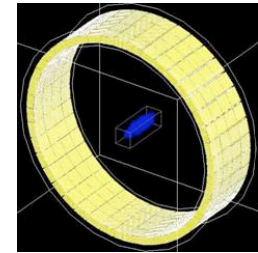


Maximum Intensity Projection (MIP)
resultante da simulação da última
frame de um exame FDG

Distribuição de actividade



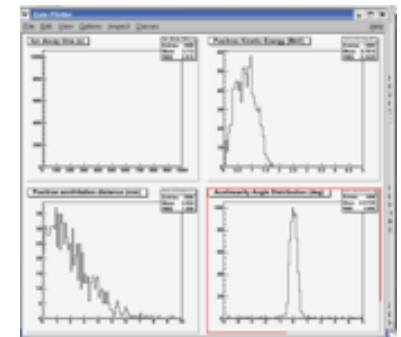
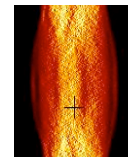
microPET® FOCUS 220



LMF48 bits

Ficheiros ROOT

Fourier Rebinning



Análise de dados

Protocolo de simulação

8

Métodos

Sumário

Introdução

O microPET[®]
FOCUS 220

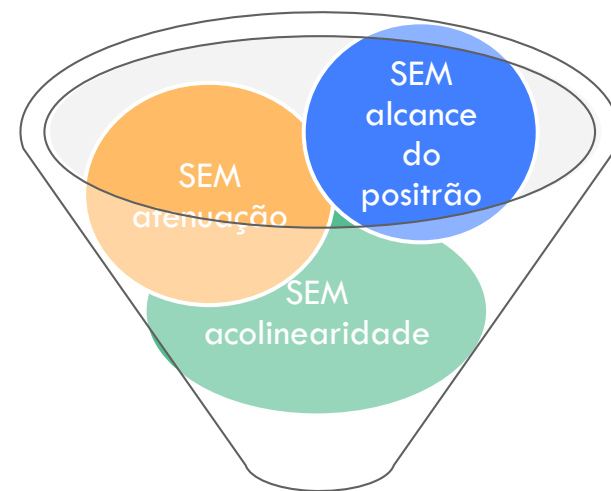
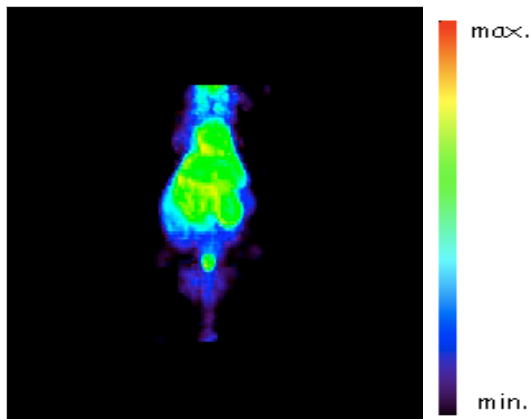
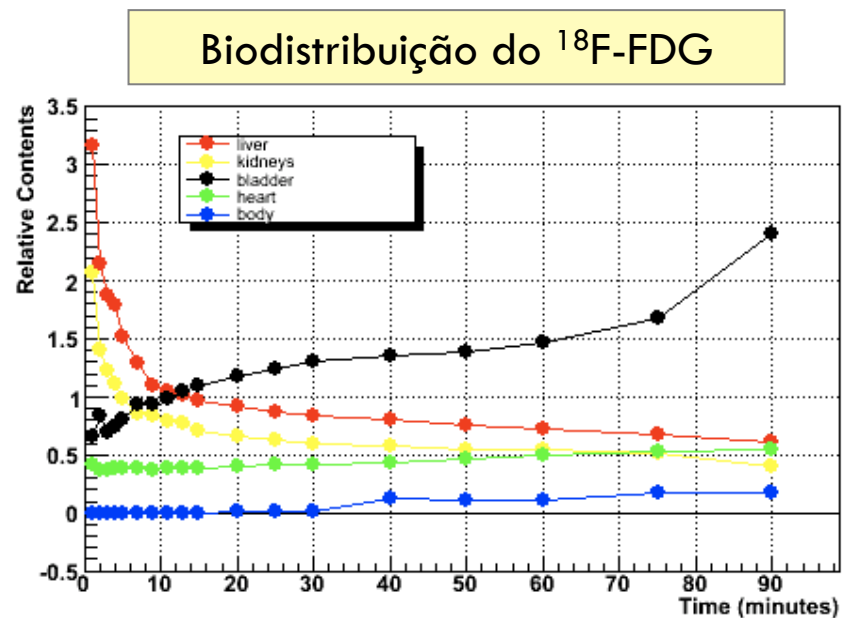
Fantômas

**Protocolo de
simulação**

PET em pequenos
animais com
GATE

Quantificação do
movimento
respiratório

Conclusões e
Perspectivas



Simulações
Gold Standard

Simulação de PET em pequenos animais com GATE

9

Resultados

Sumário

Introdução

O microPET[®]
FOCUS 220

Fantômas

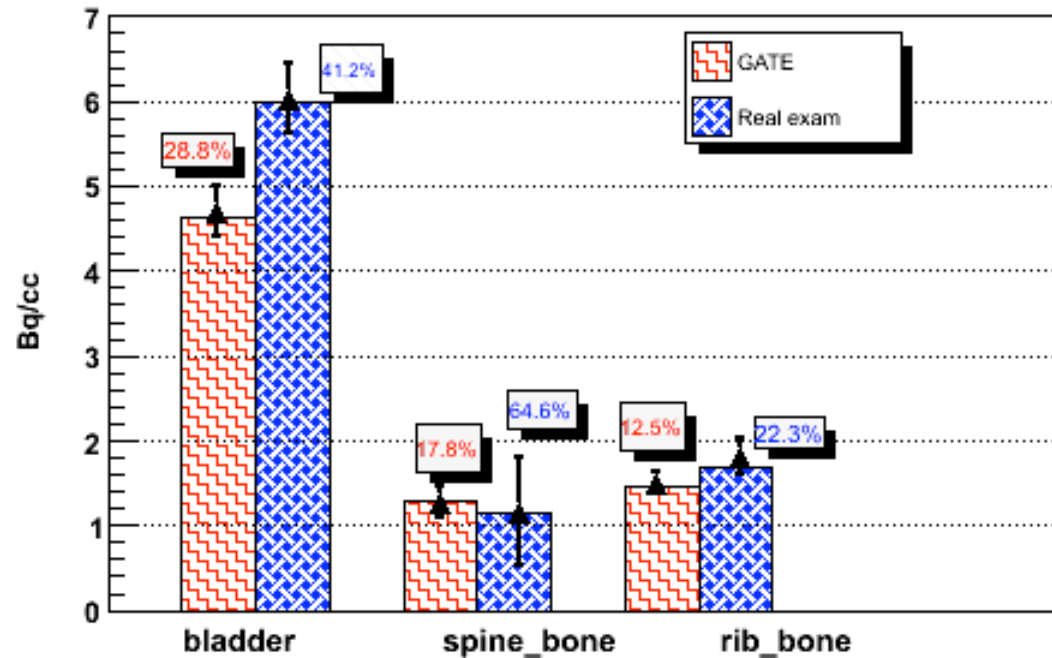
Protocolo de
simulação

**PET em
pequenos
animais com
GATE**

Quantificação do
movimento
respiratório

Conclusões e
Perspectivas

Simulações com ^{18}F -fluoride



max.

min.

Simulação de PET em pequenos animais com GATE

10

Resultados

Sumário

Introdução

O microPET[®]
FOCUS 220

Fantômas

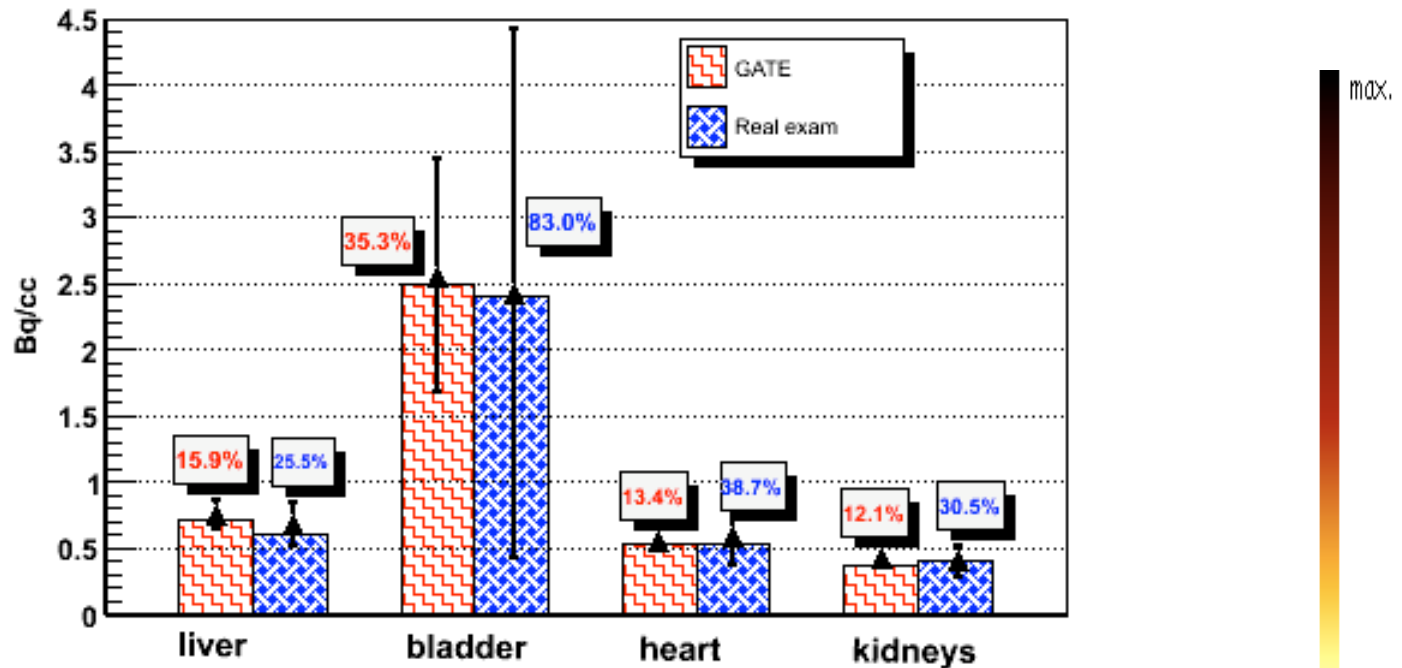
Protocolo de
simulação

**PET em
pequenos
animais com
GATE**

Quantificação do
movimento
respiratório

Conclusões e
Perspectivas

Simulações com ^{18}F -FDG



Simulação de PET em pequenos animais com GATE

11

Resultados

Sumário

Introdução

O microPET®
FOCUS 220

Fantômas

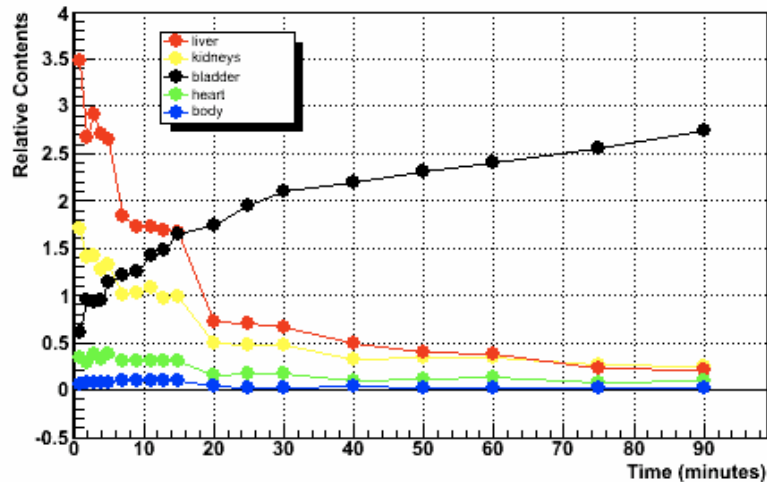
Protocolo de
simulação

PET em
pequenos
animais com
GATE

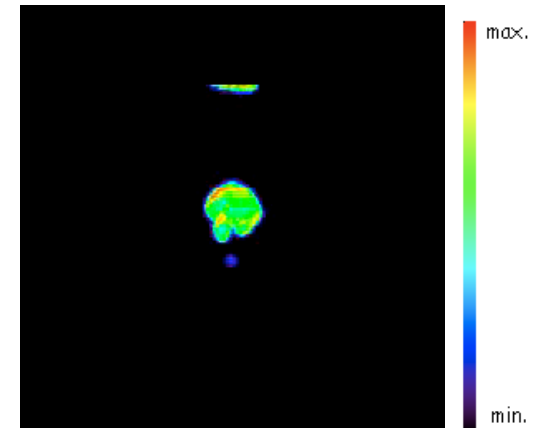
Quantificação do
movimento
respiratório

Conclusões e
Perspectivas

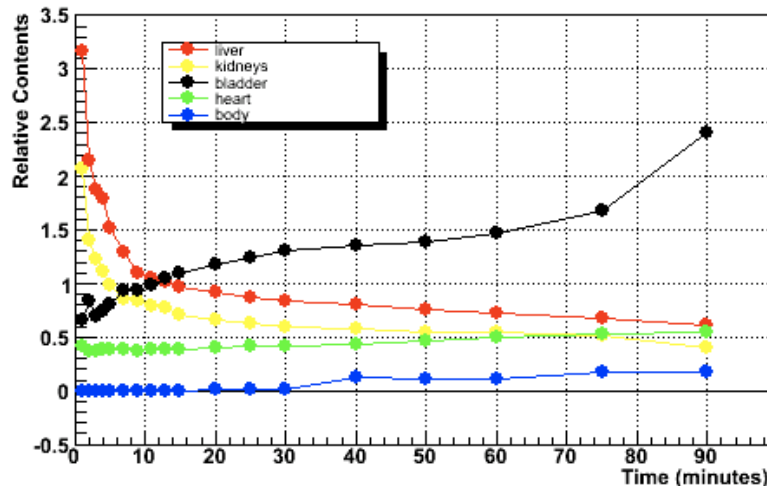
Exame simulado com ^{18}F -FDG → MOBY



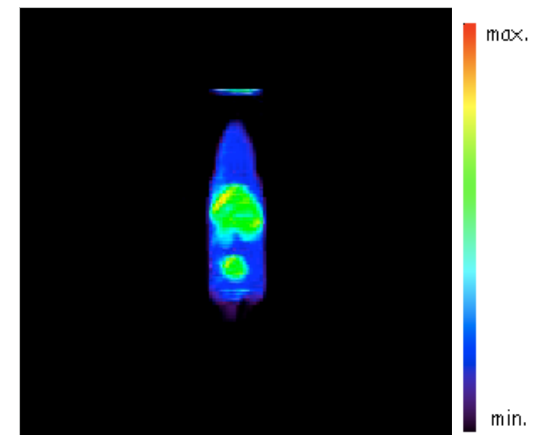
MIP @ primeira frame



Exame real com ^{18}F -FDG



MIP @ última frame



Quantificação do movimento respiratório em lesões pulmonares

12

Resultados

Sumário

Introdução

○ microPET®
FOCUS 220

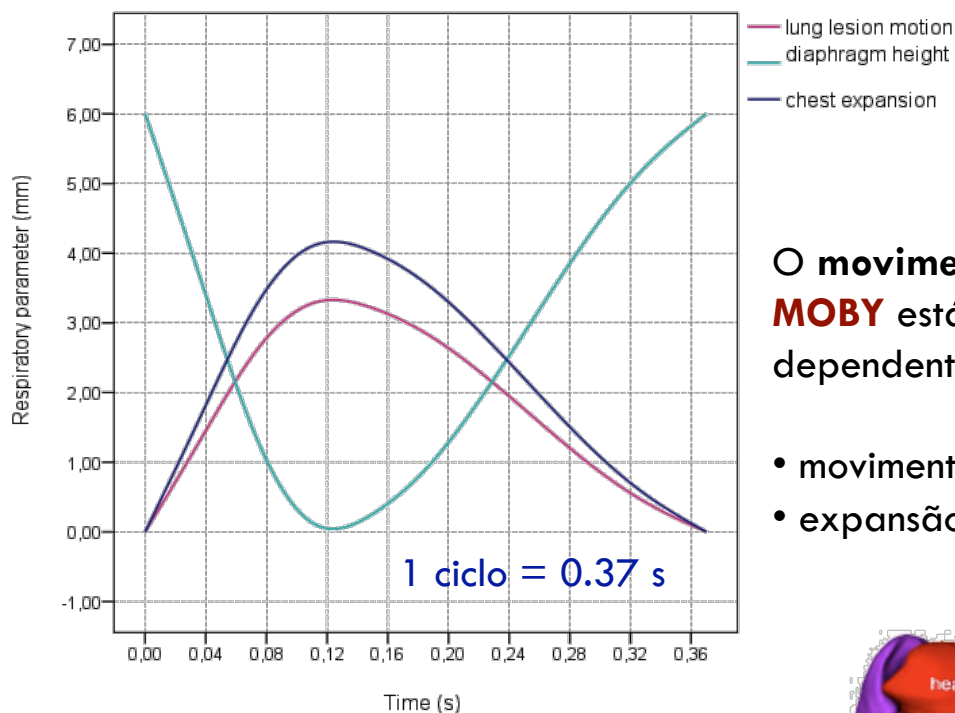
Fantômas

Protocolo de
simulação

PET em pequenos
animais com
GATE

**Quantificação
do movimento
respiratório**

Conclusões e
Perspectivas



O **movimento respiratório** no fantôma **MOBY** está configurado para ser dependente de 2 parâmetros:

- movimento do diafragma (Δ_{diaphr})
- expansão da caixa torácica ($\Delta_{\Delta P}$).

Respiração normal:

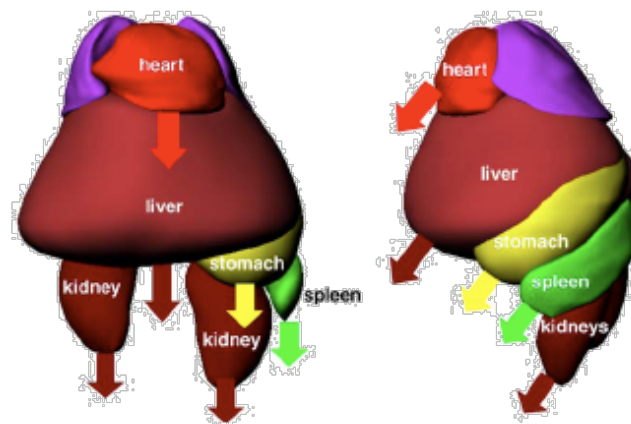
max. $\Delta_{diaphr.} = 1.0$ mm

max. $\Delta_{\Delta P} = 0.7$ mm

Respiração stressante:

max. $\Delta_{diaphr.} = 6.0$ mm

max. $\Delta_{\Delta P} = 4.2$ mm



Quantificação do movimento respiratório em lesões pulmonares

13

Resultados

Sumário

Introdução

O microPET®
FOCUS 220

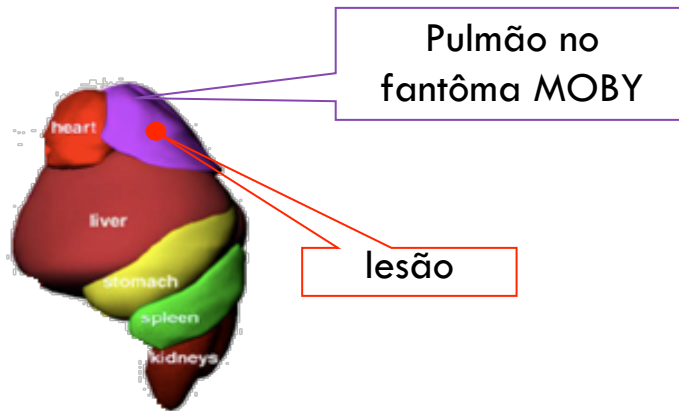
Fantômas

Protocolo de
simulação

PET em pequenos
animais com
GATE

**Quantificação
do movimento
respiratório**

Conclusões e
Perspectivas



Actividade de FDG ($\mu\text{Ci}/\text{cc}$)		Diâmetro lesão (mm)
Lesão	Corpo	
0.1	131	0.75
0.3		
0.5		
0.8		
1.08		
1.35		
2.0		

Análise de dados:

- ✓ resolução espacial \Rightarrow FWHM
- ✓ *Signal-to-Noise Ratio* (SNR)
- ✓ *Contrast-to-Noise Ratio* (CNR)
- ✓ Recuperação em Volume (VR)

background ROIs



lesion ROI



Quantificação do movimento respiratório em lesões pulmonares

14

Resultados

Sumário

Introdução

○ microPET®
FOCUS 220

Fantômas

Protocolo de
simulação

PET em pequenos
animais com
GATE

**Quantificação
do movimento
respiratório**

Conclusões e
Perspectivas

Simulação
estática de uma
lesão pulmonar



Simulação dinâmica
com a inclusão do
movimento de uma
lesão pulmonar



Quantificação do movimento respiratório em lesões pulmonares

15

Resultados

Sumário

Introdução

O microPET[®]
FOCUS 220

Fantômas

Protocolo de
simulação

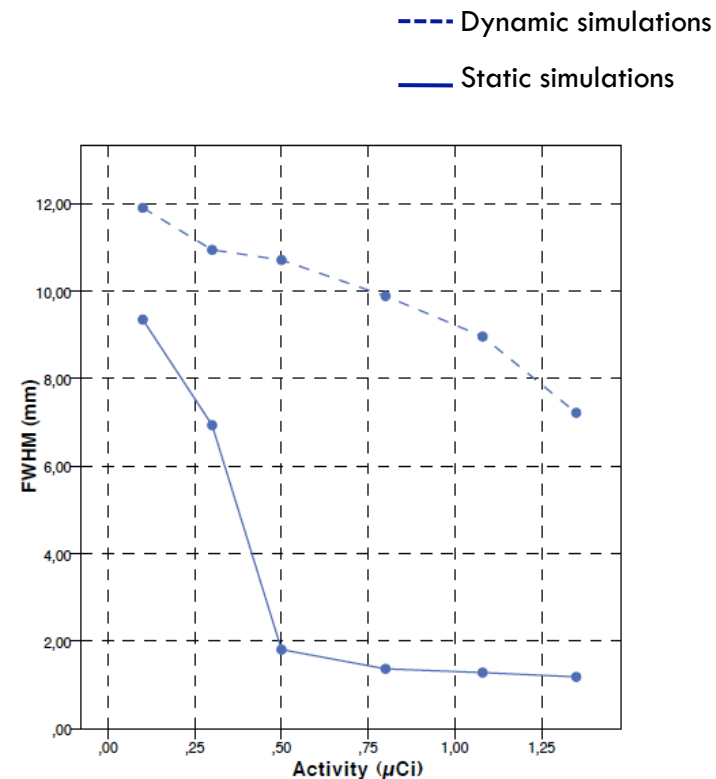
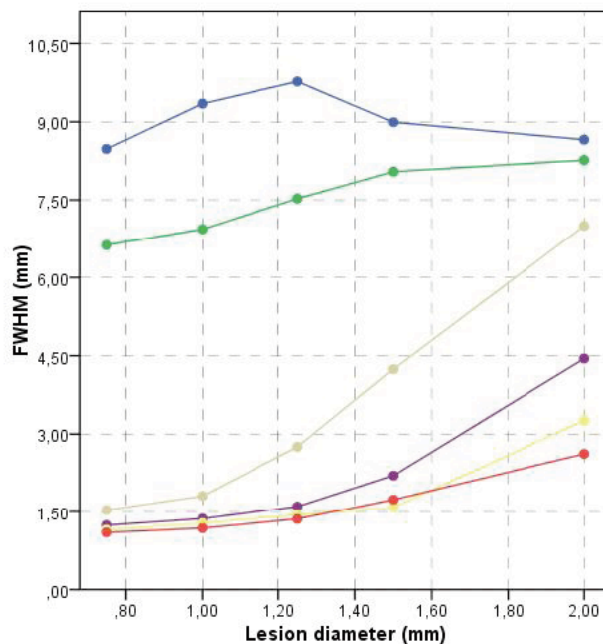
PET em pequenos
animais com
GATE

**Quantificação
do movimento
respiratório**

Conclusões e
Perspectivas

Motion blurring versus resolução espacial

Resultados das simulações estáticas



Resultados das simulações estáticas e dinâmicas para uma lesão pulmonar de 1 mm de diâmetro

Quantificação do movimento respiratório em lesões pulmonares

16

Resultados

Sumário

Introdução

O microPET®
FOCUS 220

Fantômas

Protocolo de
simulação

PET em pequenos
animais com
GATE

**Quantificação
do movimento
respiratório**

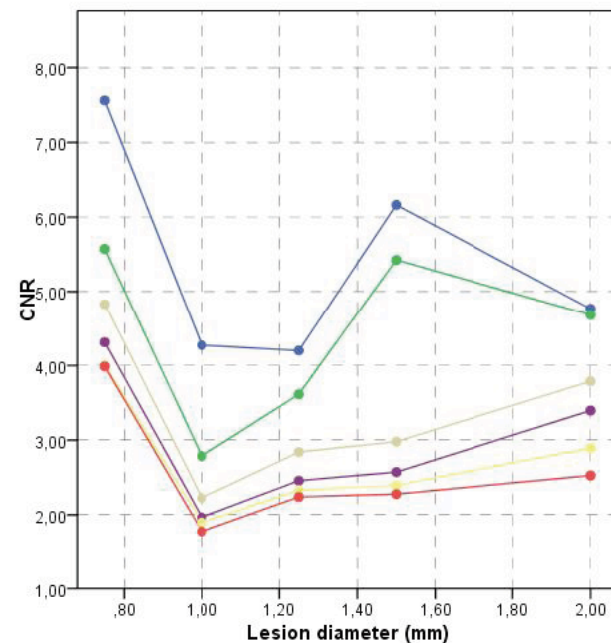
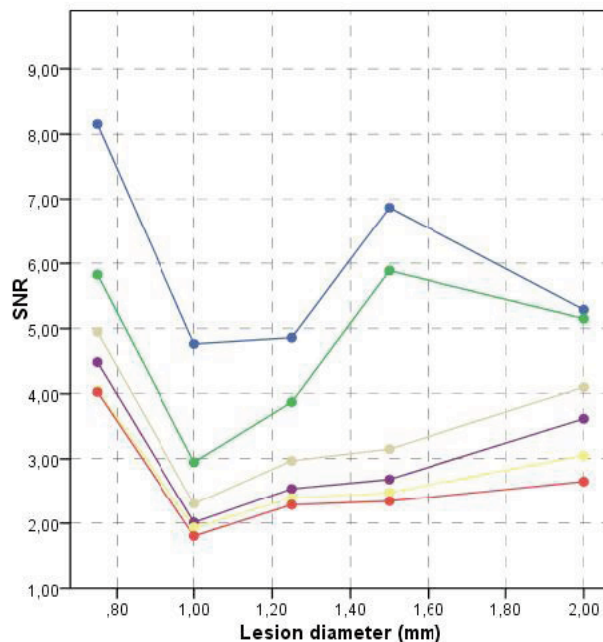
Conclusões e
Perspectivas

Detectabilidade de lesões: *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) e *Contrast-to-Noise Ratio* (CNR)

$$SNR = \frac{T}{\sigma_T}$$

$$CNR = \frac{T - B}{\sqrt{\sigma_T^2 + \sigma_B^2}}$$

Resultados das
simulações estáticas



Quantificação do movimento respiratório em lesões pulmonares

17

Resultados

Sumário

Introdução

O microPET®
FOCUS 220

Fantômas

Protocolo de
simulação

PET em pequenos
animais com
GATE

**Quantificação
do movimento
respiratório**

Conclusões e
Perspectivas

Detectabilidade de lesões: Signal-to-Noise Ratio (SNR) e Contrast-to-Noise Ratio (CNR)

Actividade (μCi)	Simulações estáticas		Simulações dinâmicas	
	CNR	SNR	CNR	SNR
0.1	4.274	4.764	0.213	8.465
0.3	2.785	2.948	2.405	10.975
0.5	2.225	2.303	2.407	8.419
0.8	1.966	2.014	2.920	6.880
1.08	1.897	1.933	2.823	5.117
1.35	1.766	1.803	2.968	4.829

$$SNR = \frac{T}{\sigma_T}$$

$$CNR = \frac{T - B}{\sqrt{\sigma_T^2 + \sigma_B^2}}$$

Resultados das simulações estáticas e dinâmicas para uma lesão pulmonar de 1 mm de diâmetro

Aumento na recuperação do CNR em função do aumento de actividade na lesão.

Valores de SNR sobretimados devido ao ruído de imagem. Este comportamento é evidente para os valores mais baixos de actividade.

Quantificação do movimento respiratório em lesões pulmonares

18

Resultados

Sumário

Introdução

O microPET®
FOCUS 220

Fantômas

Protocolo de
simulação

PET em pequenos
animais com
GATE

**Quantificação
do movimento
respiratório**

Conclusões e
Perspectivas

Recuperação em Volume (VR)

Diâmetro da lesão (mm)	Simulações estáticas	Simulações dinâmicas
0.75	1.629	N/A
1.00	1.120	2.930
1.25	1.098	N/A
1.50	0.987	N/A
2.00	0.995	N/A

$$VRC = \frac{V_{measured}}{V_{true}}$$

Resultados das simulações estáticas e dinâmicas para uma lesão pulmonar de 1 mm de diâmetro

Nas aquisições estáticas, os valores de VR rondam o valor 1.0, à excepção da lesão de menor diâmetro.

Nas aquisições dinâmicas, O VR é sobrestimado devido ao efeito de blurring provocado pelo movimento.

Nota: N/A - "not available" – os valores de VR não foram possíveis de quantificar devido aos efeitos de *blurring* e *smearing* resultantes do movimento respiratório.

Conclusões e Perspectivas

19

Sumário

Introdução

O microPET®
FOCUS 220

Fantômas

Protocolo de
simulação

PET em pequenos
animais com
GATE

Quantificação do
movimento
respiratório

**Conclusões e
Perspectivas**

- A perda de sinal depende tanto do tamanho da lesão como da captação de FDG.
- Nas simulações estáticas, os coeficientes de recuperação foram influenciados pelo efeito de volume parcial para os tamanhos mais reduzidos de lesão.
- O aumento de contraste na lesão produz um aumento significativo no desvio padrão da média do sinal recuperado, resultando numa diminuição no CNR e no SNR.
- O efeito de volume parcial é dominante nas lesões mais pequenas (diâmetro < 1.0 mm) devido à resolução do sistema FOCUS, tanto nas simulações 3D como nas 4D.
- Para baixas concentrações de FDG (< 0.5 μCi) existe uma dificuldade inerente em quantificar a recuperação de sinal nas lesões, comprometendo a quantificação dos dados.

VI Encontro Nacional das Ciências e Tecnologias da Saúde

QUANTIFICAÇÃO DO MOVIMENTO RESPIRATÓRIO EM LESÕES PULMONARES DE IMAGENS MICROPET

Susana Branco Silva - ESTeSL