

【問題 4-120】（平成 10）

投与後 24 時間以降に撮像されるのはどれか。

- a. ^{201}Tl -塩化タリウムによる腫瘍シンチグラフィ
- b. ^{201}Tl -塩化タリウムによる心筋血流シンチグラフィ
- c. ^{111}In -塩化インジウムによる骨髄シンチグラフィ
- d. ^{67}Ga -クエン酸ガリウムによる腫瘍シンチグラフィ
- e. ^{133}Xe ガスによる肺換気シンチグラフィ

- | | | |
|---------|---------|---------|
| 1. a, b | 2. a, e | 3. b, c |
| 4. c, d | 5. d, e | |

〔注解〕 a. ^{201}Tl -塩化タリウムによる腫瘍シンチグラフィは投与 10 分後より撮像する。

b. ^{201}Tl -塩化タリウムによる心筋血流シンチグラフィは投与 5～10 分後より撮像する。

c. ^{111}In -塩化インジウムによる骨髄シンチグラフィは投与 48 時間後に撮像する。

d. ^{67}Ga -クエン酸ガリウムによる腫瘍シンチグラフィは投与 72 時間後に撮像する。

e. ^{133}Xe ガスによる肺換気シンチグラフィは ^{133}Xe ガスを吸入させ、15～30 秒間呼吸を停止し、換気分布を撮像する。

$^{111}\text{InCl}$ Bone marrow scintigraphy 骨髓シンチグラフィ

^{111}In 171 keV, 245 keV

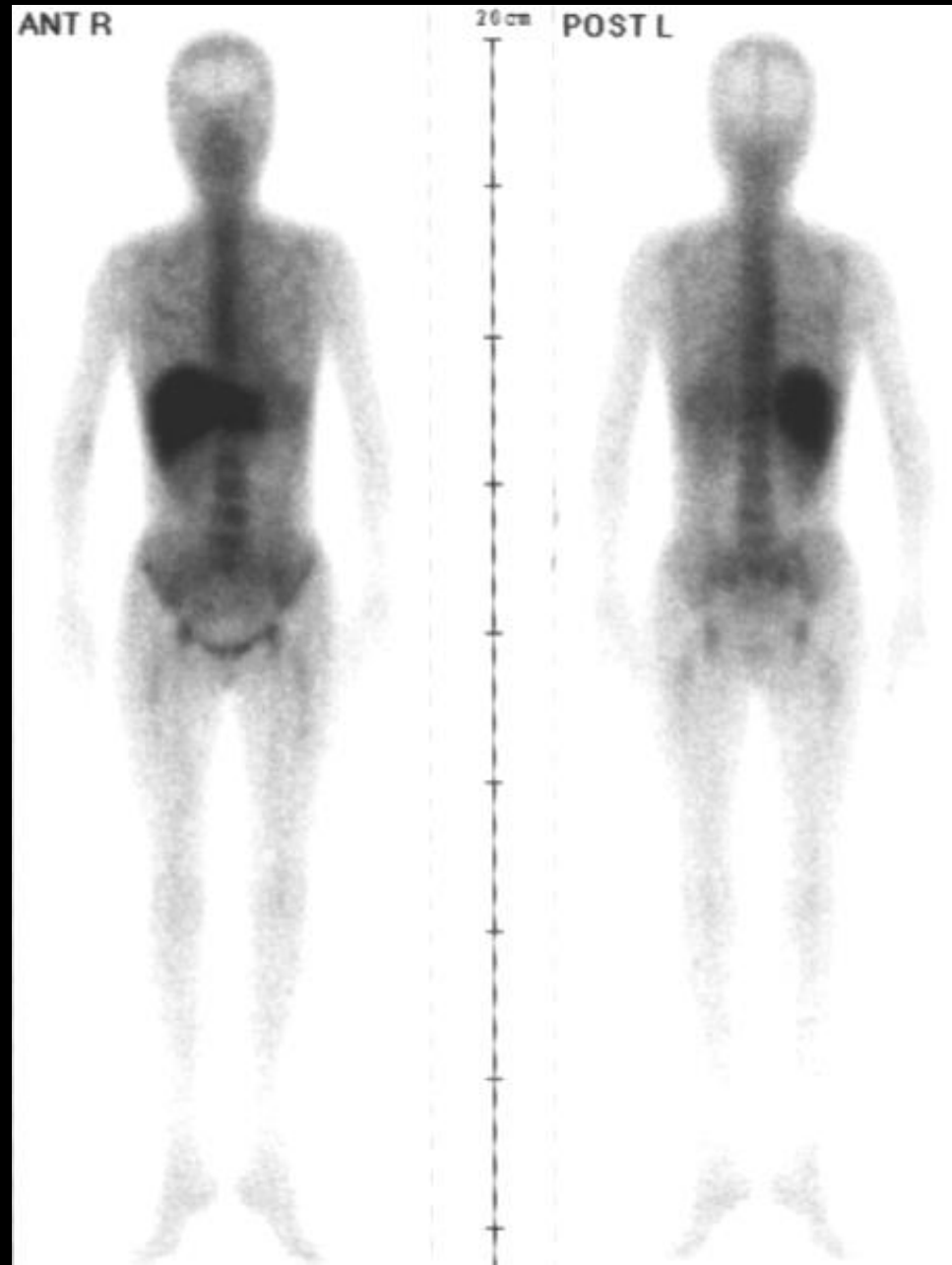
MEGP コリメータ

111 MBq投与

48～72時間後に撮像

^{111}In は、Feと類似の分布を示し、
血液中のトランスフェリン（鉄を
骨髓に運ぶタンパク質）と結合して
造血骨髓（赤色骨髓）に集積する。
（正常では中心骨髓、四肢骨近位）

肝臓にも正常分布あり。



【問題 4-121】（平成 11）

投与後 24 時間以降に撮像されるのはどれか。

- a. $^{99m}\text{TcO}_4^-$ による異所性胃粘膜シンチグラフィ
 - b. ^{99m}Tc -ヒト血清アルブミンによる血液プールシンチグラフィ
 - c. ^{123}I -IMP による脳血流シンチグラフィ
 - d. ^{131}I -MIBG による副腎髄質シンチグラフィ
 - e. ^{131}I -ヨウ化メチルノルコレステノール（アドステロール）による副腎皮質シンチグラフィ
1. a, b 2. a, e 3. b, c
4. c, d 5. d, e

〔注解〕 d. ^{131}I -MIBG による副腎髄質シンチグラフィは投与後 48 時間または 72 時間で撮像する。

e. ^{131}I -ヨウ化メチルノルコレステノールによる副腎皮質シンチグラフィは投与後 8 日間撮像する。

a. $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ による異所性胃粘膜シンチグラフィ, b. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ヒト血清アルブミンによる血液プールシンチグラフィ, c. ^{123}I -IMP による脳血流シンチグラフィは, いずれも投与後 24 時間以内に撮像する。

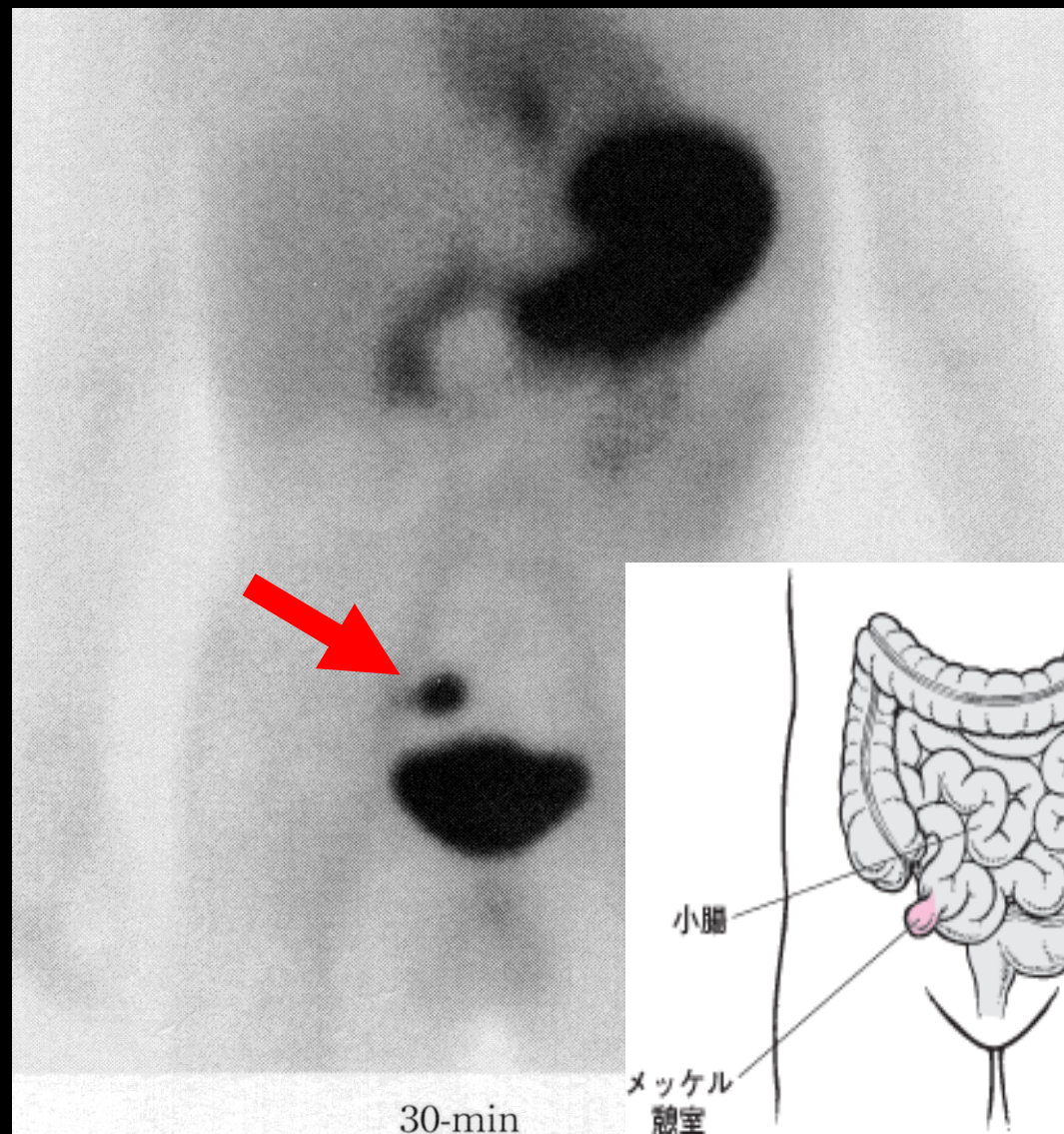
$^{99m}\text{TcO}_4^-$ (パーテクネート) メックル憩室シンチグラフィ

185 MBq 静注。メックル憩室は、時間が経過しても移動しない。
尿中排泄像などと区別するため、注射後 5, 10, 20, 30 分後に撮像。

$^{99m}\text{TcO}_4^-$ は、腺組織や
尿に集積する。
胃粘膜に集積する。
異所性胃粘膜が
あれば集積する。

メックル憩室

小腸内の胎生遺残組織。
約半数に胃粘膜を伴う。
胃液が貯留するので
潰瘍を起しやすい。



^{99m}Tc -HSA（ヒト血清アルブミン Human serum albumin）

^{99m}Tc -RBC（体内標識法）

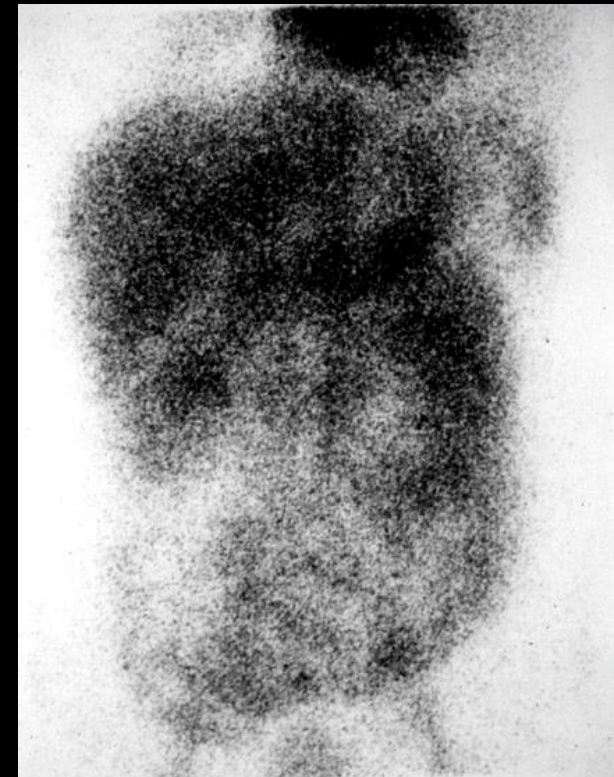
どちらを用いても、185MBq 静注後 10～20 分で、血液プール像が撮像できる。（ ^{99m}Tc -HSA のほうが、かなり高価。）

^{99m}Tc -HSA 消化管タンパク漏出シンチグラフィ
静脈注射した放射能標識アルブミンが、
腸の中に染み出している。

消化管タンパク漏出症（クローン病など）の所見。

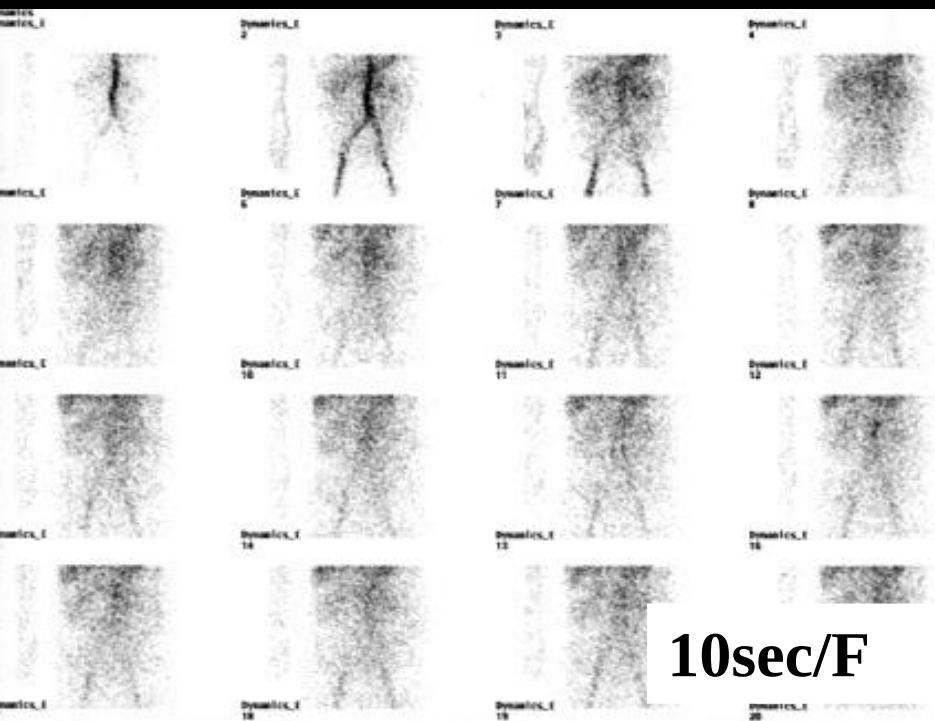
^{99m}Tc -RBCでは検出できない場合がある。

（蛋白質は漏出するが、赤血球は漏出していない（出血はない）場合がある）。



30min

^{99m}Tc -RBC 消化管出血シンチグラフィ



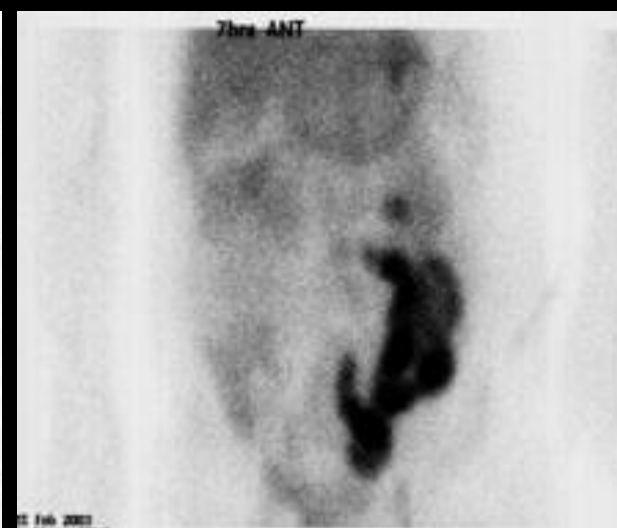
下血を認める症例では、
 ^{99m}Tc -RBCを使ったほうが安い。
185MBq注射後、5,10,20,30分像
を撮像するが、所見がない場合は、
下血は間欠的に起きるので、
所見が出るまで24時間後まで
数時間おきに撮像する。



30min



2. 5hrs



7hrs

副腎髓質シンチグラフィ

^{131}I -MIBG (^{131}I -meta-iodobenzil-guanidine)

^{131}I 364 keV HEGPコリメータ 半減期 8日

^{131}I 標識薬剤なので**甲状腺ブロックの前処置**が必要。

20MBq静脈注射2日後に上腹部正面と背面、必要あれば全身のプラナー像を撮像。

MIBGは、ノルエピネフリンに類似した体内挙動を示す。
(交感神経終末に特異的に取り込まれる)。

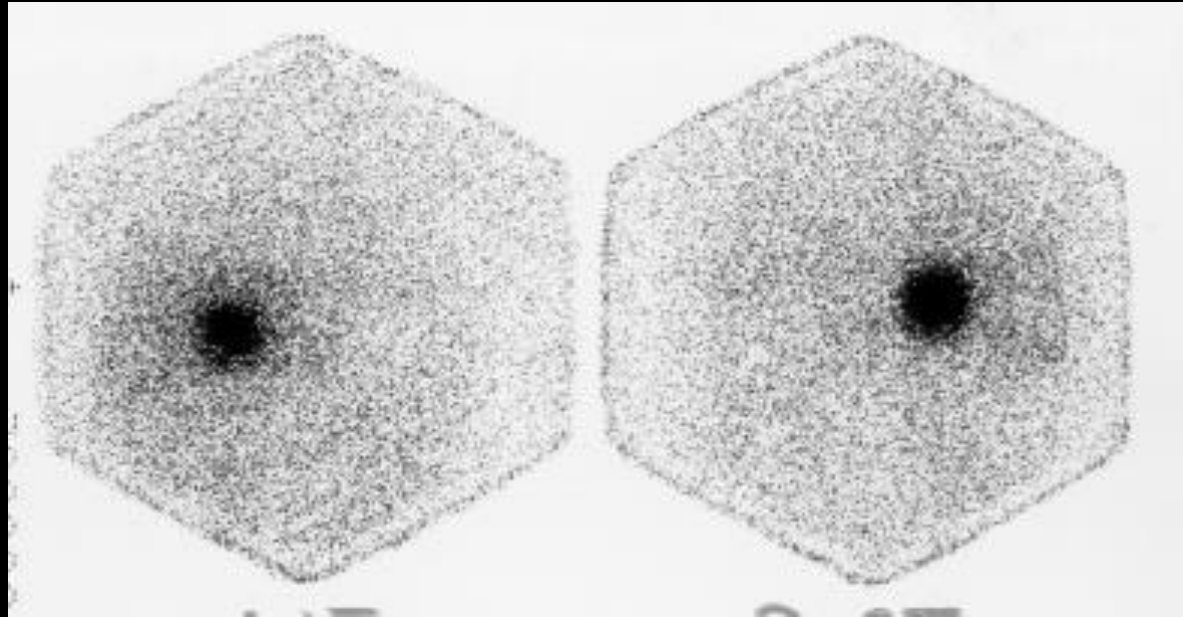
交感神経系の腫瘍に集積(褐色細胞腫(10%が悪性)、
神経芽細胞腫、髄様癌、カルシノイド、肺小細胞癌など)。
全身の検索により、副腎外や悪性の転移を描出できる。

^{131}I はベータ線も出すので、大量投与により治療も可能。

右副腎褐色細胞腫 Pheochromocytoma

^{131}I -MIBG

20MBq



Rt

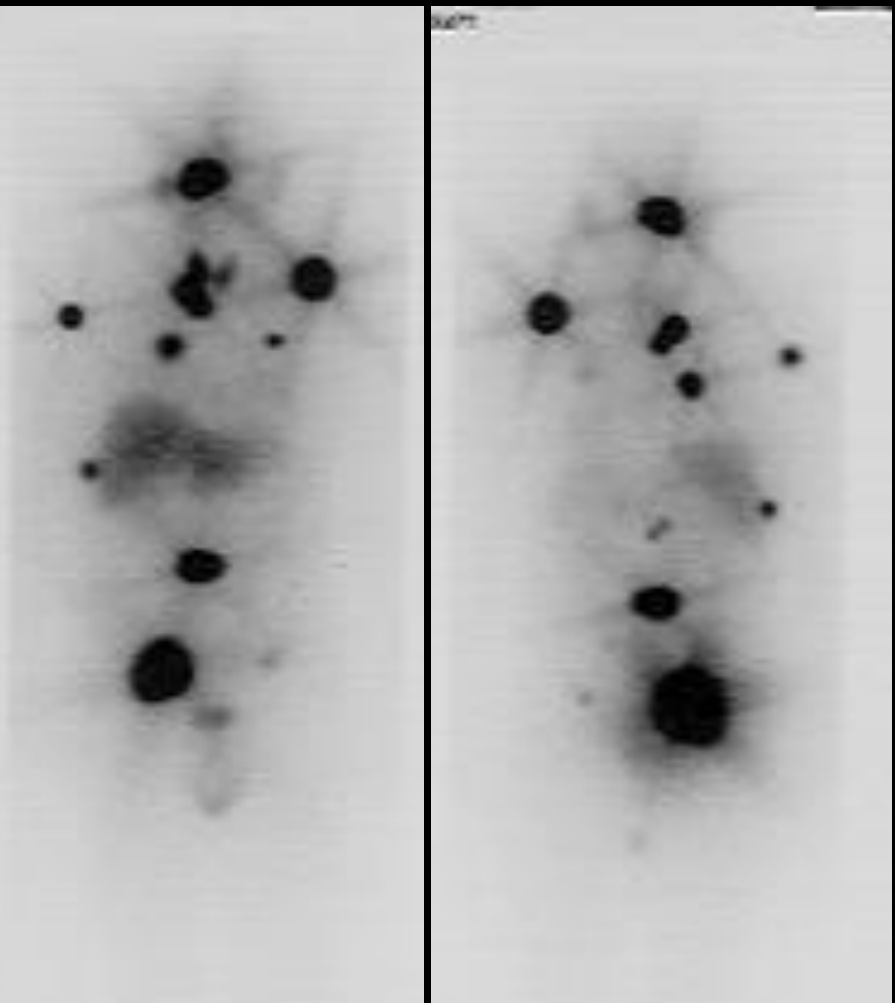
ANT

Lt

POST



悪性褐色細胞腫 多発性骨転移 Malignant Pheochromocytoma Multiple bone metastases



^{131}I -MIBG 16GBq
治療量を投与

ANT

POST



^{123}I -MIBG は、心筋の交換神経機能検査に用いる。

^{123}I 159keV LEHR または ^{123}I 専用コリメータ
111MBq**投与20分後に**、Early プラナー像とSPECT撮像
投与4時間後に、Delayed心筋プラナー像とSPECT撮像

^{131}I -MIBG は、副腎髓質腫瘍の診断に用いる。

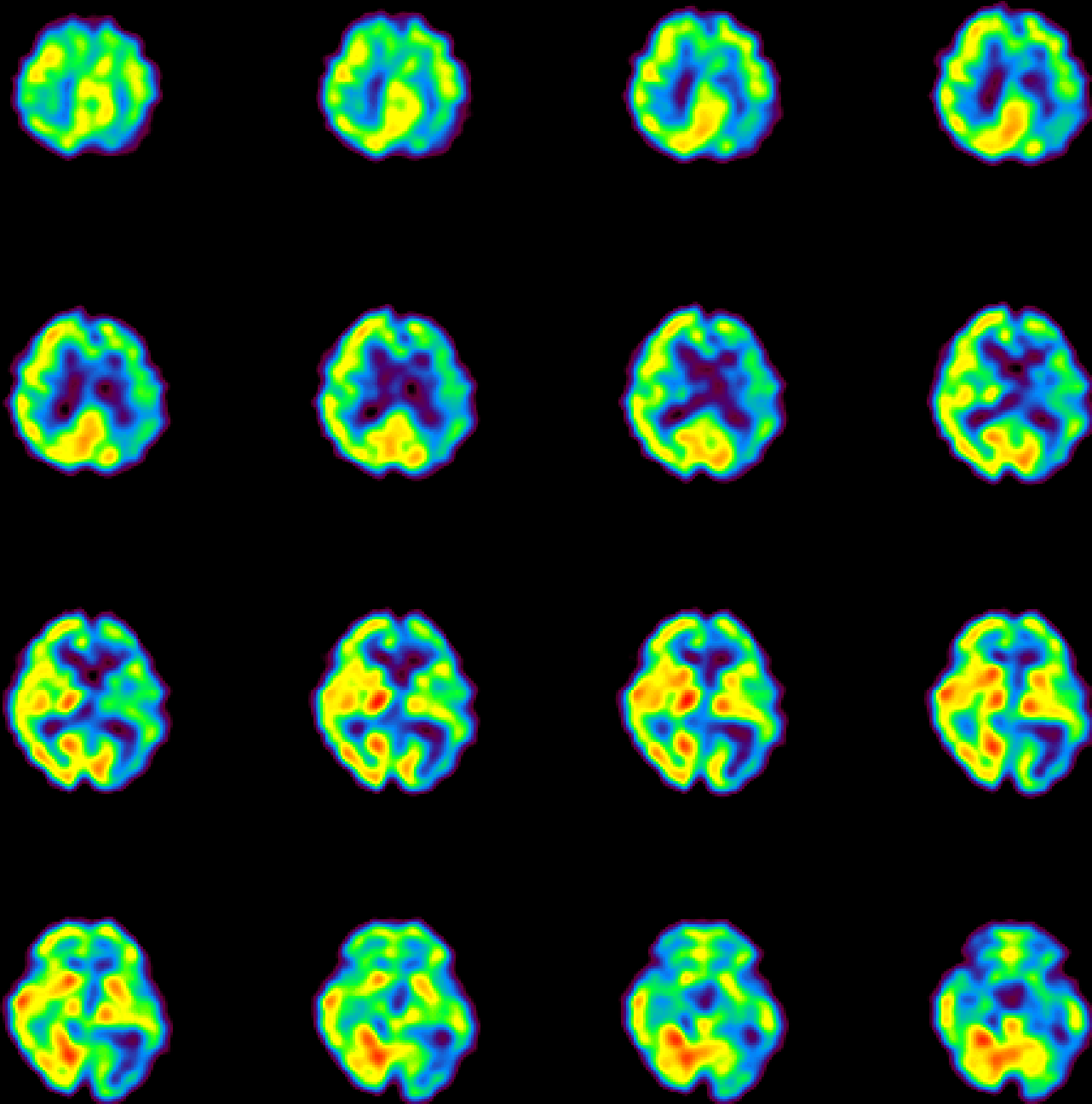
^{131}I 364 keV HEGPコリメータ 半減期 8日

^{131}I 標識薬剤なので**甲状腺ブロックの前処置**が必要。

20MBq静脈注射2日後に上腹部正面と背面、必要あれば
全身のプラナー像を撮像。

副腎髓質シンチグラフィにも ^{123}I -MIBG は使える。数年前から保険適用になった。 幼児などの症例では、画質と被曝量を考慮して副腎腫瘍に対して、 ^{123}I -MIBGを使うことがある。
(保険を通すために、病名に心筋障害疑いなどを付ける。)

^{123}I -IMP Brain SPECT 左中大脳動脈狭窄 (Lt. MCA stenosis)



^{123}I -IMP (N-isopropyl iodo- amphetamine)

^{123}I 159keV LEHR または ^{123}I 専用コリメータ

投与量 **111 MBq**

アンフェタミンは**覚醒剤**だが、薬剂量は極めて微量なので薬理効果は出ない。**高率に脳に取り込まれ、局所脳血流に比例して脳内に分布し、脳血流シンチグラムが得られる。**

自動注入装置を用いて**正確に1分間**かけて静脈注射。

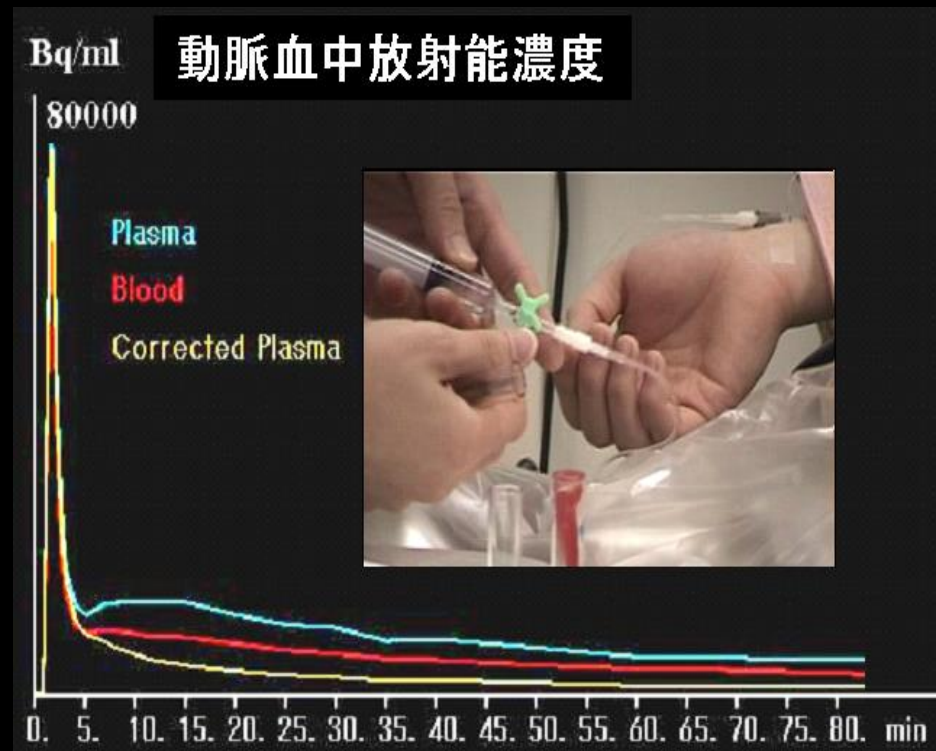
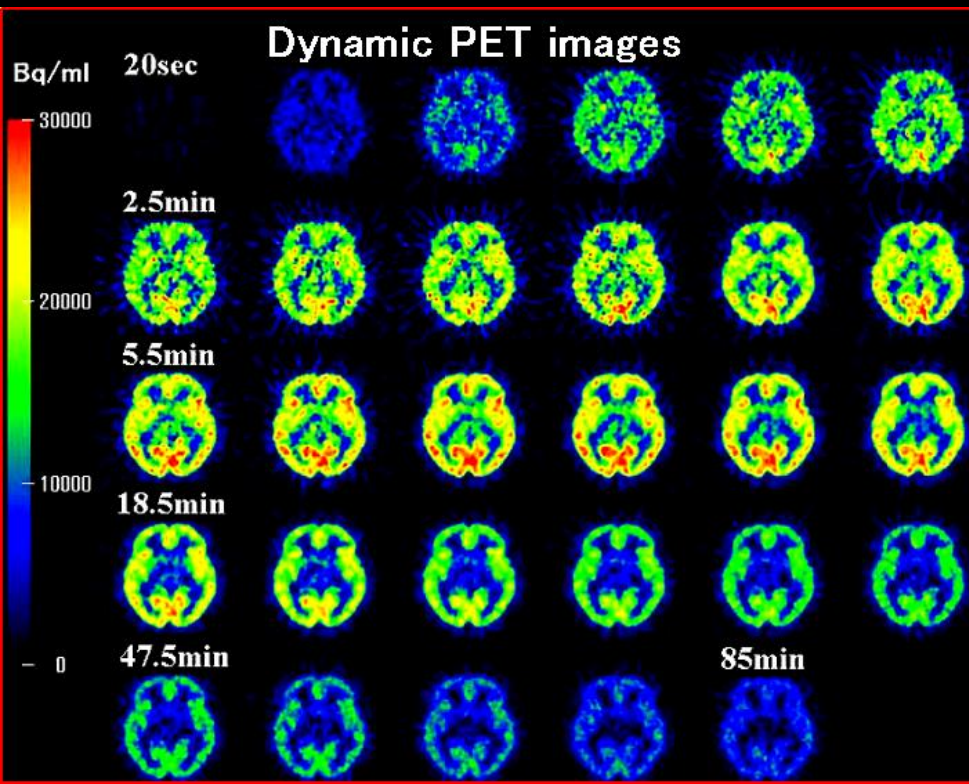
10分後に動脈採血し、血液中放射能を測定し、

静注20分後にSPECT撮像20分間。

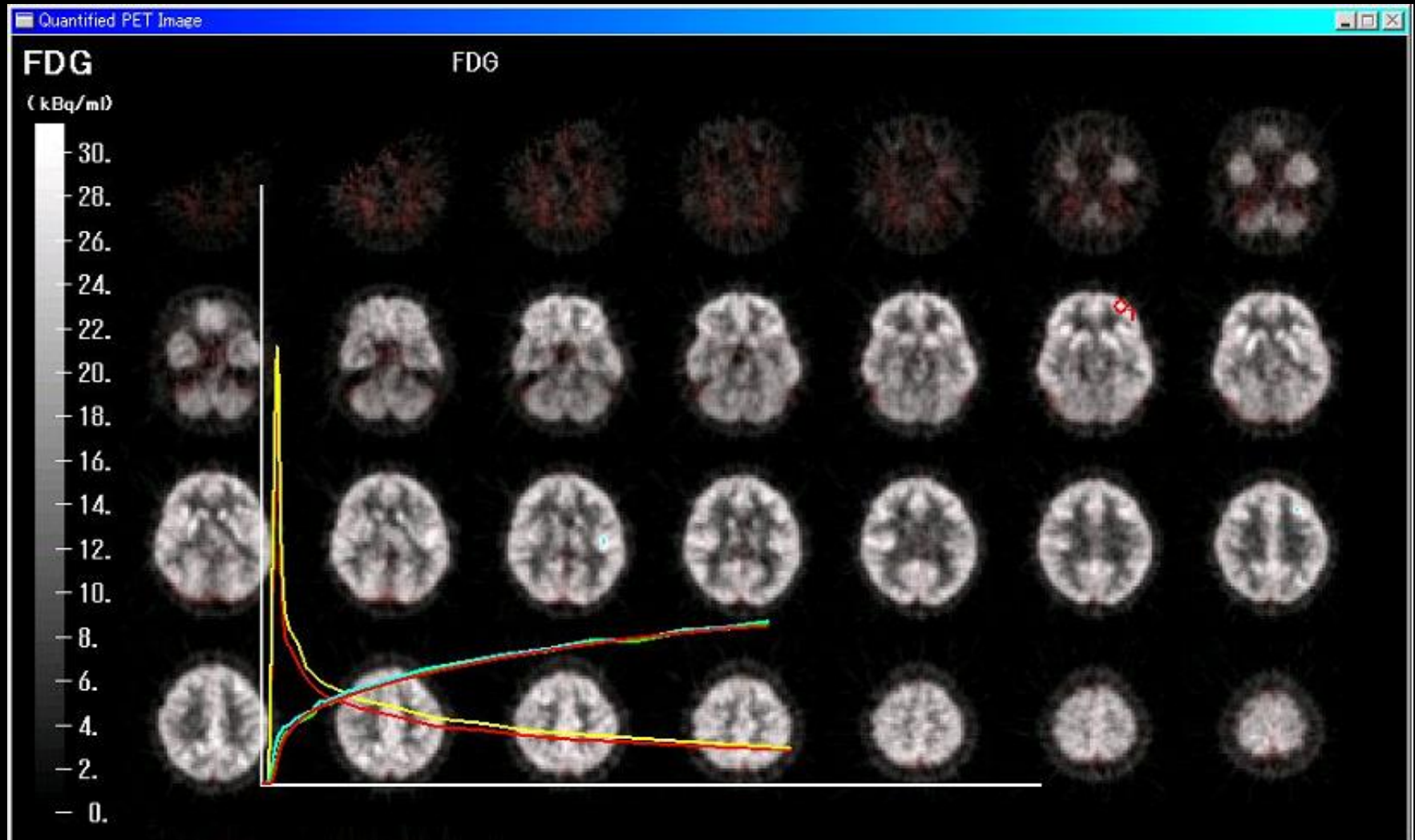
オートラジオグラフィ法 (ARG法) によって脳血流定量画像が得られる。

^{123}I -IMP Brain SPECT による 脳血流 (CBF) 定量 (Cerebral Blood Flow)

理想的な脳血流定量検査は、放射性薬剤を投与直後から、
ダイナミックSPECT撮像と、連続的動脈採血を行う方法。
PET検査では、実際に、そのように実施されている。

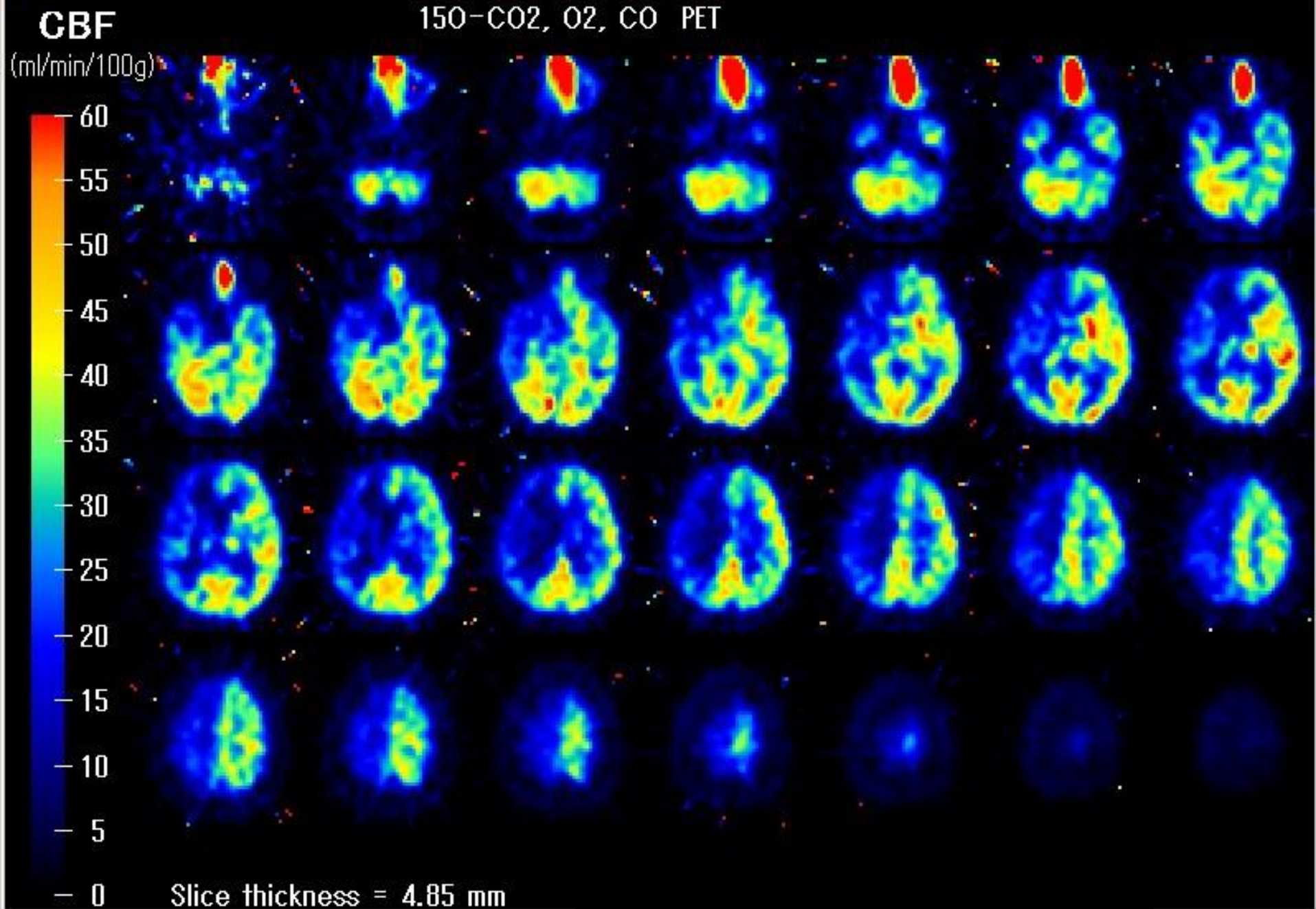


検査中の動脈血中の放射性薬剤濃度（**入力関数**）と、
ダイナミック断層画像から得られる脳内の任意部位での放射能曲線を用いて、**コンパートメントモデル解析**で、
脳血流量画像やブドウ糖代謝量画像などの**定量画像**が計算できる。



PET による脳血流 (CBF) 定量画像

Quantified PET Image



PETの利点

PET装置は、モータで駆動するカメラではない。

PET用の薬剤は半減期が短いので大量投与が可能。

装置の感度が高いため短時間収集でも画質が良い。

これらの理由で、PETではフレーム時間の短い（1フレーム10秒でも可能）、理想的なダイナミック撮像による定量検査ができる。

SPECT装置では、精度の良いダイナミック収集が困難、連続動脈採血は熟練した医師でなければ実施困難なので、簡便にPETと同様な解析ができる検査方法が考えられ、**オートラジオグラフィ法（ARG法；Auto Radiography）**が開発された。

ARG法の考え方

連続動脈採血を行って得られる**動脈血放射能曲線の形状**は、IMPを自動注入装置で正確に1分間かけて投与すれば、すべての人でほとんど同じと考える。

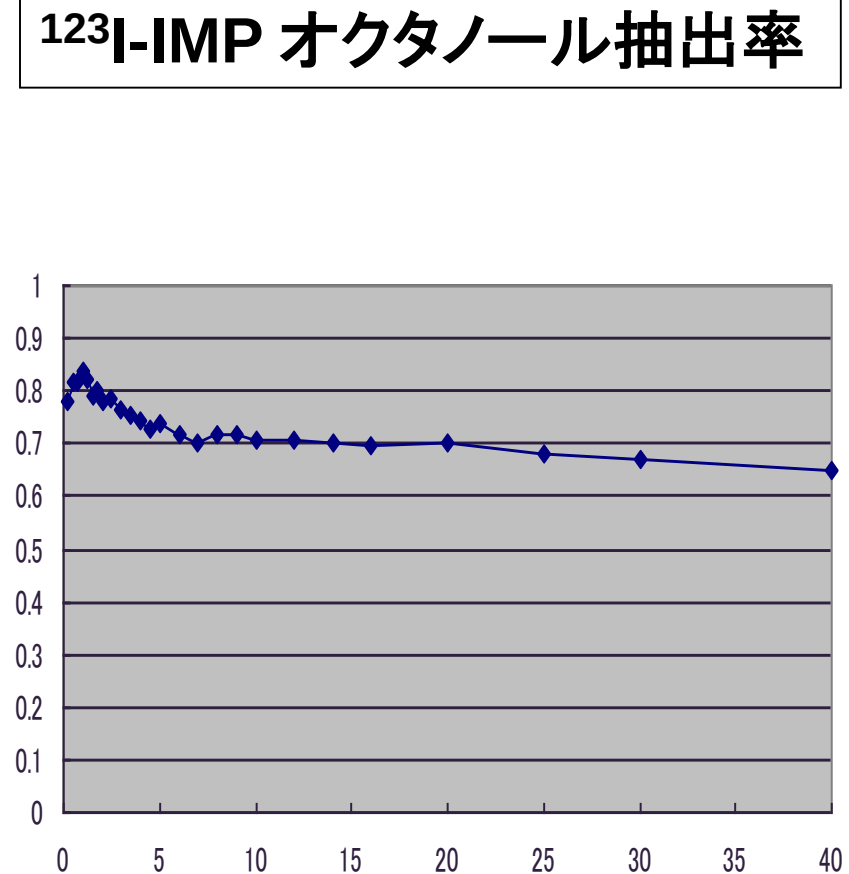
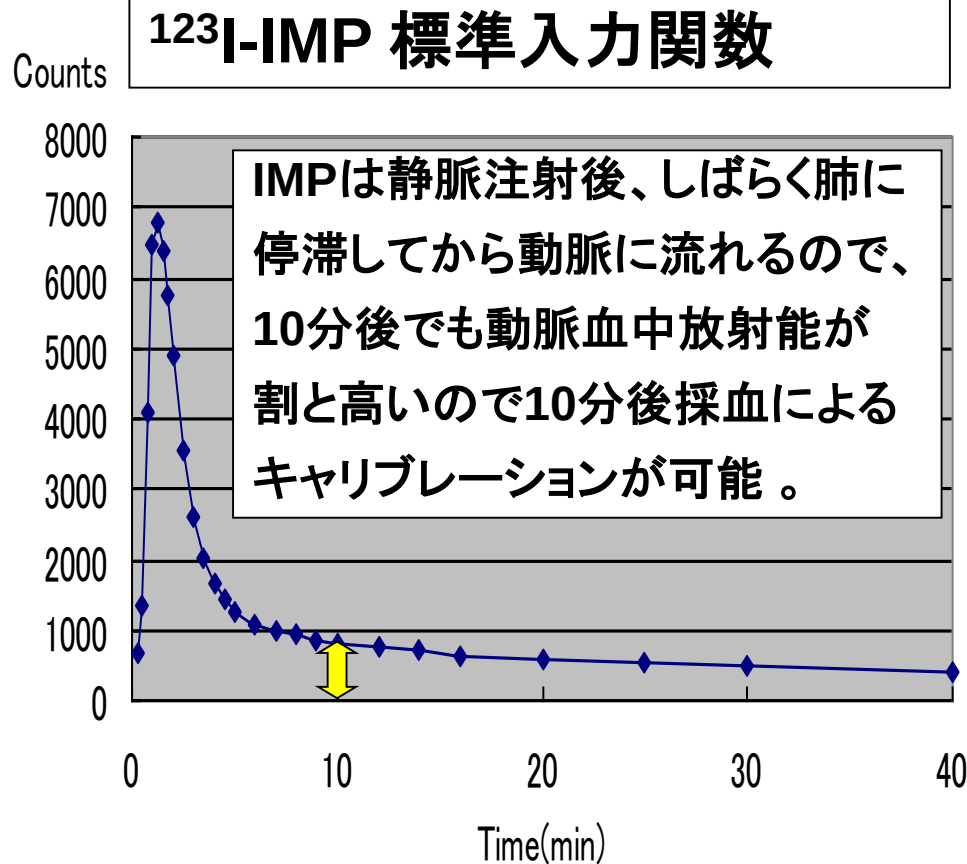
数十人のボランティアに検査中に連続動脈採血を行い、各採血時間の平均動脈血放射能を測定し、**標準動脈血放射能曲線**を作成した。

また、各採血時間の動脈血中の**脂溶性成分の放射能の割合**も測定した（**オクタノール抽出率**）。脳内には脂溶性の成分しか取り込まれないので、（水溶性成分は、不純物と脳から排泄されたIMP代謝物）水溶性成分に付いている放射エネルギーを差引く必要がある。

形状は同じでも、曲線の高さ（ピークカウント）は、人によって異なるので、**投与10分後に1点動脈採血**を橈骨動脈で行う。

10分後の1点動脈採血の放射能カウントと、標準入力関数を用いて、
連続動脈採血を実施したら得られると推定できる

動脈血放射能曲線を算出し、さらに**オクタノール抽出率補正**を行い
(実際には 0.7 倍するだけ)、それを**入力関数**とする。



脳組織に取り込まれる IMPの**放射能曲線の形状**は、
IMPを自動注入装置で正確に1分間かけて投与すれば、
すべての人でほとんど同じと考える。

数十人のボランティアに対して、1フレーム 2～5分程度の
ダイナミックSPECT撮像を行い、**全脳平均放射能曲線**を作成した。

形状は同じでも、曲線の高さ（ピークカウント）は、人によって異なる
ので、**投与 20 分後から 40 分後までの 20分間、SPECT撮像を**
1回行い、Chang補正し、30分後の全脳放射能濃度を求める。

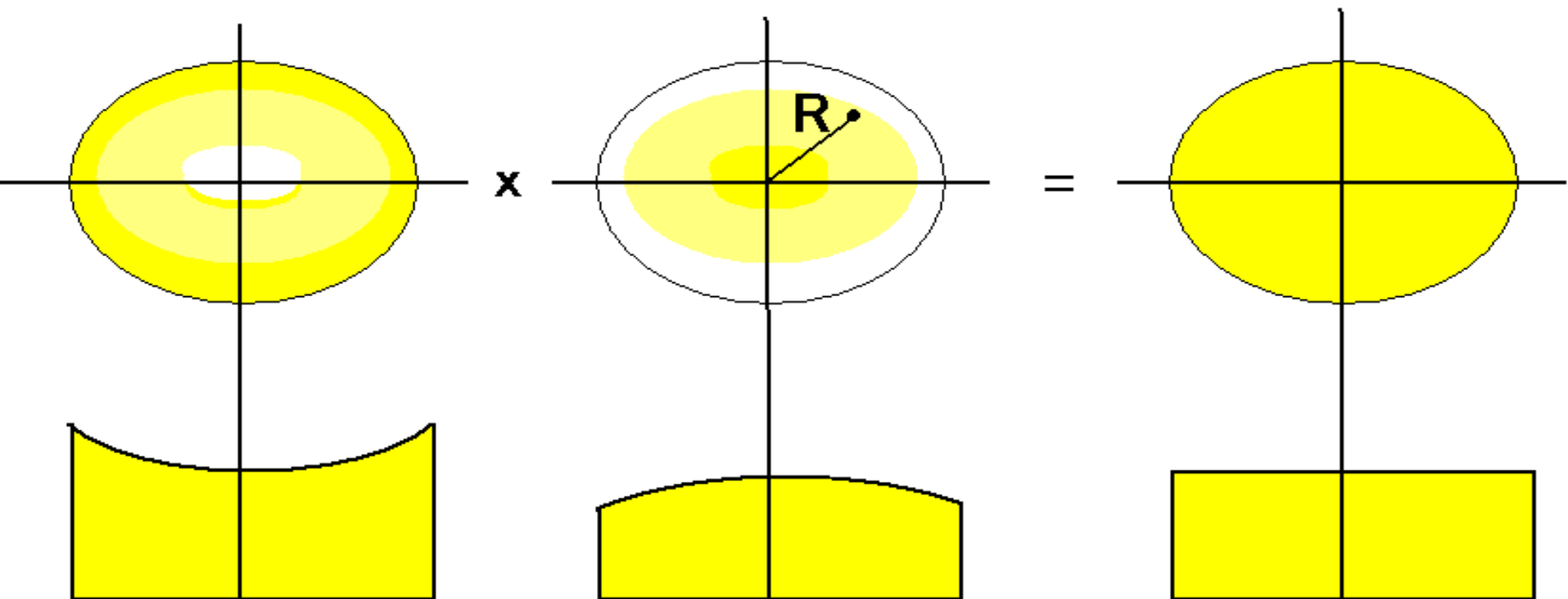
SPECT画像の画素値はカウントなので、放射能濃度が判っている
¹²³I 水溶液を入れたファントムをSPECT装置で20分間撮像し、

さらにSPECT画像を吸収補正し（Chang補正）、
SPECTカウント値（count）と、放射能（Bq/ml）の関係を測定しておく
（**クロスキャリブレーション**）。

Chang 法 再構成画像の幾何学的 吸収補正

人体の密度分布 μ が一定値と仮定して補正。

^{99m}Tc では、 μ は 0.10から0.12 /cm の値を用いる。

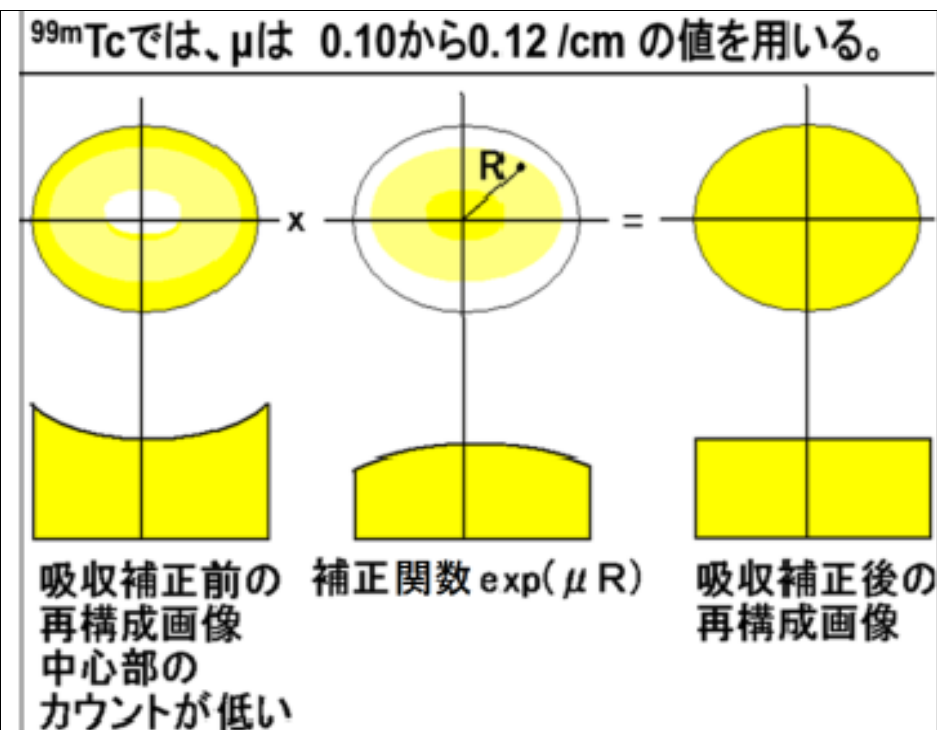


吸収補正前の
再構成画像
中心部の
カウントが低い

補正計数 $\exp(\mu R)$

吸収補正後の
再構成画像

SPECT画像の画素値はカウントなので、放射能濃度が判っている ^{123}I 水溶液を入れたファントムをSPECT装置で20分間撮像し、さらにSPECT画像を吸収補正し（Chang補正）、SPECTカウント値（count）と放射能（Bq/ml）の関係を測定しておく必要がある（クロスキャリブレーション）。

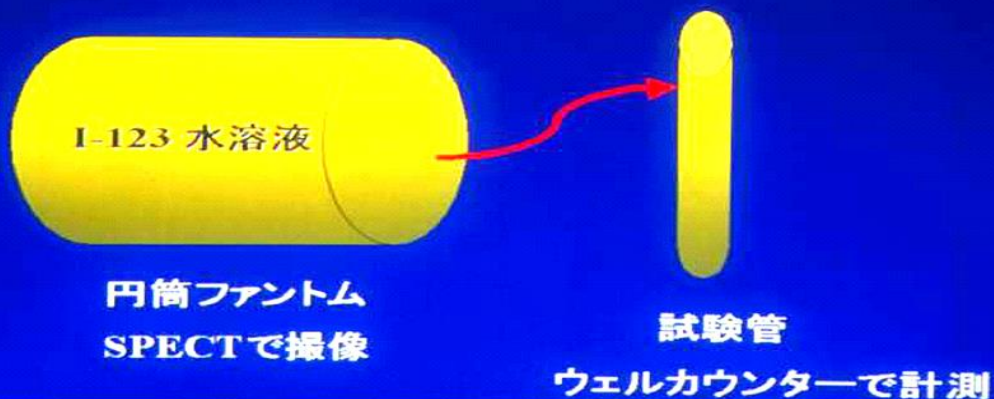


以上の操作から、
動脈血放射能曲線
(入力関数 $C_p(t)$) と、
脳内の各画素での
組織放射能曲線 $X(t)$ が
得られる。

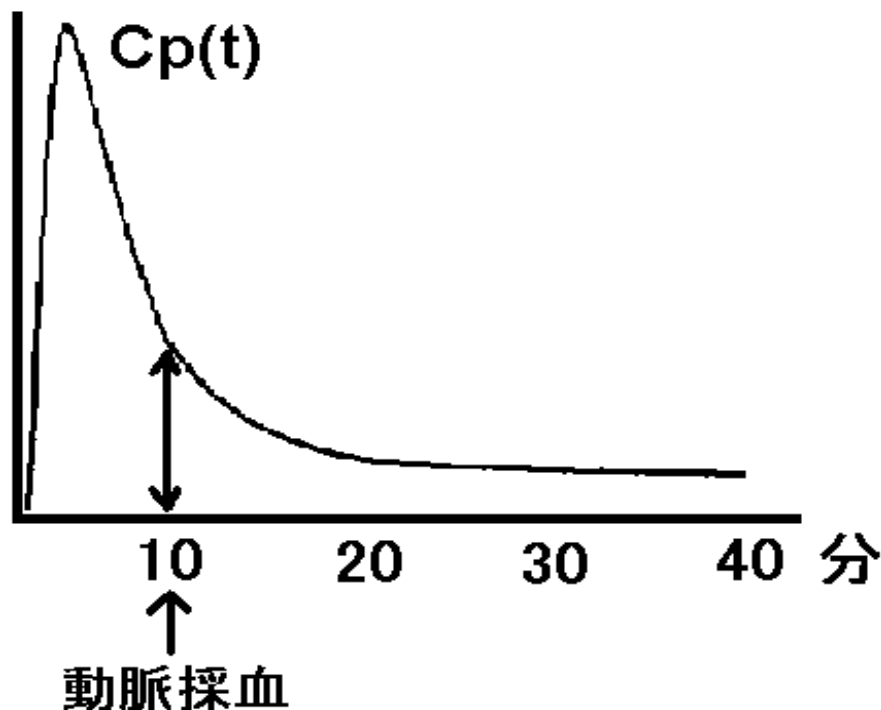
クロスキャリブレーションファクターとは？

ウェルカウンターとSPECTとの感度補正係数

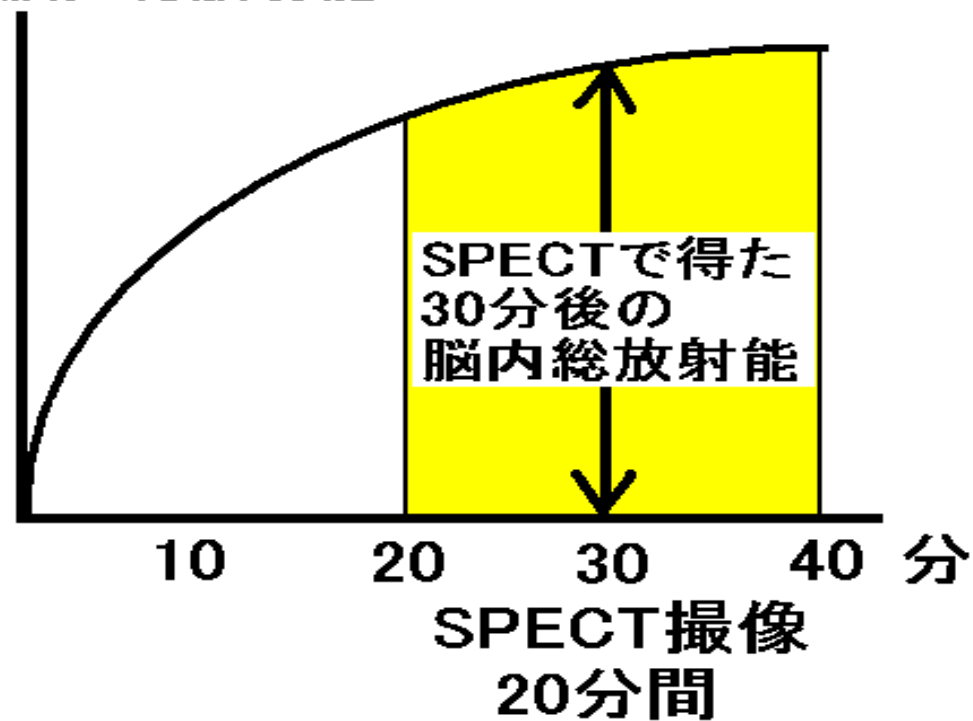
$$CCF = \text{SPECT 値} / \text{ウェルカウンター値}$$



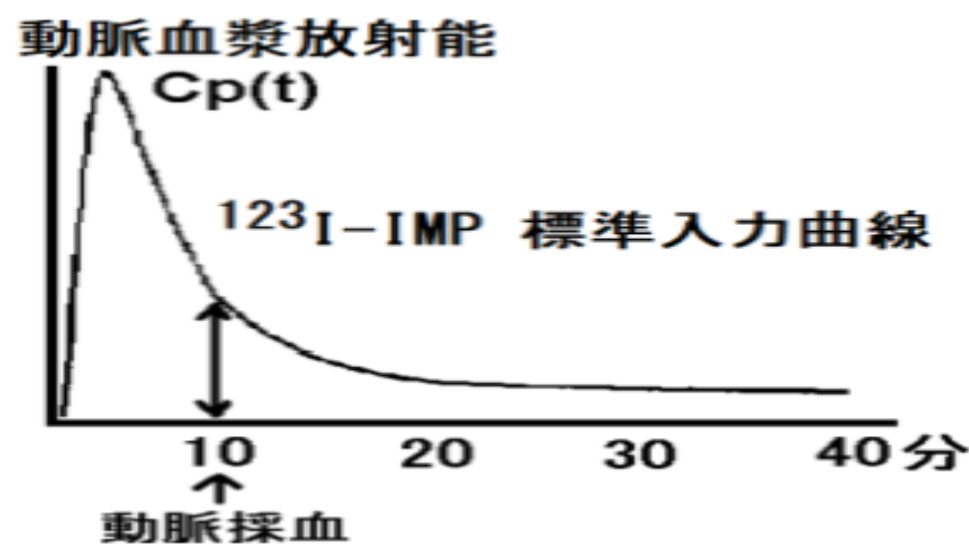
動脈血放射能



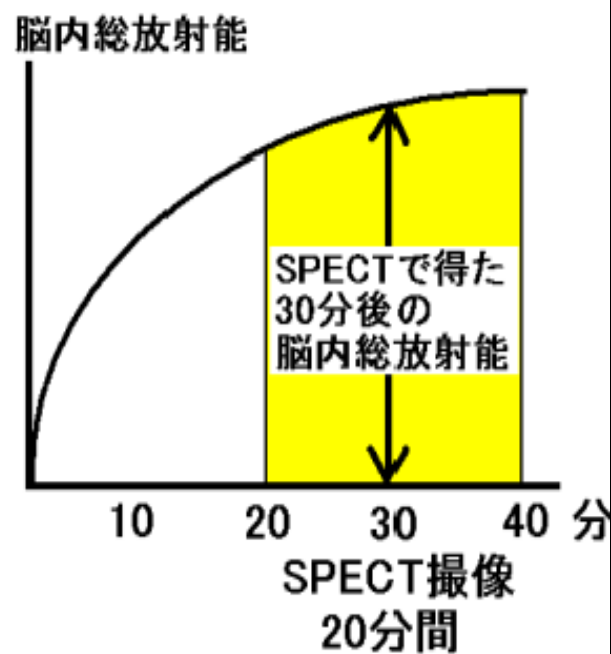
脳内総放射能



^{123}I -IMP は、脳血流定量のためにシリンジポンプを使い正確に1分間で静脈投与する。 ^{123}I -IMP は、肺組織に摂取されてから動脈系に入る。そのため他の薬剤と異なり、投与20分後程度まで動脈血中濃度が高い。その特徴を利用して、投与10分後に橈骨動脈などから1点動脈採血を行う。複数例の連続動脈採血検査から得られた標準動脈血漿放射能曲線があるので、1点動脈採血をオクタノール抽出補正した血漿放射能で、各症例の動脈血漿放射能曲線 $C_p(t)$ を導出する。



^{123}I -IMP は脂溶性だが、検査中、肝などで代謝されて3割ほどが水溶性の放射性薬剤に変化する。水溶性の放射性薬剤は脳組織には入らないので、その放射能を入力関数から除外したい。そのため脂溶性成分だけが溶け込むオクタノールに血漿を入れて正確に ^{123}I -IMPだけの放射能を測定する。



SPECT撮像は、投与20分後から20分間実施する。得られた脳SPECT像は、30分後の像と解釈する。

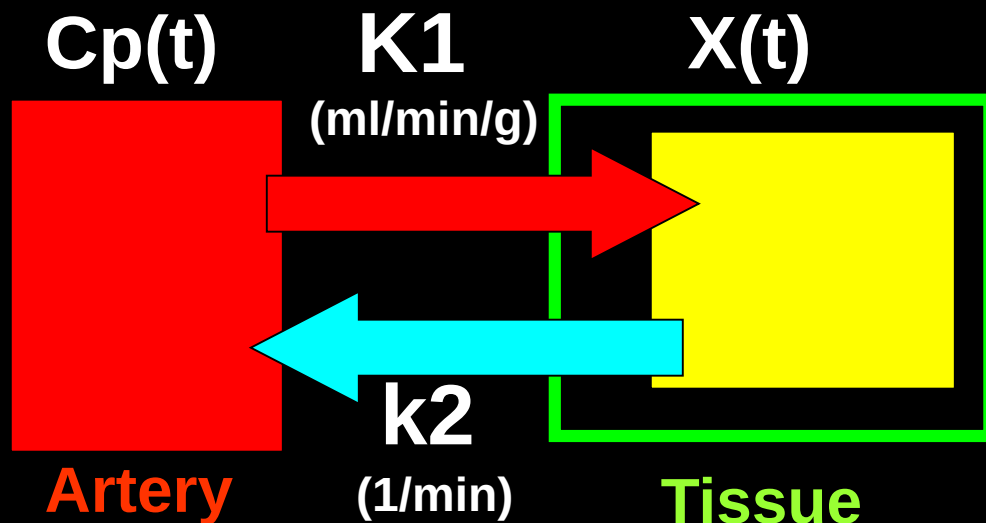
入力関数と、1回だけの断層撮像で定量画像が算出できる。

動物実験で、放射性薬物を投与して一定時間経過したときに動物を殺して標本切片を作り、放射線感光フィルムにのせて薬物分布を画像化するオートラジオグラフィ法と似ていることから、この方法を オートラジオグラフィ法 (ARG法) という。

入力関数 $C_p(t)$ と、組織放射能曲線 $X(t)$ の関係式は、用いる薬剤によって異なるが、IMP は 2コンパートメントモデルが解析に用いられる。

放射性薬剤が分布する部位(コンパートメント)を、動脈血液 (C_p) (正確には動脈血漿(plasma)。血球は組織中には入らない)、薬剤が通過する組織 (X)、に分けて、連立微分方程式を立てて解析する。

2 Compartment model analysis



$$\frac{d X(t)}{d t} = K1 C_p(t) - k2 X(t)$$

動脈血放射能曲線（入力関数 $C_p(t)$ ）と、
脳内の各画素での組織放射能曲線 $X(t)$ から
脳内の各画素での $K1$ ($\equiv$ CBF) が得られる。

^{123}I -IMPは、2コンパートメントモデルに従うが、 k_2 は小さいとみなし、下記の式による概算値が脳血流定量に使用される。

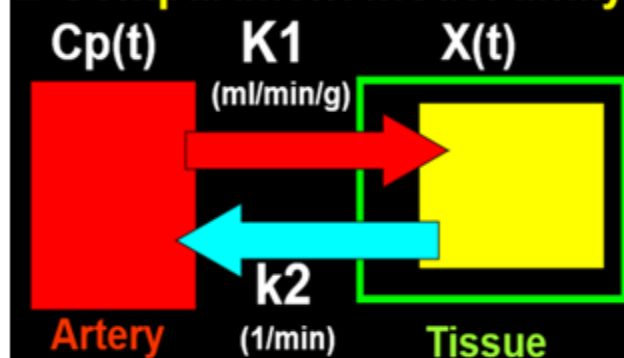
この ^{123}I -IMPによる脳血流定量法をオートラジオグラフィ法 (ARG法) という。

脳血流量 CBF (Cerebral Blood Flow)

CBF (mL/100g/min)

$$= \frac{\text{脳SPECT (30分後像) による脳組織放射能 (Bq/100g)}}{\text{動脈血漿放射能曲線の30分間の積分値 (min \cdot \text{Bq/mL})}}$$

2 Compartment model analysis



$$\frac{dX(t)}{dt} = K_1 C_p(t) - k_2 X(t)$$

$k_2=0$ とみなし、上の式を積分すると

$$X(T) = K_1 \int_0^T C_p(t) dt$$

$$K_1 \doteq \text{CBF} = X(T) / \int_0^T C_p(t) dt \quad (T=30\text{min})$$

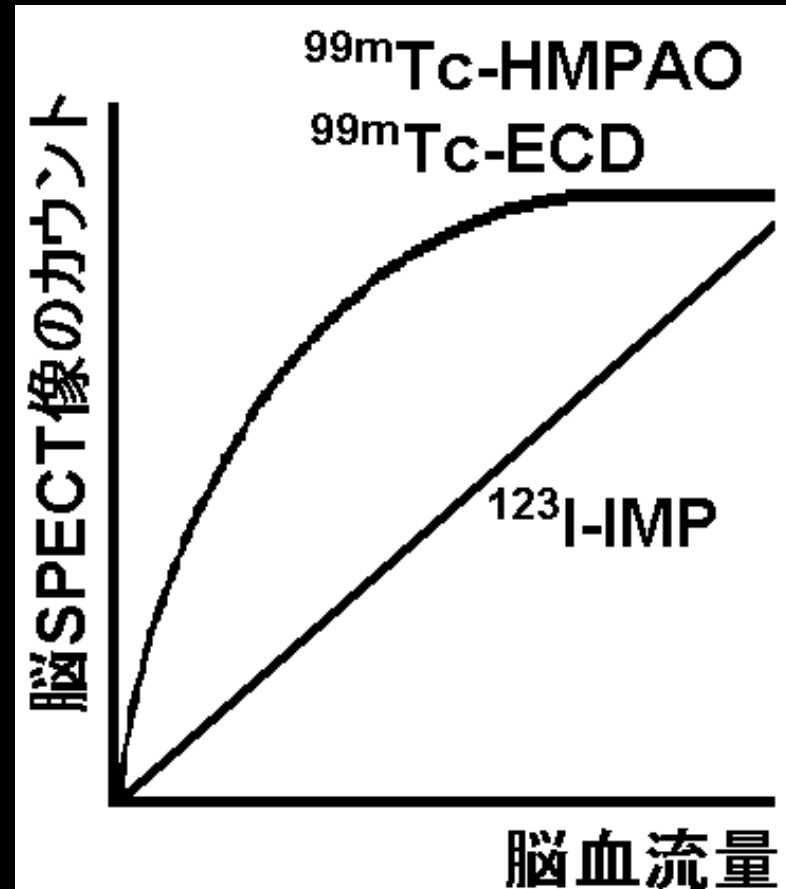
^{123}I -IMP の利点

IMP の集積量は、脳血流にほぼ正比例する。

ECDとHMPAOは、かなり血流の低い部位でなければ集積が明瞭に低下しない。

正確な脳血流分布を知りたい症例や、早期認知症、脳変性疾患や多発性小梗塞など微妙な血流低下しか示さない疾患では、IMPを使用する。

(明らかな脳梗塞などでは $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 薬剤のほうがコントラスト明瞭なSPECT像が得られる。)



^{99m}Tc 標識脳血流シンチグラフィ製剤と Patlak plot〈パトラックプロット〉法を用いた局所脳血流の定量に必要な手技はどれか。
2つ選べ。

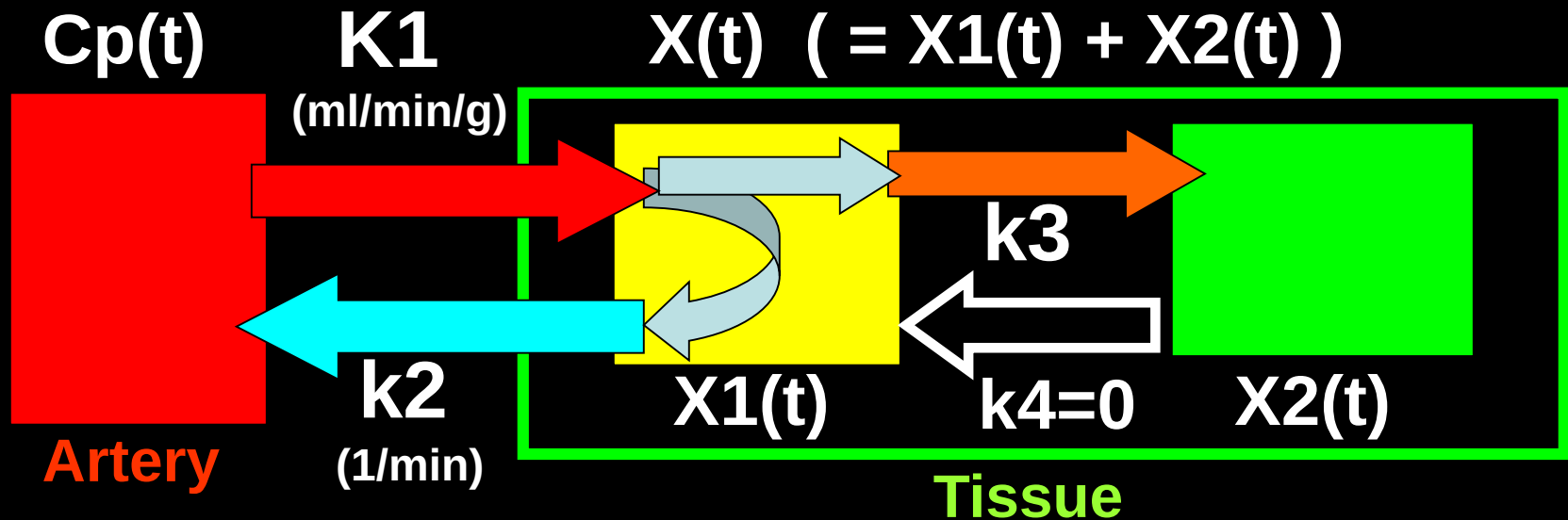
- | | |
|-----------|--------------|
| 1. 静脈採血 | 4. SPECT |
| 2. 1点動脈採血 | 5. 動態プランナー撮影 |
| 3. 持続動脈採血 | |

^{18}F -FDG脳PETなどでは、精度の良いダイナミック断層画像が得られるので、この連立微分方程式をそのまま解いて定量画像を算出するが、

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECDなどのSPECT薬剤では画像の精度が悪いので計算誤差を生じにくい簡便法（**Patlak plot 法**）を用いる。

3 コンパートメントモデルの連立微分方程式と、
Ki（薬剤動態の速度定数 K_1 , k_2 , k_3 から求められる値で、**薬剤を能動的に取り込む組織への集積速度**。）、および
Vd（ K_1 , k_2 , k_3 から求められる値で、薬剤の体内での**分布容積 Distribution Volume** を意味する。）を用いて式を変形すると、**Patlak plot の式** が得られる。
（詳細を知りたい人は、ホームページの参考資料 patlak.doc を参照）

3 Compartment model analysis (case $k_4 = 0$)



$$\frac{d X_1(t)}{d t} = K_1 C_p(t) - (k_2 + k_3) X_1(t)$$

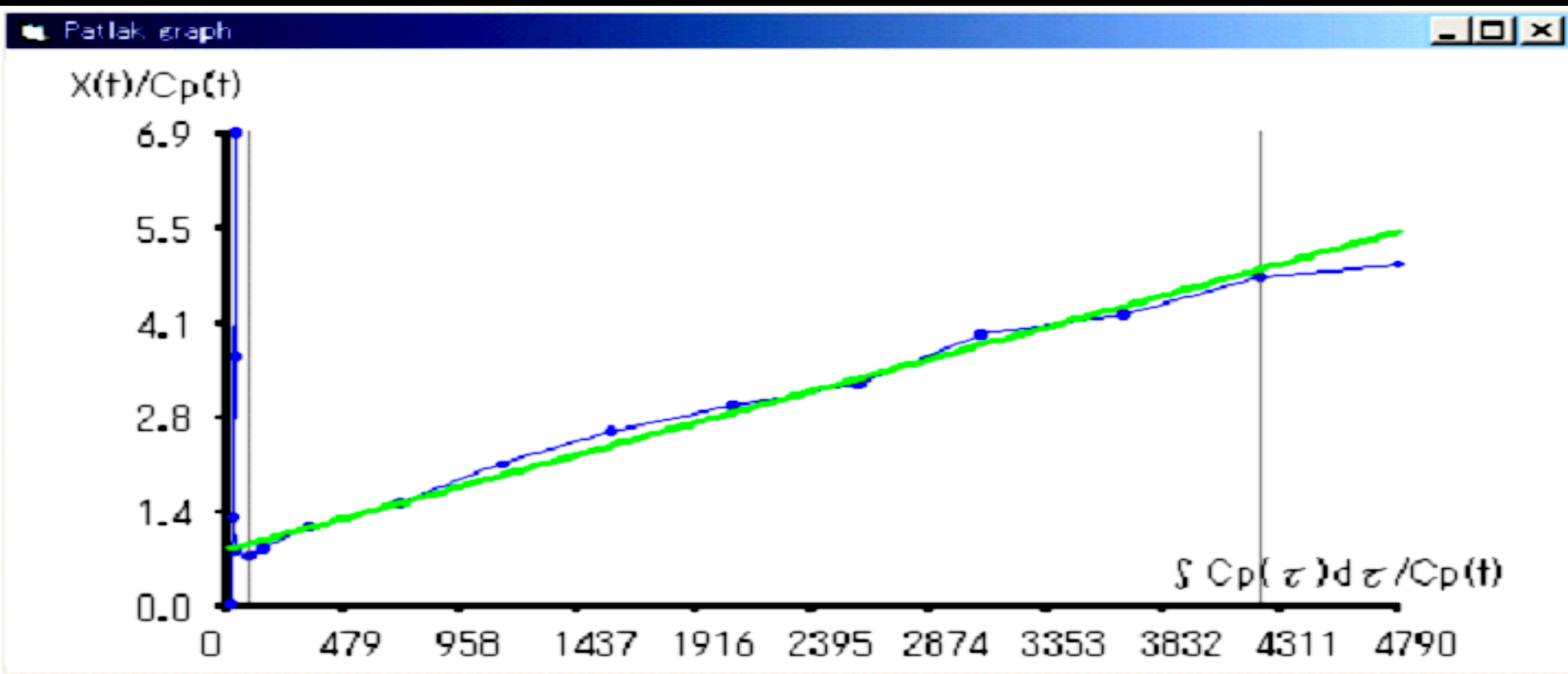
$$\frac{d X_2(t)}{d t} = k_3 X_1(t)$$

$$K_i = K_1 \frac{k_3}{k_2 + k_3}$$

$$V_d = \frac{K_1}{k_2} \left(\frac{k_2}{k_2 + k_3} \right)^2$$

Patlak plot の式

$$\frac{X(t)}{C_p(t)} = \frac{\sum^t C_p}{C_p(t)} \cdot K_i + V_d$$



横軸を $\sum^t C_p / C_p(t)$ 、縦軸を $X(t) / C_p(t)$ の
グラフを描くと、直線近似ができて、
その傾きが K_i 、切片が V_d である。

X(t) に脳SPECT画像の各画素の数値を入れれば
 $^{99m}\text{Tc-ECD}$ の場合、Patlak plot で得た **Ki** が、
脳内の各画素での**脳血流量** (ml / min / 100g brain)。

Patlak plot 法が使える薬剤の条件は、
3 コンパートメントモデルに従う薬剤動態をする。
 $k_4 = 0$ (薬剤を能動的に取り込んだ組織から
薬剤または放射性の代謝物が出ない)

実際は ECD の k_4 は、完全に 0 ではないので、
若干の誤差がでる。

脳血流SPECT に使用する薬剤は、
 ^{123}I -IMPのほかに $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECD がある。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 標識の脳血流薬剤の利点

投与できる放射能が多い(740MBq)ので、画質が良い。

(^{123}I -IMP は 111 MBq)

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAOは、検査室で $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 標識をする薬剤なので、
常に検査室に備えて、緊急検査に使用できる。

(ECDは標識された薬剤が注射器に入った製品。)

^{99m}Tc -ECDは、速やかに脳に取り込まれる。静脈注射後、5分で撮像可能。（HMPAOは10分、IMPは20分）

手術直後症例などの**状態の悪い症例に適する。**

てんかん**発作時の血流像**が得られる（**血流のフリーズ像**）。

（てんかんの焦点は血流が亢進するが、発作は普通1分

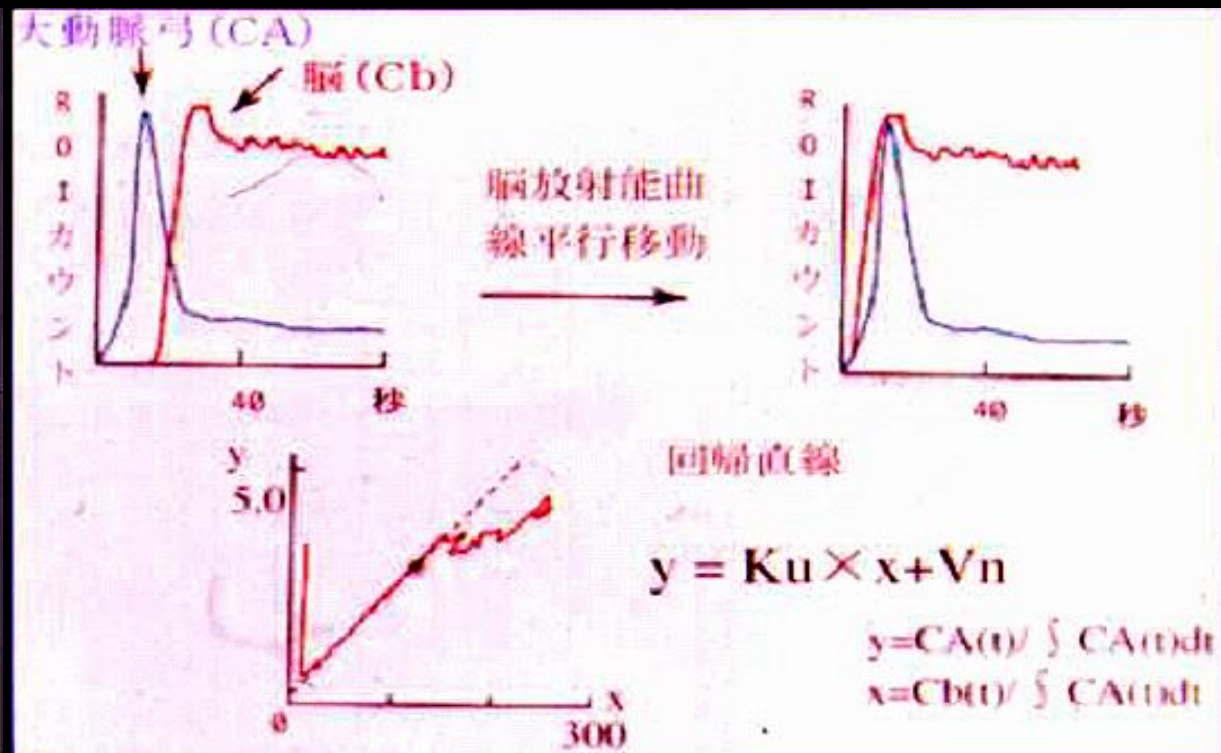
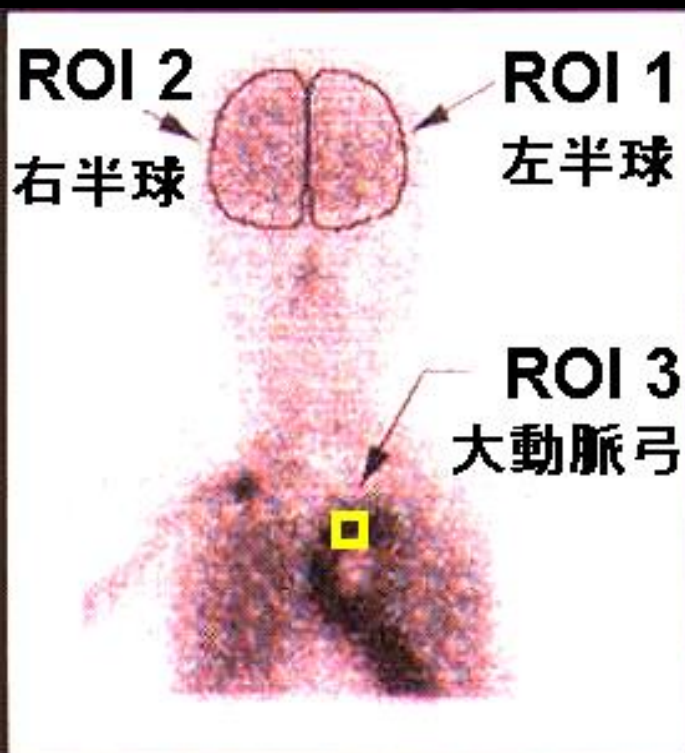
以内でおさまる。**発作時にECDを注射**すると、速やかに

脳に分布するので、発作がおさまっても、撮像される画像

は発作時の血流像。てんかん焦点がわかる。）

^{99m}Tc -HMPAO、 ^{99m}Tc -ECD とともに、IMPとは異なり静注後、肺に停滞しない。投与放射能も多いので投与時にプラナー像で**ダイナミック画像が良好な画質で撮れる**。

ダイナミック画像から、**左右大脳半球と大動脈弓（動脈血の代用）**に関心領域（ROI）を設定して放射能曲線を求め、**Patlak plot法**で、左右大脳半球の**脳血流量が計算**できる。



^{123}I -IMPは静注後、肺に長く停滞するので、
パトラックプロット法は利用できない。
ダイナミック画像から、**大動脈弓**関心領域が設
定できない(**放射能の高い肺に囲まれるため**)。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECDなどの

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 脳血流製剤は、投与後から脳と大動脈
弓を含む撮像範囲の**ダイナミック撮像**を行い、
Patlak plot法で、左右大脳半球の**脳血流量**
が計算できる。

^{99m}Tc -HMPAO

(hexa methyl propylene amine oxime)

低分子で脂溶性の錯体。

血液脳関門BBBを通り、脳組織に取込まれる。

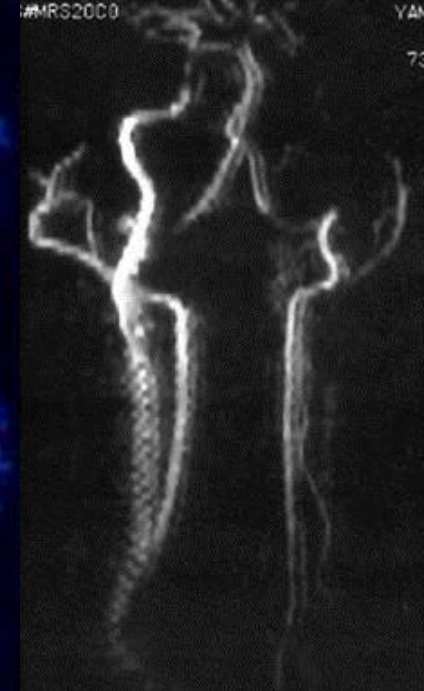
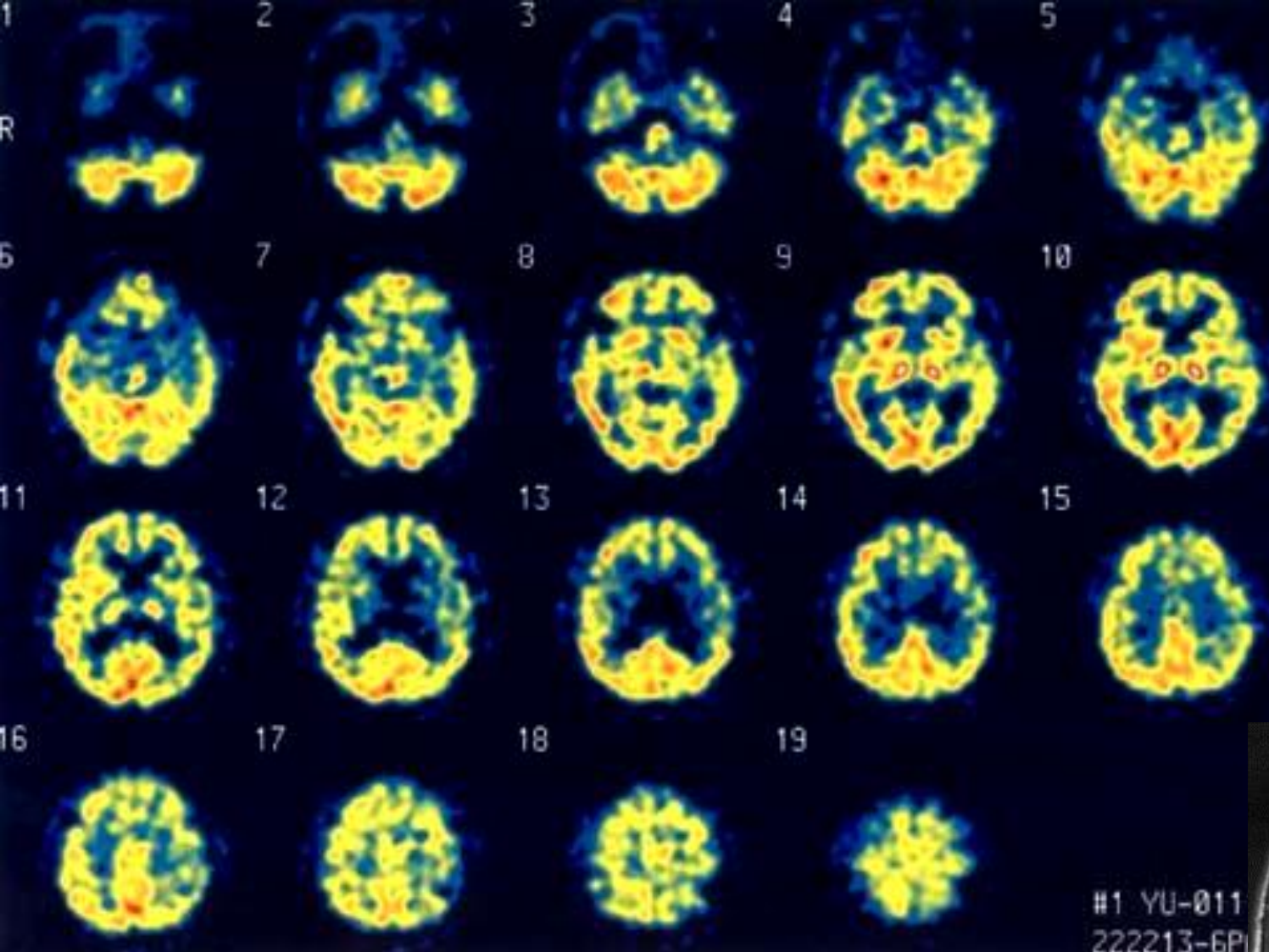
脳内に入ると水溶性化合物に変化し、BBBからの透過性を失い、脳組織内に停滞する。

投与時の脳血流分布画像が得られる。

標識キット製剤。緊急検査に適する。

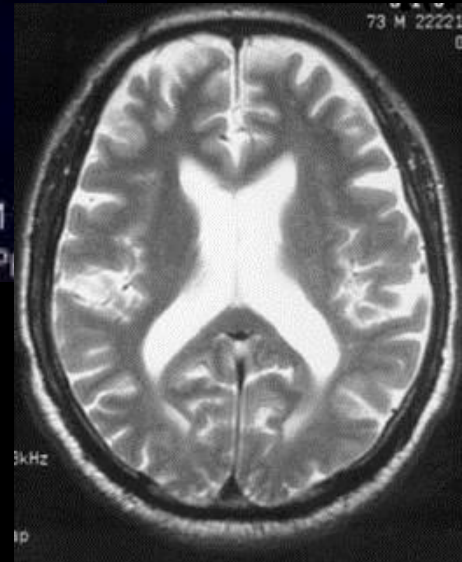
^{99m}Tc 370～740 MBq 標識後、30分以内に静注。

投与10分後にSPECT撮像(20分間)。



MRA

MRI T2



^{99m}Tc -HMPAO Brain perfusion SPECT

左内頸動脈閉塞。 左側頭～頭頂葉の血流低下。

MRI T2では病変に高信号なし。脳梗塞になる直前の状態。治療可能。

^{99m}Tc -ECD brain SPECT

- ^{99m}Tc 141keV LEHR コリメータ

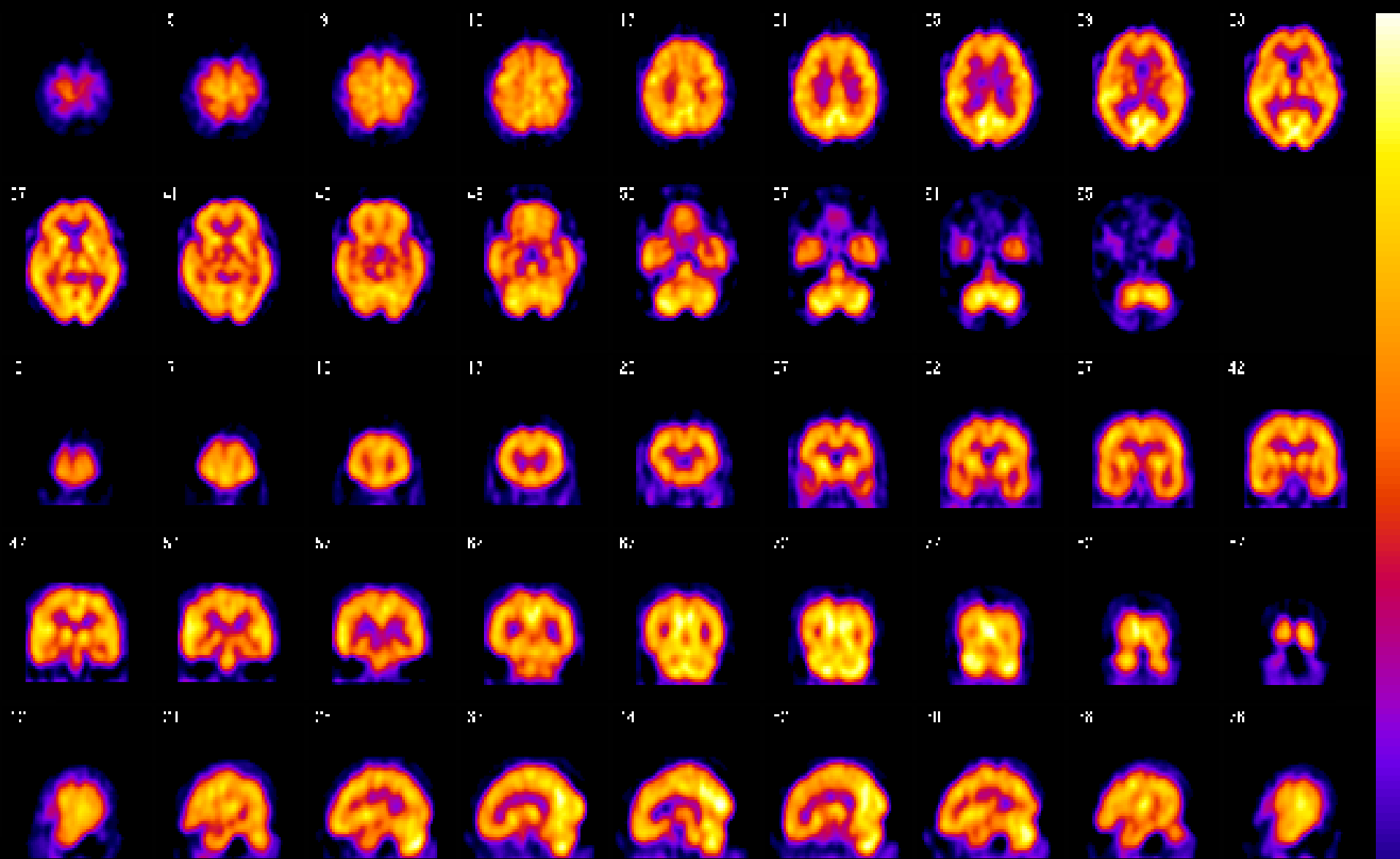
^{99m}Tc -ECD (ethyl cysteinate dimer)

400～800MBq 静脈投与。 5分後から撮像可能。
SPECT像（128x128マトリックス）を20分間撮る。
投与時の脳血流分布画像が得られる。

ECDは、脂溶性の低分子で、BBB（血液脳関門）を通り、正常脳組織に入る。

脳組織に入るとエステル基が加水分解されて水溶性になりBBBを通らなくなり脳組織に停滞する。

^{99m}Tc -ECD Brain SPECT



放射性医薬品と評価項目の組合せで正しいのはどれか。2つ選べ。

1. ^{123}I - BMIPP ——— 心筋脂肪酸代謝
2. ^{123}I - IMP ——— 脳血流
3. ^{123}I - MIBG ——— ドパミントランスポータ
4. ^{123}I - イオフルパン — 甲状腺機能
5. ^{123}I - イオマゼニル — 心臓交感神経機能

^{123}I -イオフルパンSPECTによるパーキンソン病の診断

イオフルパンはドーパミン受容体に集積する物質。

投与3時間後に30分間SPECT撮像。

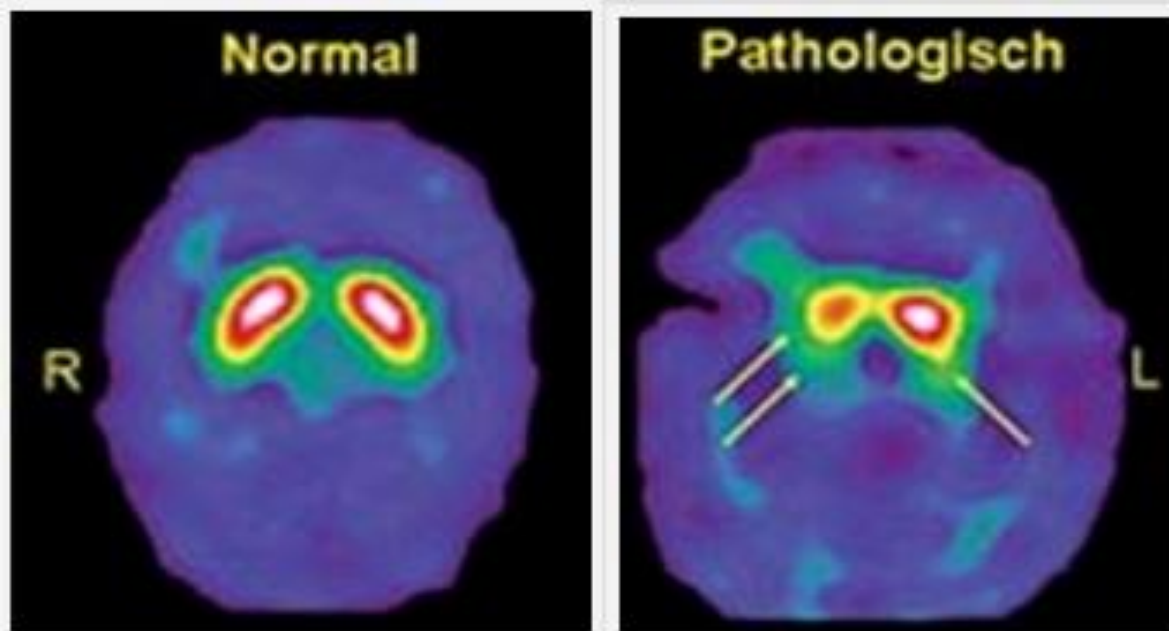
正常例では、基底核のドーパミン受容体に集積。

正常集積は、基底核/バックグラウンド比が6以上。

パーキンソン病や**レビー小体型認知症**は、集積低下。

正常例

パーキンソン病(レビー小体型認知症)

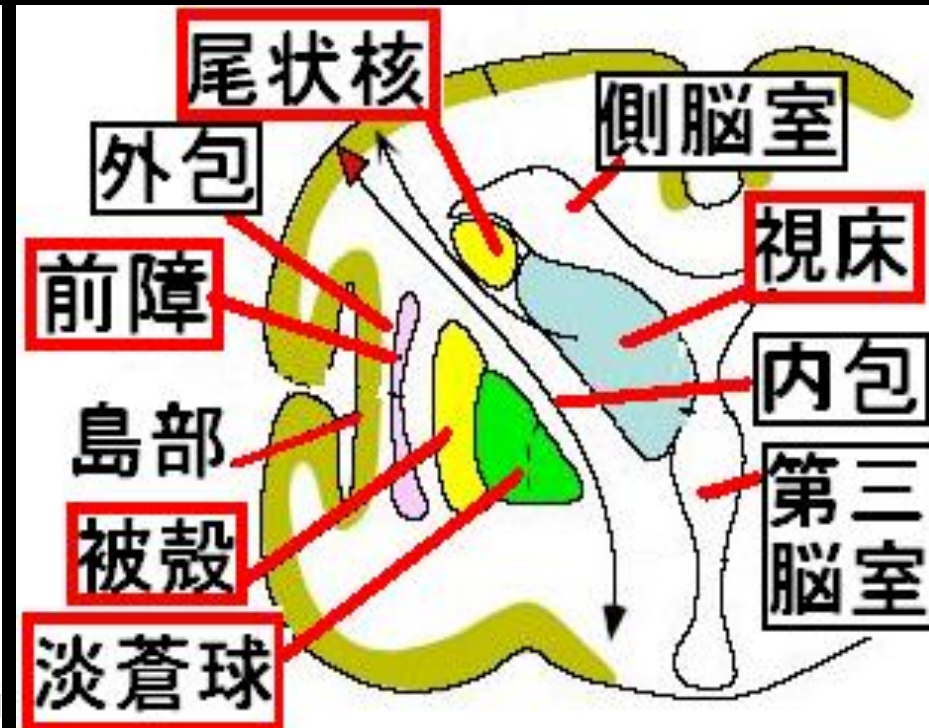
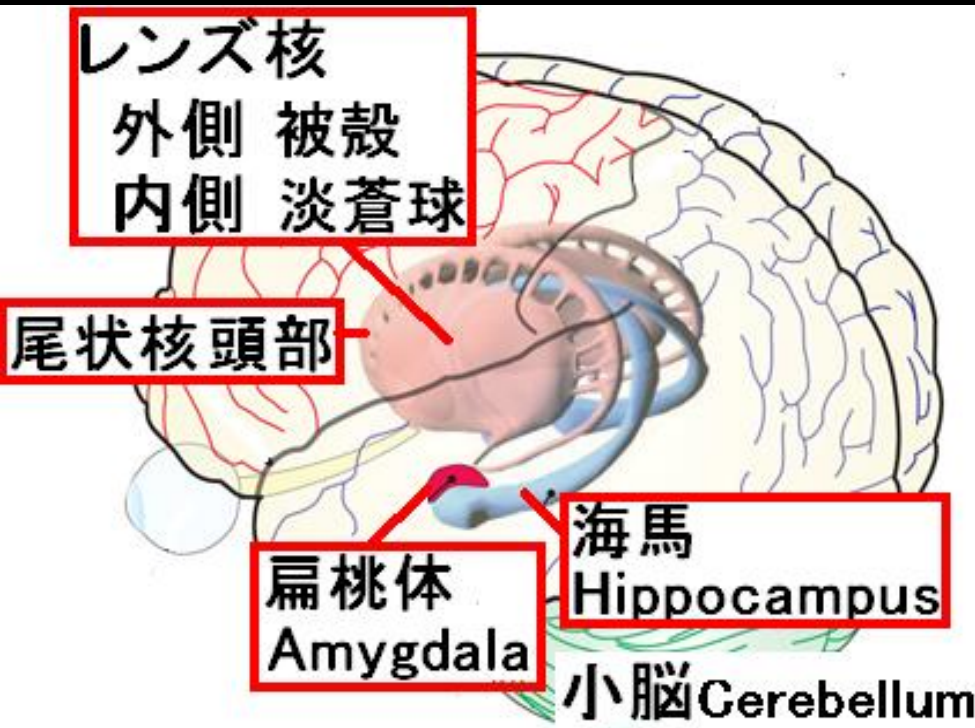


2014年1月から
検査が認可された。

検査名 **Dat scan**

大脳基底核 Basal ganglia

皮質(脳神経細胞)下に白質があり、その奥の細胞核集団。
線条体(被殻と尾状核)、淡蒼球、黒質、視床下核の総称。
視床や大脳皮質、小脳へ情報を送り、円滑な運動を調整。
基底核の障害: パーキンソン病、チック(突発的な瞬動や発声)。
周囲の大脳辺縁系(海馬、扁桃体)は、記憶や自律神経を調整。



^{123}I -IMZ（イオマゼニル iomazenyl）脳 SPECT

商品名 ベンゾダイン

^{123}I 159keV LEHR または ^{123}I 専用コリメータ

投与量 167 MBq 静脈注射

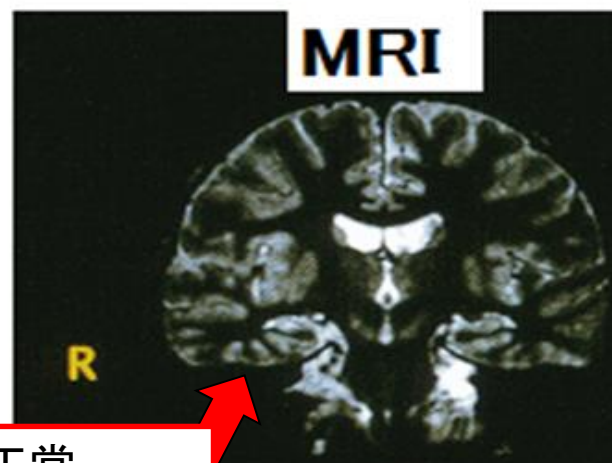
投与3時間後に、撮像 20～30 分間。

イオマゼニルは脳神経細胞にあるベンゾジアゼピン受容体（レセプタ）に集積するので、正常脳神経分布が撮像される。

癲癇（Epilepsy）の原因部位（焦点）の検索に用いる。

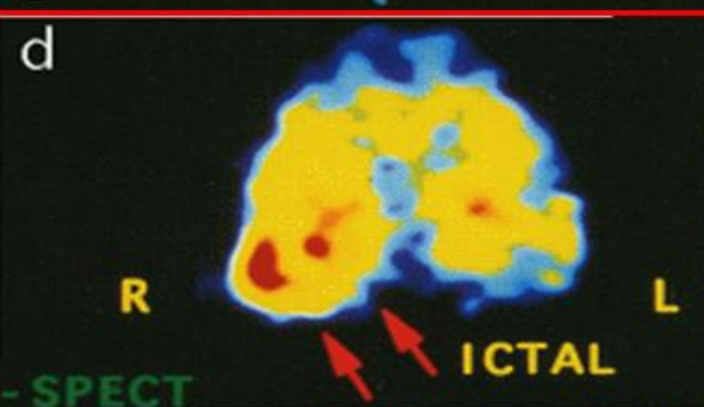
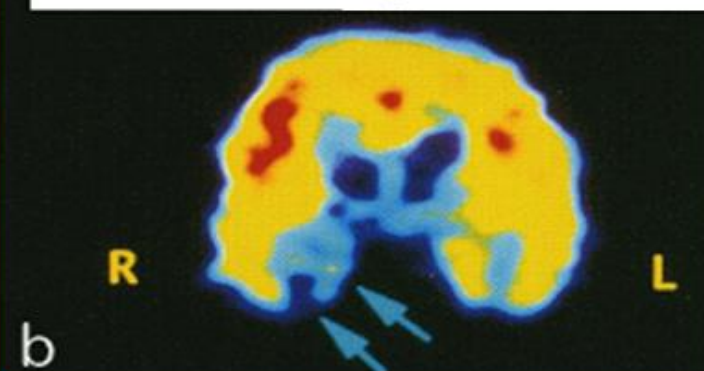
（好発部位は側頭葉内側）。

^{123}I -イオマゼニル(IMZ)脳SPECTは、
てんかん(癲癇、Epilepsy)の焦点(脳障害部位)の検出に
優れている。IMZは、正常でない脳組織には集積しない。



MRIは正常。
右側頭葉内側に
解剖学的な
異常なし。

^{123}I -IMZ(イオマゼニル)
SPECT (非発作時)



てんかん間歇時(非発作時)
 ^{123}I -IMP SPECT

てんかん発作時
 ^{123}I -IMP SPECT