

**Project and Uses of PET Scan**

**LAS ANS SYMPOSIUM 2005**

**Sérgio Altino de Almeida**

Hospital Samaritano - Clínica Radiológica Luiz Felipe Mattoso

Rio de Janeiro - Junho - 2005

**Geração e Interpretação das Imagens**

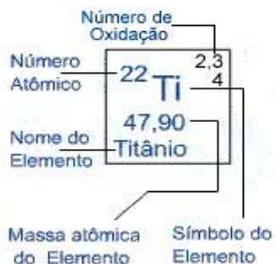
“PET é uma tecnologia de imagem que mede e quantifica processos bioquímicos”

Dr. Michael Phelps

# Isótopos emissores de pósitrons

**Tabela Periódica dos Elementos Químicos**  
**QuiPROCURA**  
www.quimicos.cjb.net

1 1A																																				18 0																	
1 H <sup>+1</sup> 1,008 Hidrogênio																		2 He 4,003 Hélio																																			
2 2A																		3A		4A		5A		6A		7A		2 He 4,003 Hélio																									
3 Li 6,94 Lítio		4 Be 9,01 Berílio																		5 B 10,81 Boro								10 Ne 20,18 Neônio																									
11 Na 22,99 Sódio		12 Mg 24,31 Magnésio		3B			4B		5B			6B		7B			8B			11 B 10,81 Boro		12 C 12,01 Carbono		13 Al 26,98 Alumínio		14 Si 28,09 Silício		15 P 30,97 Fósforo		16 S 32,07 Enxofre		17 Cl 35,45 Cloro		18 Ar 39,95 Argônio																			
19 K 39,10 Potássio		20 Ca 40,08 Cálcio		21 Sc 44,96 Escândio		22 Ti 47,90 Titânio		23 V 50,94 Vanádio		24 Cr 52,00 Cromo		25 Mn 54,94 Manganês		26 Fe 55,85 Ferro		27 Co 58,93 Cobalto		28 Ni 56,69 Níquel		29 Cu 63,55 Cobre		30 Zn 65,39 Zinco		31 Ga 69,72 Gálio		32 Ge 72,61 Germano		33 As 74,92 Arsênio		34 Se 78,96 Selênio		35 Br 79,90 Bromo		36 Kr 83,80 Criptônio																			
		38 Sr 87,62 Estrôncio		39 Y 88,91 Ítrio		40 Zr 91,22 Zircônio		41 Nb 92,91 Nióbio		42 Mo 95,94 Molibdênio		43 Tc 98,91 Técnetio		44 Ru 101,07 Rutênio		45 Rh 102,91 Ródio		46 Pd 106,42 Paládio		47 Ag 107,87 Prata		48 Cd 112,41 Cádmio		49 In 114,82 Índio		50 Sn 118,71 Estanho		51 Sb 121,75 Antimônio		52 Te 127,60 Telúrio		53 I 126,90 Iodo		54 Xe 131,29* Xenônio																			
55 Cs 132,91 Césio		56 Ba 137,33 Bário		La - Lu		72 Hf 178,49 Háfnio		73 Ta 180,95 Tântalo		74 W 183,85 Tungstênio		75 Re 186,21 Rênio		76 Os 190,20 Ósmio		77 Ir 192,22 Írídio		78 Pt 195,08 Platina		79 Au 196,97 Ouro		80 Hg 200,59 Mercúrio		81 Tl 204,38 Tlúcio		82 Pb 207,19 Chumbo		83 Bi 208,98 Bismuto		84 Po 209 Polônio		85 At 209 Astato		86 Rn 222,02* Radônio																			
87 Fr 223,02* Frâncio		88 Ra 226,03* Rádio		Ac - Lr		104 Db 261,11* Dúbrio		105 Jt 262,11* Jolótio		106 Rf 263,12* #		107 Bh 262,12* Bóhrio		108 Hn 265,10* Hâhnio		109 Mt 265,10* Meitnério		110 Uun ## #		# - Rutherfordório		## - Un-un-Ilíum		### - Praseodímio		* - massa molar do isótopo mais estável																											



57 La 138,91 Lantânio	58 Ce 140,11 Cério	59 Pr 140,91 Praseodímio	60 Nd 144,24 Neodímio	61 Pm 144,91* Promécio	62 Sm 150,36 Samário	63 Eu 151,97 Európio	64 Gd 157,25 Gadolínio	65 Tb 158,93 Térbio	66 Dy 162,50 Disprósio	67 Ho 164,93 Hólmio	68 Er 167,26 Érbio	69 Tm 168,93 Tulúio	70 Yb 173,04 Ítrbio	71 Lu 174,97 Lutécio
89 Ac 227,03* Actínio	90 Th 232,04 Tório	91 Pa 231,04* Protactínio	92 U 238,05* Urânio	93 Np 237,05* Neptúnio	94 Pu 244,06* Plutônio	95 Am 243,06* Americio	96 Cm 247,07* Cúrio	97 Bk 247,07* Berquélio	98 Cf 247,07* Califórnia	99 Es 252,08* Einstênio	100 Fm 257,10* Férmio	101 Md 258,10* Mendelévio	102 No 259,10* Nóbélio	103 Lr 260,11* Laurêncio

cinza: elementos artificiais    preto: elementos líquidos à temperatura ambiente

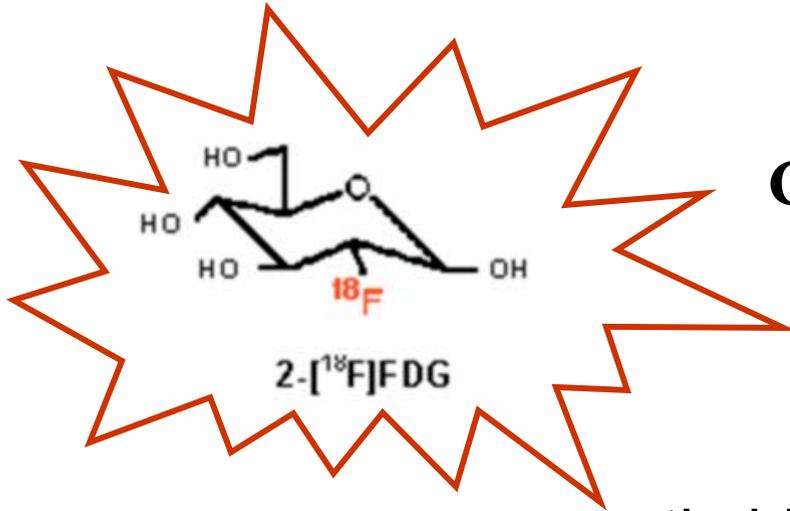
vermelho: elementos gasosos à temperatura ambiente

feito por Miguel

• **pósitrons**

**raios gama**

# RADIOFÁRMACOS PRODUZIDOS POR ISÓTOPOS EMISSORES DE PÓSITRONS



CO[<sup>15</sup>O]

palmitato[<sup>11</sup>C]

timidina[<sup>11</sup>C]

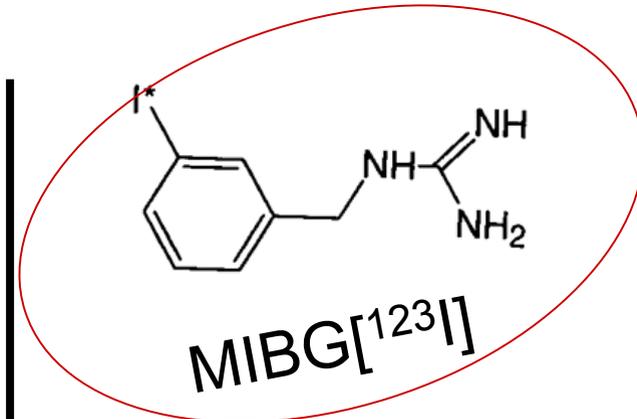
metionina[<sup>13</sup>N]

H<sub>2</sub>O[<sup>15</sup>O]

butirofenonas[<sup>11</sup>C]

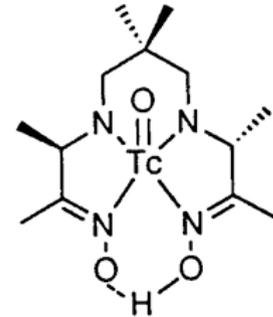
NH<sub>3</sub>[<sup>13</sup>N]

• **emissores de pósitrons**



MIBG[<sup>123</sup>I]

<sup>201</sup>Tl



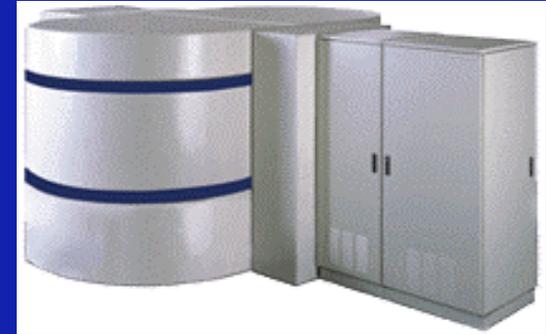
Tc-HMPAO

MDP-<sup>99m</sup>Tc

**MN convencional**

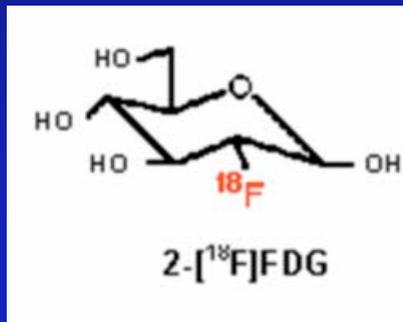
# Isótopos Emissores de Pósitrons

Meia vida ultra curta	
Isótopo	T <sub>1/2</sub> (minutos)
<sup>11</sup> C	20
<sup>13</sup> N	10
<sup>15</sup> O	2
<sup>18</sup> F	110

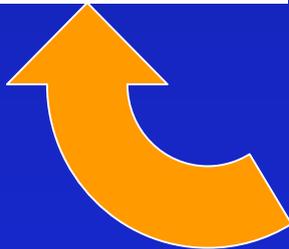


Cíclotron – CTI 111

## Produção de FDG [<sup>18</sup>F]



Cíclotron – CTI 111

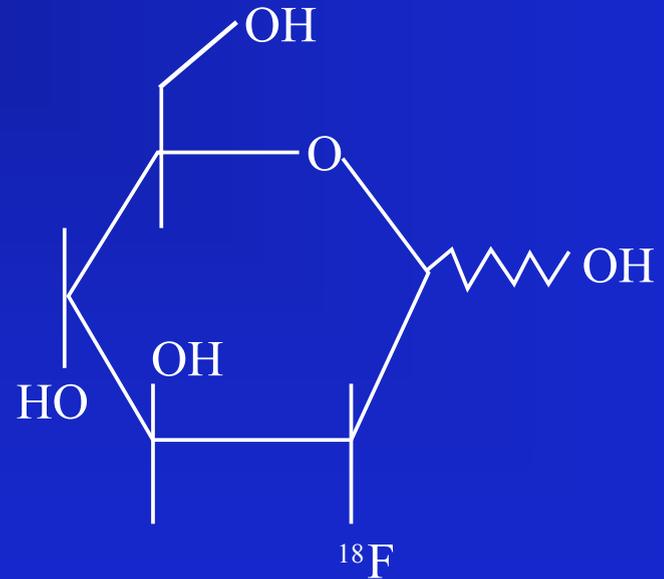


# Do Paciente à Imagem



PET-CT Biograph 2: Fusão simultânea da anatomia com a função

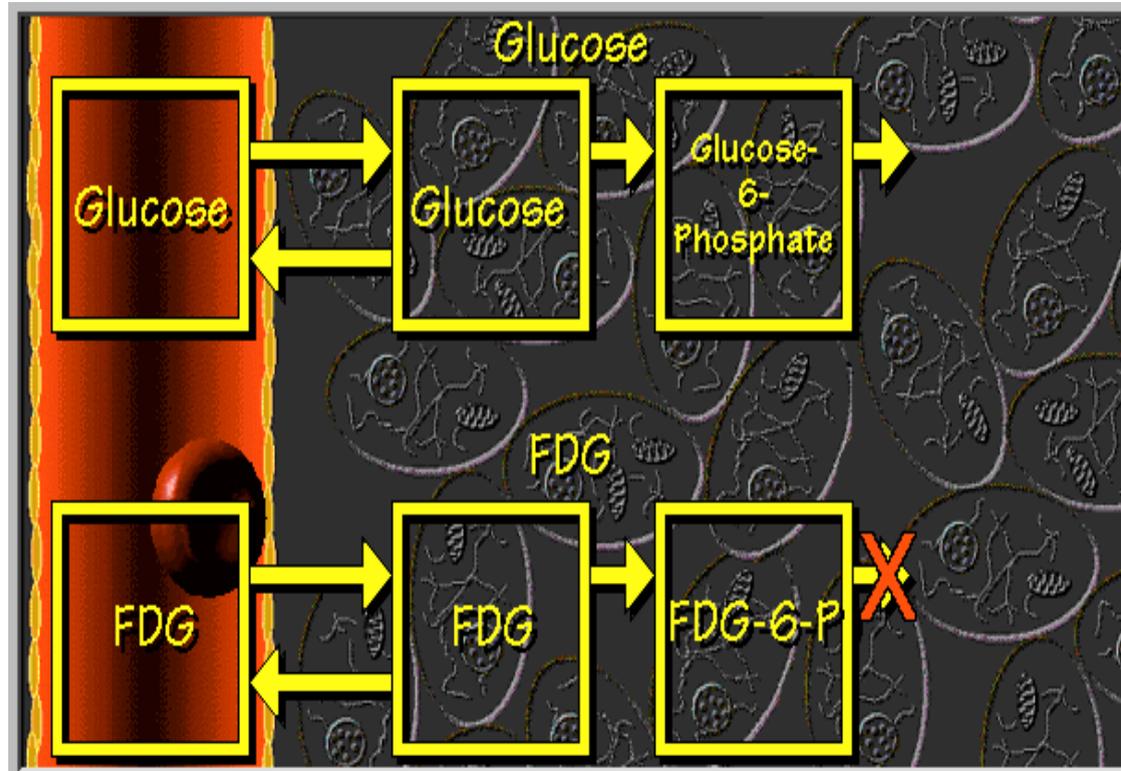
## Fluordesoxiglicose (FDG) Marcada com Flúor-18



**FDG<sup>[18F]</sup>**

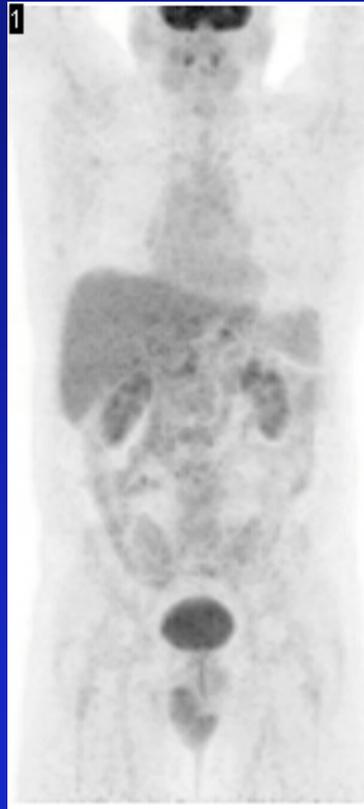
# O Metabolismo da FDG[<sup>18</sup>F]

- A captação de FDG[<sup>18</sup>F] representa a atividade glicolítica do tecido estudado
  - Transportadores de glicose (Glut-1)
  - Hexokinase
  - Glicose-6-fosfatase



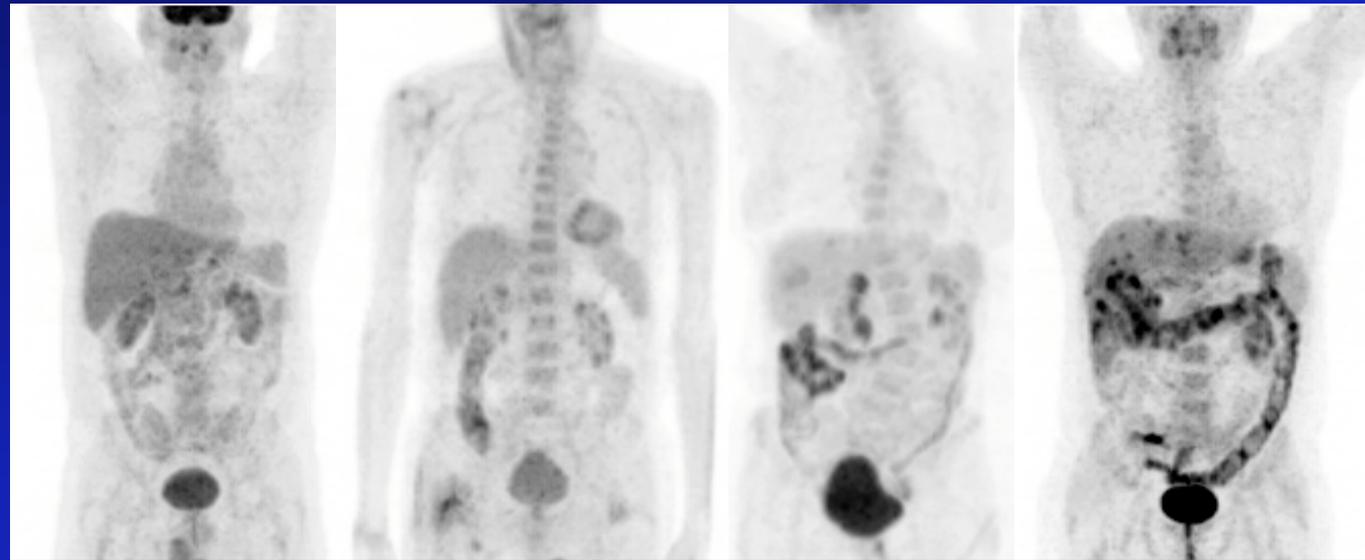
# Geração e Interpretação das Imagens

## Biodistribuição Normal do FDG [ $^{18}\text{F}$ ]

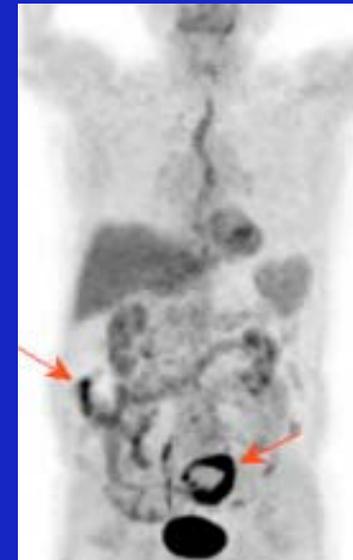


# Geração e Interpretação das Imagens

## Biodistribuição do FDG[<sup>18</sup>F]



MIP de quatro pacientes: Diferentes padrões de captação fisiológica do FDG[<sup>18</sup>F] em alças intestinais



MIP: Paciente com retocolite ulcerativa

# Indicações Aprovadas Pelo *Medicare & Medicaid* Para o Estudo com FDG[<sup>18</sup>F]

- Oncologia:
    - Nódulo pulmonar solitário
    - Câncer de pulmão - não pequena células
    - Câncer de esôfago
    - Câncer coloretal
    - Linfoma
    - Melanoma
    - Câncer de cabeça e pescoço
  - Câncer de mama
  - Câncer de tireóide
  - Cardiologia
    - Pesquisa de viabilidade
  - Neurologia
    - Localização de foco epiléptico refratário a tratamento
    - Diagnóstico de demências
- Continua...

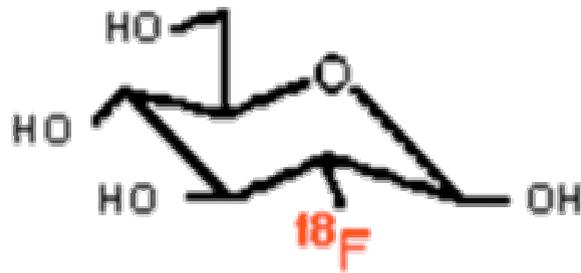
# Aplicações Clínicas

## Oncologia

### Neuropsiquiatria

- **Cardiologia**

## 2-[<sup>18</sup>F]- Fluorodeoxiglicose na oncologia



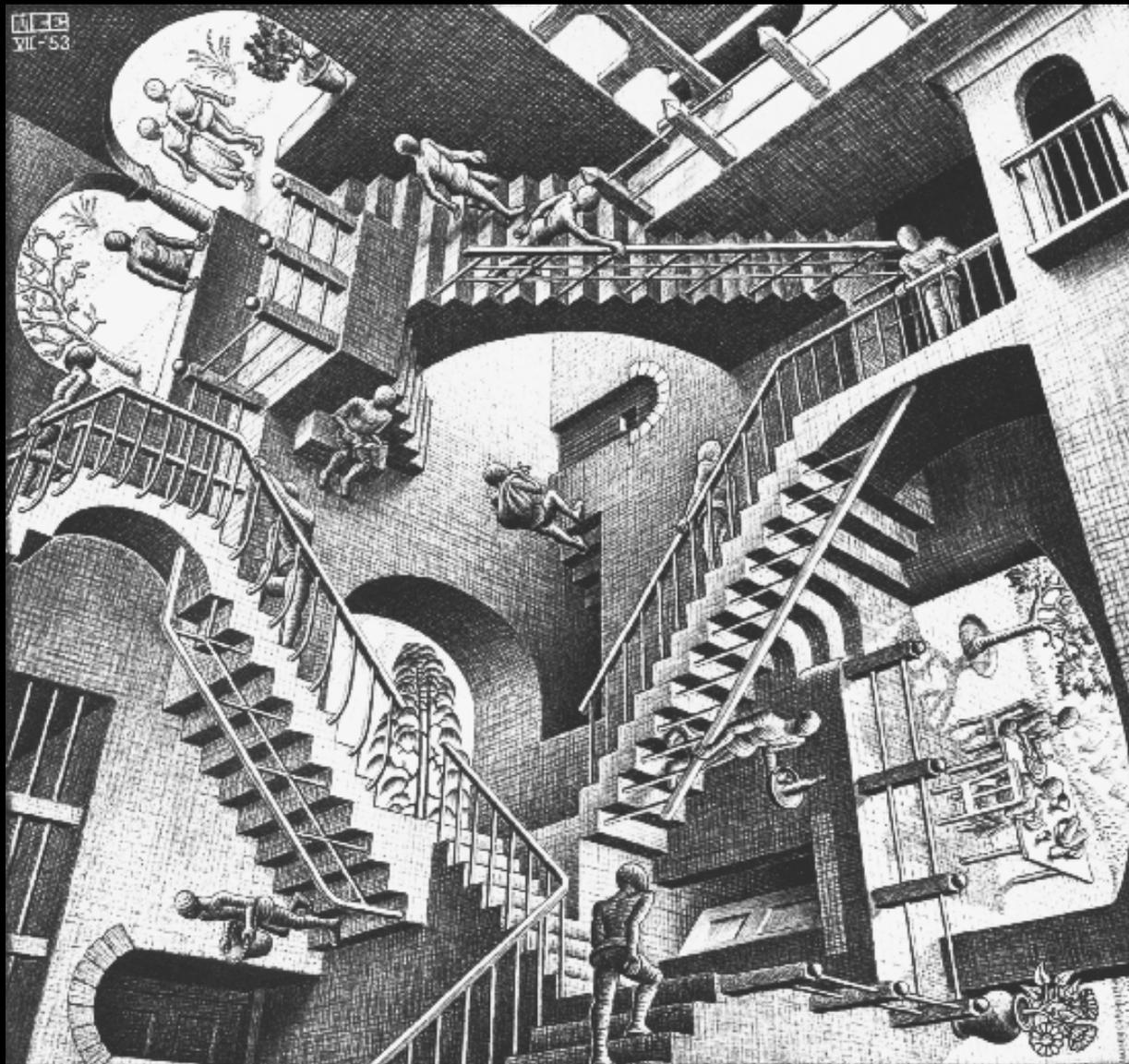
“Células tumorais apresentam um aumento do metabolismo glicolítico”

*Warburg et al. em 1925*

# FDG[18F] na Oncologia

- A caracterização do comportamento metabólico das lesões nos permite:
  - Identificar lesões que são ocultas quando avaliadas por outros métodos de imagem
  - Diferenciar as massas benignas das malignas independente do seu tamanho
    - Identificar neoplasia em linfonodos menores que 1 cm
  - Diferenciar recidiva tumoral de fibrose em massas residuais após o tratamento por RT ou QT
  - Avaliar precocemente a resposta terapêutica
    - As alterações metabólicas antecedem as alterações anatômicas
- Estudo de corpo inteiro

1111  
VII-53



# FDG[<sup>18</sup>F] na Oncologia

- Principais limitações
- Falsos negativos:
  - Tumores que apresentam baixa retenção do FDG[<sup>18</sup>F]
  - Micrometástases e lesões muito pequenas
- Falsos positivos:
  - Aumento do metabolismo glicolítico em lesões tumorais benignas
  - Processos inflamatórios e infecciosos
  - Sítios de distribuição fisiológica do FDG[<sup>18</sup>F]

# FDG[<sup>18</sup>F] na Oncologia

- Rastreamento e diagnóstico
- Estadiamento (TNM)
  - Tumor primário
  - Acometimento linfonodal
  - Metástase
- Pesquisa de recidivas
- Avaliação da resposta terapêutica
- Valor prognóstico do grau de captação do FDG[<sup>18</sup>F]

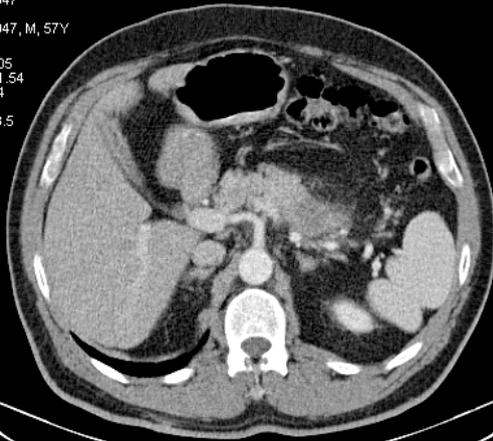
# PET-CT: Câncer de Pâncreas

22309  
\*9/12/1947  
M, 57Y  
\*9/12/1947, M, 57Y

2/18/2005  
13:09:31.54  
3 IMA 24

SP F178.5

R



Emotion Duo  
VA47C  
HFS

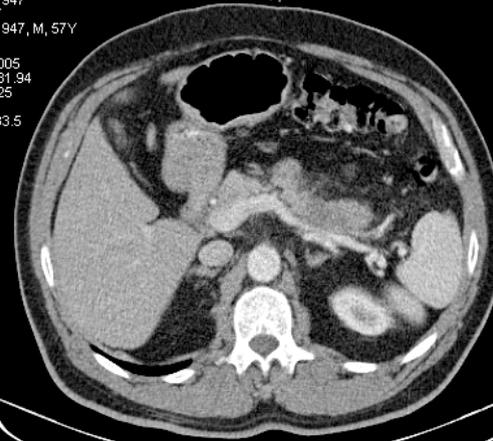
22309  
\*9/12/1947  
M, 57Y  
\*9/12/1947, M, 57Y

2/18/2005  
13:09:31.94  
3 IMA 25

SP F183.5

R

10cm

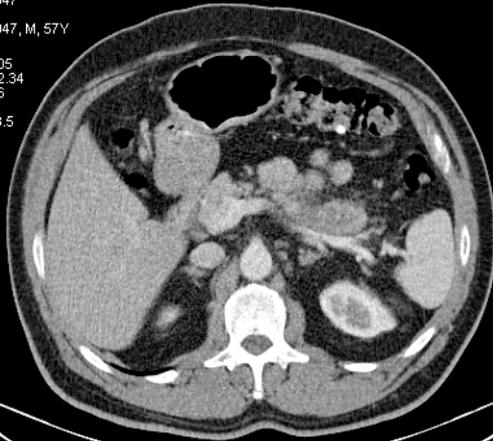


\*9/12/1947  
M, 57Y  
\*9/12/1947, M, 57Y

2/18/2005  
13:09:32.34  
3 IMA 26

SP F188.5

R



Emotion Duo  
VA47C  
HFS

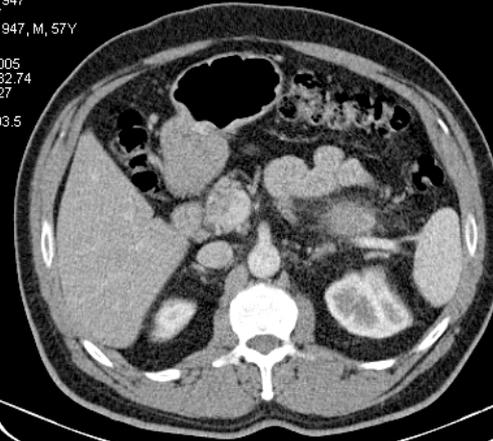
\*9/12/1947  
M, 57Y  
\*9/12/1947, M, 57Y

2/18/2005  
13:09:32.74  
3 IMA 27

SP F193.5

R

10cm



kV 130

kV 130

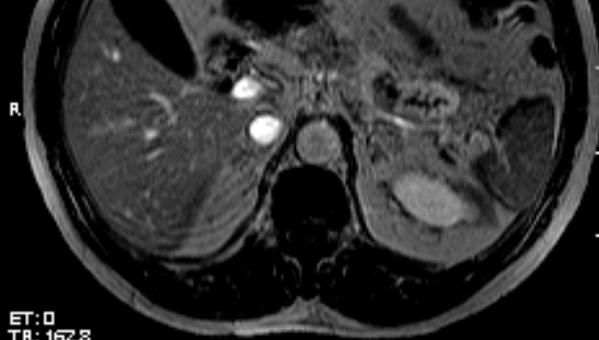
- caso: masc., 57a, pancreatite focal.
- estudos TC, RM, PET-CT, EUSG com biópsia

ABDOME>>>> CONTRASTE  
Se: 1001/12  
Im: 26/24  
Ax: 06.1

M 55941  
Acc:  
2005 Feb 19

256 x 256

Mag: 1.0x



ET: 0  
TR: 162.8  
TE: 8.0  
Syn-body  
7.0thk/2.5sp  
W:40 L:30

DFOV: 38.5 x 38.5cm

Se: 601/12  
Im: 19/36  
Ax: 118.8

Acc:  
2005 Feb 19

512 x 512

Mag: 1.0x

R

ET: 23  
TR: 1800.0  
TE: 90.0  
Syn-body  
5.0thk/2.4sp  
W:60 L:30

P

DFOV: 42.0 x 42.0cm

ABDOME>>>> AXI/T2  
Se: 501/12  
Im: 26/50  
Ax: 114.8

M 55941  
Acc:  
2005 Feb 19

512 x 512

Mag: 1.0x

R

ET: 21  
TR: 1800.0  
TE: 90.0  
Syn-body  
4.0thk/1.4sp  
W:75 L:37

DFOV: 42.0 x 42.0cm

ABDOME>>>> COR/T2  
Se: 701/12  
Im: 14/25  
Cor: A5.2

M 55941  
Acc:  
2005 Feb 19

512 x 512

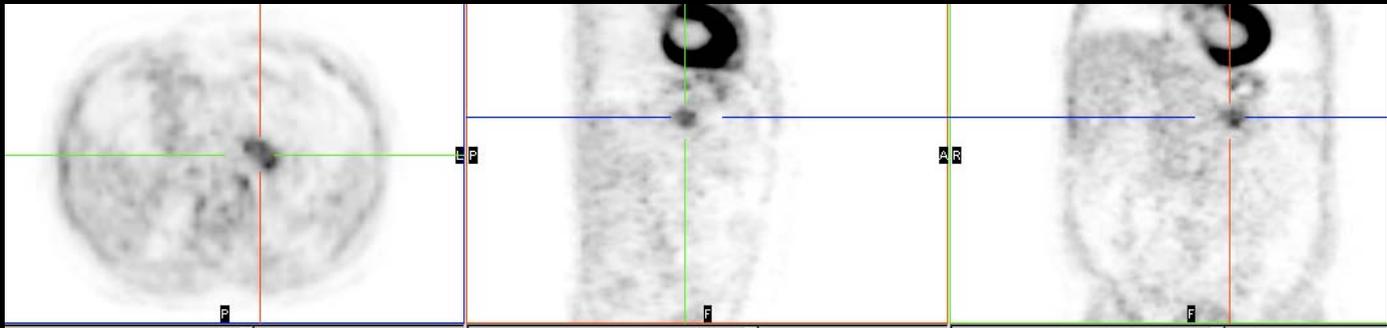
Mag: 1.0x

R

ET: 22  
TR: 1800.0  
TE: 90.0  
Syn-body  
5.0thk/0.5sp  
W:66 L:39

I

DFOV: 38.0 x 38.0cm

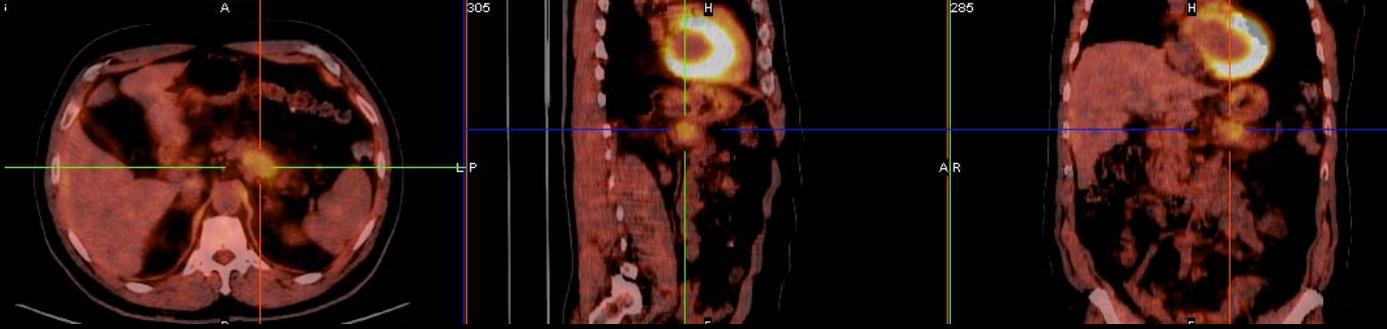


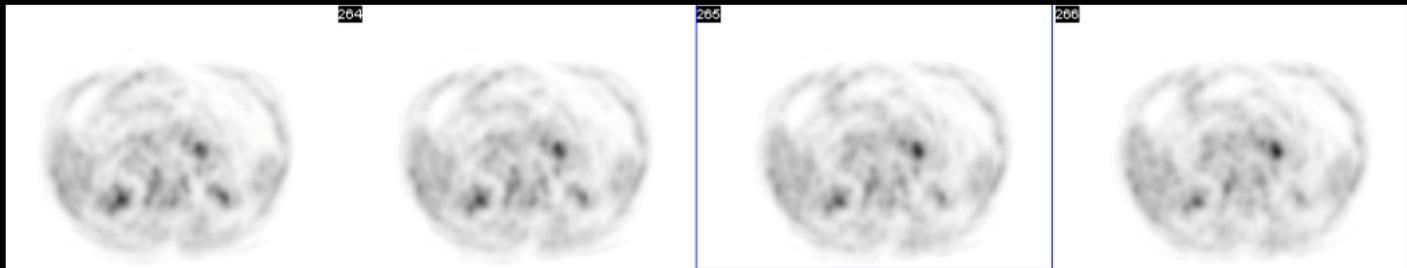
Spiral 5.0 B30s



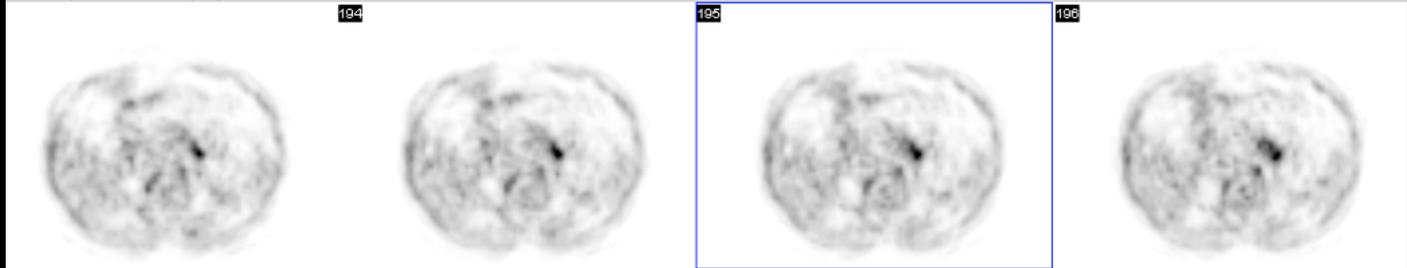
T WB 2 h [Transformed Object]

CT Spiral 5.0

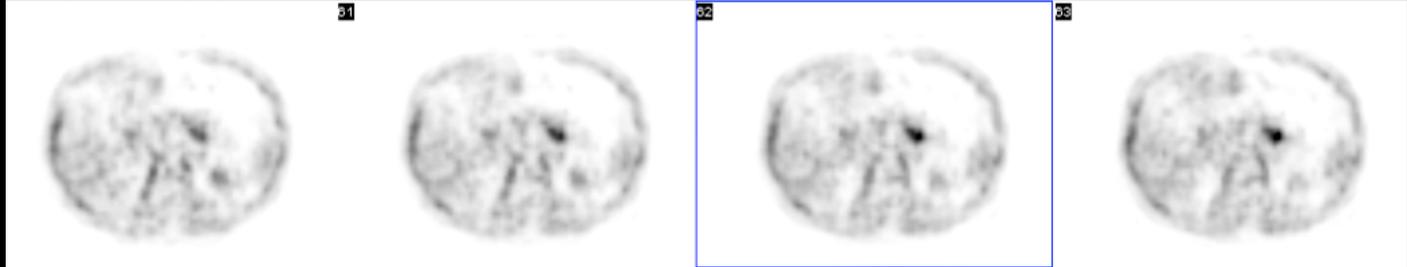




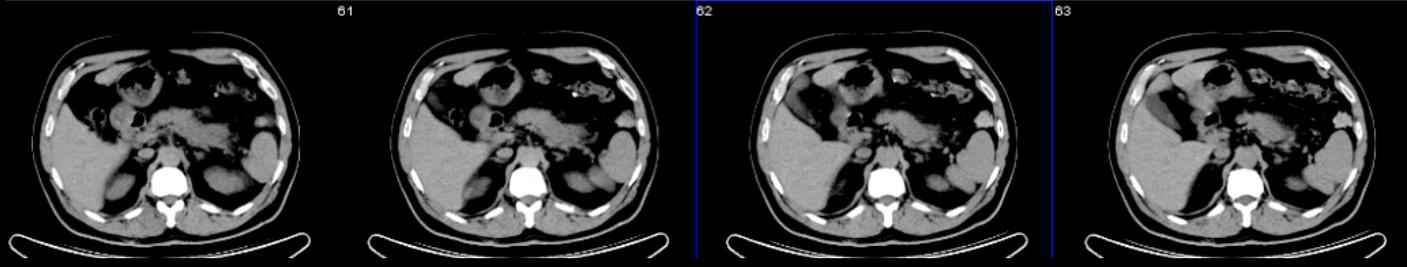
WB 2 h [Transformed Object]

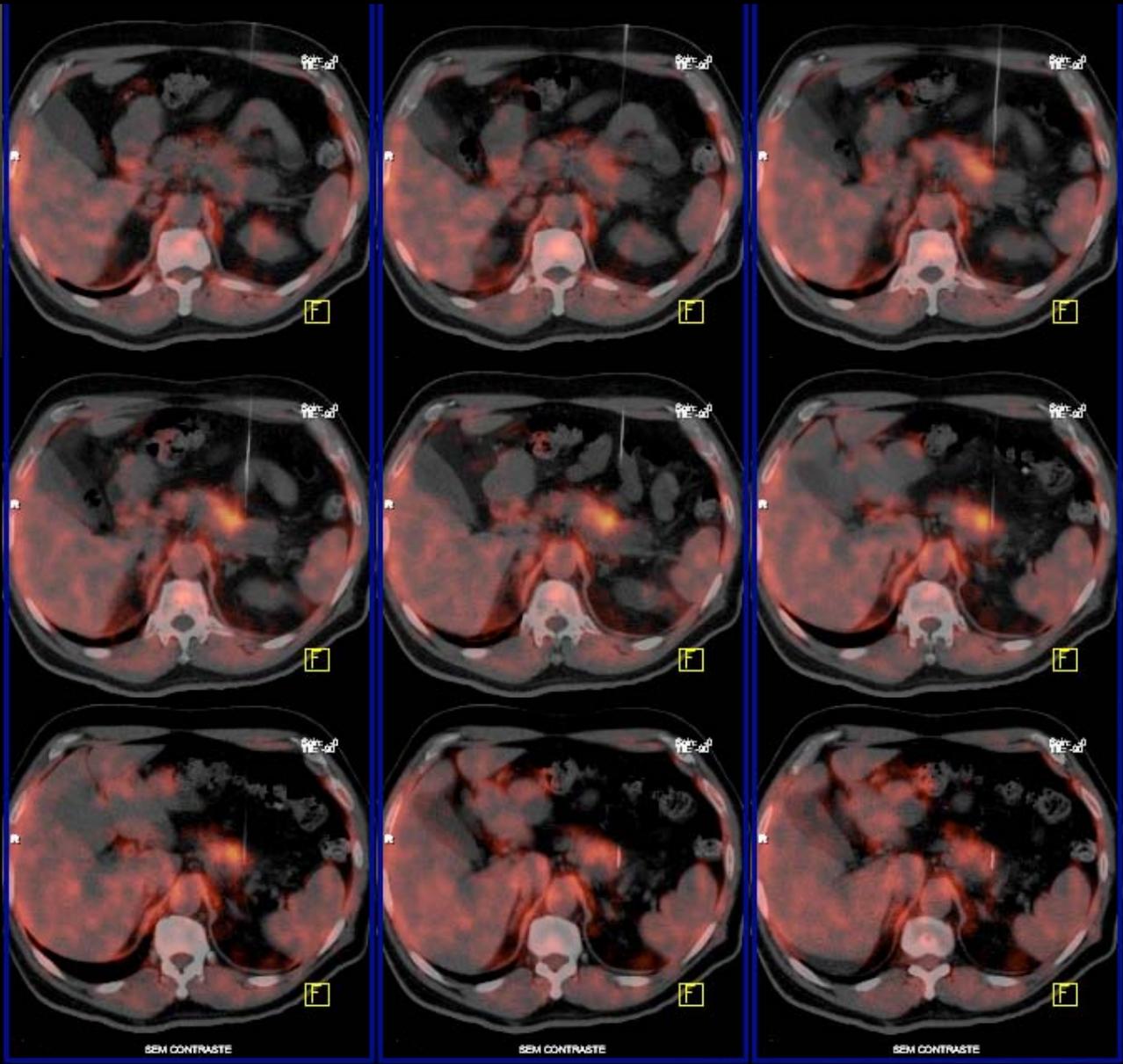


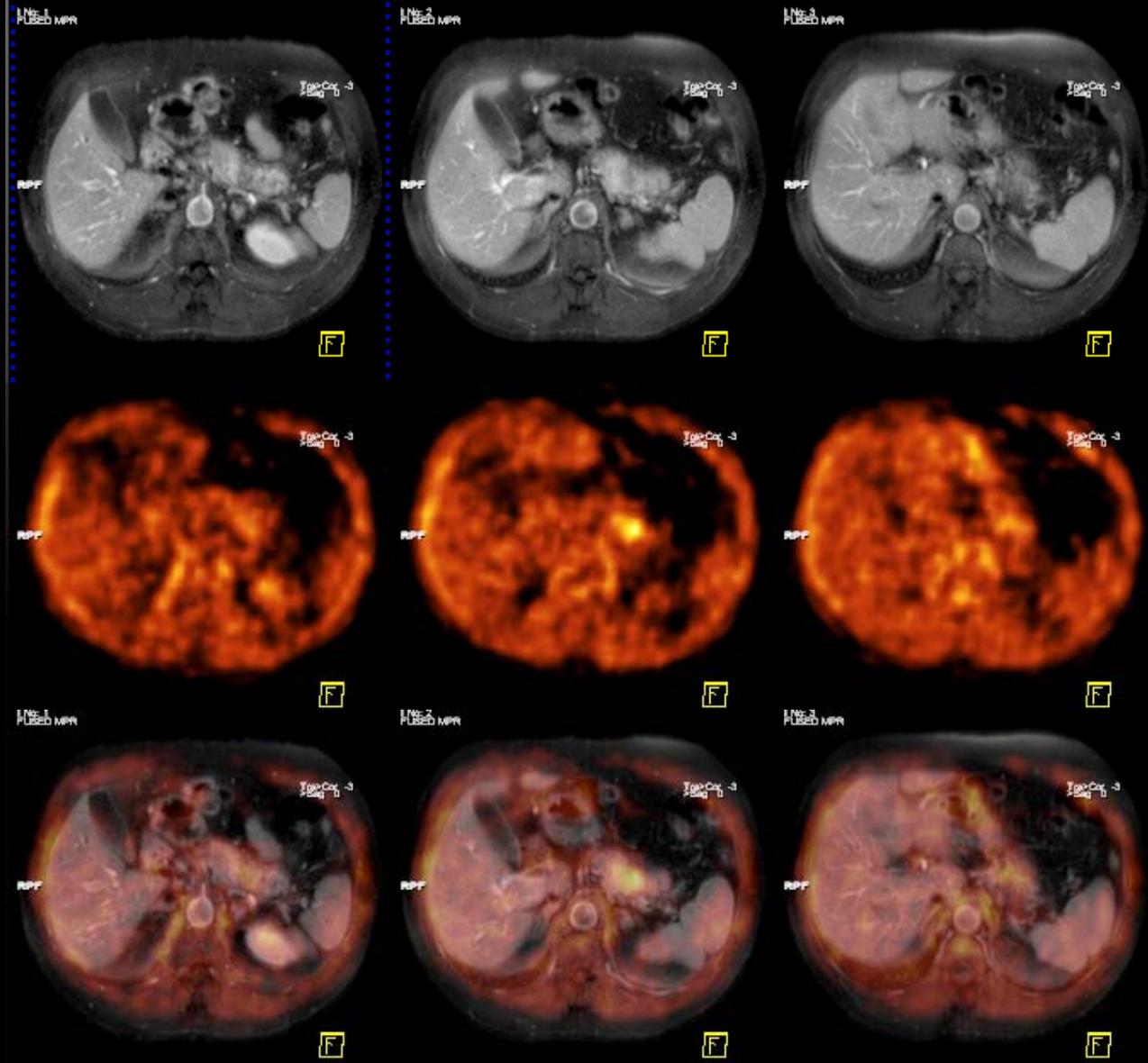
WB 3H [Transformed Object]



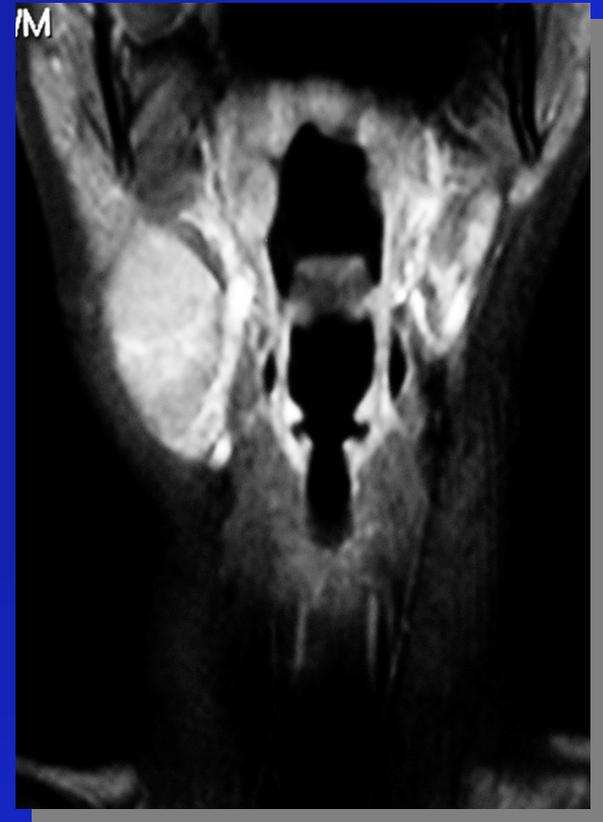
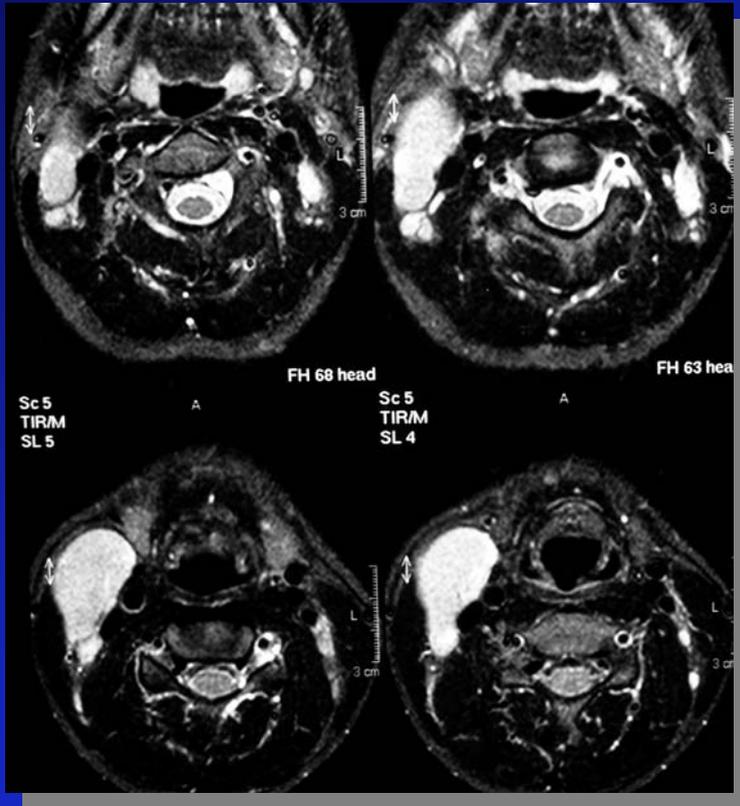
Spiral 5.0 B30s





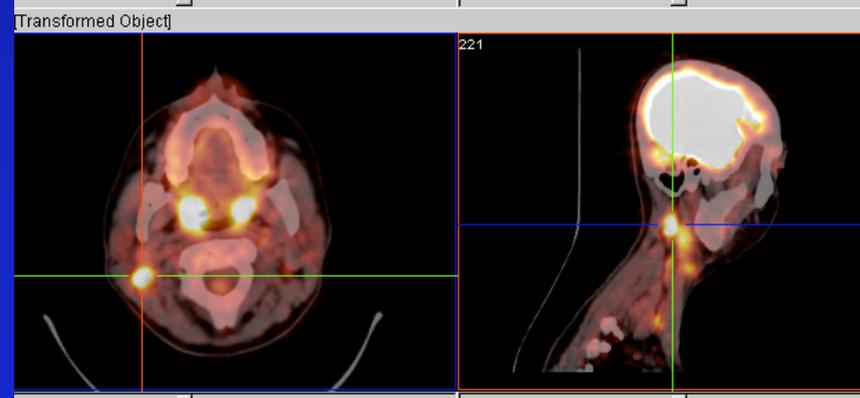
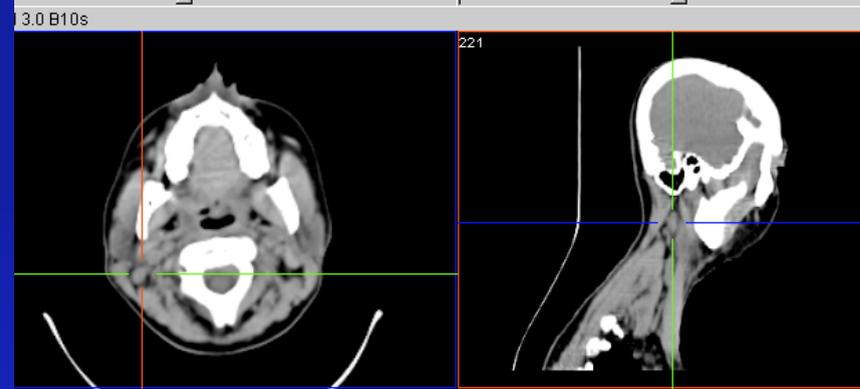
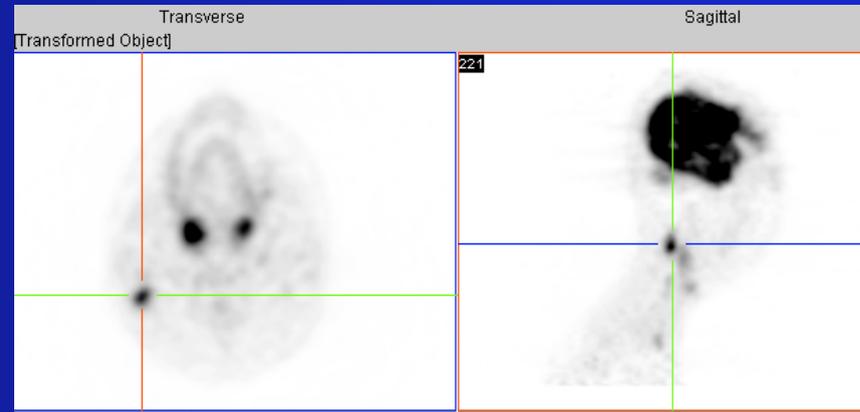
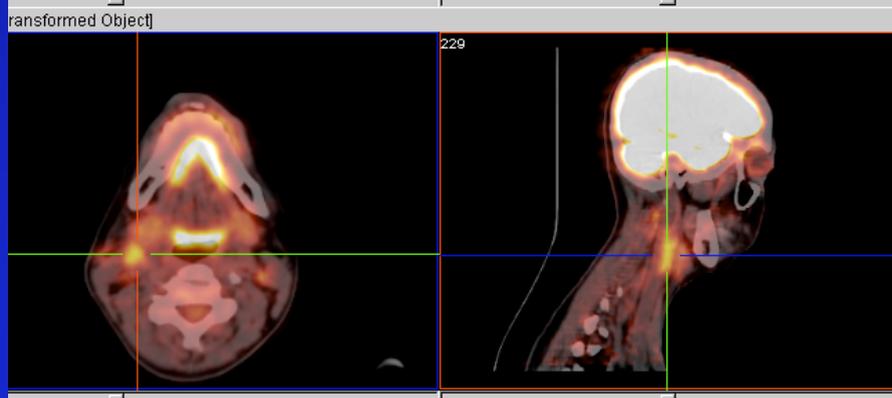
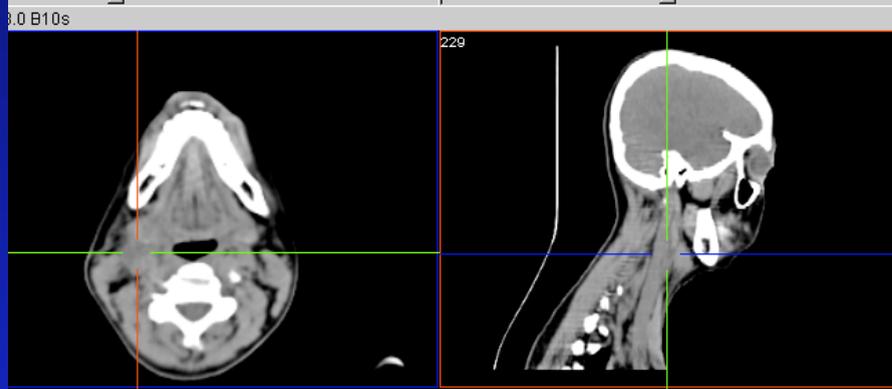
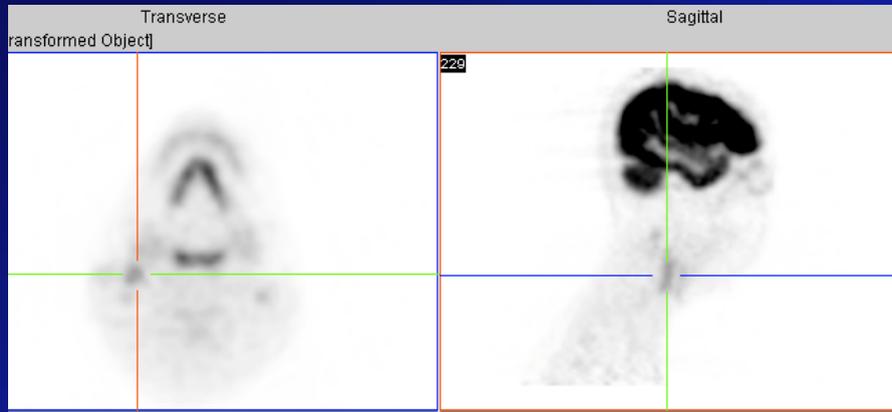


# PET-CT: Doença de Hodgkin

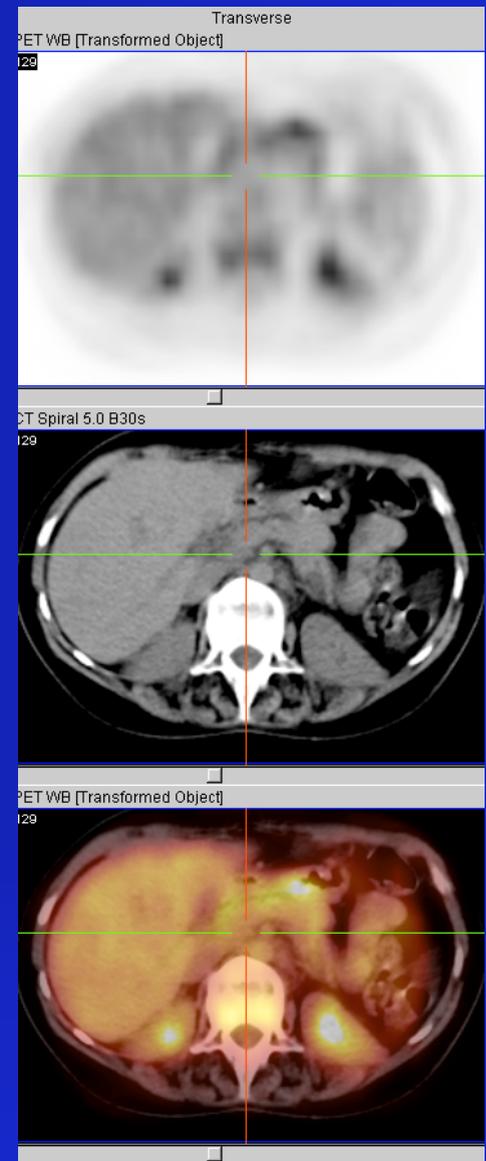
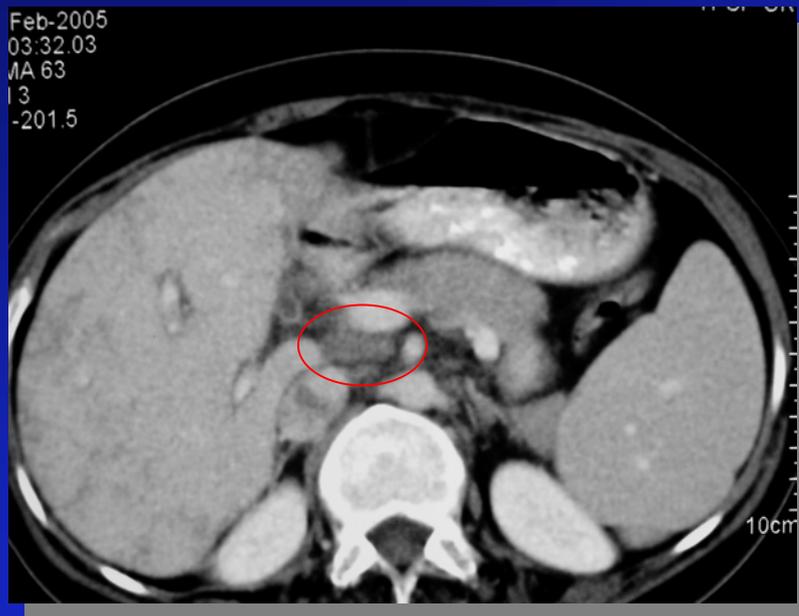


- caso: fem., 20a com linfonomegalia cervical

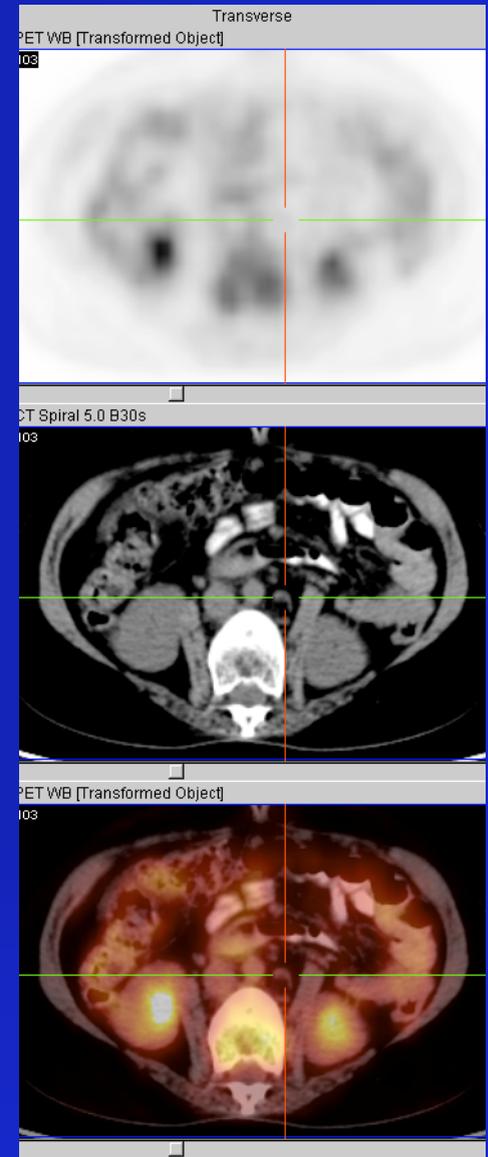
• caso: fem., 20a com linfonodomegalia cervical



- caso: fem., 20a com linfonodomegalia cervical

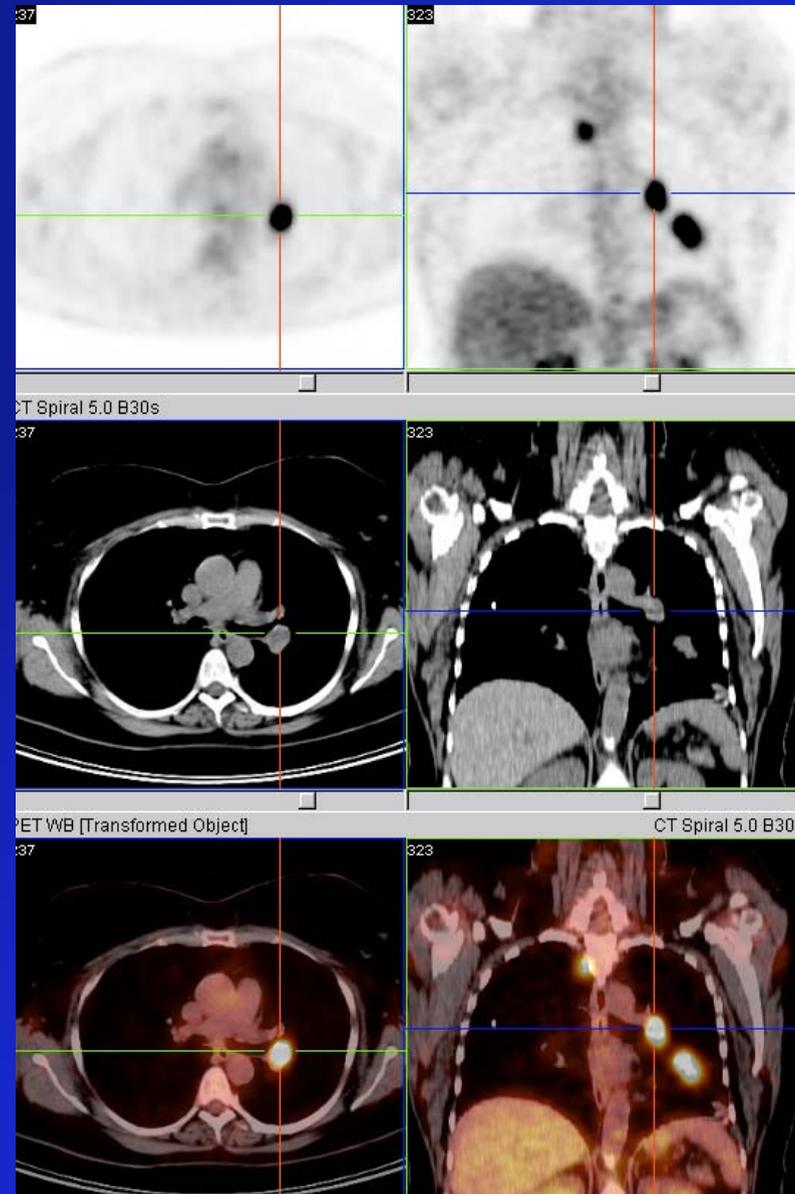
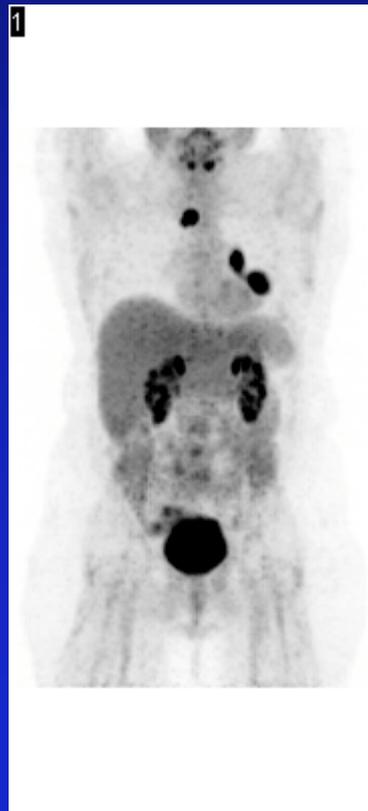


- caso: fem., 20a com linfonodomegalia cervical



# PET-CT: Câncer de Pulmão

Caso: feminina, 58 anos, com adenocarcinoma de LIE e linfonodo hilar ipsilateral (T1N1M0) e paratraqueal alto (menor que 1,0 cm) contralateral (T1N3M0 !)



PET

CT

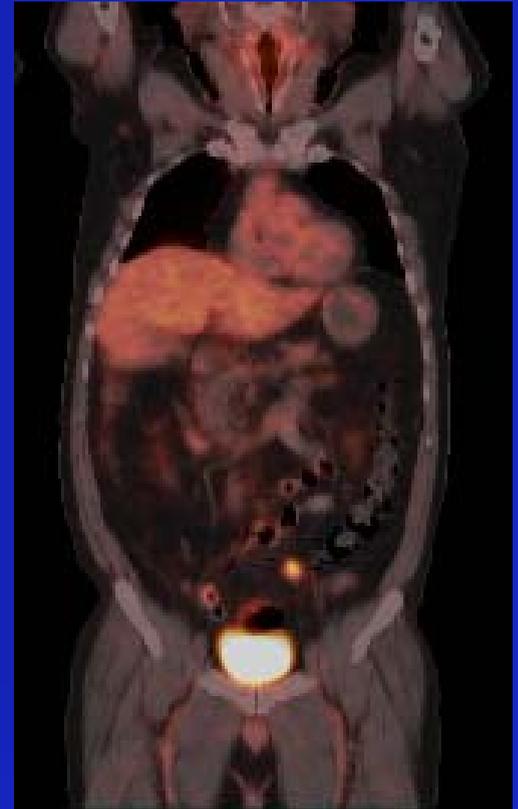
PET-CT

# Indicações no Câncer de Pulmão: Estadiamento

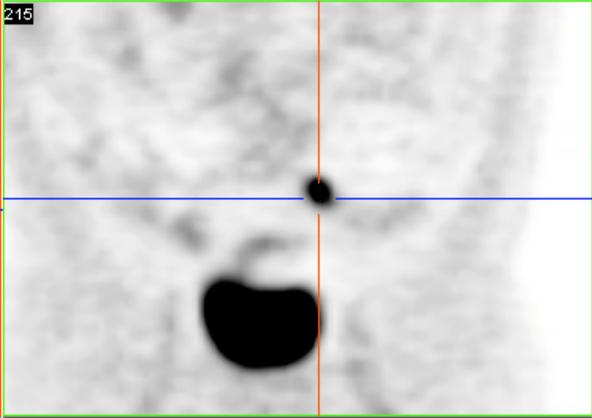
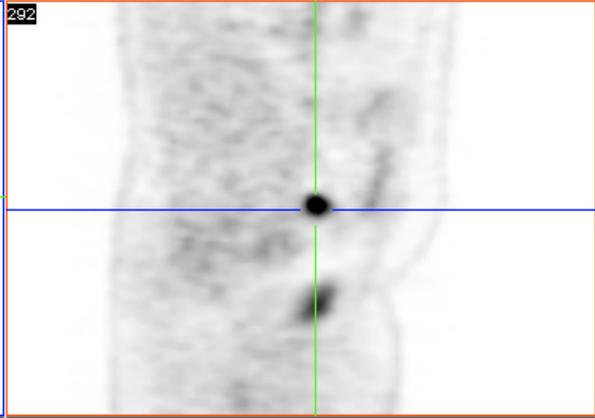
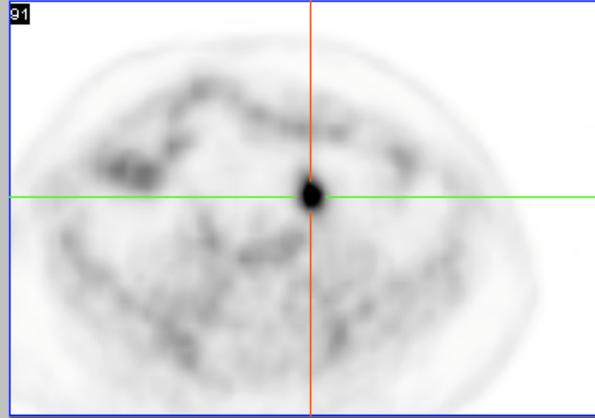
- 274 pacientes estudados com CA de pulmão
  - 44% tiveram estágio alterado:
    - 29% estágio mais avançado
    - 15% estágio menos avançado
  - 39% não foram operados

# Pesquisa de recidiva

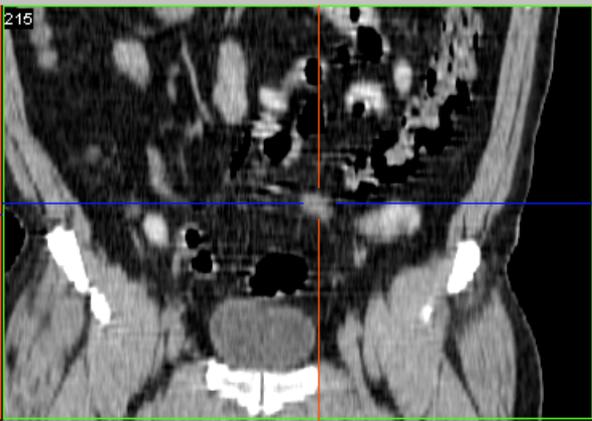
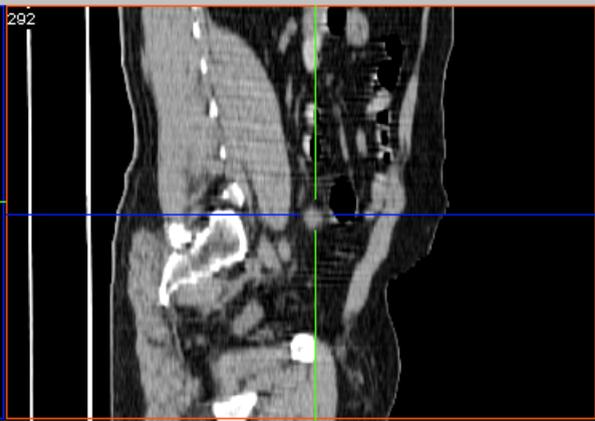
- Homem de 54 anos
  - CEA em elevação (aumentou de 3 para 6 ug/L nos últimos 3 meses)
- AP:
  - CA cólon com metástase hepática única operado em 2001



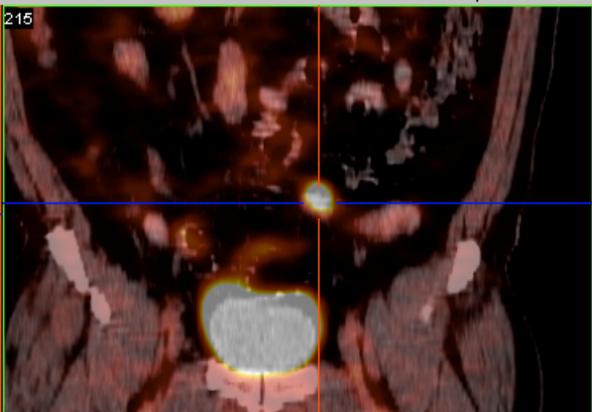
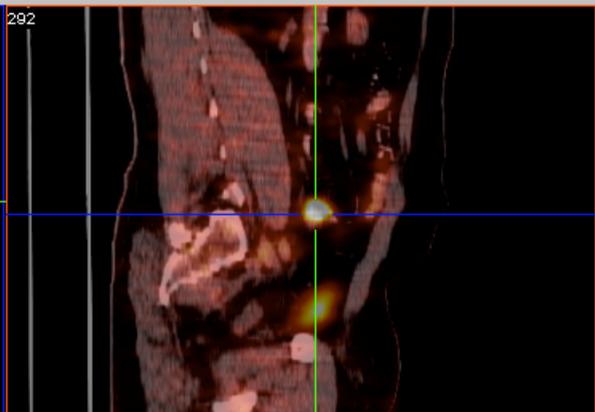
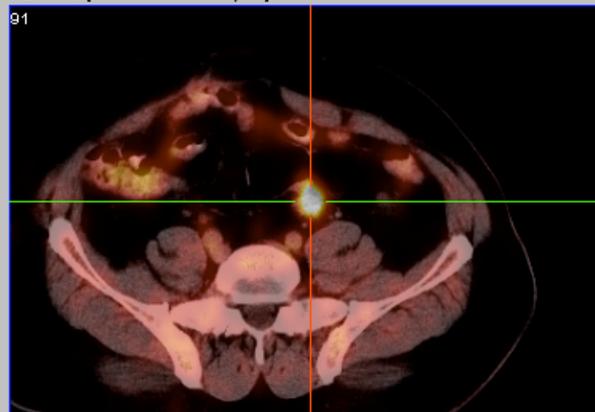
PET WB [Transformed Object]



CT Spiral 5.0 B40s



PET WB [Transformed Object]

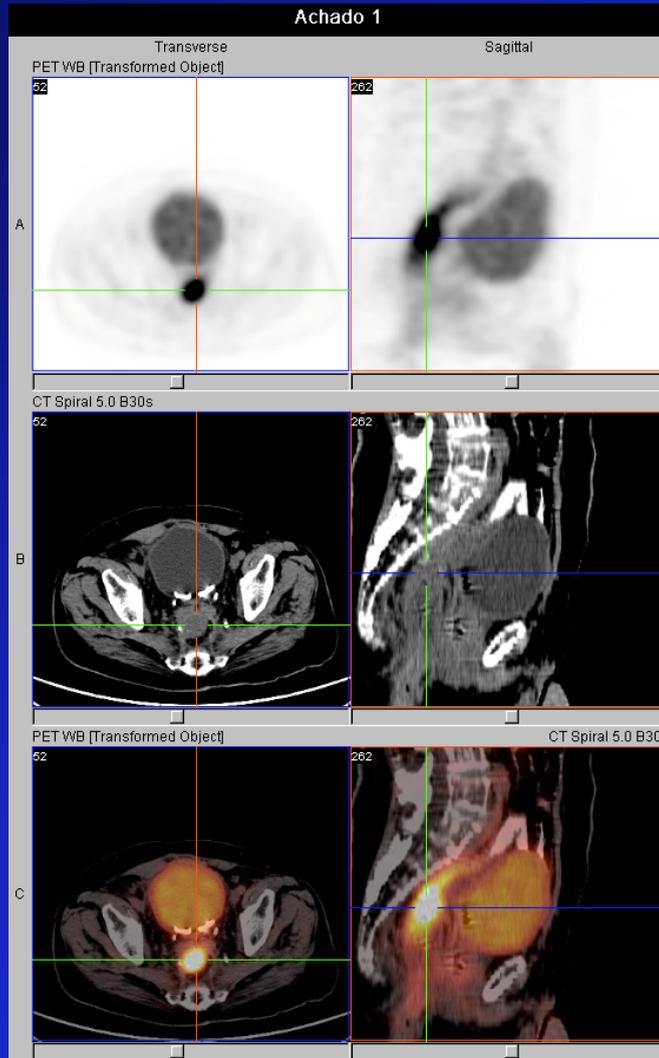
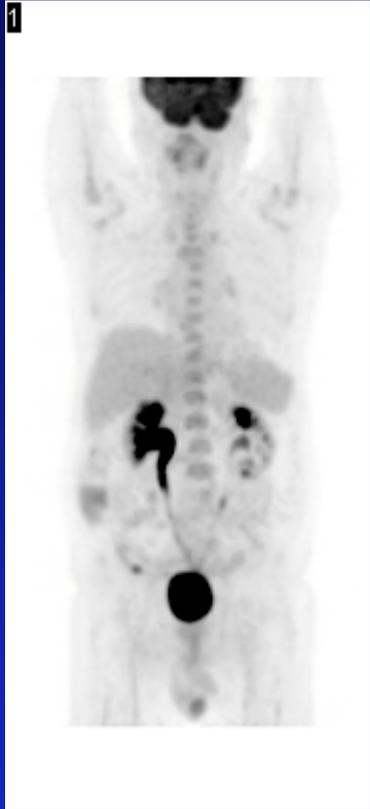


CT Spiral 5.0 B40s

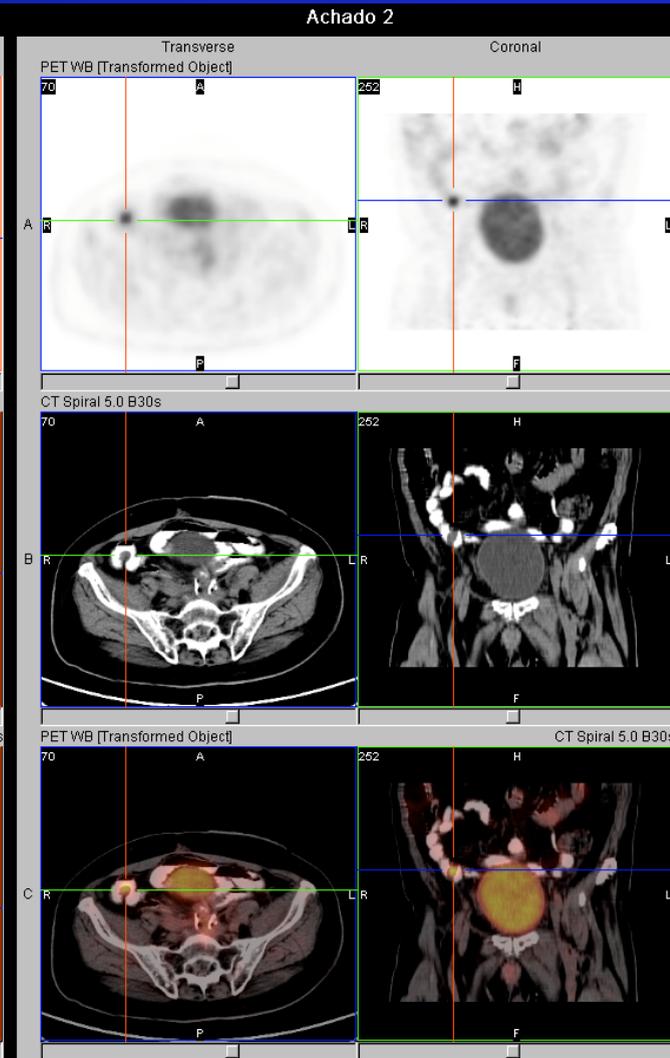
# Diferenciação entre fibrose residual e recidiva tumoral

- Caso clínico:
  - Homem de 72 anos
  - Indicação do exame: avaliação de aumento do CEA em paciente com CA de reto-sigmóide ressecado há 8 meses (tratado com QT e RT)
    - CEA há 5 meses normal
    - CEA há 2 meses = 19

# Diferenciação entre fibrose residual e recidiva tumoral



Hipercaptação na região pré-sacral envolvendo o coto retal ( $SUV_{max} = 9.7$ )



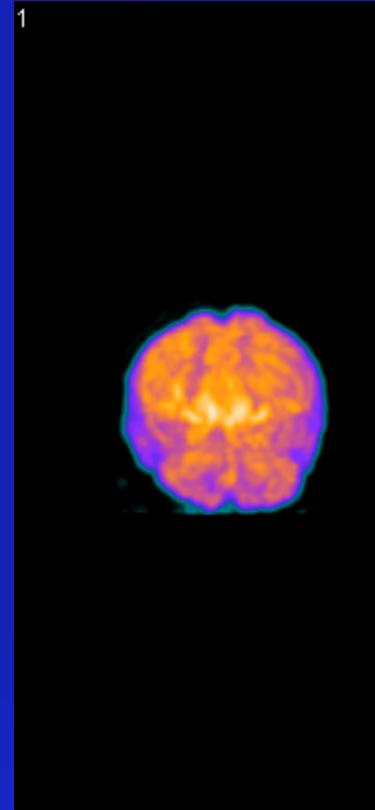
Hipercaptação em nódulo localizado em alca ileal ( $SUV_{max} = 5.4$ )

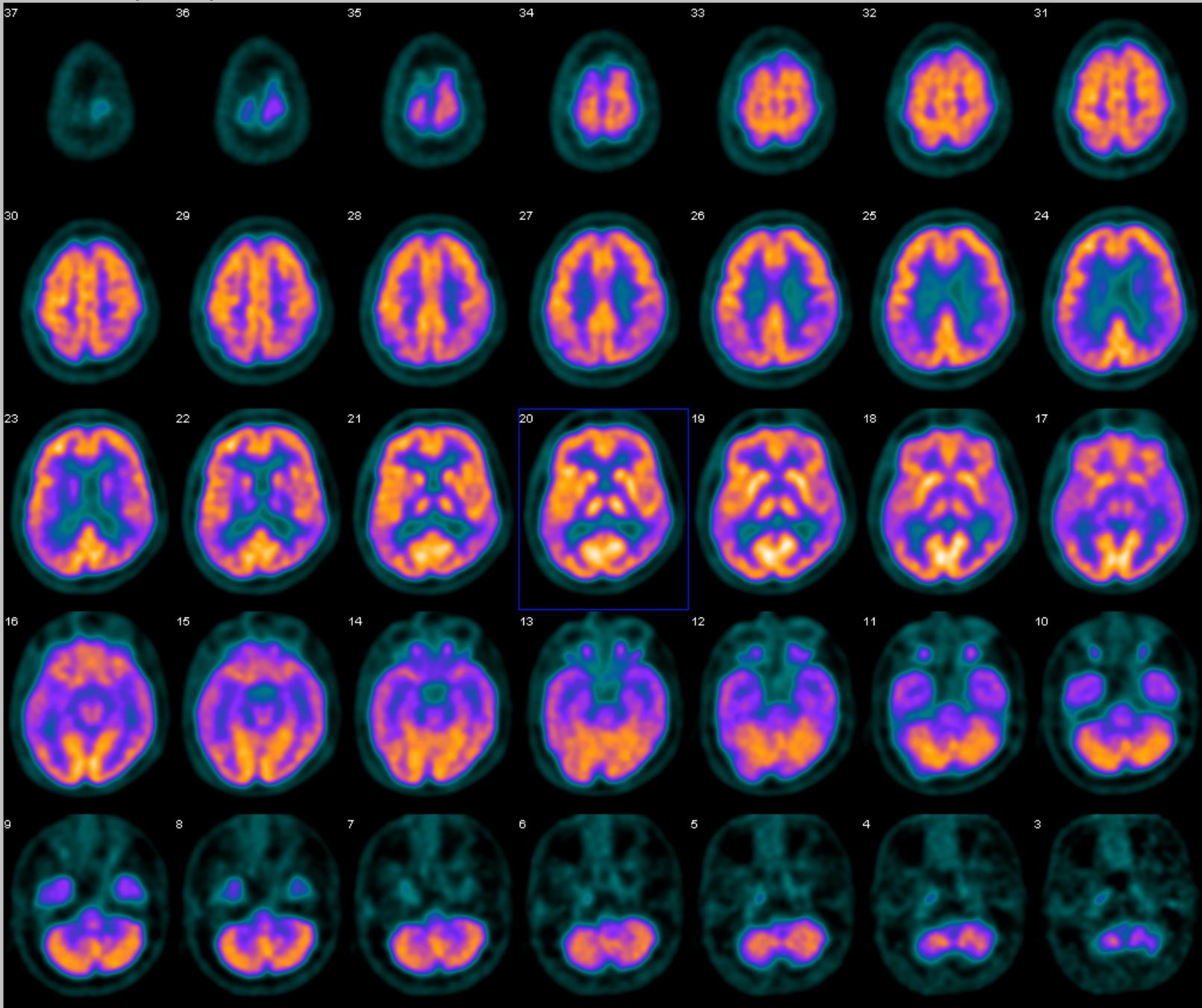
# Aplicações Clínicas

- Oncologia
- Neuropsiquiatria
- Cardiologia

# Doença de Alzheimer

- Homem de 49 anos,  
profissional liberal
  - Queixas de esquecimento e  
dificuldade de nomear objetos  
familiares
  - Teste neuropsicológico  
positivo





R  
i  
g  
h  
t

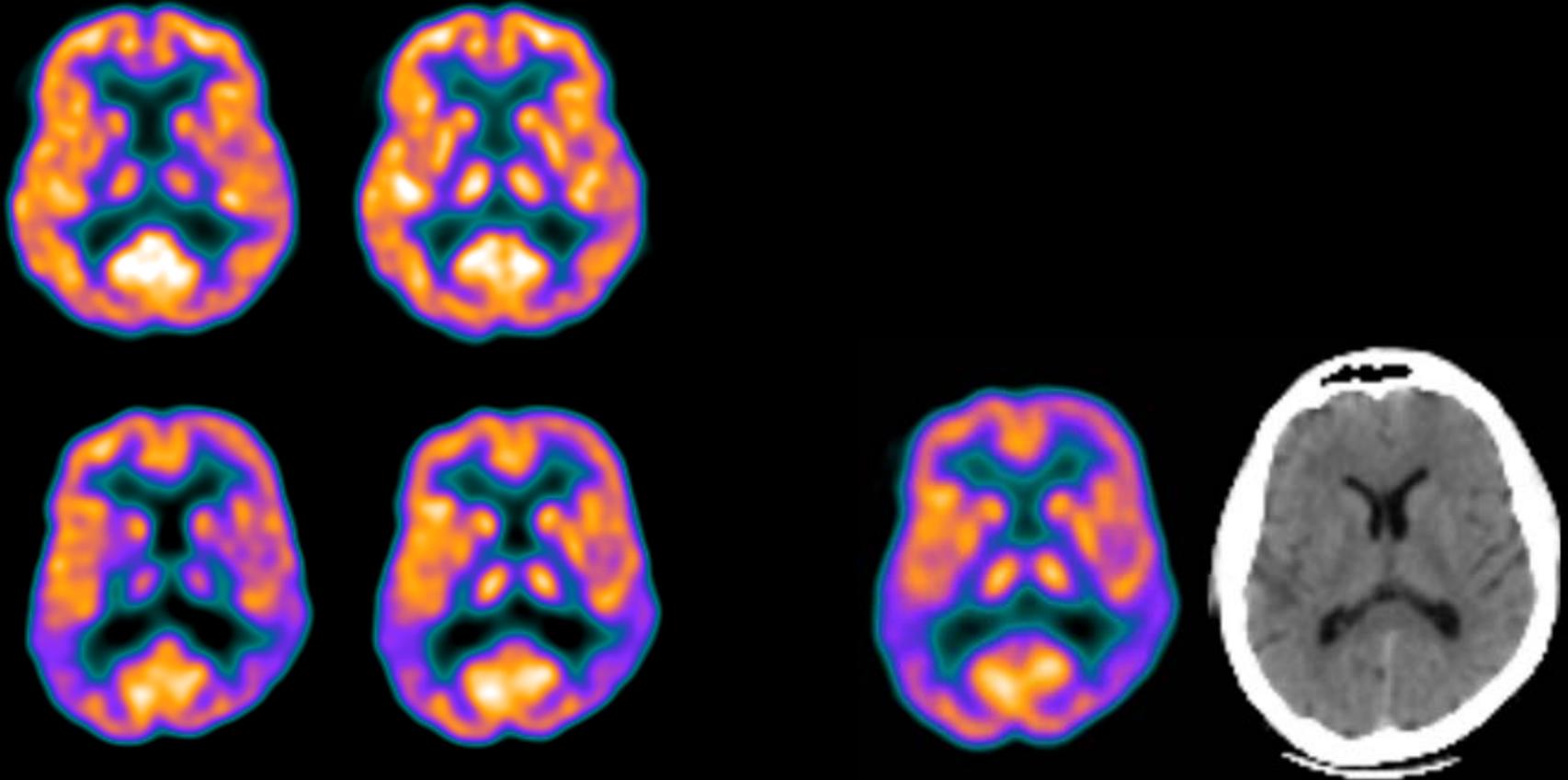
Anterior  
Posterior

L  
e  
f  
t

Top  
to  
Bottom

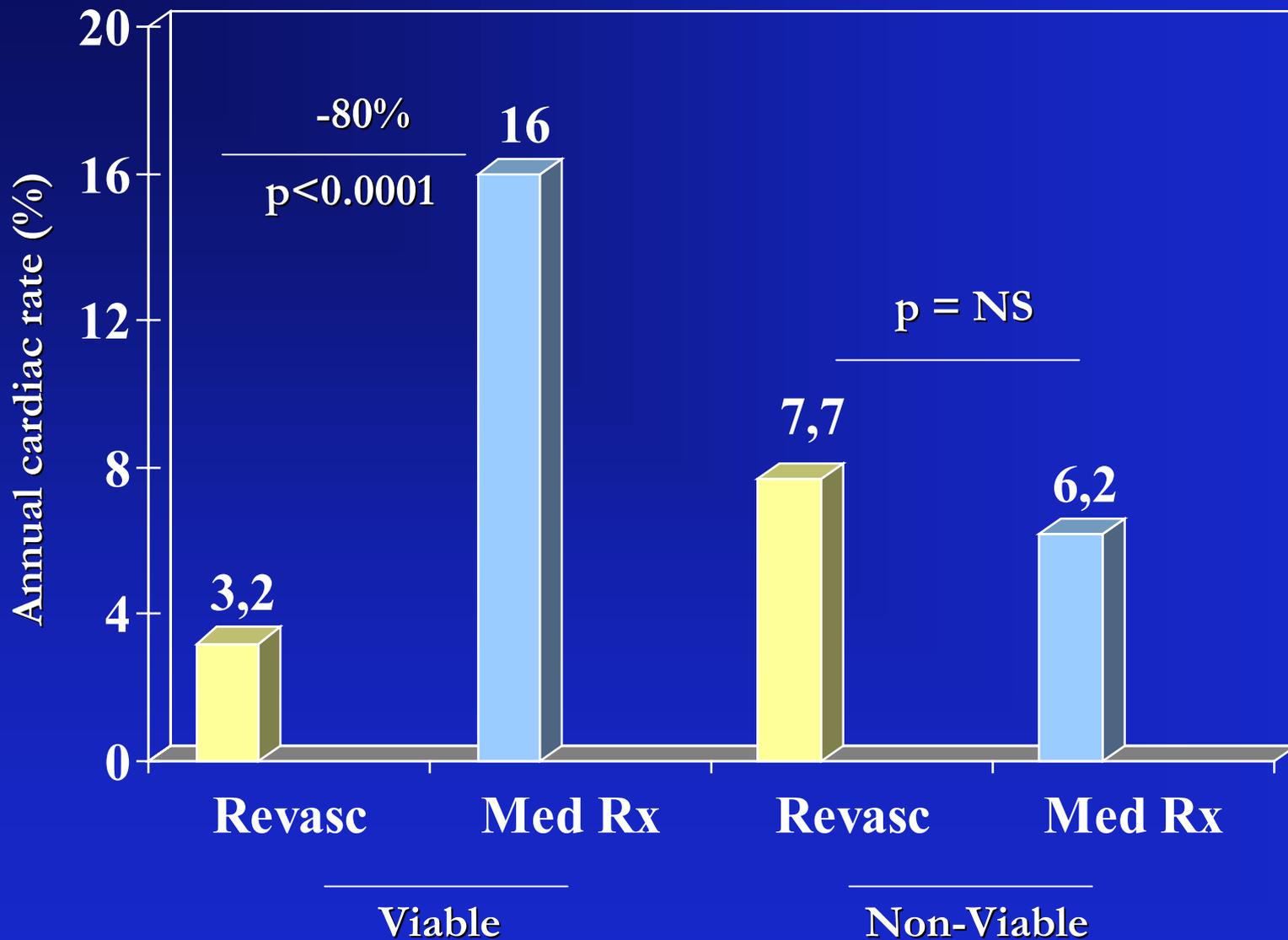
A

# Doença de Alzheimer

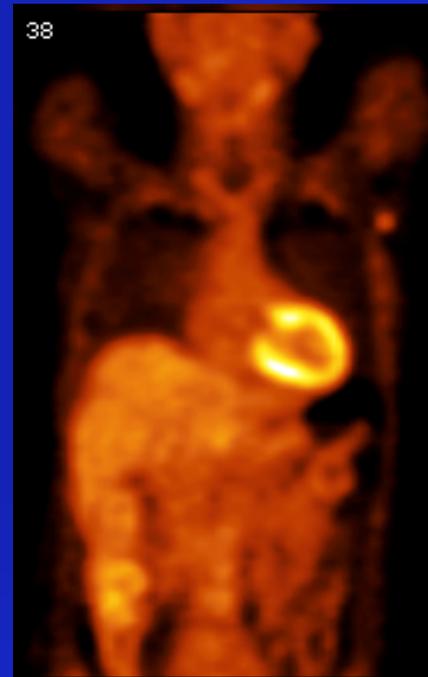
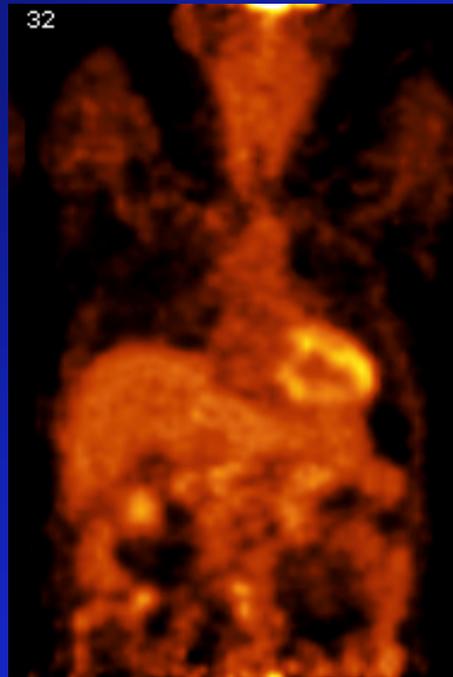
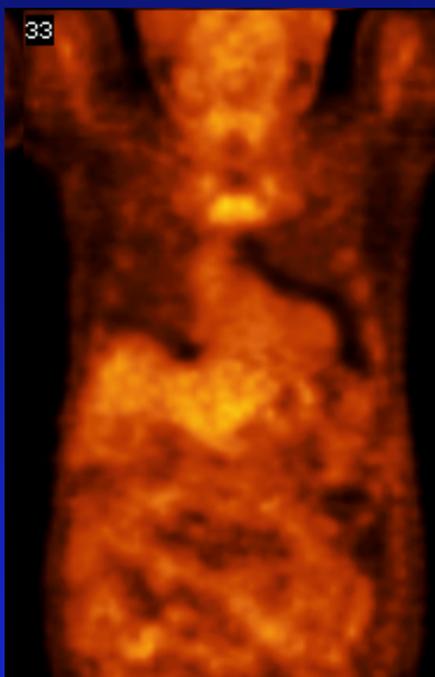


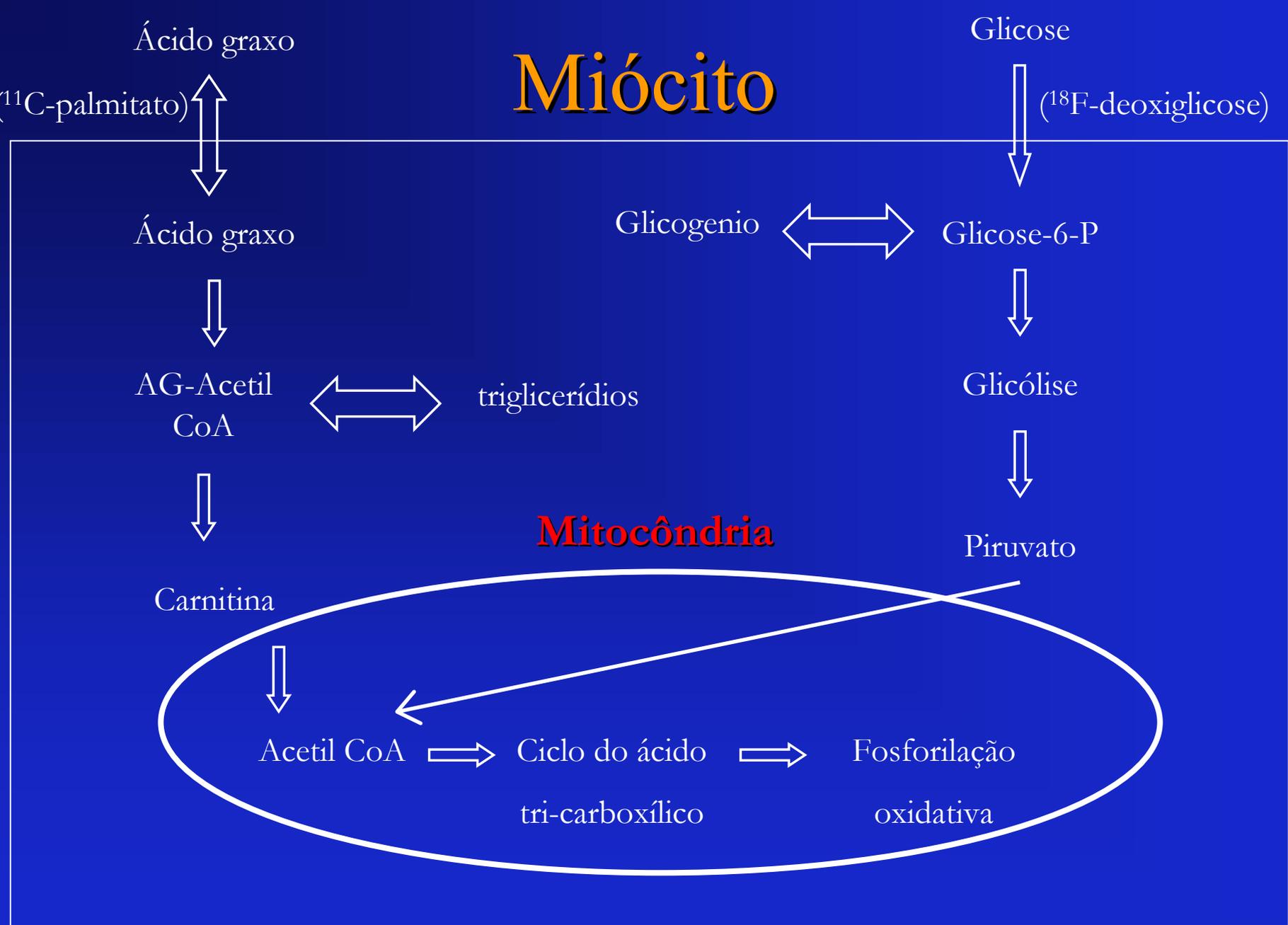
# Aplicações Clínicas

- Neuropsiquiatria
  - Oncologia
  - Cardiologia



# PET-CT: Coração

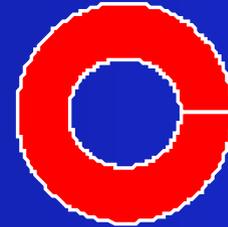
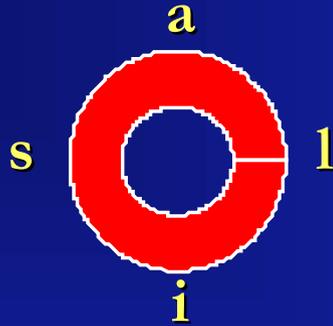




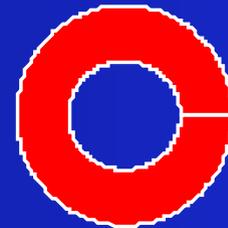
$^{99m}\text{Tc}$ -MIBI

$^{18}\text{F}$ -FDG

Normal



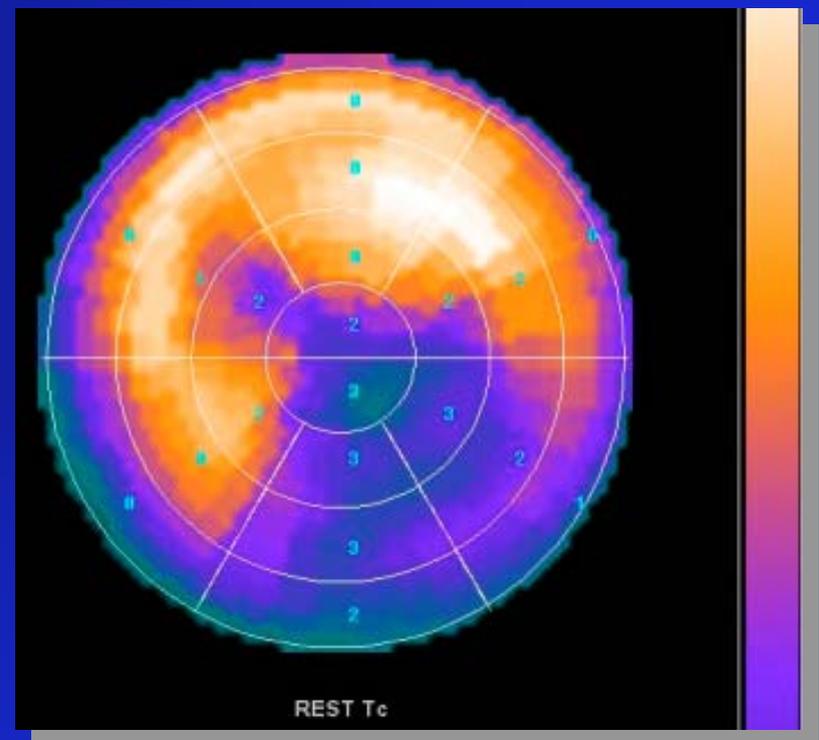
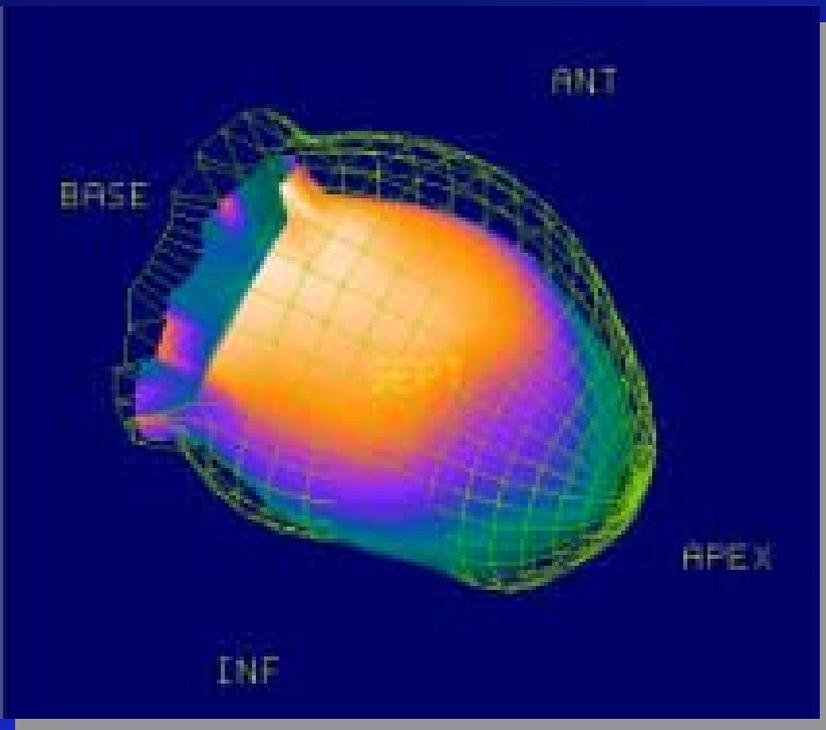
Viável



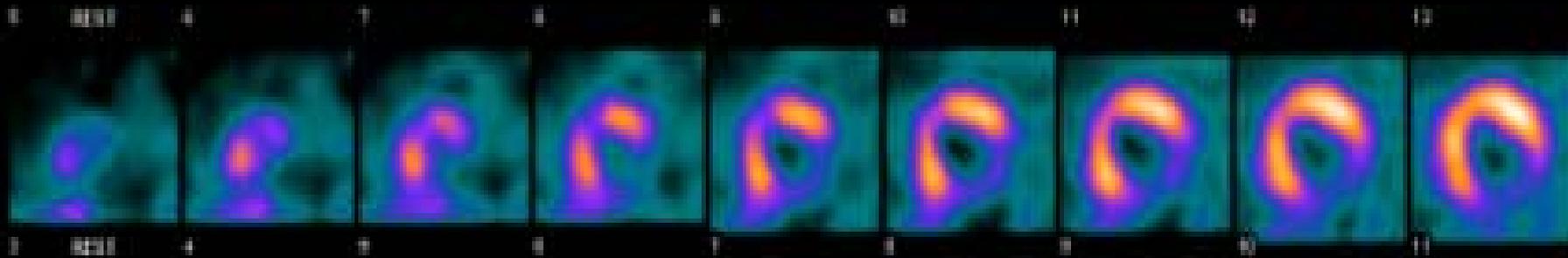
Não viável



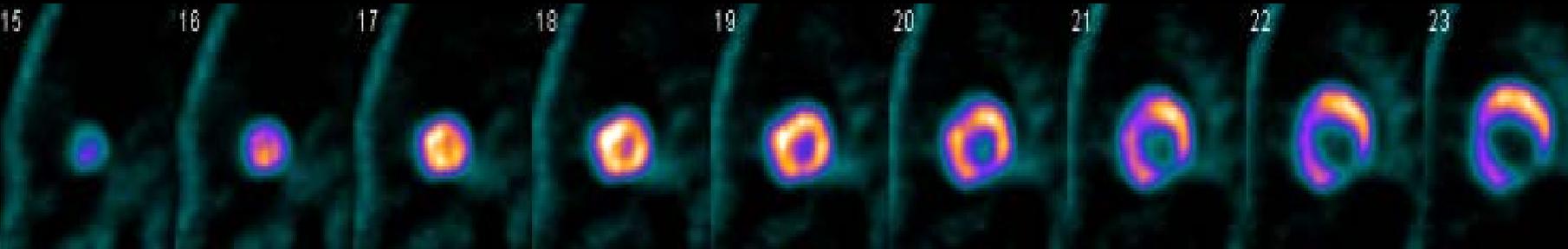
caso: Fem., 57a, HAS e DM, com relato de CRM há 6 anos: MA  $\Rightarrow$  DA & SF  $\Rightarrow$  CD. CAT (fev/2005) com lesões em ambas as pontes e Mg.



Gated SPECT: acinesia no segmento médio da parede inferior e acentuada hipocinesia ínfero-basal e apical. FE = 33%.



Cintilografia de perfusão com  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI



Tomografia por Emissão de Póstrons - PET com FDG[ $^{18}\text{F}$ ]

