

Tecnologia Nuclear sem mistérios

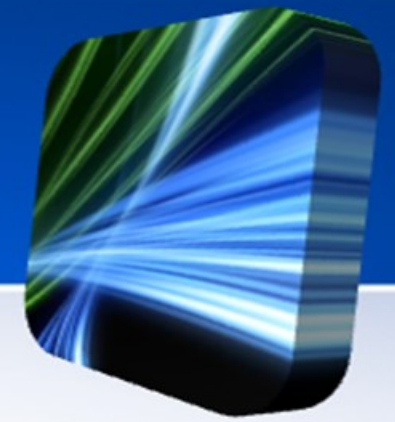
Salvando vidas

Helen Khoury

hjhoury@gmail.com



Aplicações das Radiações na Medicina



Medicina Nuclear

FONTES NÃO SELADAS EMISSORAS DE RADIAÇÃO IONIZANTE

Radioterapia

Equipamentos de Radioterapia: Aceleradores lineares

FONTES SELADAS EMISSORAS DE RADIAÇÃO IONIZANTE

Radiodiagnóstico
RX-CT

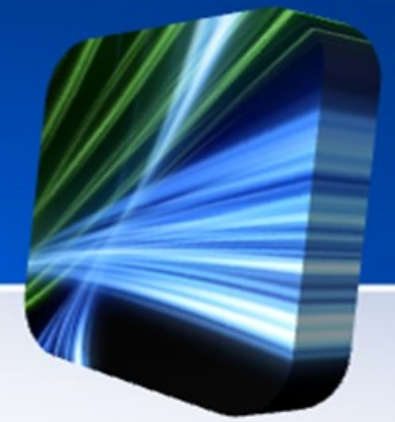
EQUIPAMENTOS EMISSORES DE RADIAÇÃO IONIZANTE



Como tudo começou?



Descoberta do Raio X



Em 1895, o físico William Roentgen descobriu o raios x



Free X-Ray Examination to Patients.



Raios-X Convencional



Mamografia



Fluoroscopia

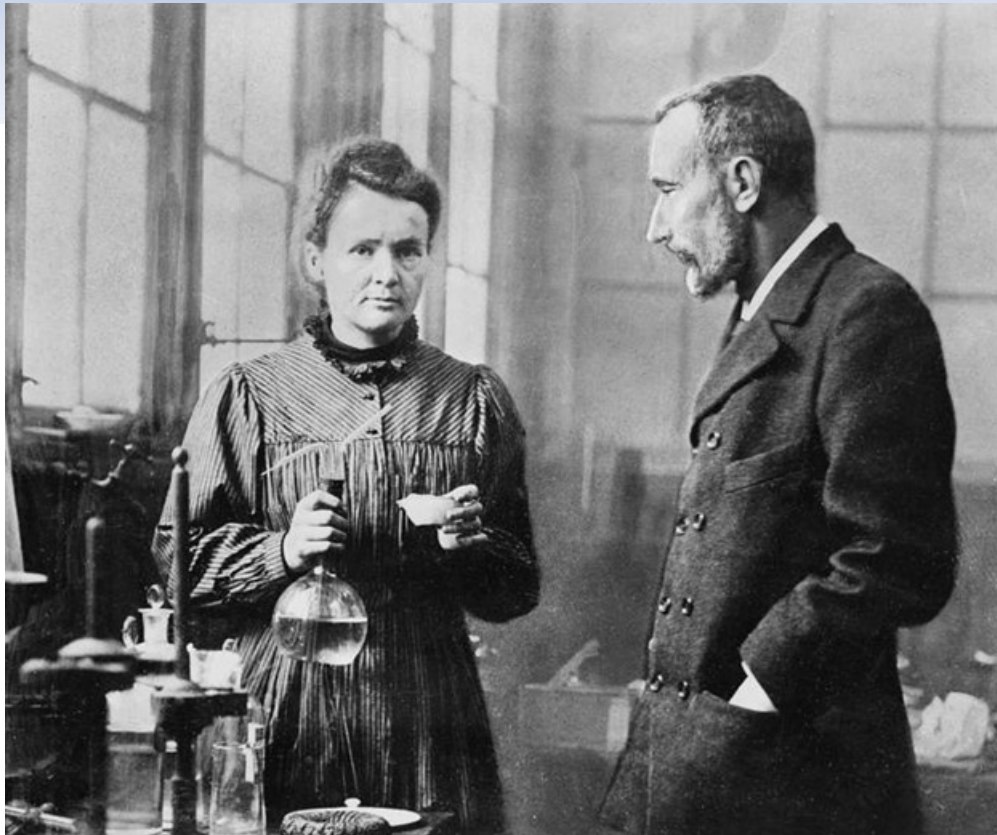
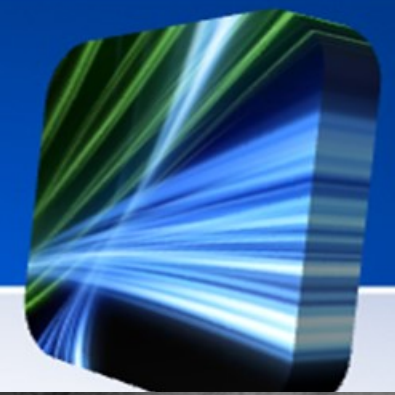


Densitometria

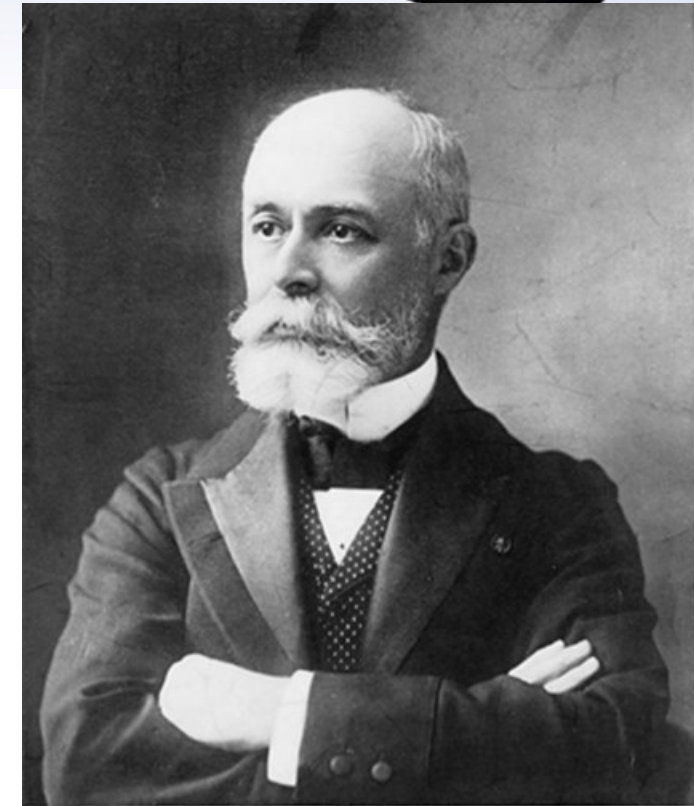


Tomografia

Descoberta da Radioatividade



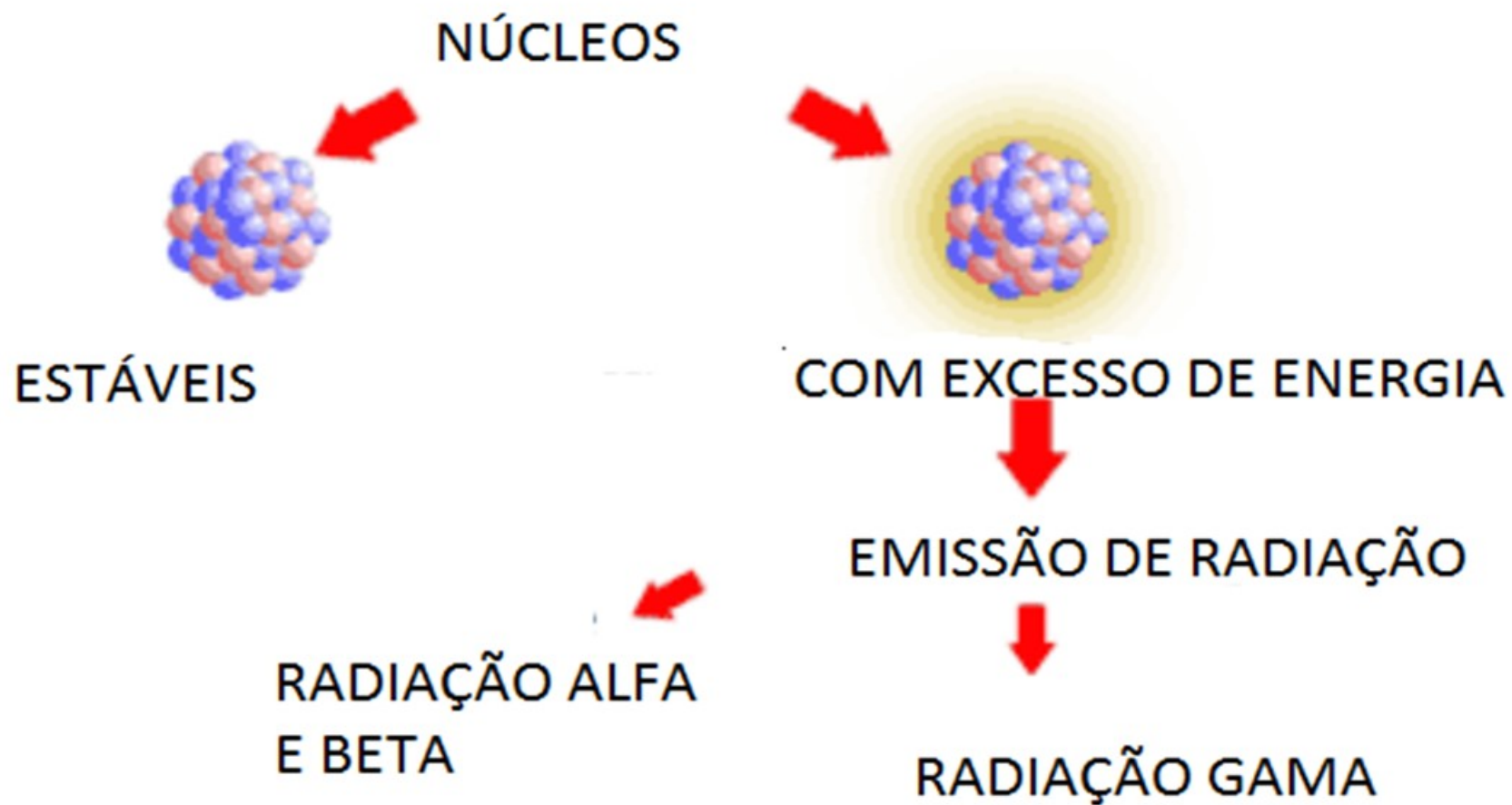
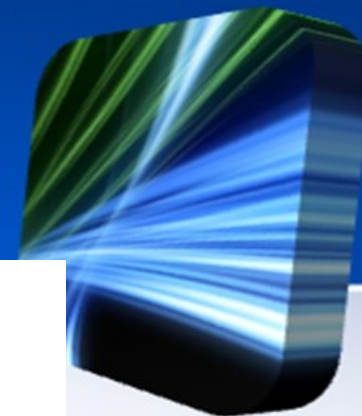
Os trabalhos do casal Curie tiveram crucial importância na mudança de rumo que tomaria a radioatividade



Marie Curie(1867-1934) e
Pierre Curie(1859-1906)

Henri Becquerel(1852-1908)

Radioatividade



Primeiras Aplicações da Radioatividade

Em 1908, pessoas passaram a usar a radioatividade para múltiplas finalidades, tais como: curar problemas dermatológicos, fortalecer o organismo, limpar objetos e até mesmo para a cura do câncer.

Anúncio de um creme de beleza que contém o rádio e tório



Preservativos com rádio



Aparelho usado para obtenção de água radioativa, que podia ser colocada na banheira



"Rádio e Beleza", propaganda de produtos radioativos de beleza para mulheres, prometendo felicidade e satisfação às consumidoras.



Chocolate

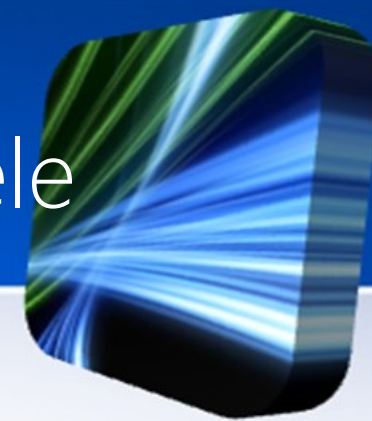


Creme que continha tório, rádio e titânio, comercializado para a prevenção de queimaduras solares, herpes e como um desodorante.



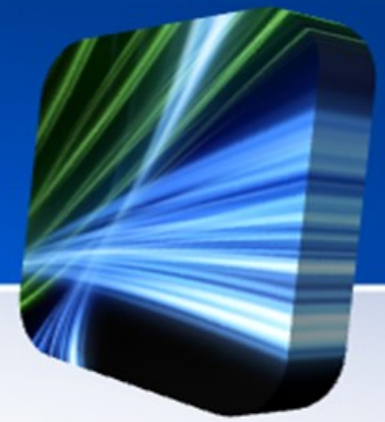
Creme dental com rádio

Uso do radium para tratamento de cancer de pele



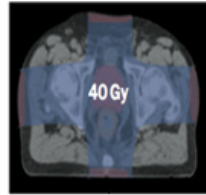
1900 – Primeiro uso terapêutico do rádio para braquiterapia de pele pelo Dr. Danlos (Hospital Saint-Louis - Paris)

Evolução da Radioterapia



Pierre Curie
Marie Curie
**Fontes naturais
(Radium-226)**

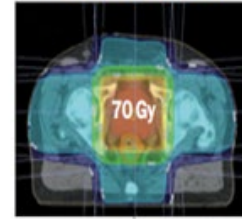
1898



**ORTOVOLTAGEM
Tubos de Raios X
50-200kV**

1930

1950



**Aceleradores lineares
RX de alta energia**

Década 70-80



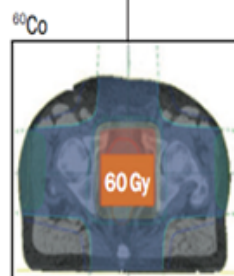
1895

Wilhelm Röntgen
Descoberta Raios X

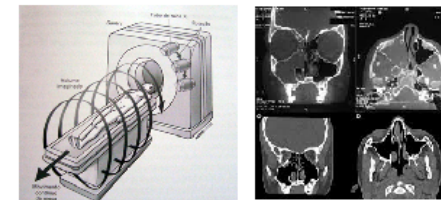


Início Década de 60

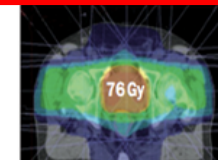
“bombas” de **cobalto** 1,25 MV



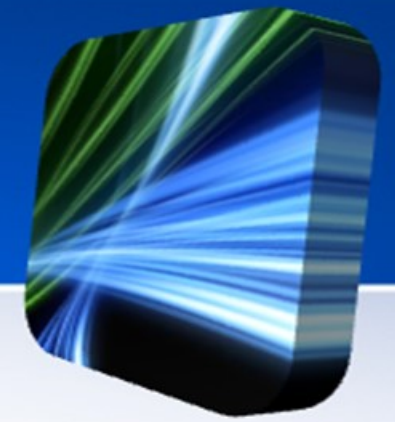
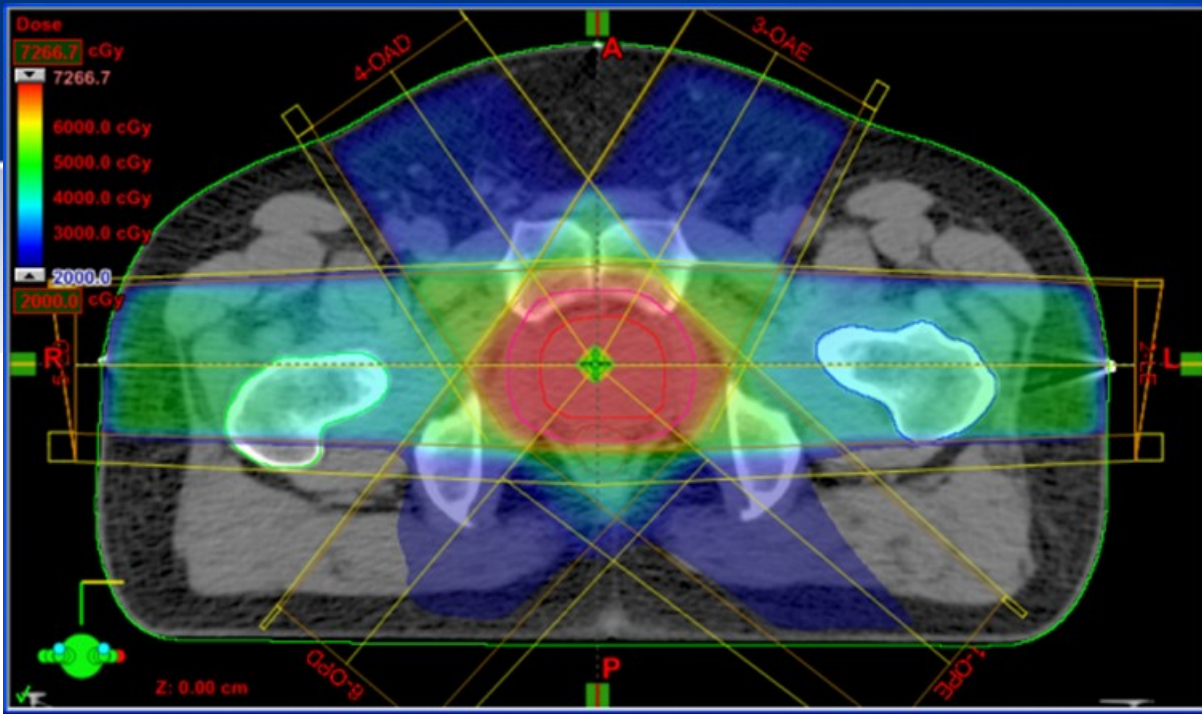
Na década de 90 tomografia computadorizada



planejamento **TRIDIMENSIONAL** permitindo com sistemas de planejamento cálculos de dose graças ao desenvolvimento de **Algoritmos de Cálculo**



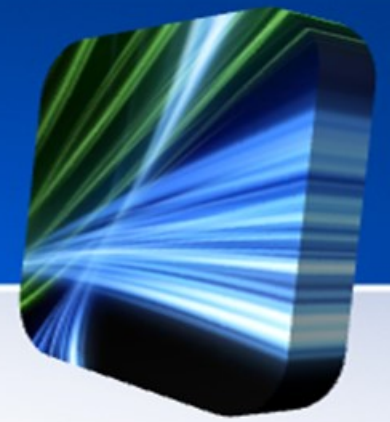
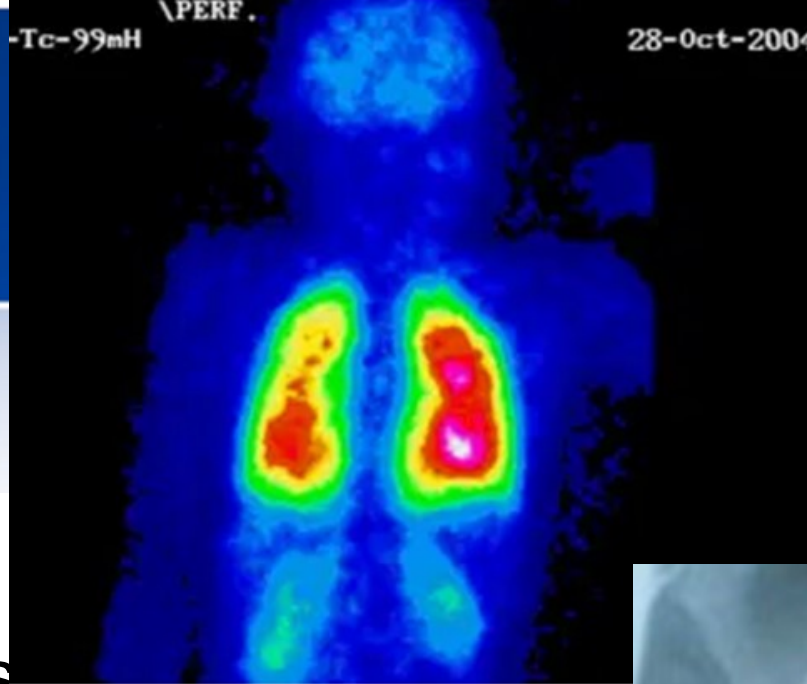
- ✦ 1896 já era possível ver relatos de alguns **benefícios trazidos** a pacientes com câncer que sofriam de dores e à alguns **tratamentos superficiais** de lesões de pele. (LOPES, 2002)



- A radiação pode ter a **função de matar as células tumorais** em um câncer, **desinflamar um tecido** em uma doença benigna certos tipos de artrite, **impedir o crescimento anormal** de um tecido (como um quelóide).

Medicina Nuclear

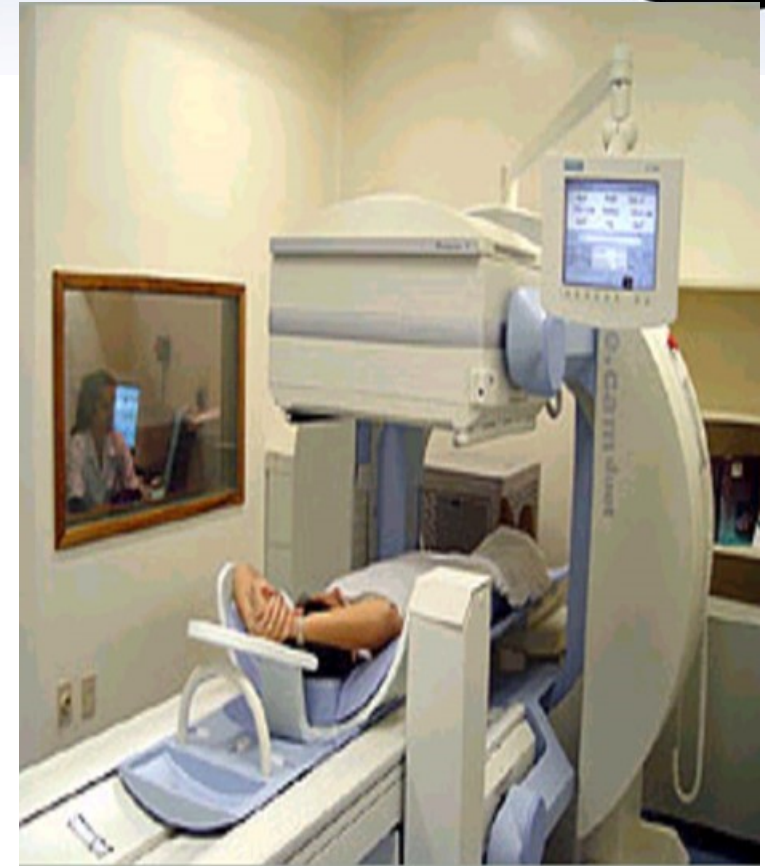
Medicina Nuclear é uma especialidade da Radiologia que proporciona informações funcionais e anatômicas do corpo, sendo utilizada em diagnóstico, tratamento, acompanhamento e prevenção de doenças.



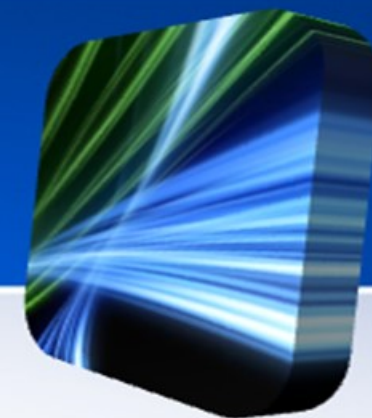
O que diferencia a MN das outras modalidades de diagnóstico?

A principal vantagem da MN é que a imagem gerada mostra não só a anatomia do órgão como, também, é capaz de mostrar o seu funcionamento, evitando a utilização de técnicas invasivas como biópsias e cateterismos.

A principal desvantagem da MN é a resolução baixa comparada à tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (RM).

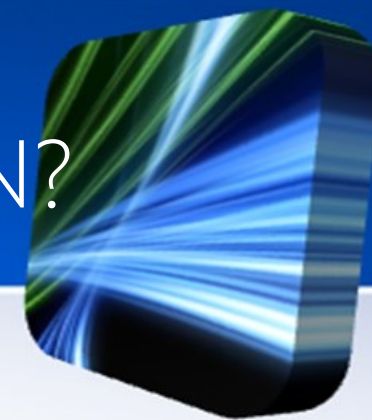


Em quais casos é indicada ?



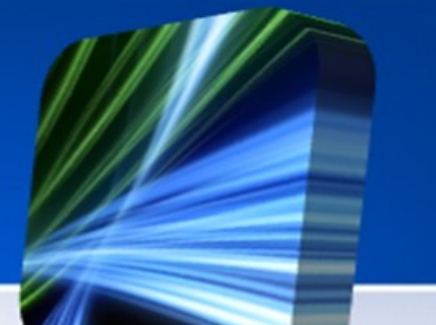
- ✓ Danos fisiológicos ao coração;
- ✓ Restrição do fluxo sanguíneo ao cérebro;
- ✓ Tireóide, rins, fígado e pulmões;
- ✓ Tratamento do hipertireoidismo;
- ✓ Alívio da dor para certos tipos de câncer dos ossos

Quais são os benefícios dos diagnóstico com MN?



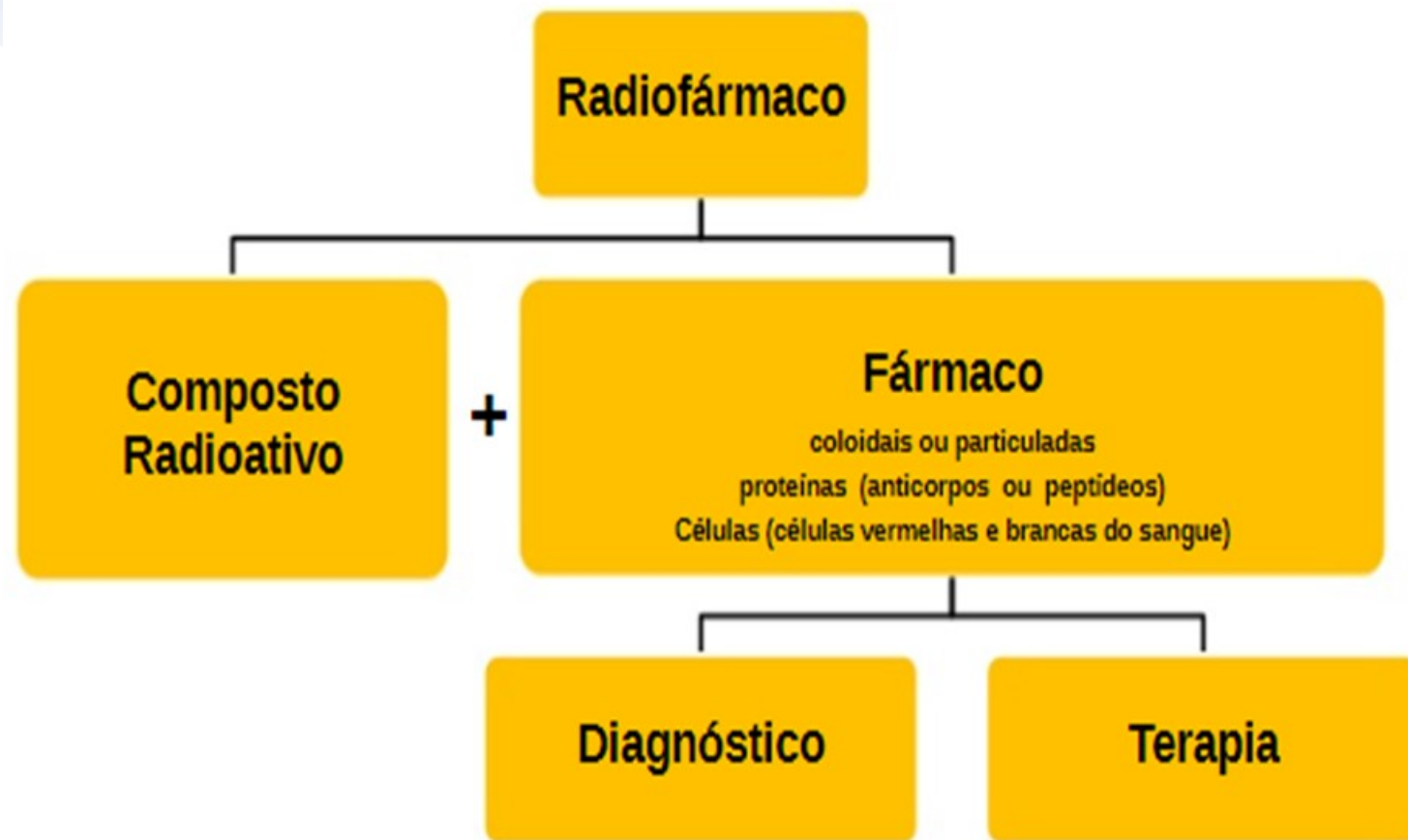
- Fornece informação sobre a função do órgão, não morfologia;
- Permite imagem (não invasiva) de todo o corpo;
- Em alguns casos, permite a detecção mais precoce da doença do que com outras modalidades de obtenção da imagem devido à capacidade de visualização de alterações funcionais / metabólicas;
- Índice muito baixo de reações adversas ao **radiofármaco** (quase irrelevantes na prática clínica).

O que é o Radiofármaco?



Um radiofármaco é administrado ao paciente por via intravenosa, oral, dentro de cavidades corporais ou inalados.

O radiofármaco consiste de um material radioativo (radionuclídeo) associado a um fármaco



Como os radiofármacos agem?



Há dois fatores que determinam o modo de ação dos radiofármacos: a natureza do isótopo radioativo e a estrutura química da molécula ligada ao isótopo.

Para diagnóstico utiliza-se radionuclídeo emissor de radiação gama

Para Terapia utiliza-se radionuclídeo emissores beta ou alfa

A natureza química do radioisótopo ou da molécula ligada ao isótopo afeta a sua distribuição no corpo e, assim, determina acúmulo no órgão-alvo que é controlado por condições fisiológicas ou patológicas (como perfusão, metabolismo, expressão do antígeno, etc).

Características desejáveis dos radioisótopos utilizados em MN



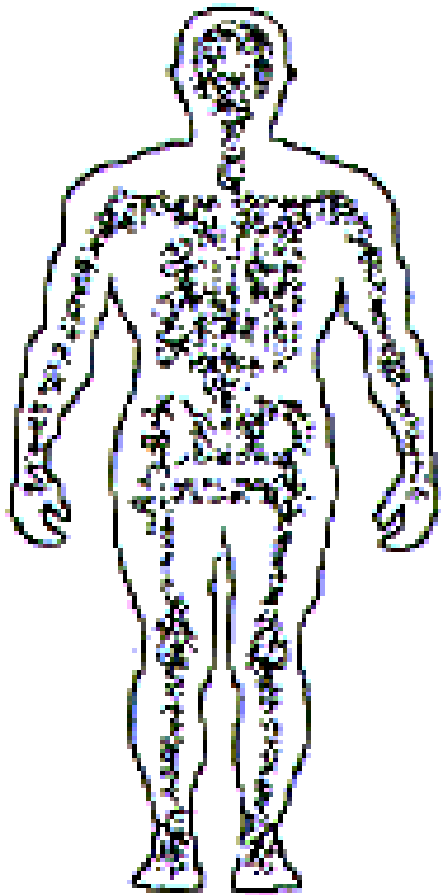
- meia-vida física curta;
- decair num núcleo estável ou de meia-vida muito longa;
- não emitir radiação alfa ou beta, uma vez que essas partículas por serem pouco penetrantes não seriam capazes de sair do corpo e ser detectado pela gama câmara, ocasionando apenas um aumento na dose dada ao paciente sem contribuir com a formação da imagem;
- emitir gamas de energias únicas;
- ligar-se facilmente ao fármaco e não afetar o seu metabolismo;
- serem de fácil obtenção e economicamente viáveis;

Características desejáveis ds fármacos utilizados na MN

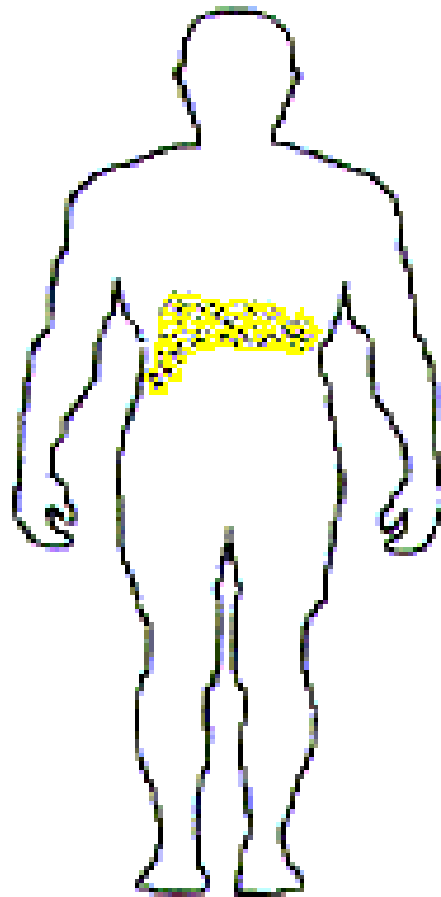


- localizar-se rapidamente e em grande concentração na região de interesse;
- não ser tóxico;
- formar produtos estáveis;
- ter baixo custo;
- Imitar os processos fisiológicos naturais;

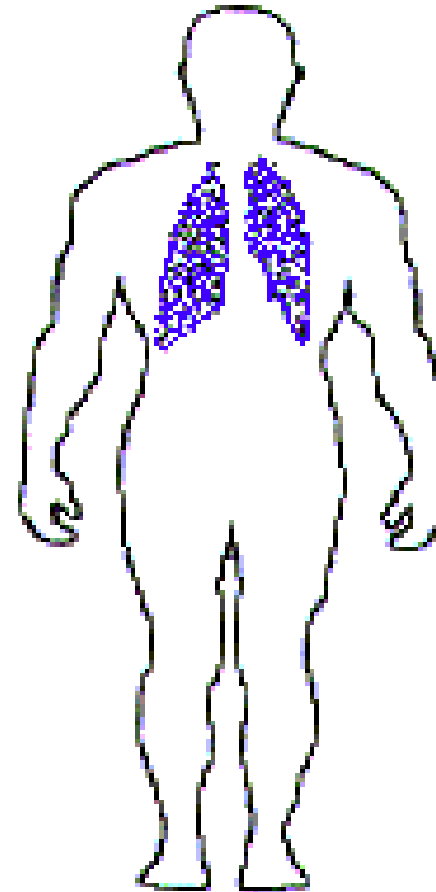
Distribuição dos radionuclídeos



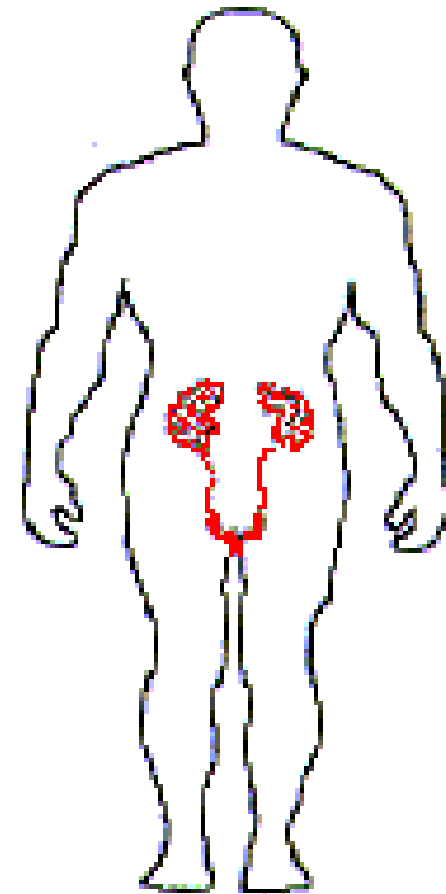
^{99m}Tc - MDP



^{99m}Tc - Enxofre Coloidal



^{99m}Tc - MAA



^{99m}Tc - DTPA

RÁDIO FÁRMACOS PRODUZIDOS PELA CNEN

Cérebro
GHA Tc-99m

Garganta
Fio de Iridio 192

Tireóide
NA I-123/I-131

Fígado
Enxofre coloidal Sn Tc-99m
Fitato Tc-99m
MIAA Tc-99m

Intestino
SAH Cr-51

Tecidos moles
Citrato de Gálio Ga-67

Ossos
EDTMP Sm-153
MDP Tc-99m
PYRO Tc-99m

Glândulas salivares
Pertecnetato Tc-99m

Pulmão
MAA Tc-99m/I-131

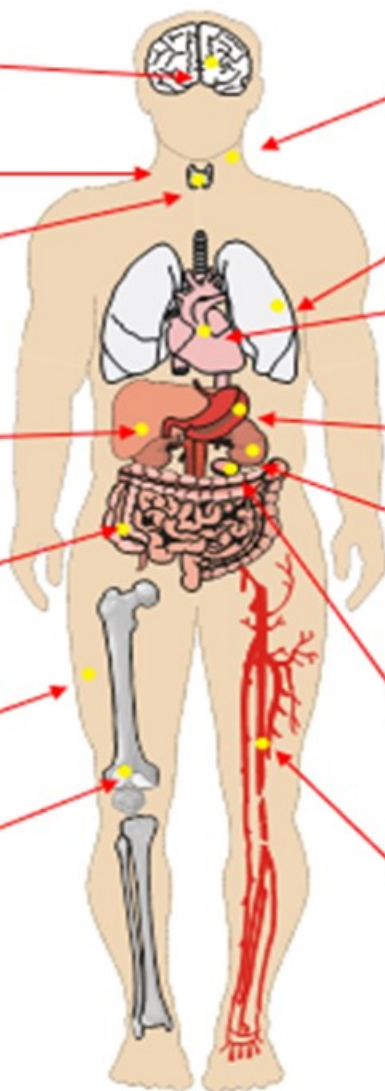
Coração
MIBG-123
TI-201

Estômago
Pertecnetato Tc-99m

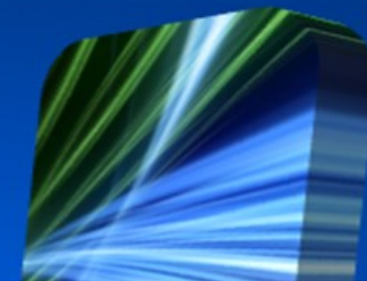
Rins
DMSA Tc-99m
HIPPURAN I-123/I-131
EDTA Cr-51
GHA Tc-99m
DTPA Tc-99m
EC Tc-99m

Próstata
Semente de Iodo 125

Sistema linfático
Dextran 500 Tc-99m



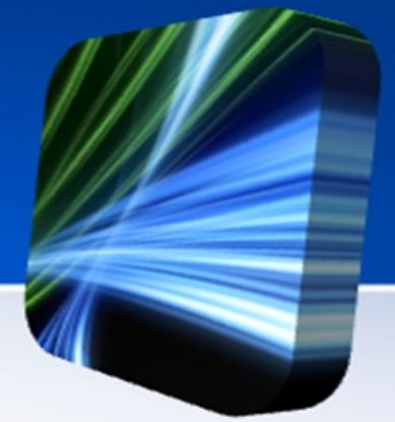
Radioisótopos utilizados em MN



RADIONUCLÍDEO	TEMPO DE MEIA-VIDA	MODO DE DECAIMENTO	ENERGIA RAIOS γ (Kev)	ABUNDÂNCIA DA EMISSÃO γ (%)
<u>^{99m}Tc</u>	6h	TI	140	89
^{131}I	193h	β^- , g	364	81
^{123}I	13h	CE	159	83
^{67}Ga	78h	CE	93, 185, 300, 394	37, 20, 17, 5
^{111}In	67h	CE	171, 245	90, 94
^{201}Tl	73h	CE	135, 167	3, 20
^{11}C	20,4 min	β^+	511	99,8
^{13}N	10 min	β^+	511	100
^{15}O	2,07 min	β^+	511	99,9
<u>^{18}F</u>	110 min	β^+	511	96,9
^{124}I	4,2 dias	β^+	511	25
^{64}Cu	13h	β^+	511	38

NOTA: TI – transição isomérica; CE – captura eletrônica

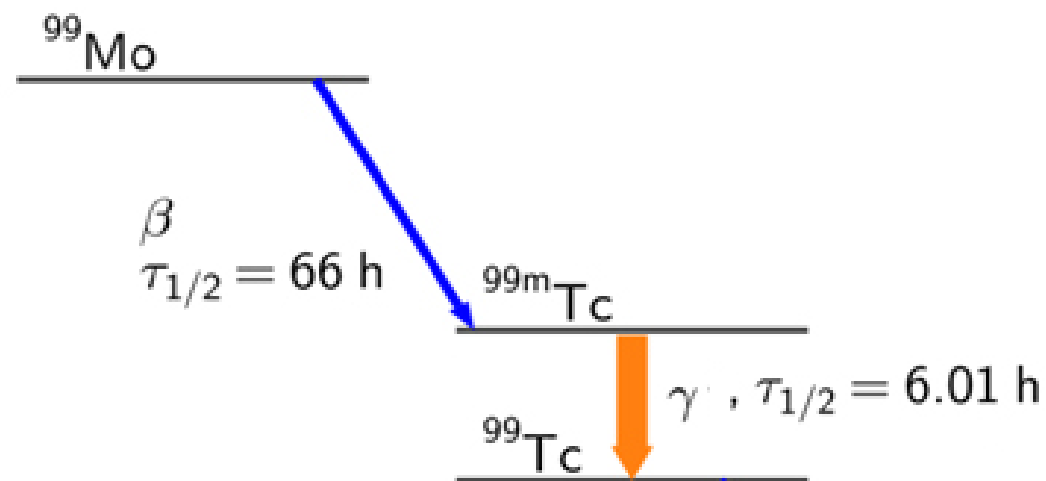
Características do Tecnécio – ^{99m}Tc



- meia-vida física de 6 horas;
- a ausência de radiação β permite a administração de atividades de GBq para fins diagnósticos sem dose significativa de radiação para o paciente;
- emite fótons de 140 keV que podem ser facilmente colimados para dar imagens de resolução espacial superior;
- Está prontamente disponível em um estado estéril, livre de transportadores nos geradores $^{99}\text{Mo} - ^{99m}\text{Tc}$.

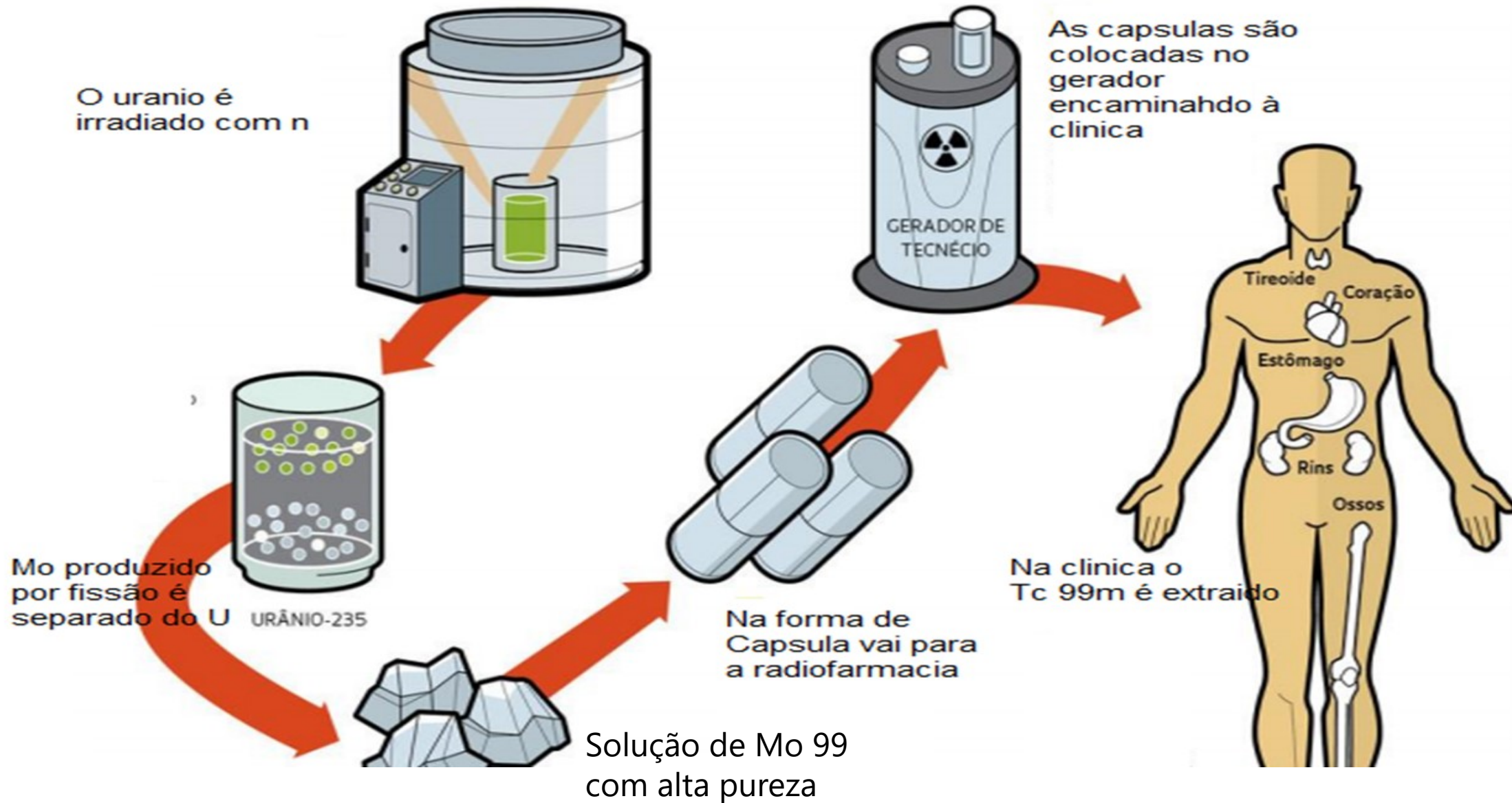
Gerador de Tecnécio

- Gerador de Tecnécio (Tc)

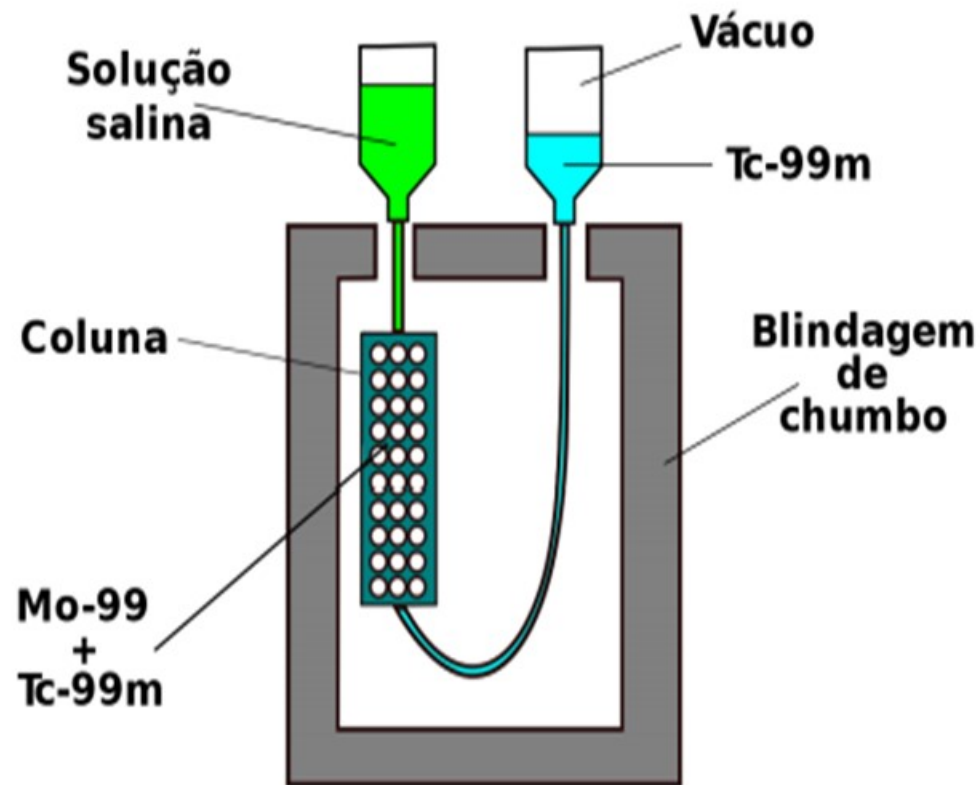
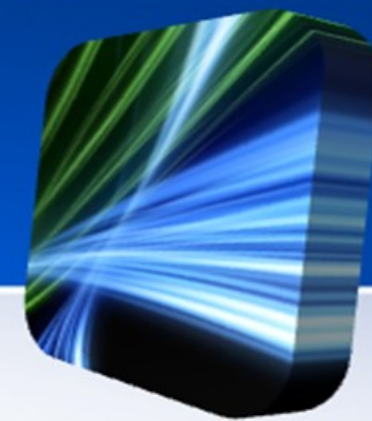


No caso do gerador $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$, a atividade do radionuclídeo “filho” ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) vai aumentando à medida que o radionuclídeo “pai” (^{99}Mo) vai decaindo

Gerador de Tecnécio



Gerador de Tecnécio 99m



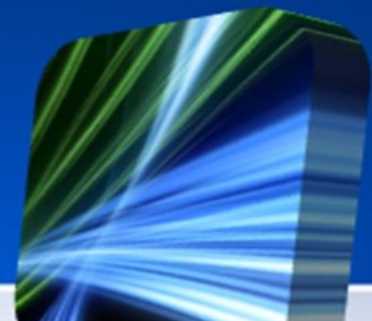
O ^{99}Mo , na forma química do ânion molibdato encontra-se adsorvido numa coluna cromatográfica empacotada com alumina (Al_2O_3).

Quando o ^{99}Mo decai para $^{99\text{m}}\text{Tc}$, forma-se o ânion composto pertecnetato ($^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$) **que tem baixa afinidade pela alumina**

Com a injeção de uma solução salina o pertecnetato de sódio (NaTcO_4) é extraído e o molibdato fica retido na alumina

Neste gerador, o ^{99}Mo ($T_{1/2}=2,7$ d) decai para o $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ($T_{1/2}=6$ h).

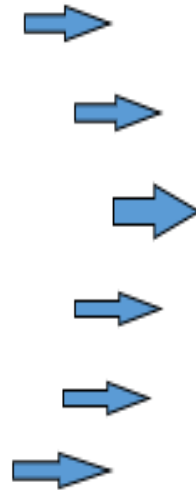
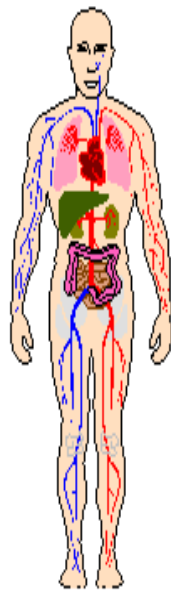
Manuseio do radiofármaco



Depois que um radiofármaco é administrado, é preciso utilizar algo que detecte as informações levadas pelos raios Gama emitidos

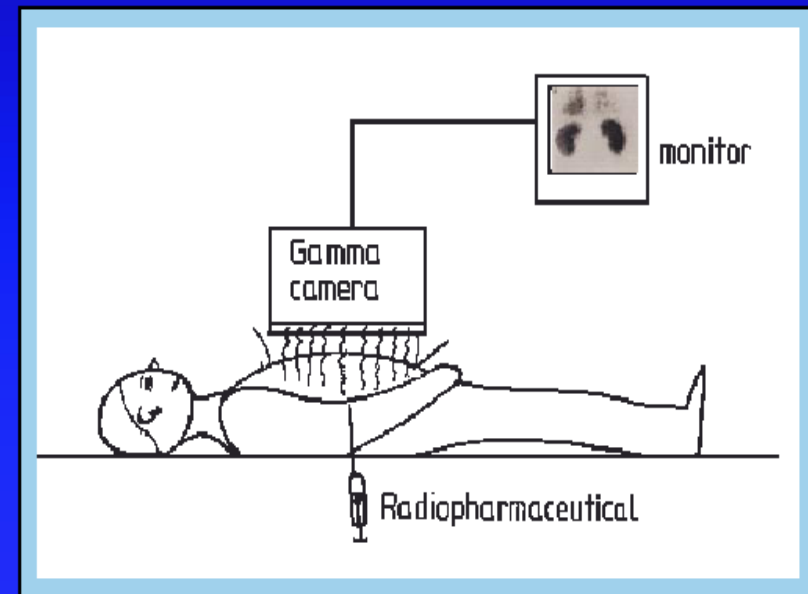


Material radioativo

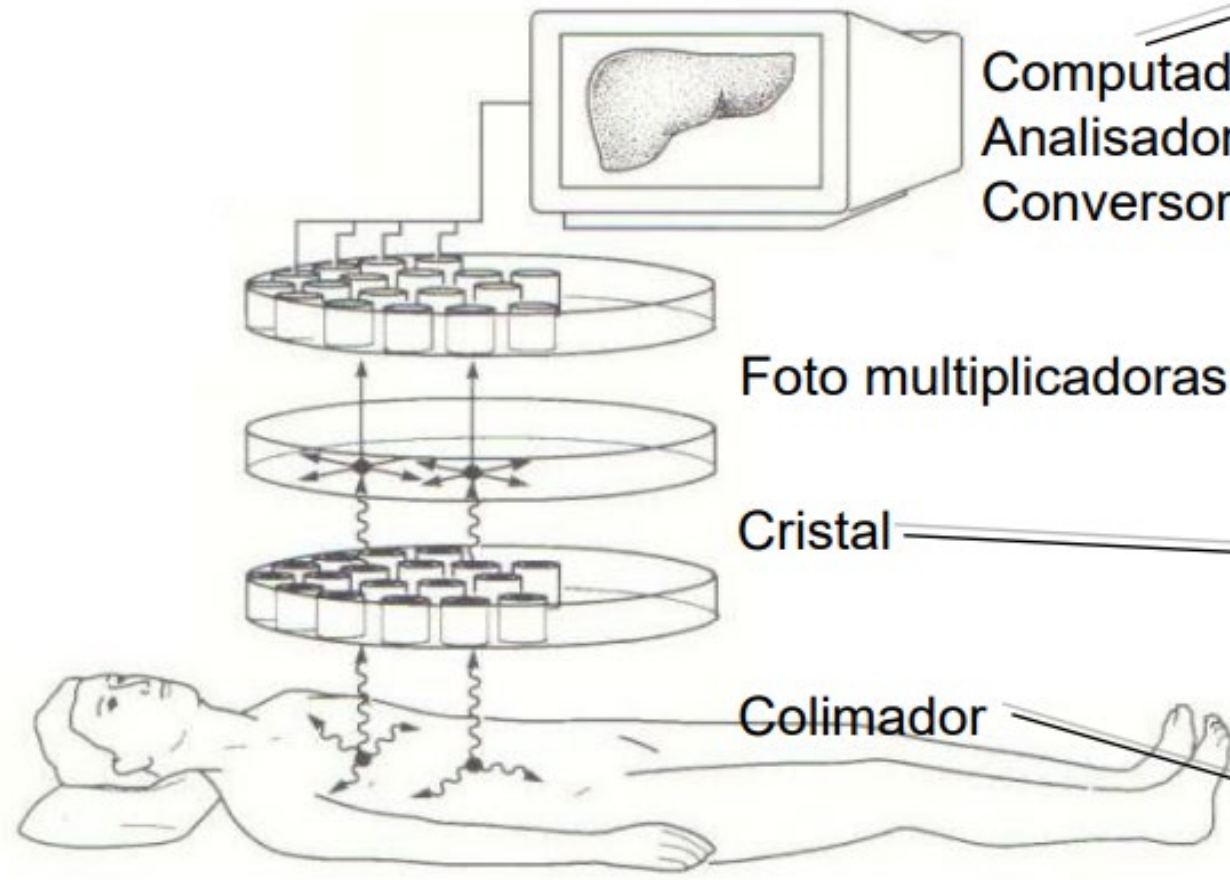


D
E
T
E
T
O
R

Formação da Imagem



I.V., Oral, Local, Inalação

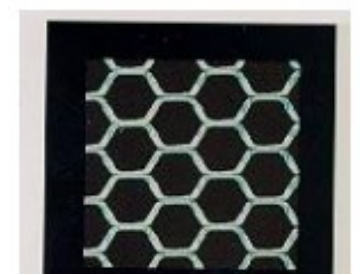
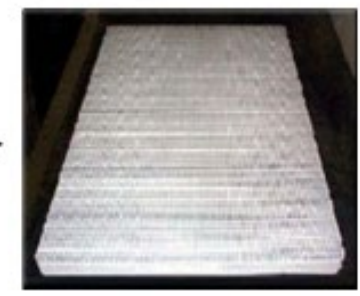


Computador
Analizador de Pulso
Conversor A/D

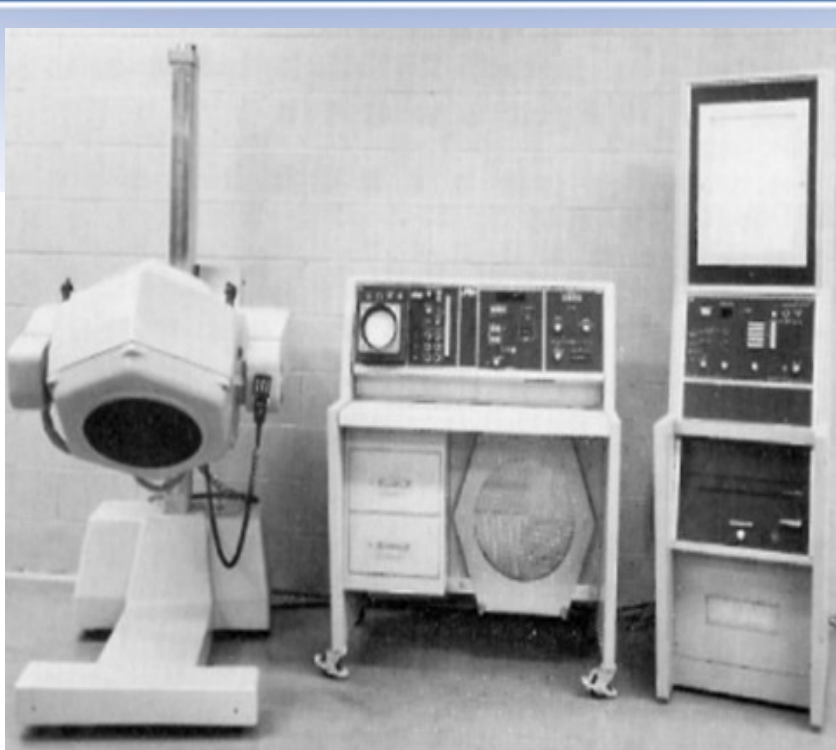
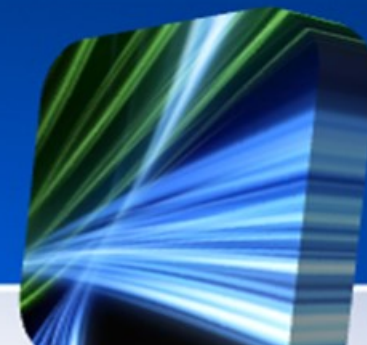
Foto multiplicadoras

Cristal

Colimador



Equipamentos de MN



•Planar

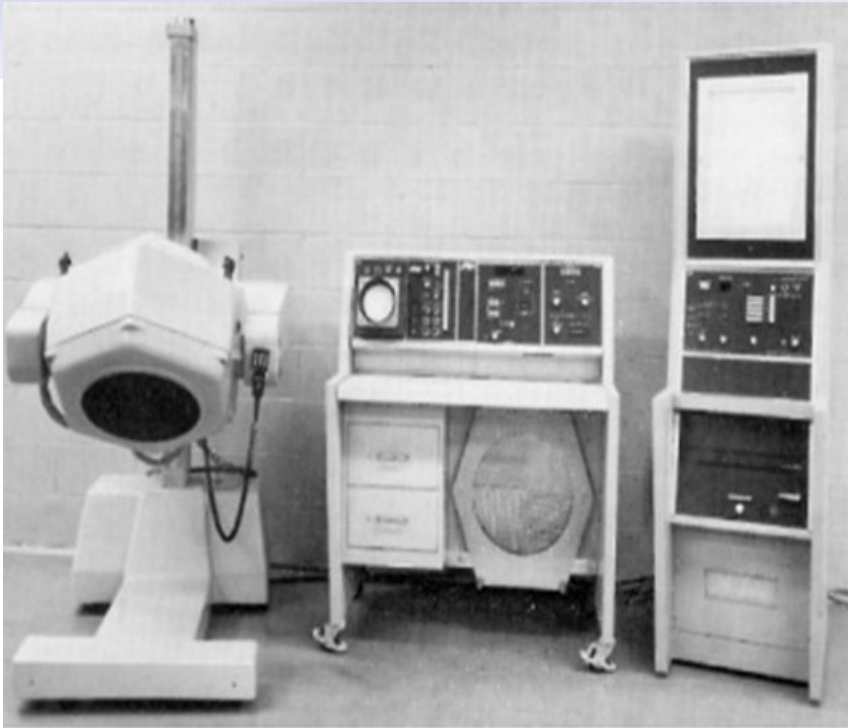
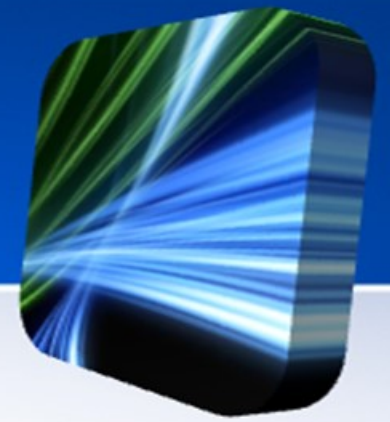


•Spect



Spect- CT

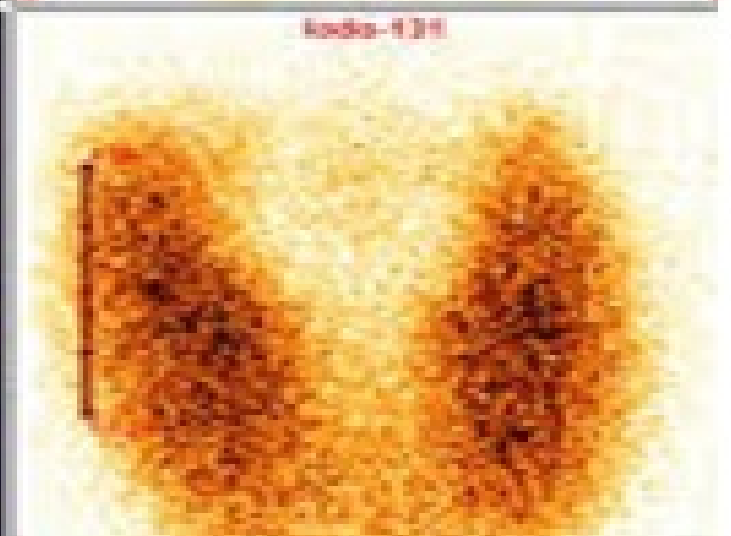
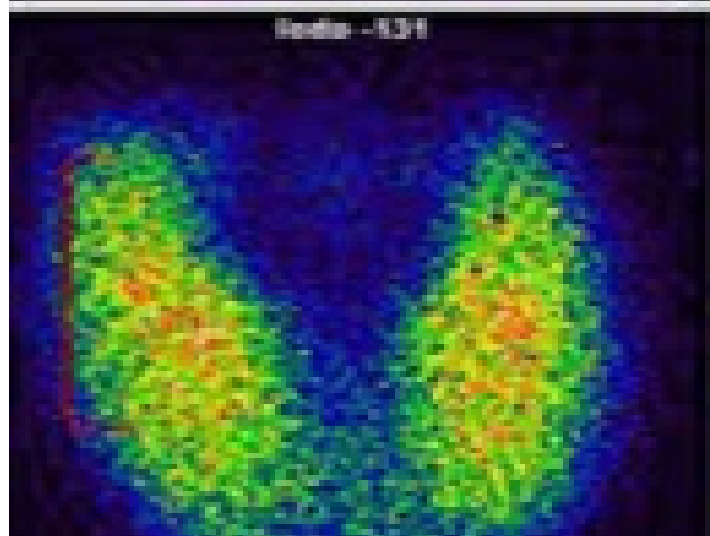
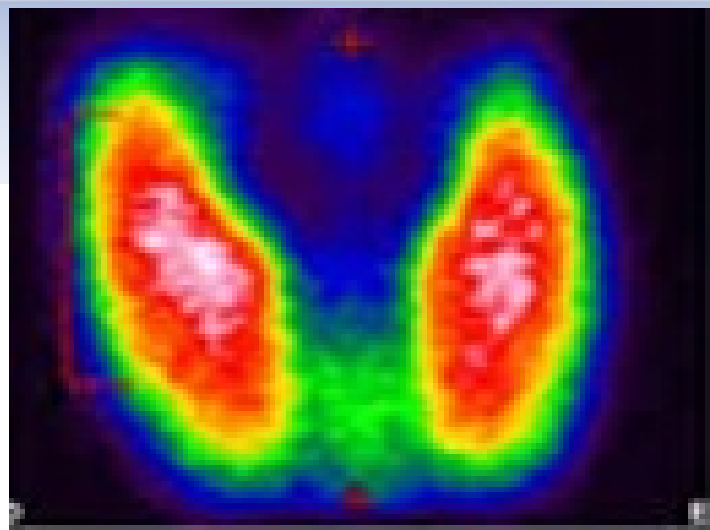
Gama Camara Planar



•Planar

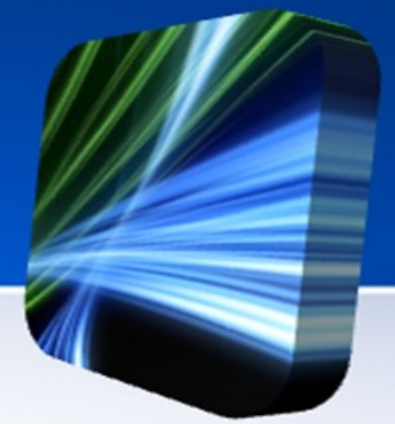
- Hal Anger, 1958
- Não tem rotação de 360° ;
- Aquisição Estática e Dinâmica;
- Movimentos Longitudinais e Transversais;
- Emissores de gama e beta.

Cintilografia da tireoide- É um exame utilizado pra investigar problemas na tireoide



usa-se o iodo radioativo na forma de iodeto de sodio ($^{131}\text{I-NaI}$, $^{123}\text{I-NaI}$) administrados pelo paciente por via oral ou o tecnecio, por via endovenosa (pela veia).

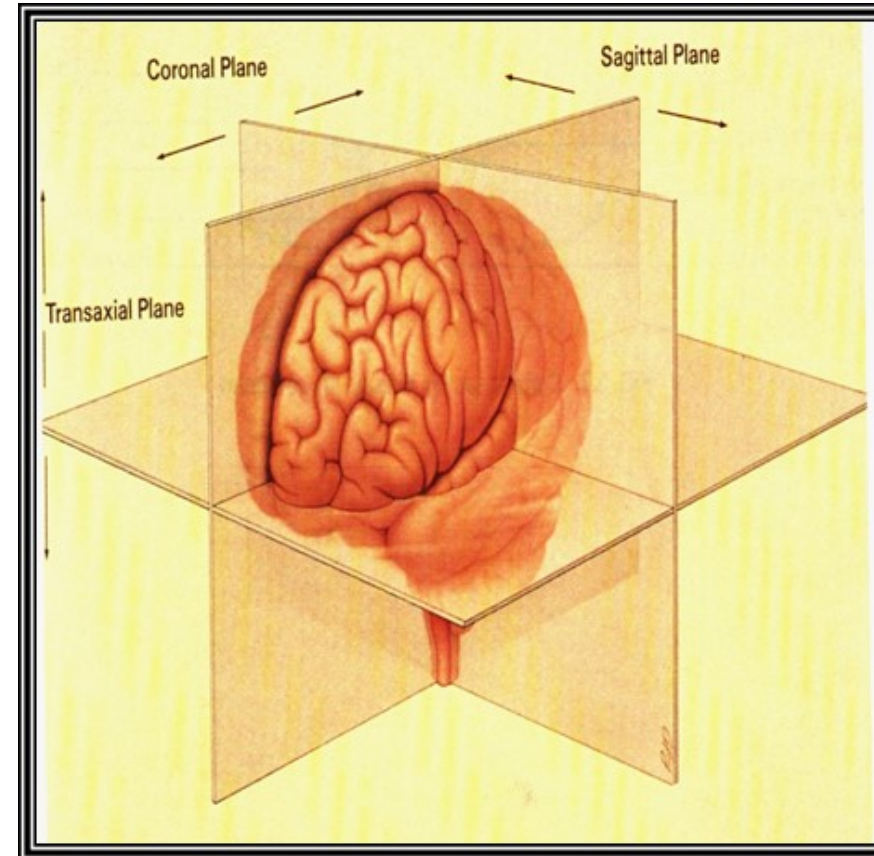
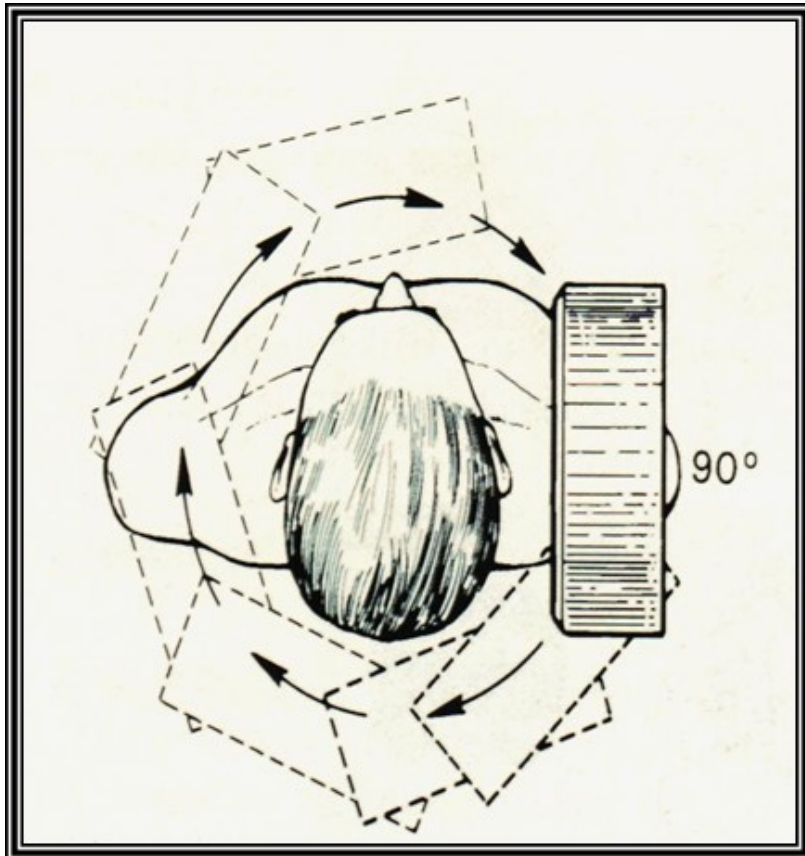
SPECT



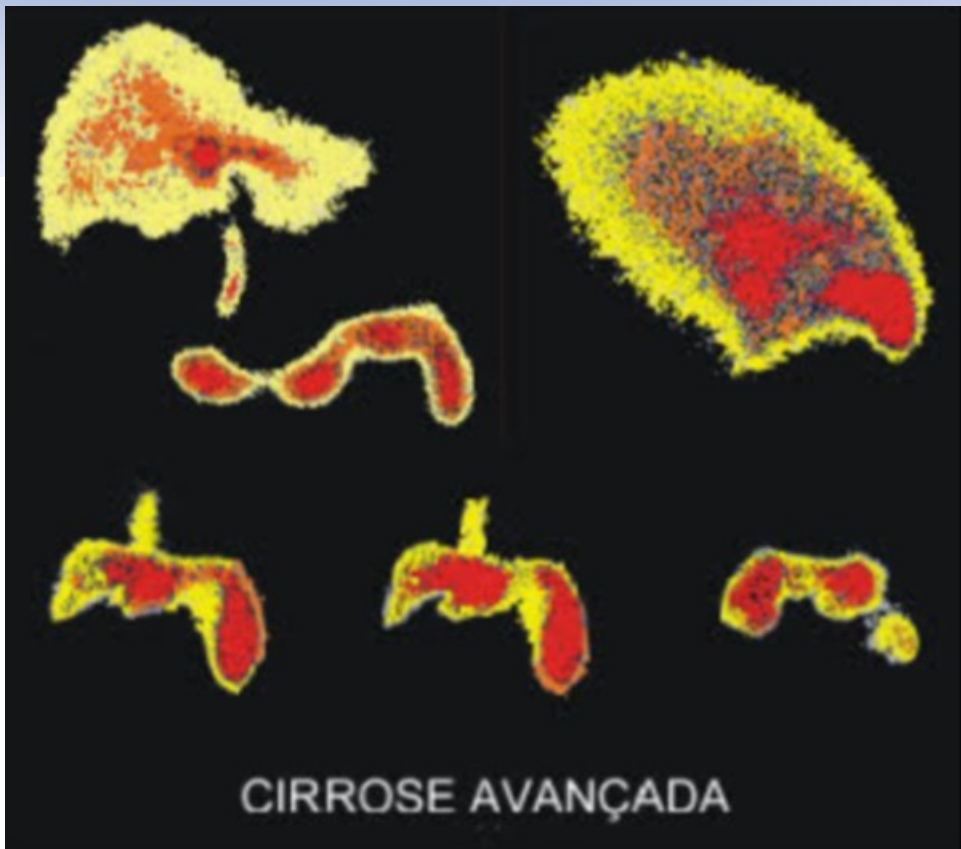
- David Kuhl, 1970;
- Rotação de 360° ;
- Aquisição Volumétrica;
- Reconstrução em cortes;
- Emissores de gama e beta.

Aquisição tomográfica

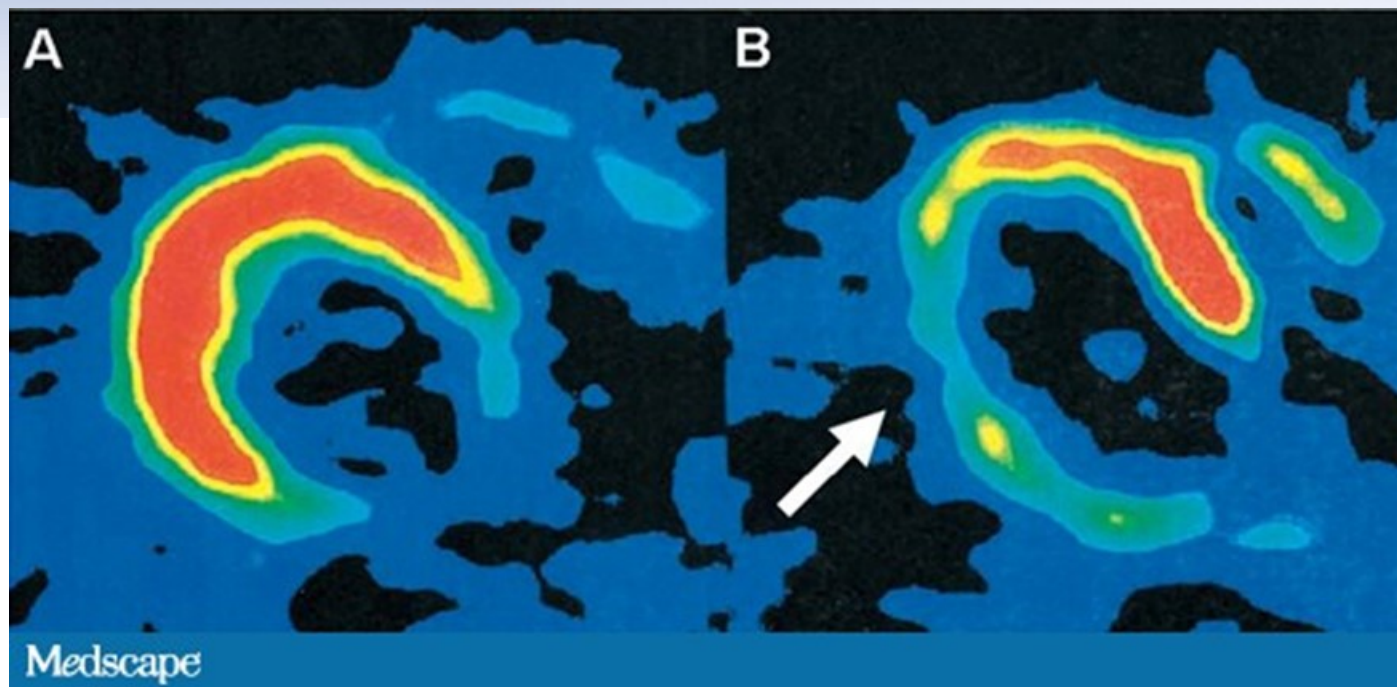
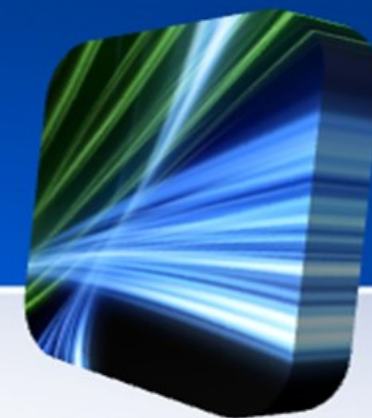
SPECT



SPECT



<https://www.digirad.com/what-is-spect-imaging-and-how-does-it-work/>



Presença de infarto com obstrução significativa do tecido vascular

SPECT/CT



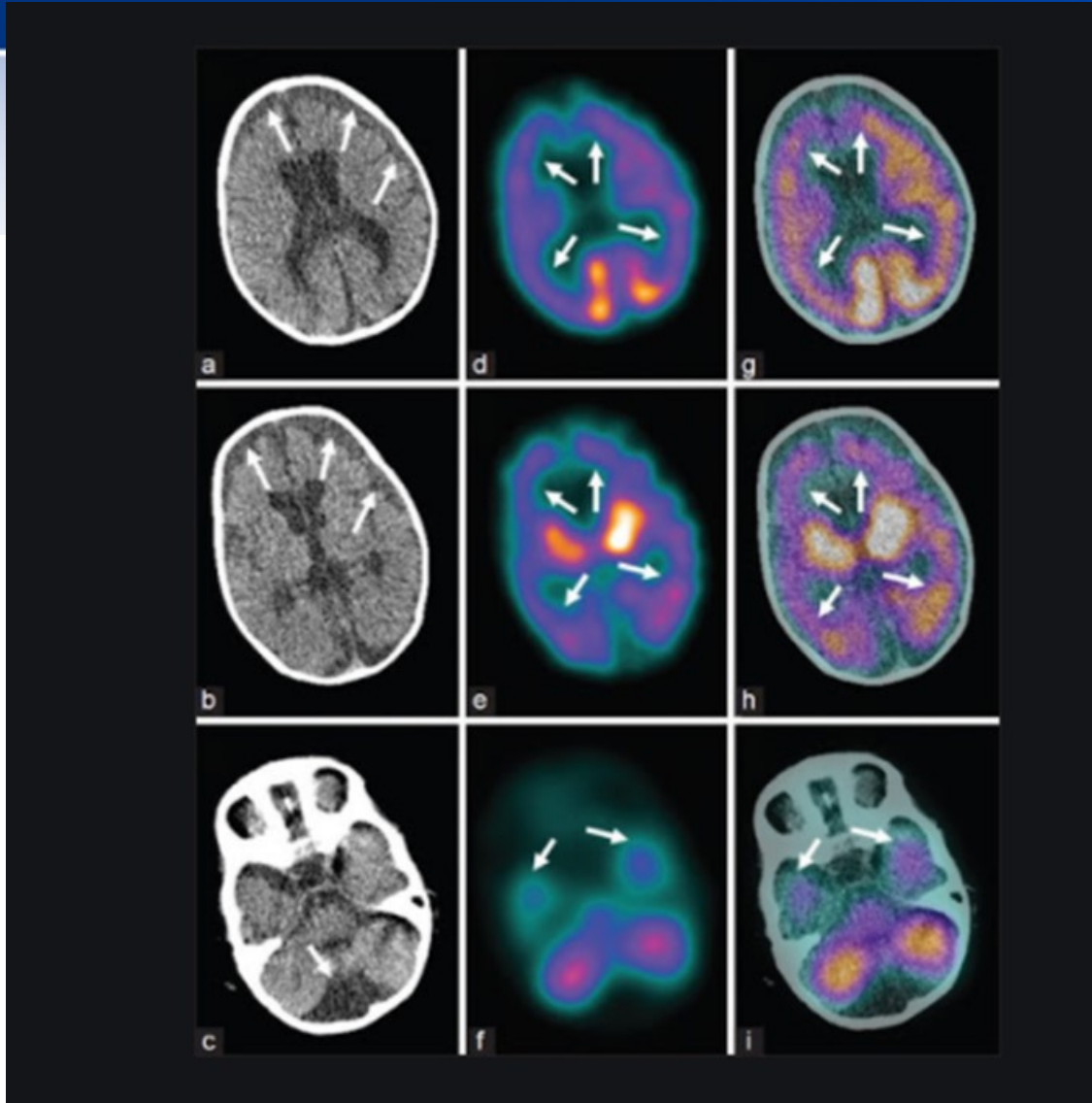
Um SPECT / CT é um scanner que utiliza duas técnicas de imagem diferentes para obter imagens 3D de sua parte do corpo.

SPECT ou tomografia computadorizada de emissão de fóton único usa a câmera gama para obter imagens funcionais da parte do corpo onde o radiofármaco está absorvendo.

O CT ou tomografia computadorizada obtém imagens da estrutura e anatomia do corpo utilizando feixe de raios-X.

Esses dois conjuntos de imagens são fundidos e fornecem ao radiologista imagens precisas sobre como o corpo está funcionando.

SPECT/CT



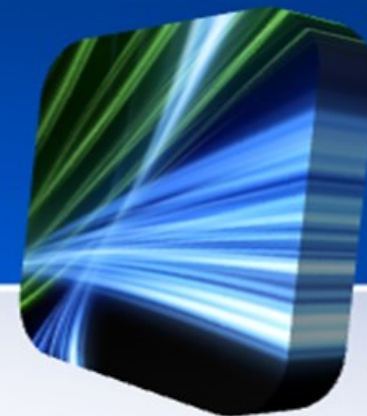


Imagem CT

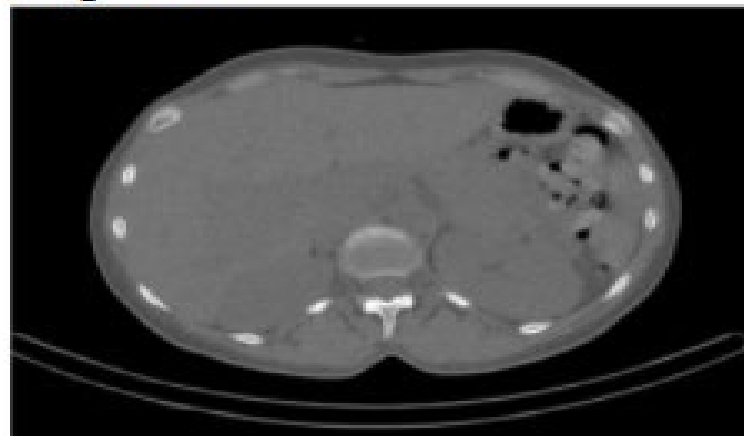


Imagem SPECT

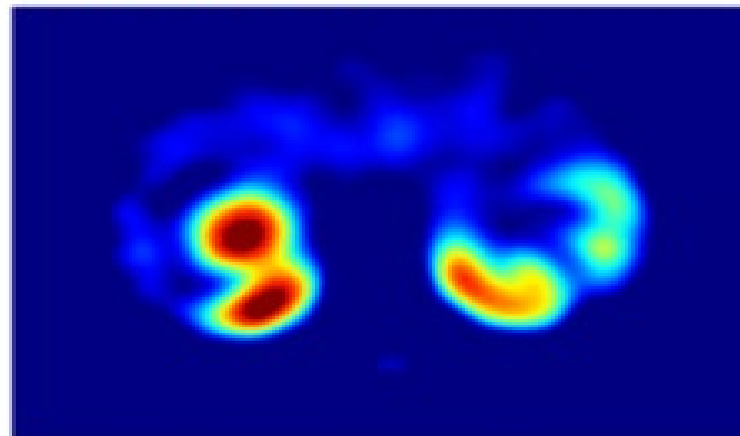
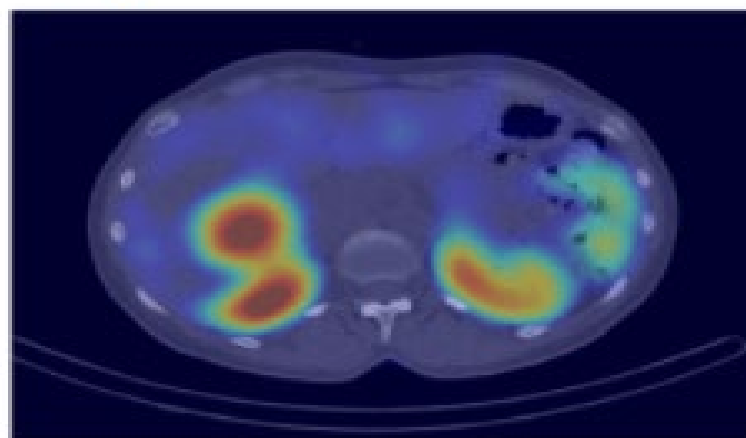
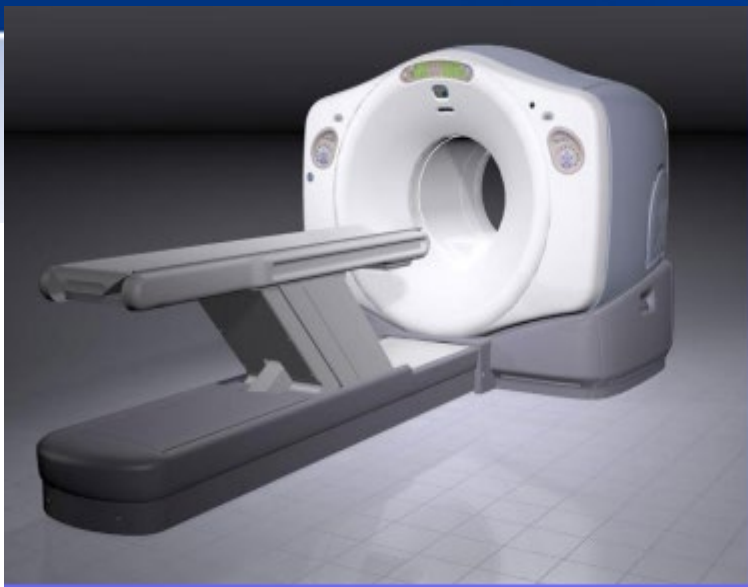


Imagem SPECT/CT



Equipamentos de MN



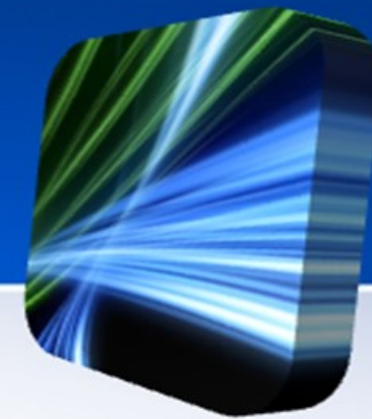
•PET Dedicado



•PET-CT

•PET-RM

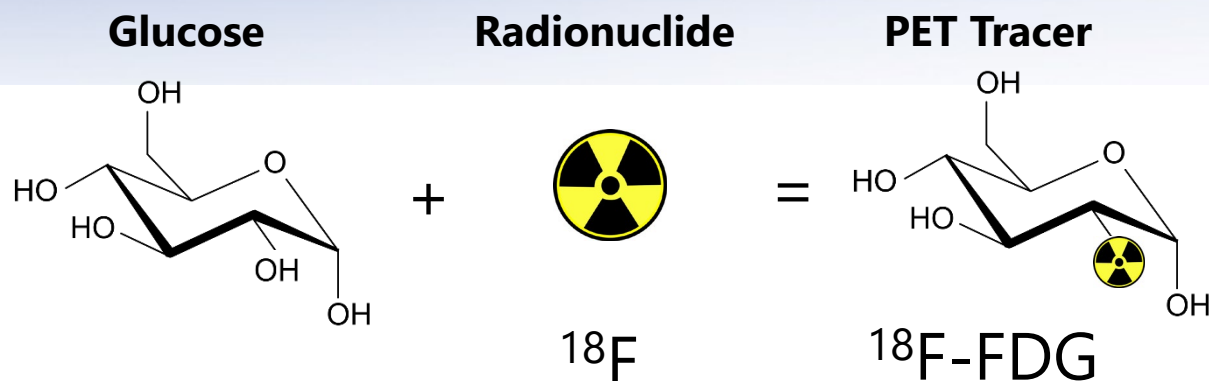
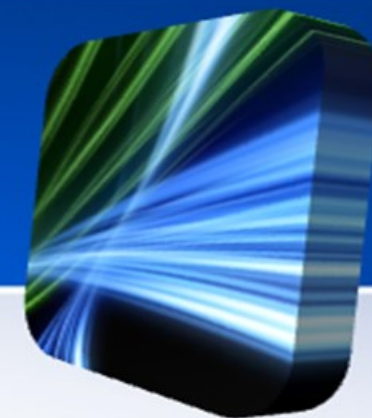




Cortesia : Dr. Paulo Caribé

in vivo

Imagens PET- Radisótopo



Seu princípio é o uso de um radiofármaco chamado FDG, ou fluoro-deoxi-glicose, marcado com o flúor-18 (FDG- ^{18}F), que é semelhante à glicose.

Produção do Radioisótopo

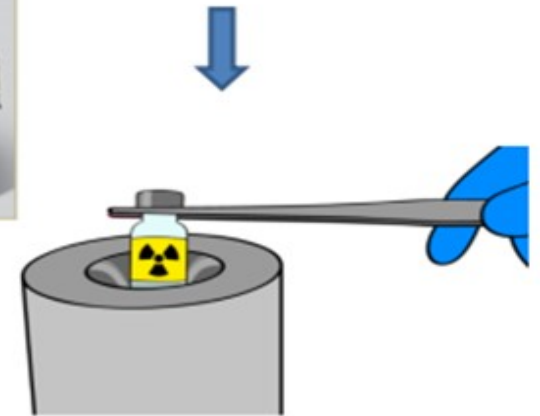
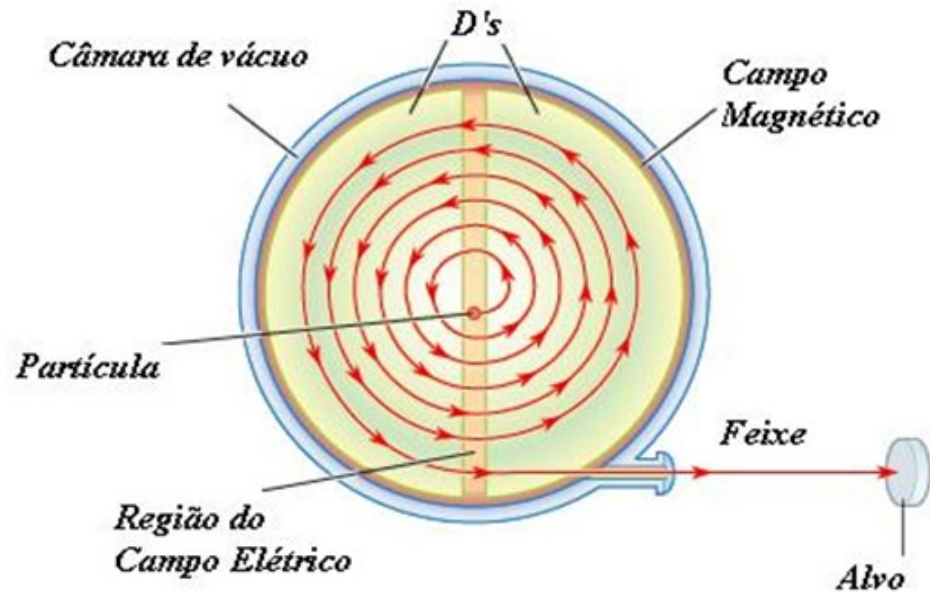


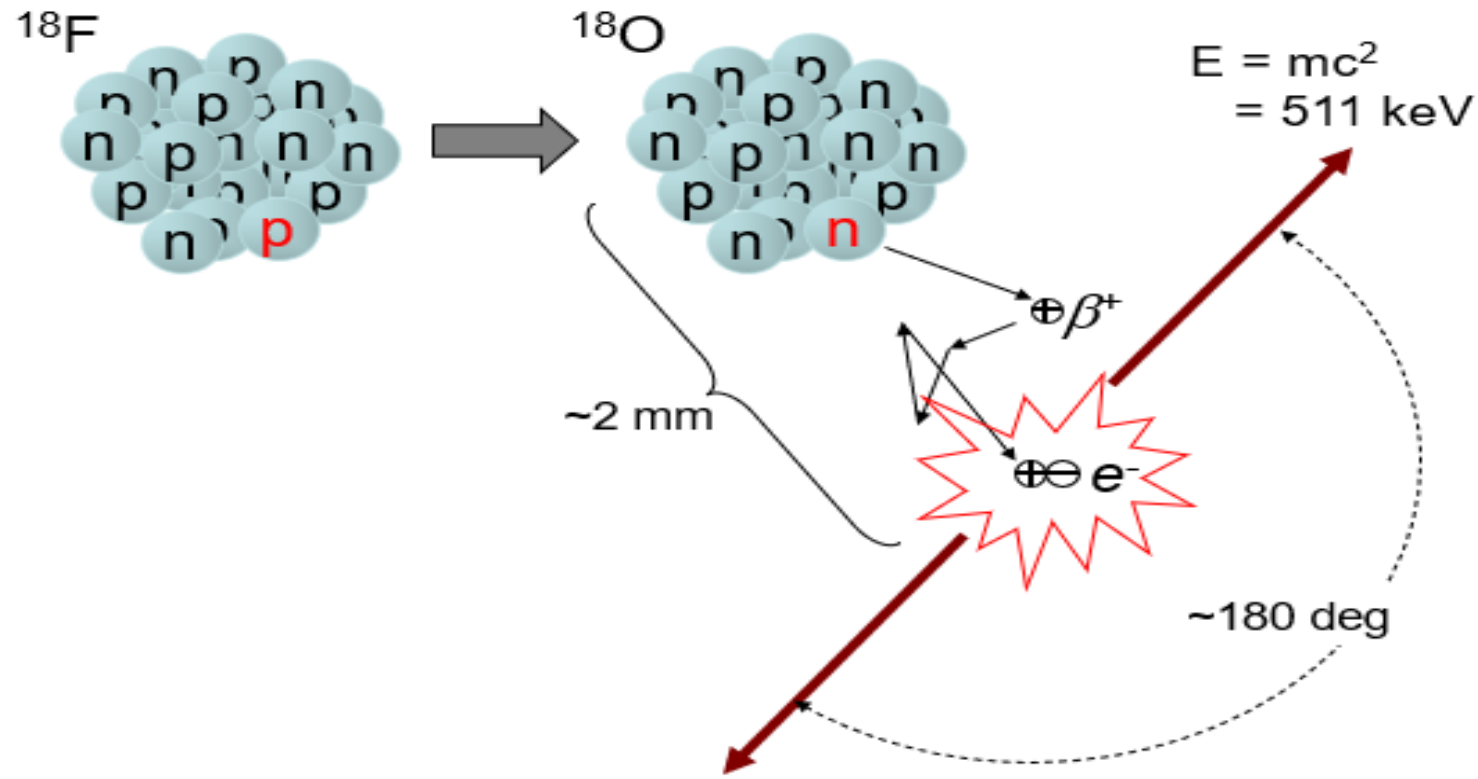
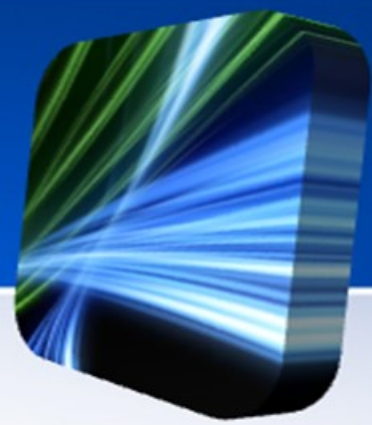
cíclotron



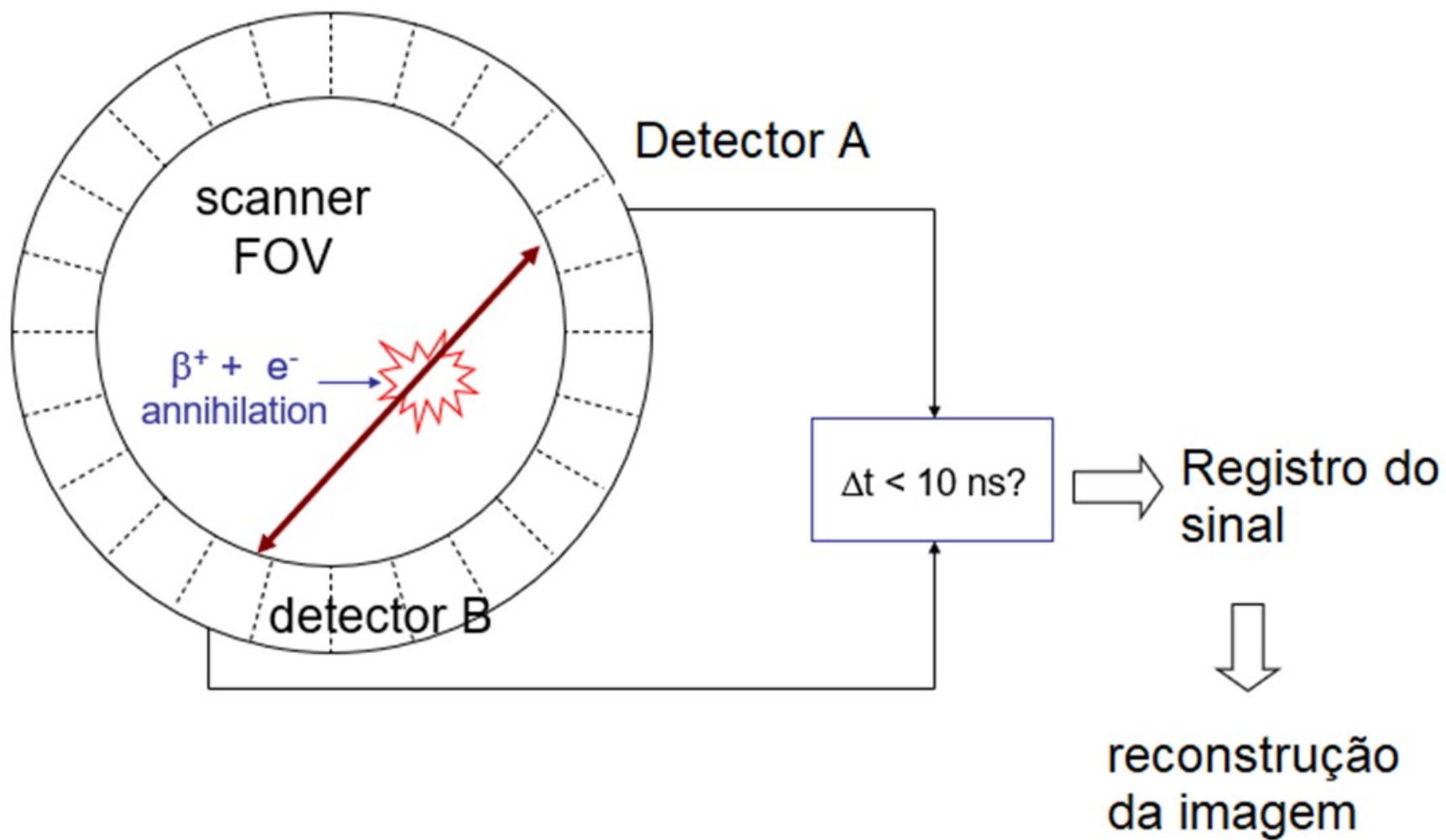
Produção F-18

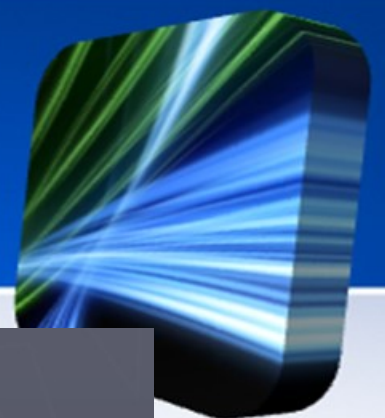
Produção do Radiofármaco



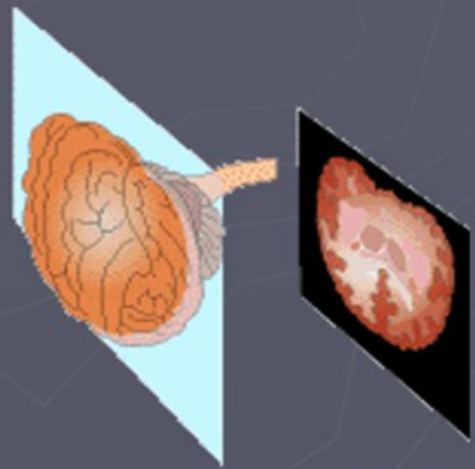
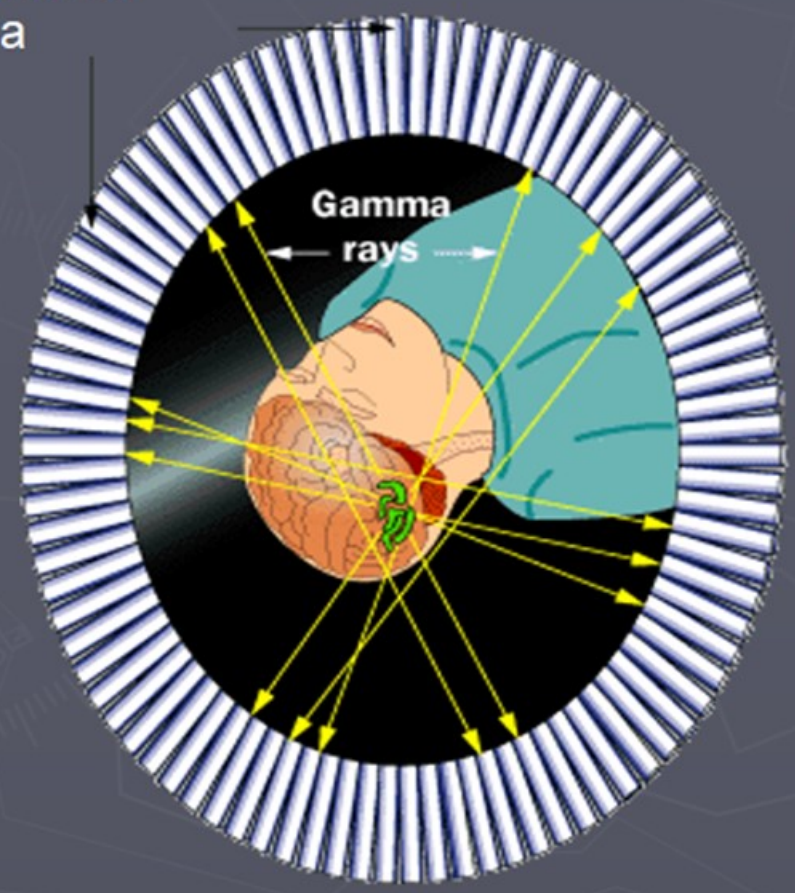


Radiação/Emissão	% por desintegração	Energia (keV)
Pósitron β^+	96,9	249,8
Gama*	193,46	511,0



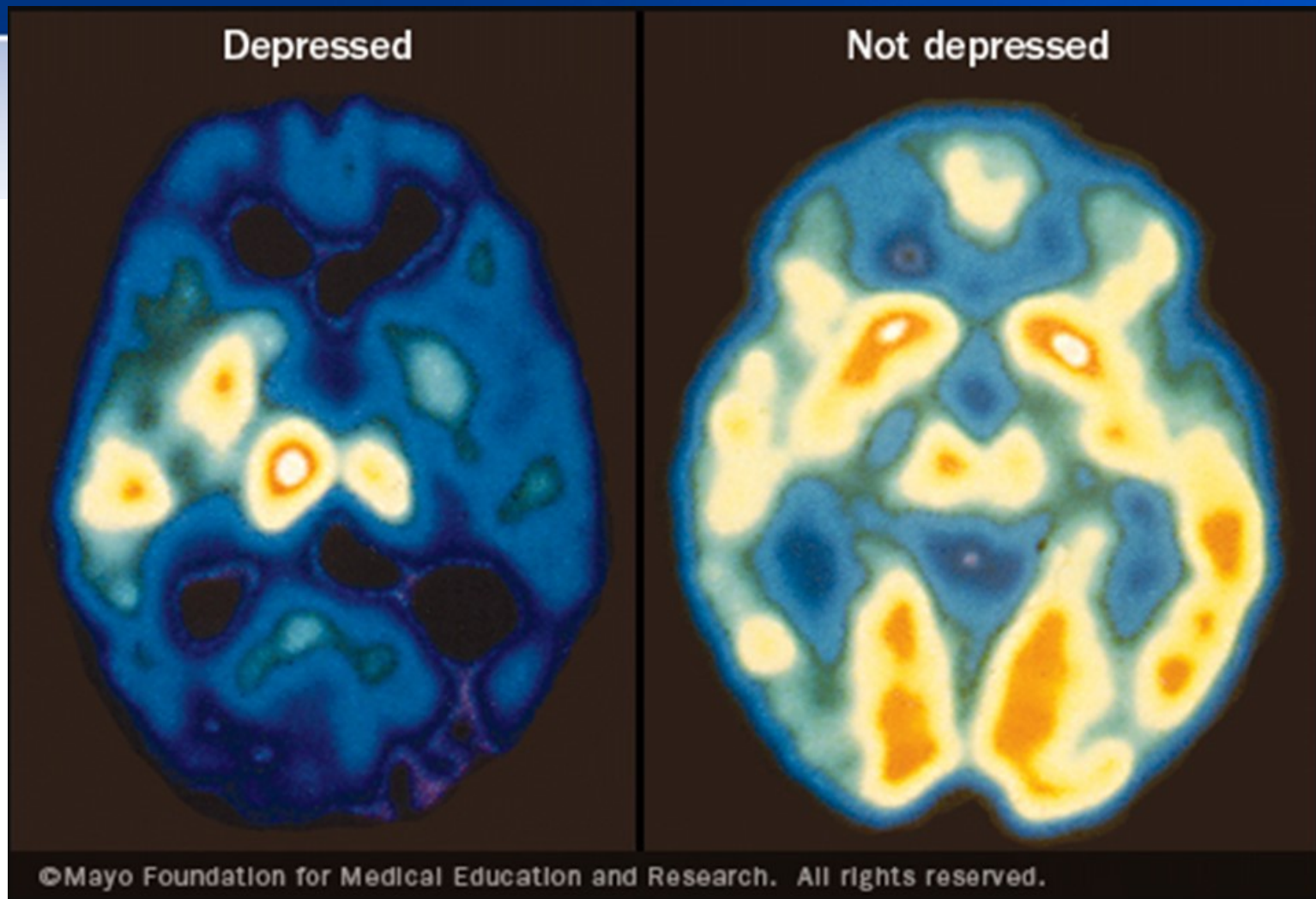
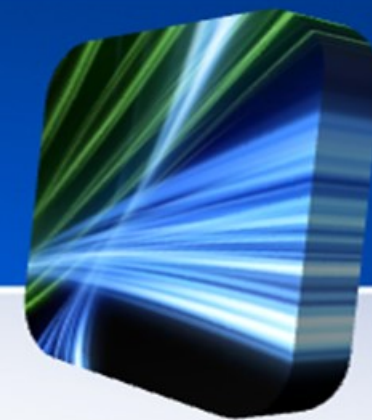


detectores
gama



© 1997 D.K. Brown / SUNY at Buffalo

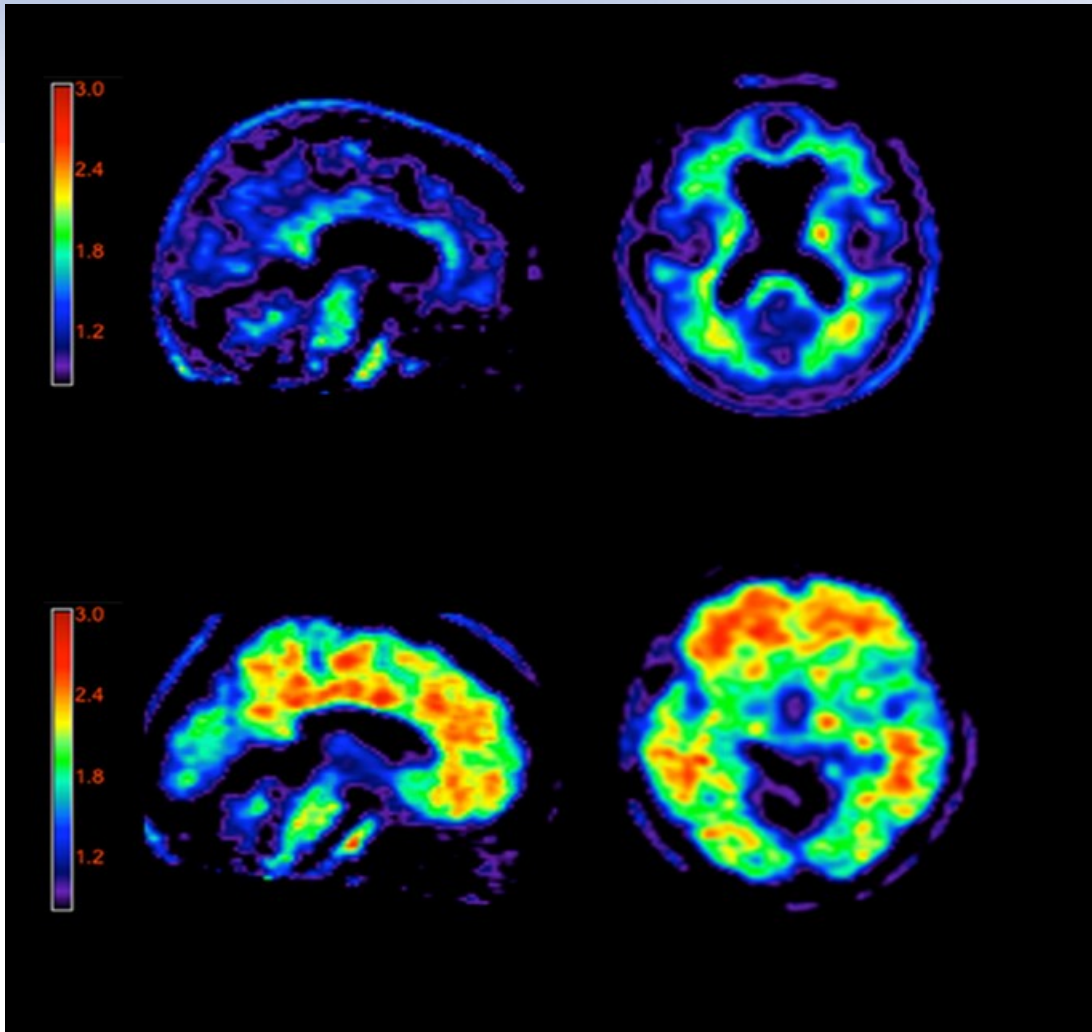
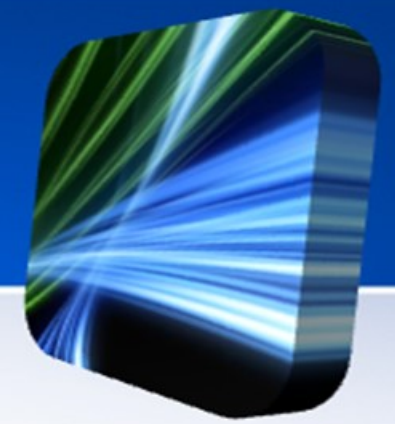
Imagem de PET-



Imagens produzidas pela Mayo Clinic in the USA (Credit: Mayo Foundation for Medical Education and Research)

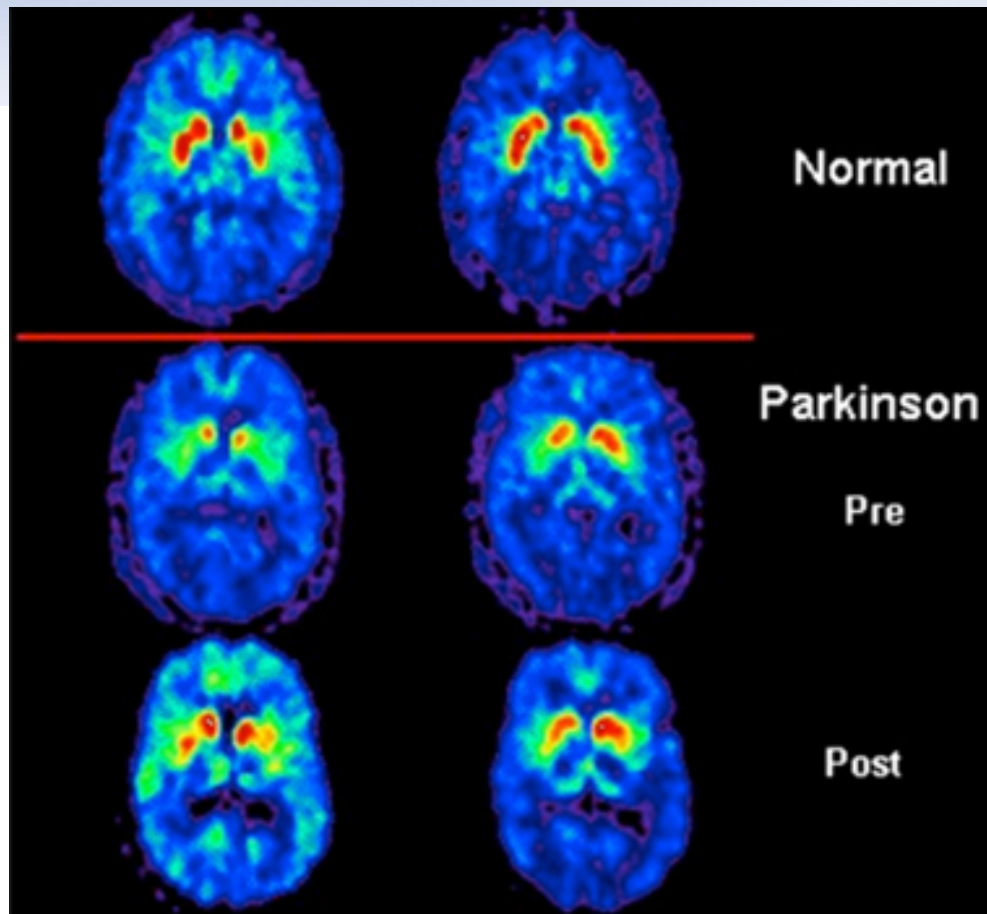
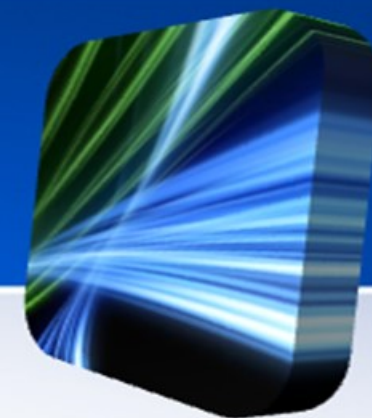
<https://seanduke.files.wordpress.com/2011/12/depressed-brain.jpg>

Neurologia - Alzheimer



Com a doença de Alzheimer, não há nenhuma anormalidade estrutural grave, mas o PET é capaz de mostrar uma alteração bioquímica.

Em vermelho presença de placa amilóide – marco na presença da doença

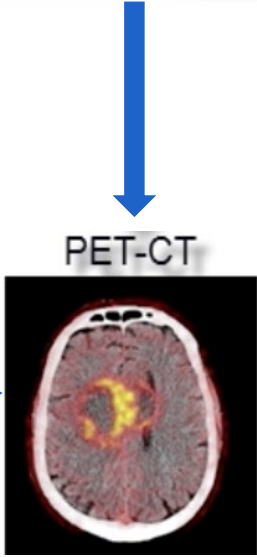
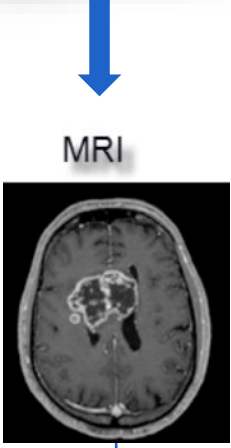
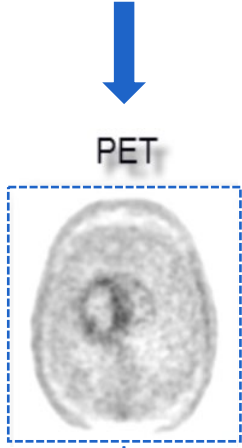
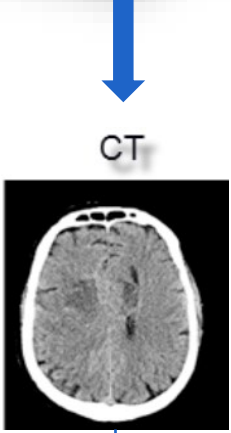
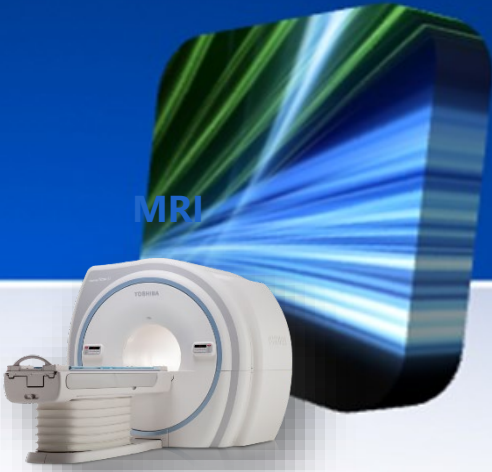


Paciente normal

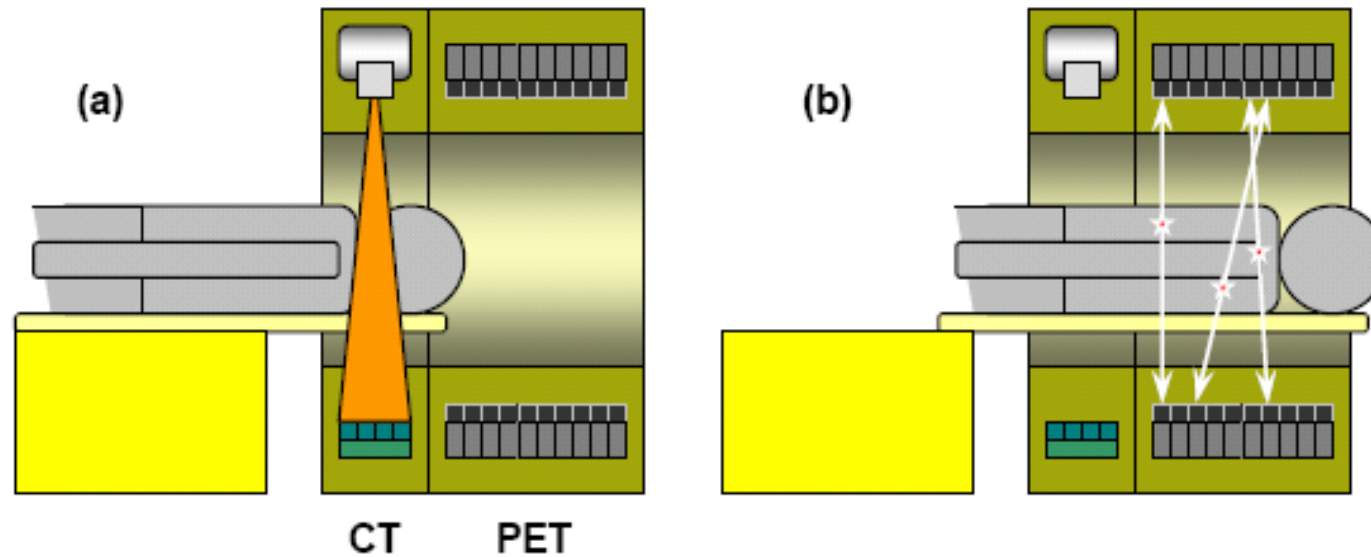
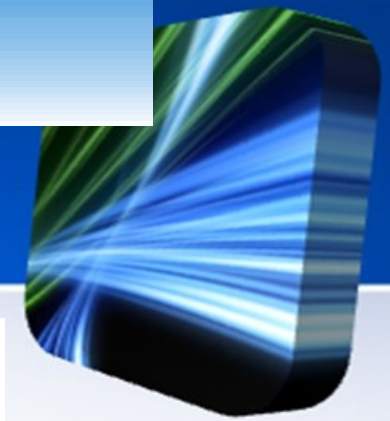
Paciente com Parkinson

Paciente após início de tratamento com levodopa

Imagens Híbridas



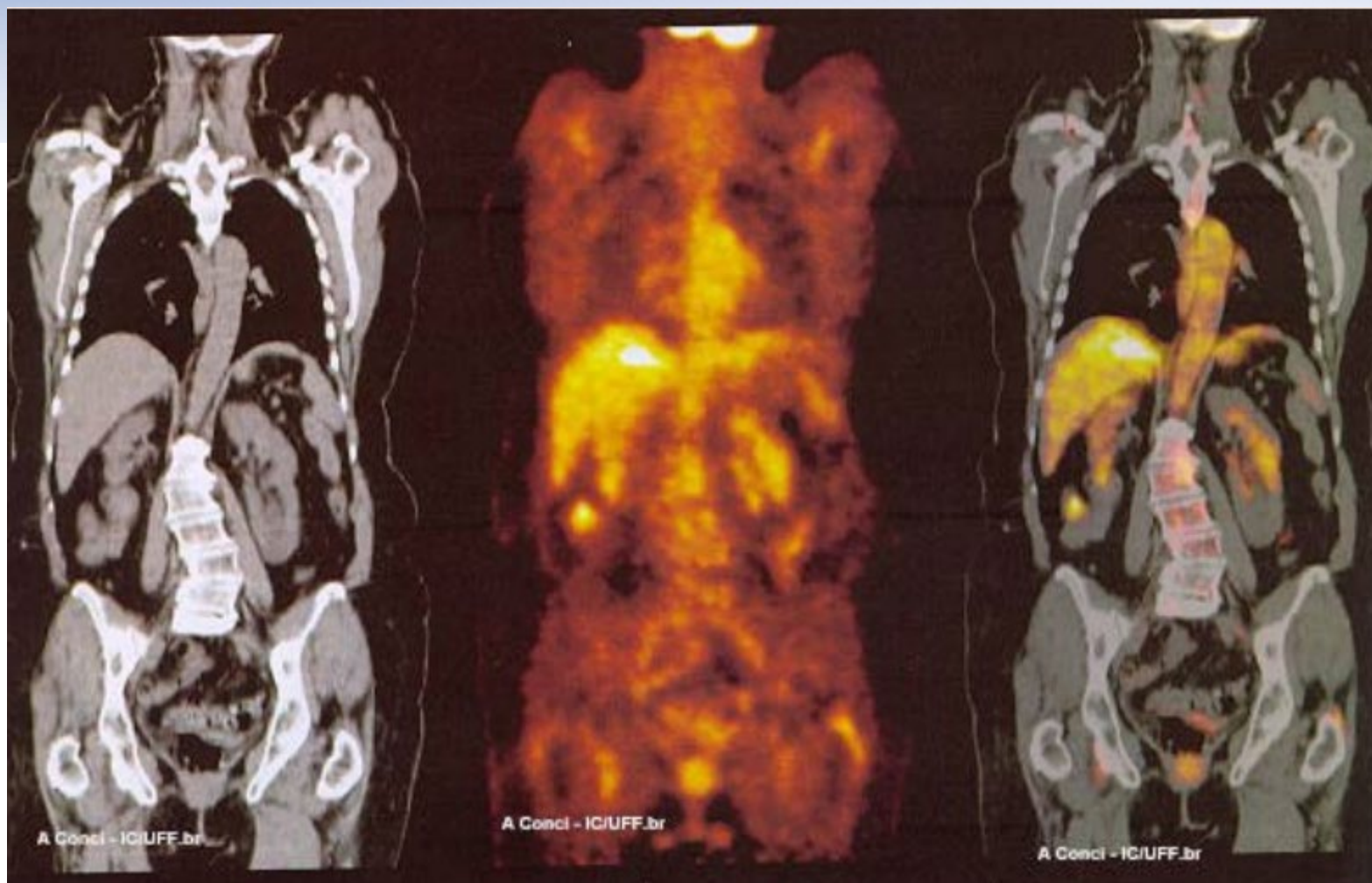
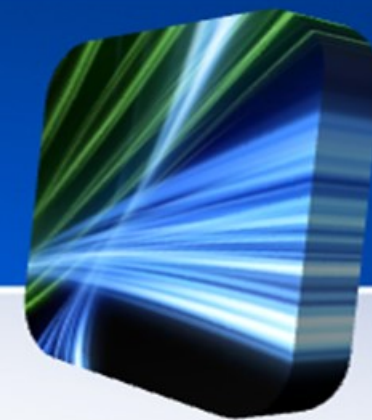
Scan Process



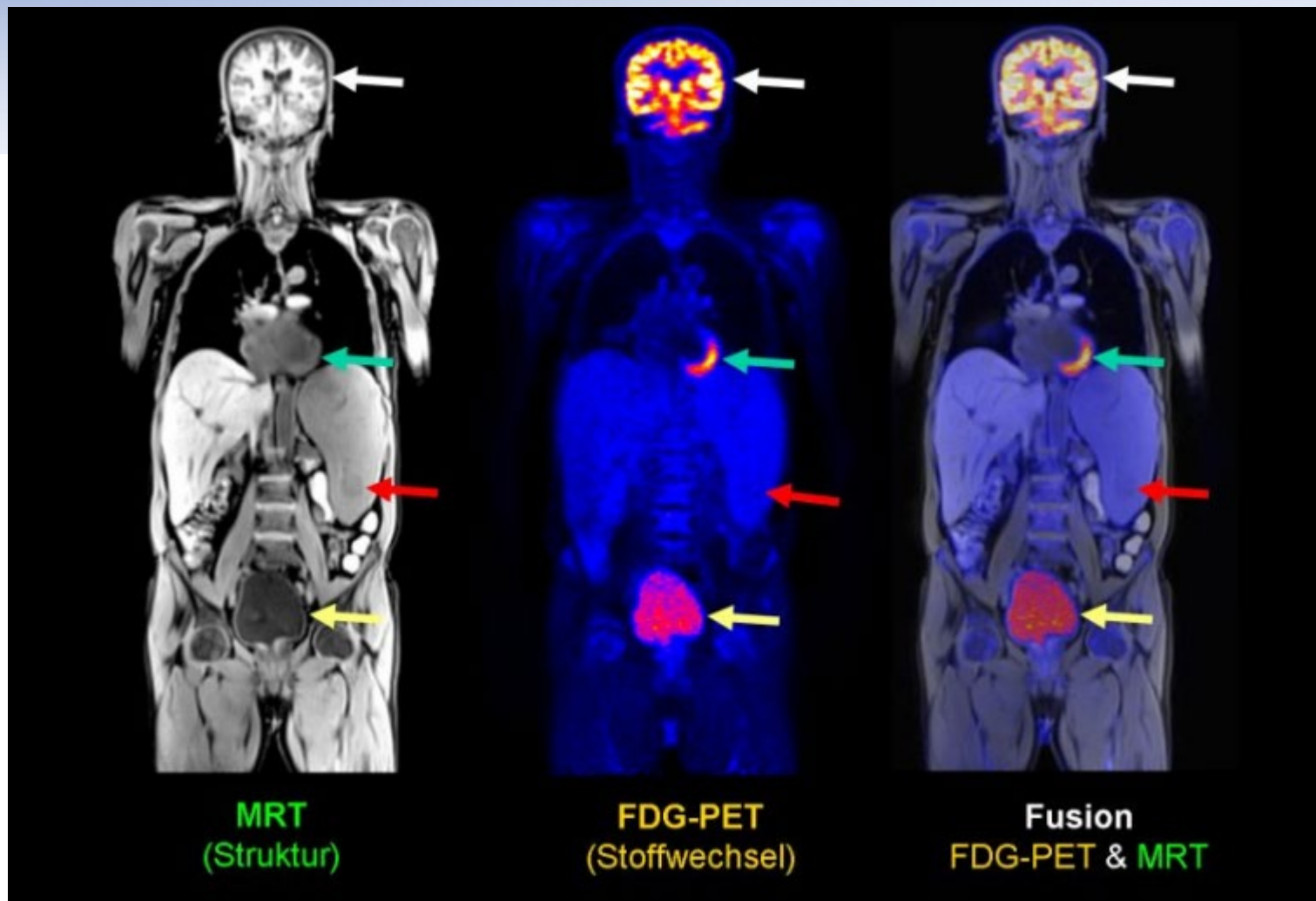
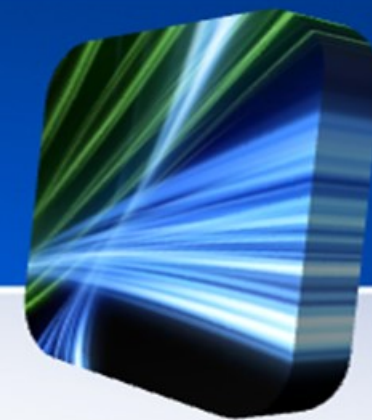
1. CT scout
2. Full CT
3. PET scan



Imagem PET-CT



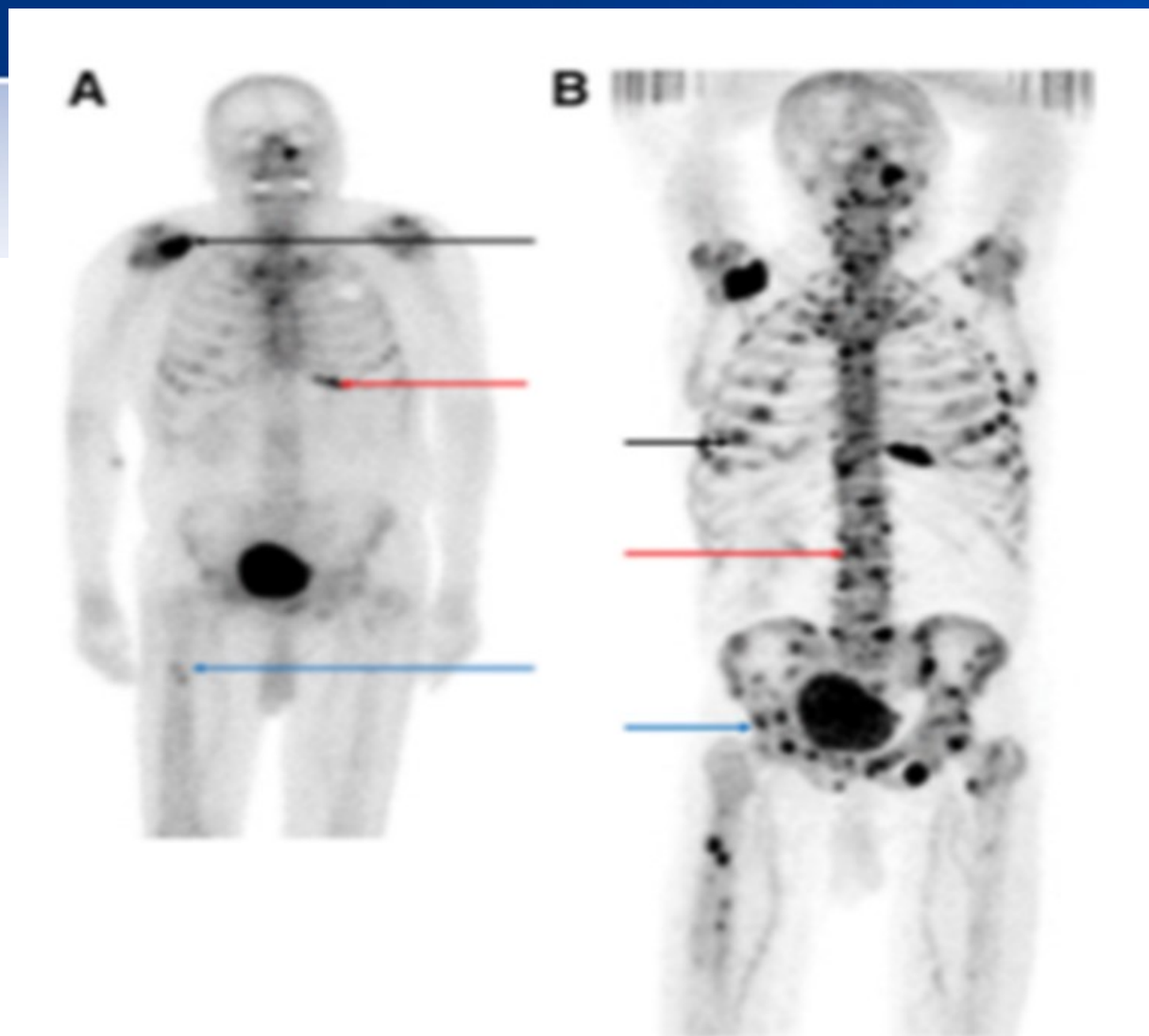
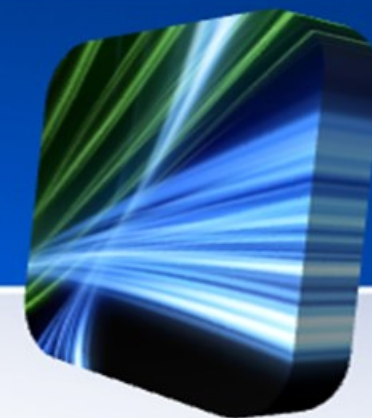
PET- MRI



MRT
(Struktur)

FDG-PET
(Stoffwechsel)

Fusion
FDG-PET & MRT

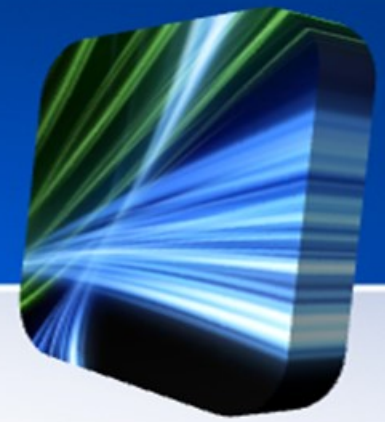


Comparação imagens de mesmo paciente:

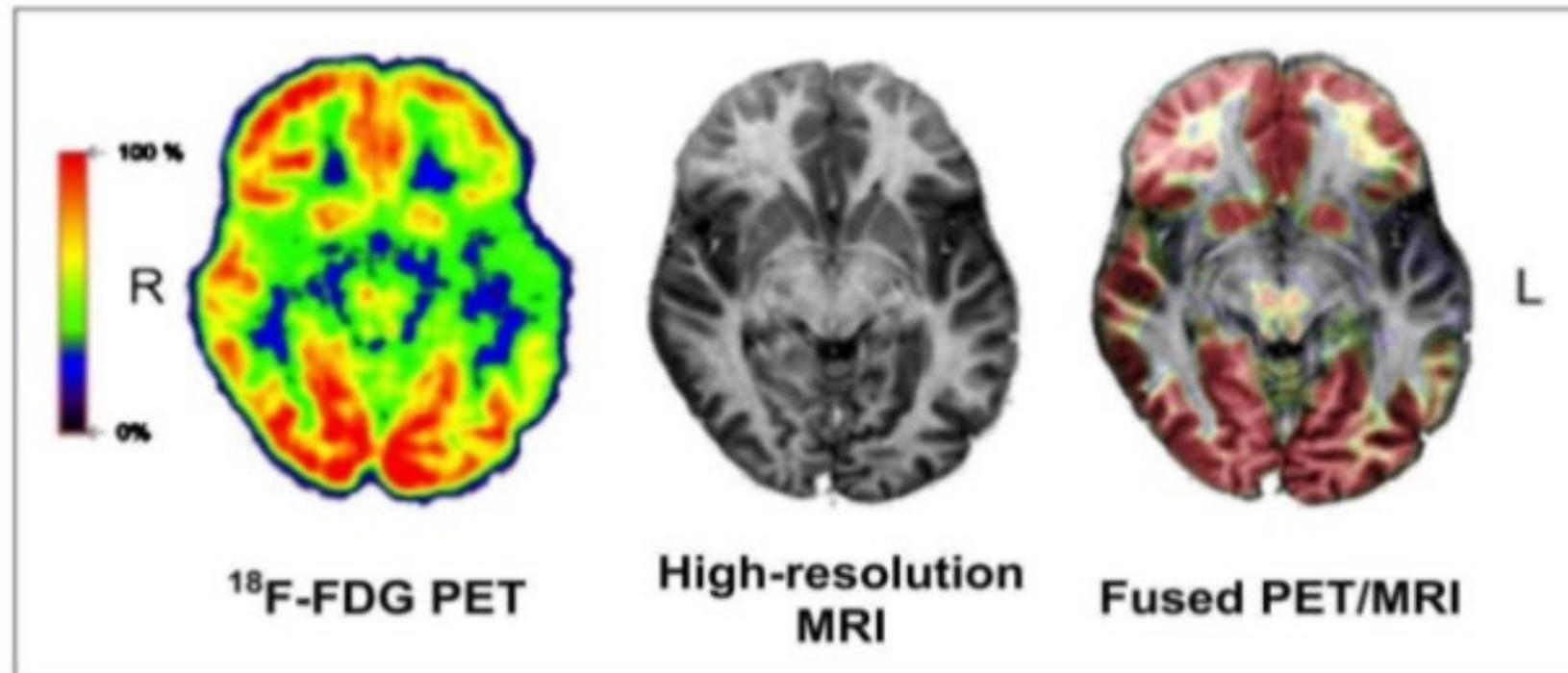
A- Cintilografia óssea planar com $^{99m}\text{Tc-MDP}$

B-PET/CT Fluoreto-18F

evidencia número maior de metástases ósseas em comparação a cintilografia óssea

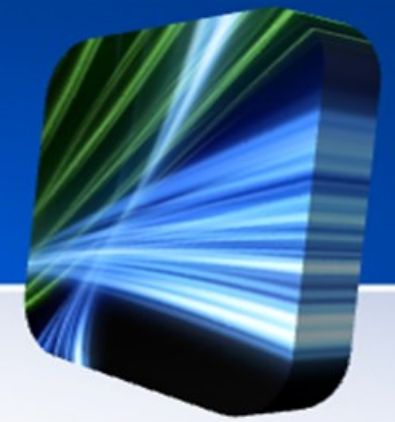


FUSED PET/MRI SCAN IMAGE OF BRAIN



<https://pt.slideshare.net/VamsiIntellectual/nuclear-medicine-pet-scan>

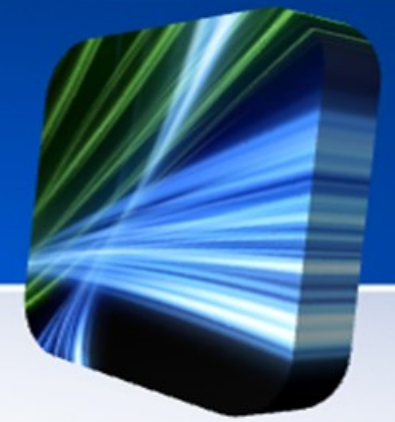
MEDICINA NUCLEAR



Principais Aplicações SPECT/PET

- ✓ Neurologia – demências, epilepsias, parkinson...
- ✓ Farmacologia – testes de novos fármacos
- ✓ Cardiologia - obstruções
- ✓ Oncologia – desenvolvimento de tumores
- ✓ Nefrologia – distúrbios renais
- ✓ Angiologia – doenças vasculares

MEDICINA NUCLEAR



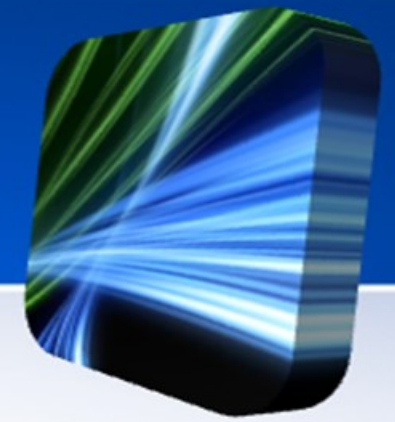
Vantagens SPECT/PET

- ✓ Vantagens
 - ✓ Não necessita de intervenção cirúrgica;
 - ✓ Resultado rápido;
 - ✓ Confiabilidade;

- ✓ Pode identificar problemas futuros (análise metabólica).

- ✓ Minimamente invasivo.

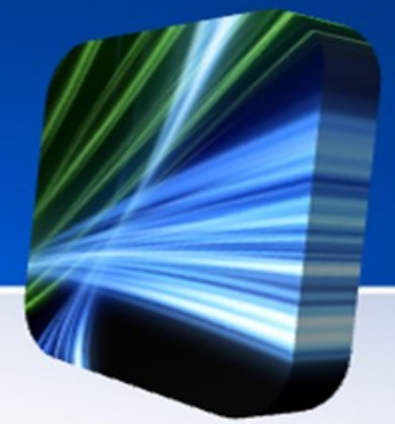
MEDICINA NUCLEAR



Desvantagens SPECT/PET

- ✓ Desvantagens
 - ✓ Ingestão ou inalação de radiofármacos;
 - ✓ Custo dos exames;
 - ✓ Preço do equipamento;
 - ✓ Infra estrutura necessária.

Museu de Ciências Nucleares



OBRIGADA

www.museunuclear.com