

核医学検査総論

北海道大学大学院医学研究科
核医学
玉木 長良

講義の概要

- 核医学診療の特徴
- 撮影方法
 - PETとSPECT
 - 放射性薬剤
- 検査の実際
 - 脳神経領域
 - 循環器領域
 - 呼吸器領域
 - 腫瘍領域
- 治療への応用

核医学とは

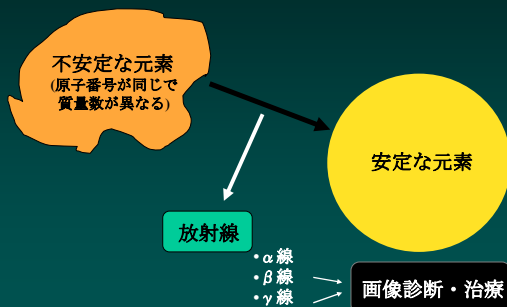
放射性同位元素を体内に投与し、臓器の機能を生体で映像化し、診断、治療に応用する。

- 疾患の診断に応用(全身検索)
- 主要臓器の機能診断(重症度、治療効果判定)
- 病変の機能診断(悪性度の判定、最適治療の選択)
- 治療に応用(ミサイル療法)

核医学検査の特徴

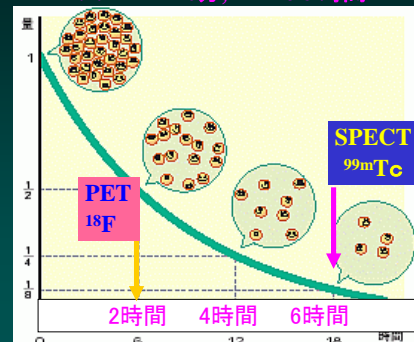
- 感度が高い
- 1) トレーサとしての投与量が極めて少ない
 - 核医学用放射性薬剤 5×10^{-6} mmol
 - MRI 造影剤 5 mmol
 - ヨード造影剤 500 mmol
- 副作用がなく安全である
- 生理的機能の解析ができる
- 2) 放射性薬剤次第で種々の機能的解析が可能
 - 脳心臓の血流、代謝、受容体機能
 - 腫瘍の代謝、蛋白合成など

放射線同位元素と核医学



物理的半減期

$T_{1/2}$: ^{18}F 110分, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 6時間



放射性医薬品に使用される放射線の種類

- ・ α 放射体はほとんど使用されない
- ・ 治療には β^- 放射体が使用される
- ・ 診断には γ 放射体、 β^+ 放射体が使用される

SPECTに用いられる主な放射性核種

放射性核種	半減期	放射性核種	半減期
Ga-67	78 h	Tl-201	74 h
In-111	2.8 d	I-123	13 h
Xe-133	5.3 d	I-131	8.0 d
Tc-99m*	6.0 h	Kr-81m*	13 s

* ジェネレータにより産生

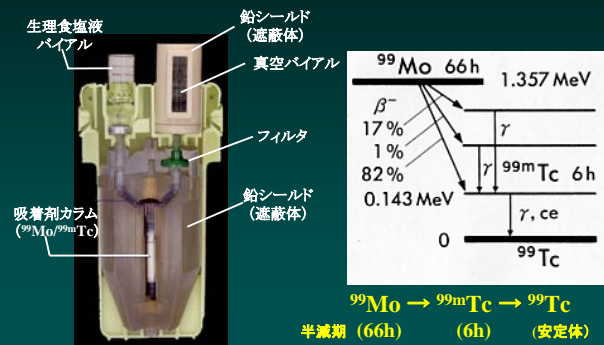
核医学で最も良く使われるアイソトープ

^{99m}Tc
(テクネシウム)

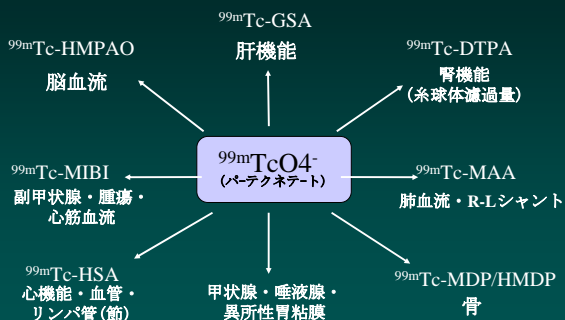
m; 準基底状態 - 核異性体転移 (γ 線放出して安定に)
半減期 6.02時間
 γ 線エネルギー-140 KeV



^{99m}Tc -ジェネレータ



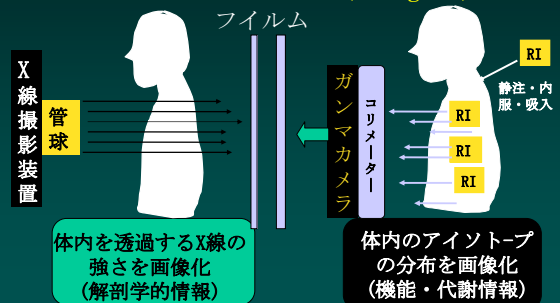
テクネシウムから造られる様々な標識化合物



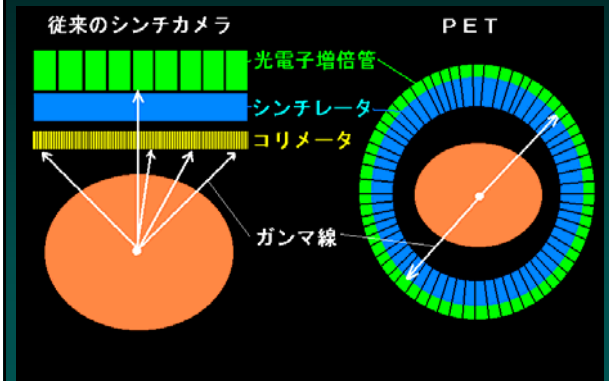
X線検査と核医学検査の相違

X線写真 (radiogram)

核医学画像 (scintigram)



SPECTとPET



核医学の断層撮影法

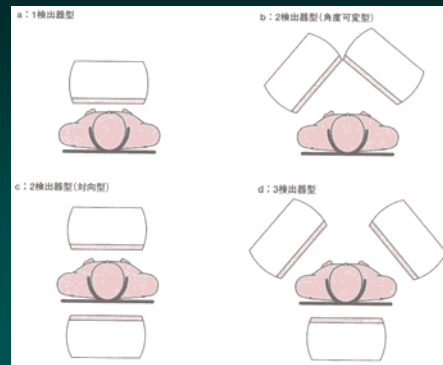
方法 (原理)	用いる光子	用いる薬剤	解像力	感度	汎用性
SPECT (単一光子を利用しガンマカメラを回転させることで断層撮影)	単一光子	^{99m}Tc , ^{201}Tl , ^{123}I など (ヨード、金属)	6-12mm	△ コリメータ必要	○
PET (陽電子消滅の際の対光子をPET専用機で断層撮影)	対光子	^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{18}F など (生体構成元素)	3-8mm	○ コリメータ不要	△

コリメータ (collimator)

多数の指向性を持った孔を有する鉛の板。検出器の感度や解像力に影響する。

- エネルギーによる種類
 - 低エネルギー用コリメータ: ^{99m}Tc , ^{201}Tl
 - 中エネルギー用コリメータ: ^{67}Ga , ^{111}In , ^{81}Kr , ^{123}I
 - 高エネルギー用コリメータ: ^{131}I
 - 511KeV (ポジトロン)用コリメータ: ^{18}F
- 分解能による種類
 - 高感度 (LEHS)
 - 汎用 (LEAP)
 - 高分解能 (LEHR)

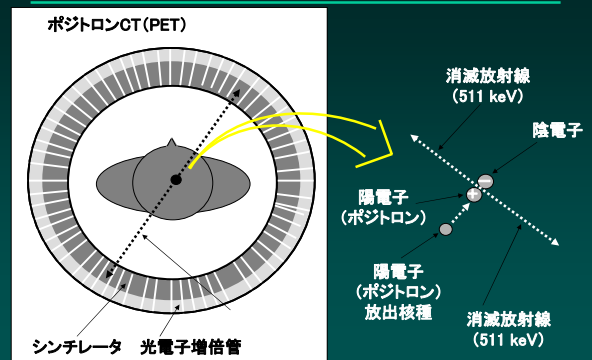
ガンマカメラの種類



ガンマカメラ



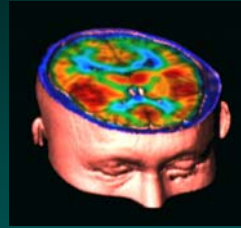
ポジトロンCTの原理



核医学実態調査:インビボ検査件数(月間)



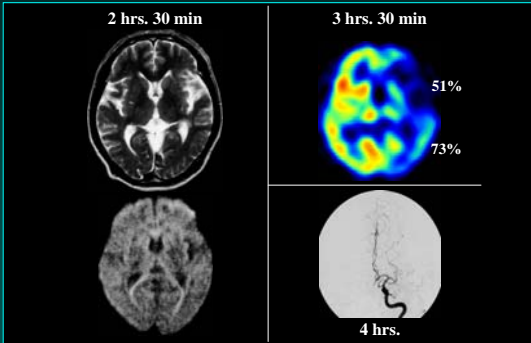
脳の核医学検査



- 脳血管障害
- てんかん
- 痴呆性疾患

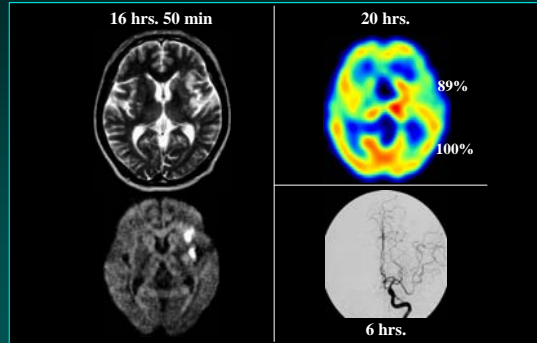
Case M.Y. 58 M Lt. MCA occlusion Before thrombolytic therapy

99077877

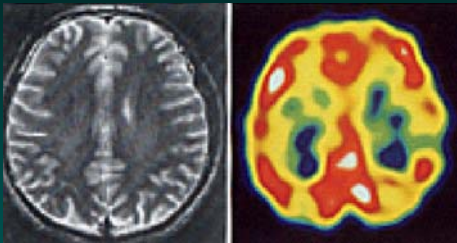


Case M.Y. 58 M Lt. MCA occlusion After thrombolytic therapy

99077877



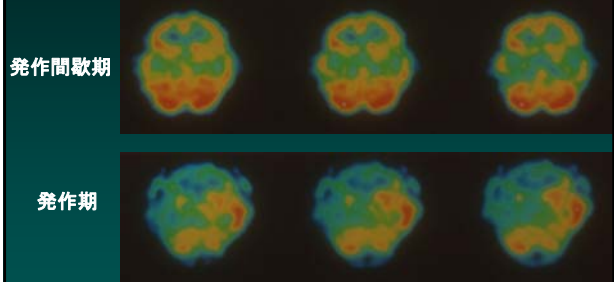
TIAの脳血流SPECT



MRI

脳血流SPECT

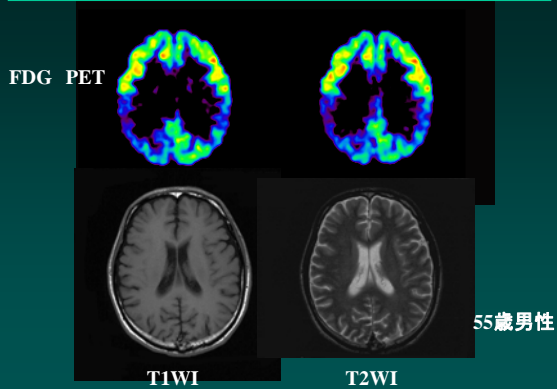
難治性てんかん症例の脳血流SPECT



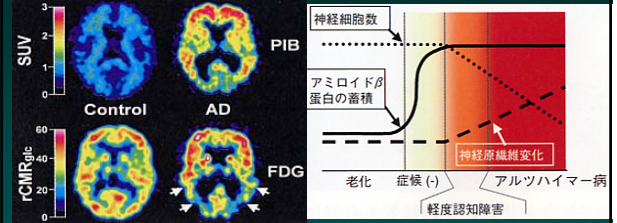
発作間歇期

発作期

アルツハイマー病(早期)

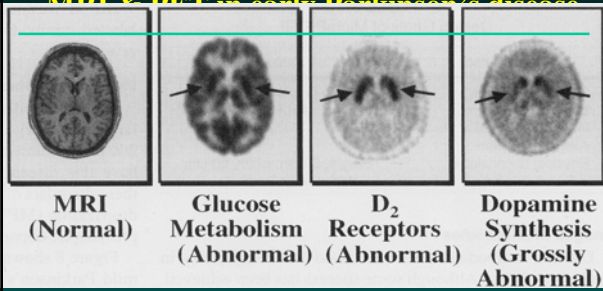


PETによるアルツハイマー病の早期診断



Klunk W, et al. Annals Neurol 2004

MDI & PET in early Parkinson's disease



Phelps ME. JNM 41: 661-681, 2000

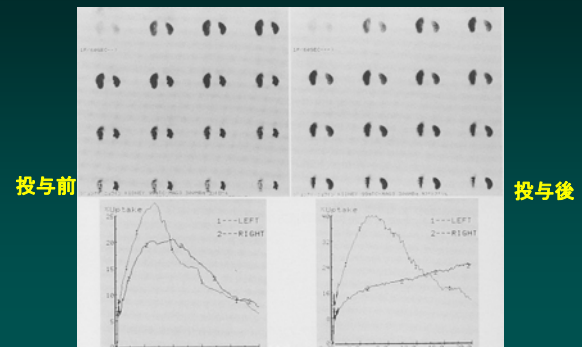
神経伝達機能評価

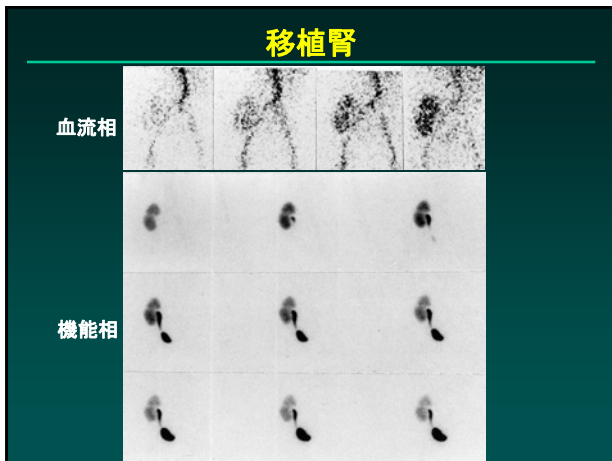
- ドーパミン機能 → パーキンソン病, 精神分裂病
- ベンゾジアゼピン機能 → 脳虚血, てんかん焦点
- オピオイド機能 → 麻薬中毒
- セロトニン機能 → 精神分裂病, 精神神経疾患

腎臓核医学検査

- 腎動態シンチグラフィ(^{99m}Tc-DTPA, ^{99m}Tc-MAG3)
 - (血流、ろ過、排泄を定量的に測定)
 - 腎疾患の原因検索、重症度判定、治療効果判定
 - 腎血管性高血圧(カプトリル負荷試験)
 - 排泄障害の程度と治療の適用判定(利尿レノグラフィ)
 - 腎移植後の機能評価、経過観察
- 腎静態シンチグラフィ(^{99m}Tc-DMSA)
 - (腎近位尿細管に摂取され腎機能を反映)
 - 腎盂腎炎後の癒痕化の診断

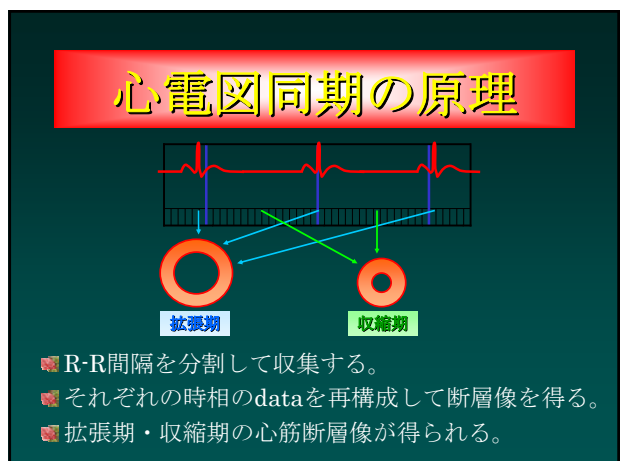
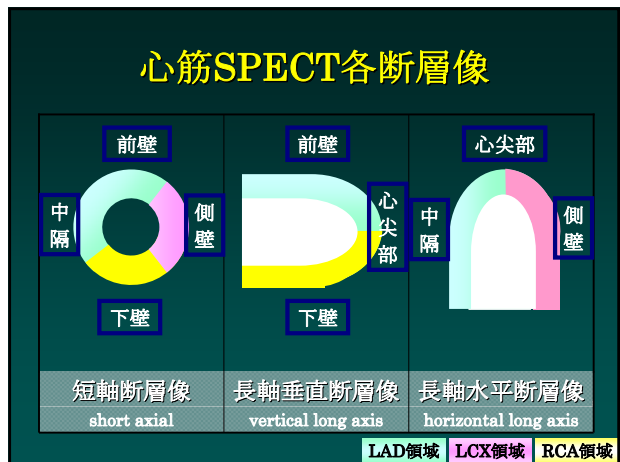
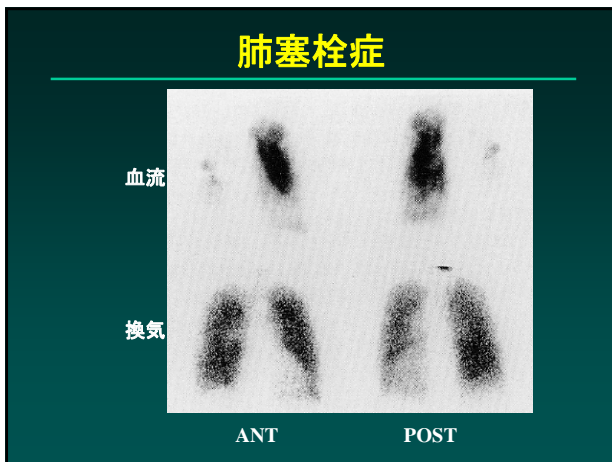
カプトプリルレノグラフィ (^{99m}Tc-MAG3)



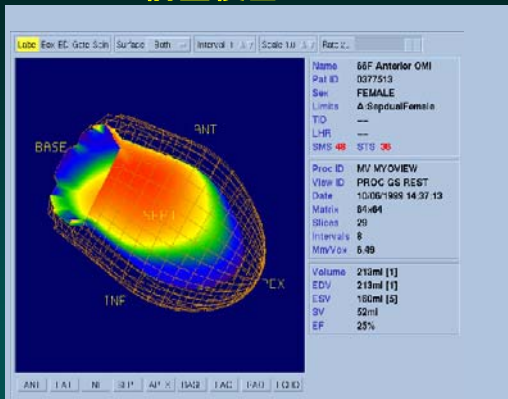


呼吸器核医学に用いる放射性医薬品

- 換気
 - ^{133}Xe (キセノン) : ガス (半減期5.3日)
 - $^{81\text{m}}\text{Kr}$ (クリプトン) : ガス (半減期13秒)
 - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ガス : ($0.08\ \mu$ の超微粒子)
- 血流
 - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAA (大凝集アルブミン) : 10-30 μ の粒子 50万個 肺毛細血管(1/1000~1/5000)に塞栓
- エアロゾール吸入
 - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ヒト血清アルブミン, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -スズコロイドなど ネブライザーで小粒子化(1 μ 程度)



前壁梗塞



腫瘍シンチグラフィ

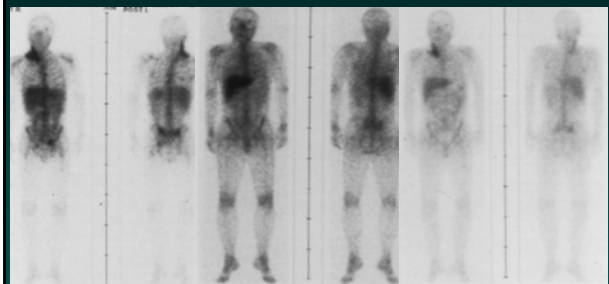
悪性腫瘍に親和性のある薬剤を投与し、その集積性の有無を画像から判定する(全身分布評価)

- 悪性腫瘍の鑑別診断
- 腫瘍の全身の広がりの評価
- 治療効果判定
- 経過観察の際の再発の早期診断

腫瘍核医学に用いられる薬剤

- ^{67}Ga -citrate 腫瘍親和性? Transferin
- ^{201}Tl chloride Na-K pump, 血流、細胞内停留
- $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 血流、細胞内停留、Pグリコ蛋白
- ^{18}F -FDG ブドウ糖代謝
- ^{131}I -NaI 甲状腺ホルモン合成
- ^{131}I -MIBG 交感神経終末、NE停留
- $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -PMT 胆汁合成
- ^{111}In -Octreotideソマトスタチン受容体

悪性リンパ腫治療経過



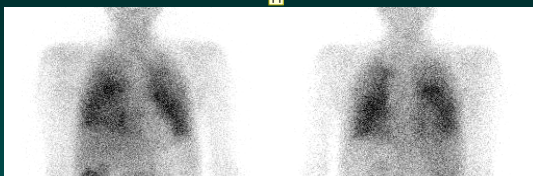
1999. 09

1999. 12

2000. 09

30歳女性: 非ホジキンリンパ腫 化学療法終了1ヶ月後に発熱

^{67}Ga シンチグラフィ

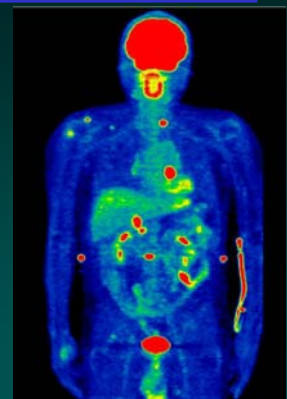
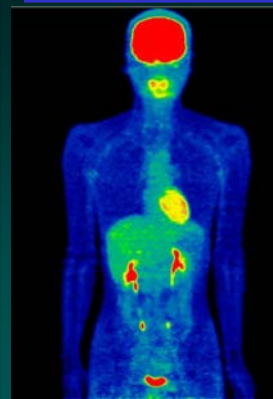


Gaシンチで肺野にび慢性集積亢進

間質性肺炎(特発性、膠原病、化学療法後、カリニ肺炎等)
び慢性肺疾患(粟状結核、肺野型サルコイドーシス、塵肺症など)

正常

悪性黒色腫



スライド 41

T1 Tamaki, 2006/09/30
T2 Tamaki, 2006/09/30

肺癌 staging stage IIIb

骨シンチグラフィ(58M, 肺癌)

最も多用される検査
^{99m}Tc-Methylene Diphosphonate (MDP)

骨の造成を反映して集積 (腫瘍親和性があるのではない)

乳癌、前立腺癌、胃癌、肺癌の骨転移では集積増加

甲状腺癌、腎癌、肝癌、骨髄腫の転移では集積低下の場合あり

骨シンチグラフィの経時的変化

前立腺癌

1998. 03 1998. 09 1999. 01

アイトープ治療(内照射療法)

- 原理
 - 放射性医薬品の高い組織親和性を利用
 - β線放出核種で標識した薬剤投与
 - 組織を特異的に障害させる
- 応用
 - バセドウ病 (¹³¹I)
 - 甲状腺癌の転移 (¹³¹I)
 - 神経内分泌腫瘍の転移 (¹³¹I-MIBG)
 - 多発性骨転移 (⁸⁹Sr, ¹⁸⁶Re-HEDP)
 - 難治性悪性リンパ腫 (⁹⁰Y-抗CD20抗体)

甲状腺癌のI-131全身シンチグラフィ

頸部正面像 胸部正面像

全身正面、背面像 胸部背面像

I-131は甲状腺ホルモン合成に関与
 → 甲状腺分化癌に特異的に集積
 → 大量投与でミサイル治療も可能

甲状腺分化癌のI-131治療前後

X-CT at Dec. 1999

X-CT at Apr. 2000

I-131 100mCi 投与後全身スキャン At Dec. 1999

両側頸部への強い集積を認める

右頸部リンパ節腫脹は検出不能となった(CRと判定)