

認知症の核医学検査で正しいのはどれか。

1. ^{123}I -IMP 投与 3 時間後の画像で診断する。
2. ^{123}I -MIBG の心臓の集積は前頭側頭型認知症で低下する。
3. 画像統計解析では若年健常者から得られたデータベースと比較する。
4. ^{123}I -イオマゼニルは Lewy〈レビー〉小体型認知症の診断に用いられる。
5. 早期の Alzheimer〈アルツハイマー〉型認知症では前頭葉の血流は保たれる。

^{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。

静注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。

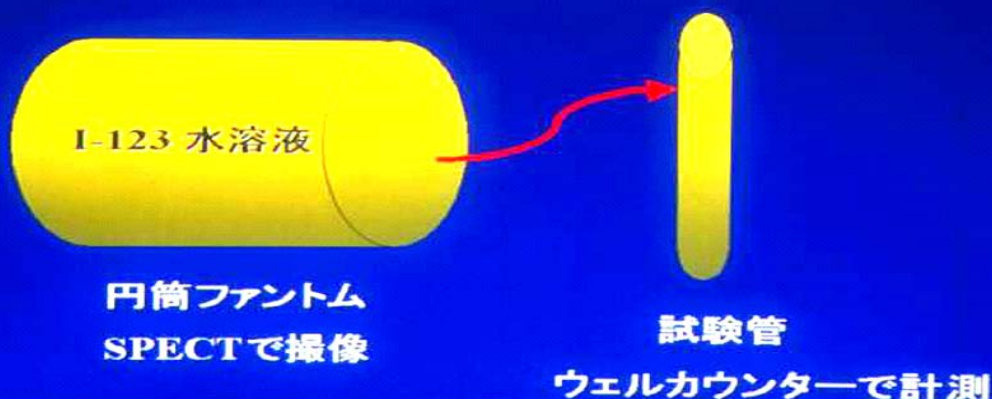
オートラジオグラフィ法によって**脳血流定量画像**が得られる。

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。

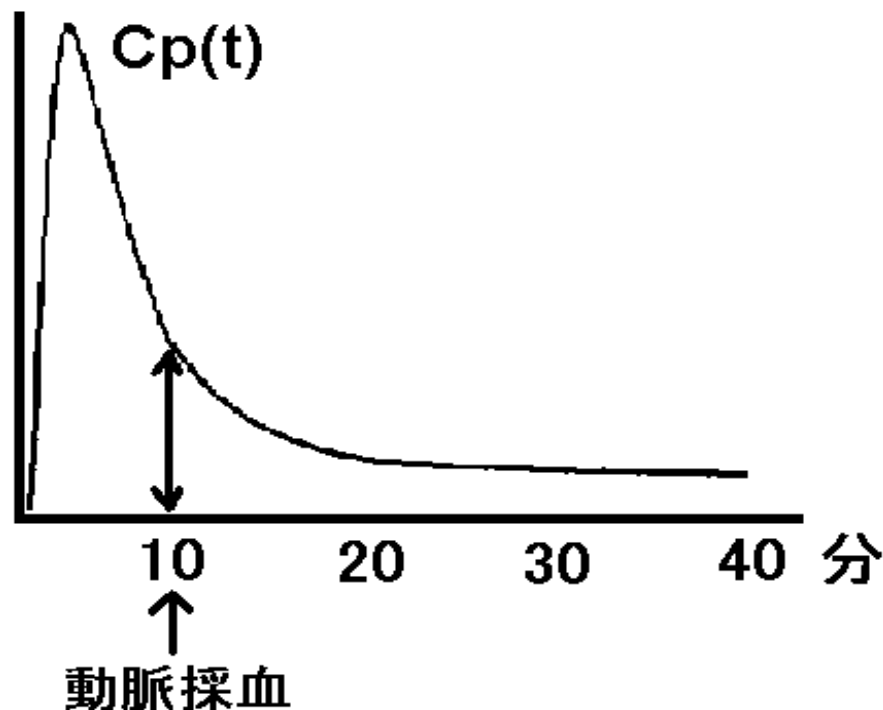
クロスキャリブレーションファクターとは？

ウェルカウンターとSPECTとの感度補正係数

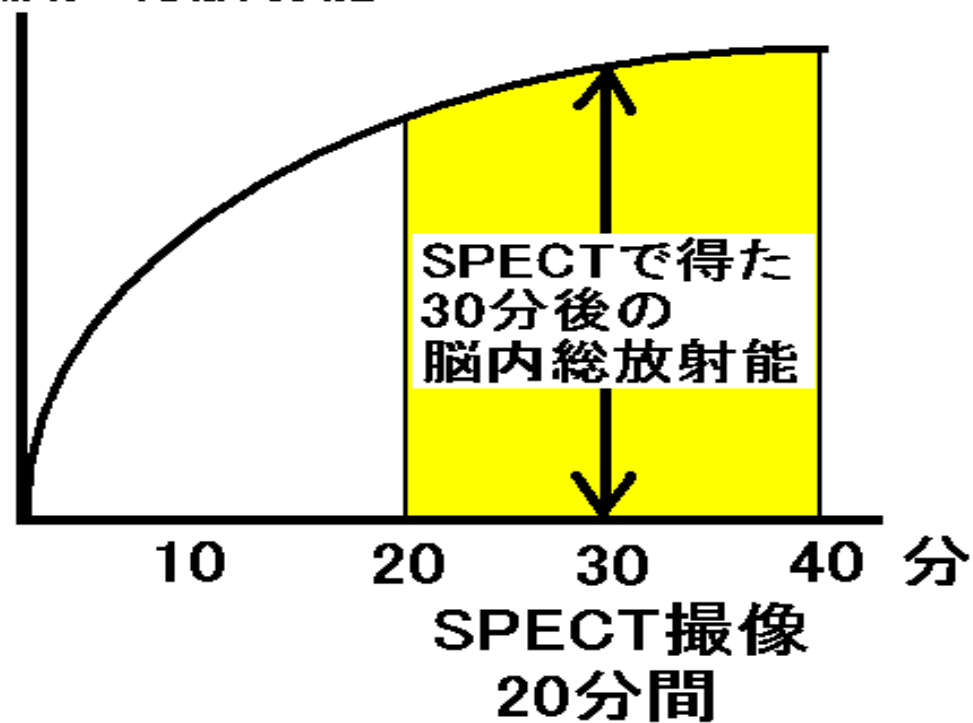
$$CCF = \text{SPECT 値} / \text{ウェルカウンター値}$$



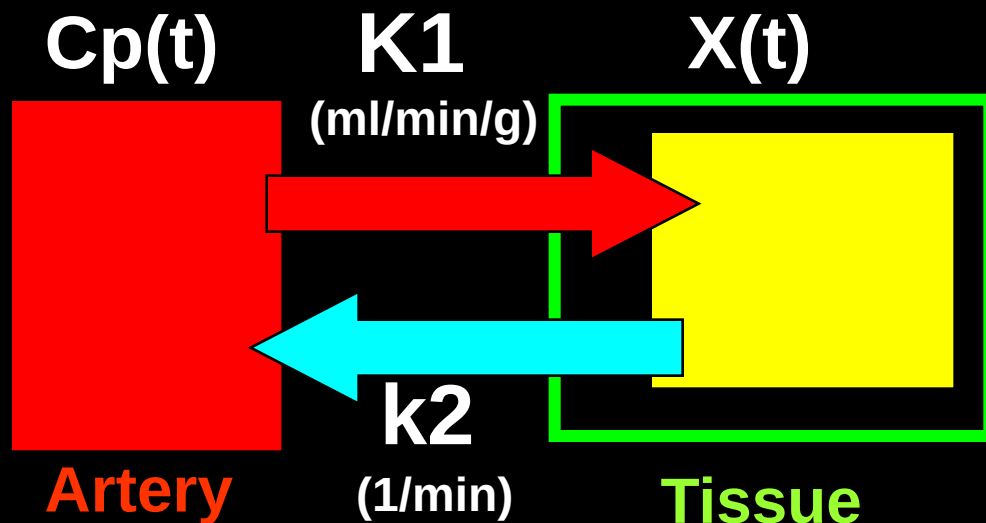
動脈血放射能



脳内総放射能



2 Compartment model analysis



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

動脈血放射能曲線（入力関数 **Cp (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 (≡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。

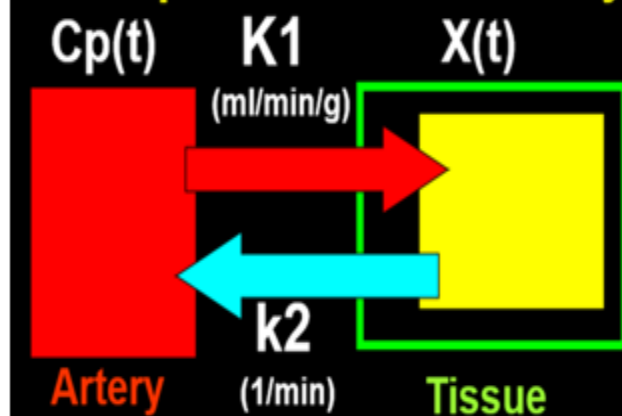
この ^{123}I -IMPによる脳血流定量法をオートラジオグラフィ法 (ARG法) という。

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

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

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

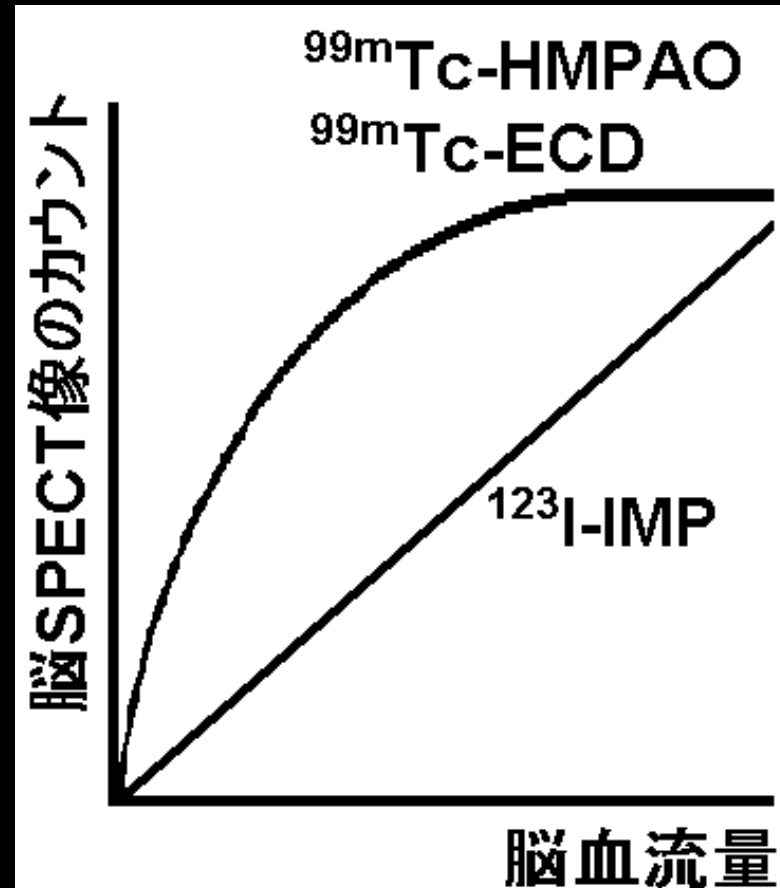
^{123}I -IMP の利点

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。

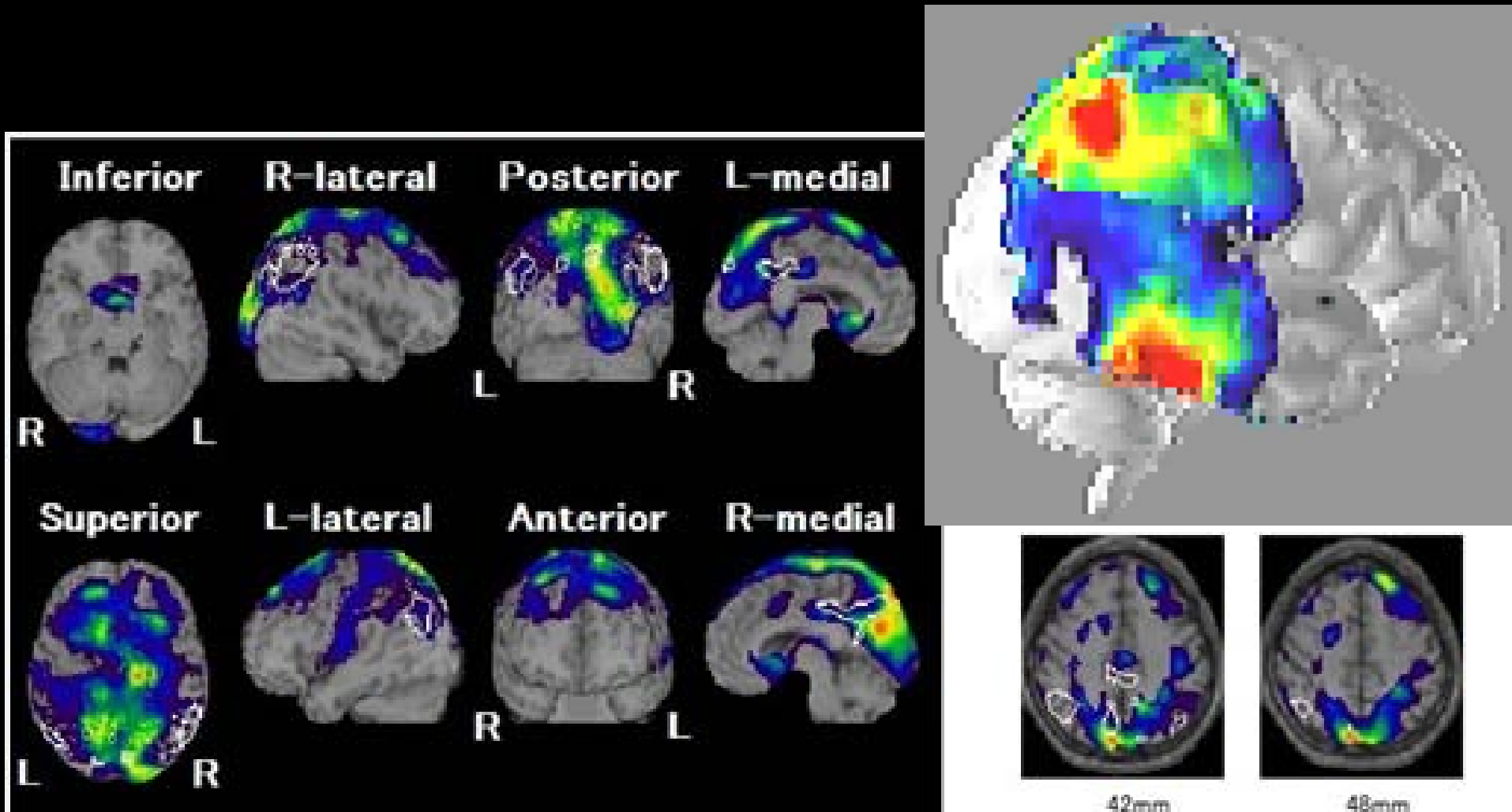
正確な脳血流分布を知りたい症例や、早期認知症、脳変性疾患や多発性小梗塞など微妙な血流低下しか示さない疾患では、IMPを使用する。

(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。)



脳血流の偏差値マップ SPM、SSP など

脳血流が**同年代正常値**の値に比べて低下している
(偏差値の低い)部位がカラー表示される。

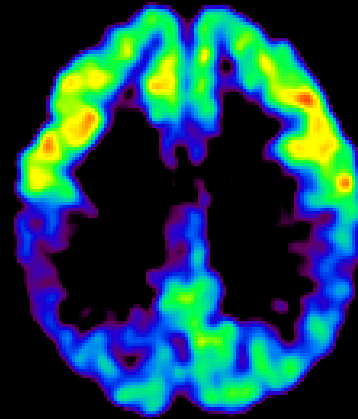
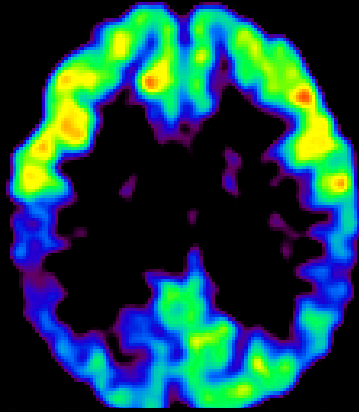


アルツハイマー病(早期)

脳組織の形状には異常を認めないが
血流や糖代謝の低下が出現している。

PET、
SPECTで
異常あり

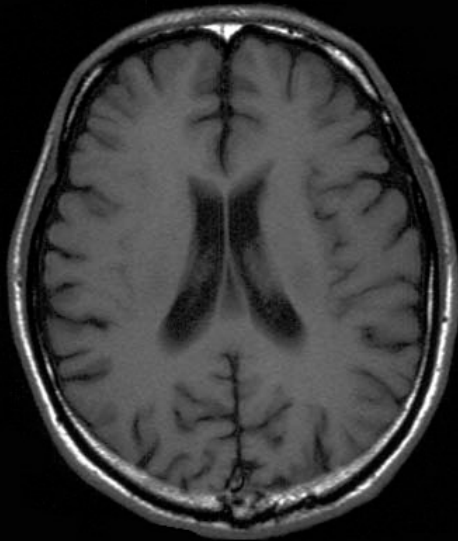
ブドウ糖
代謝分布
血流分布



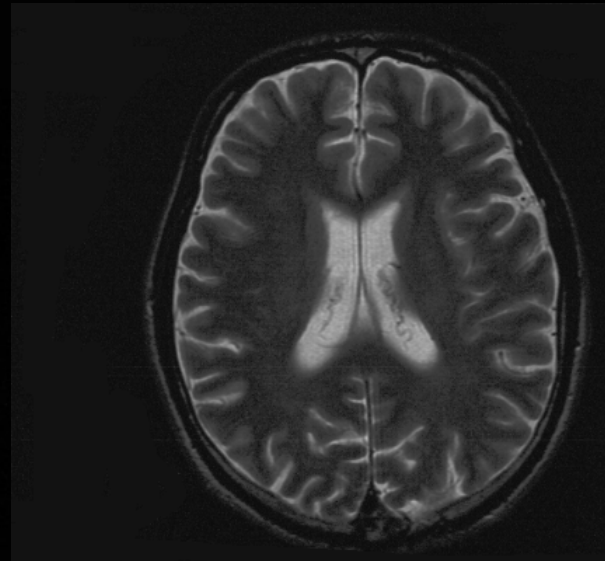
SPECT、
PET は
代謝、機能
の情報

MRIでは
異常なし

水、脂肪
の分布



T1 脂肪



T2 水

MRI は
解剖学的
な情報

60代 認知症

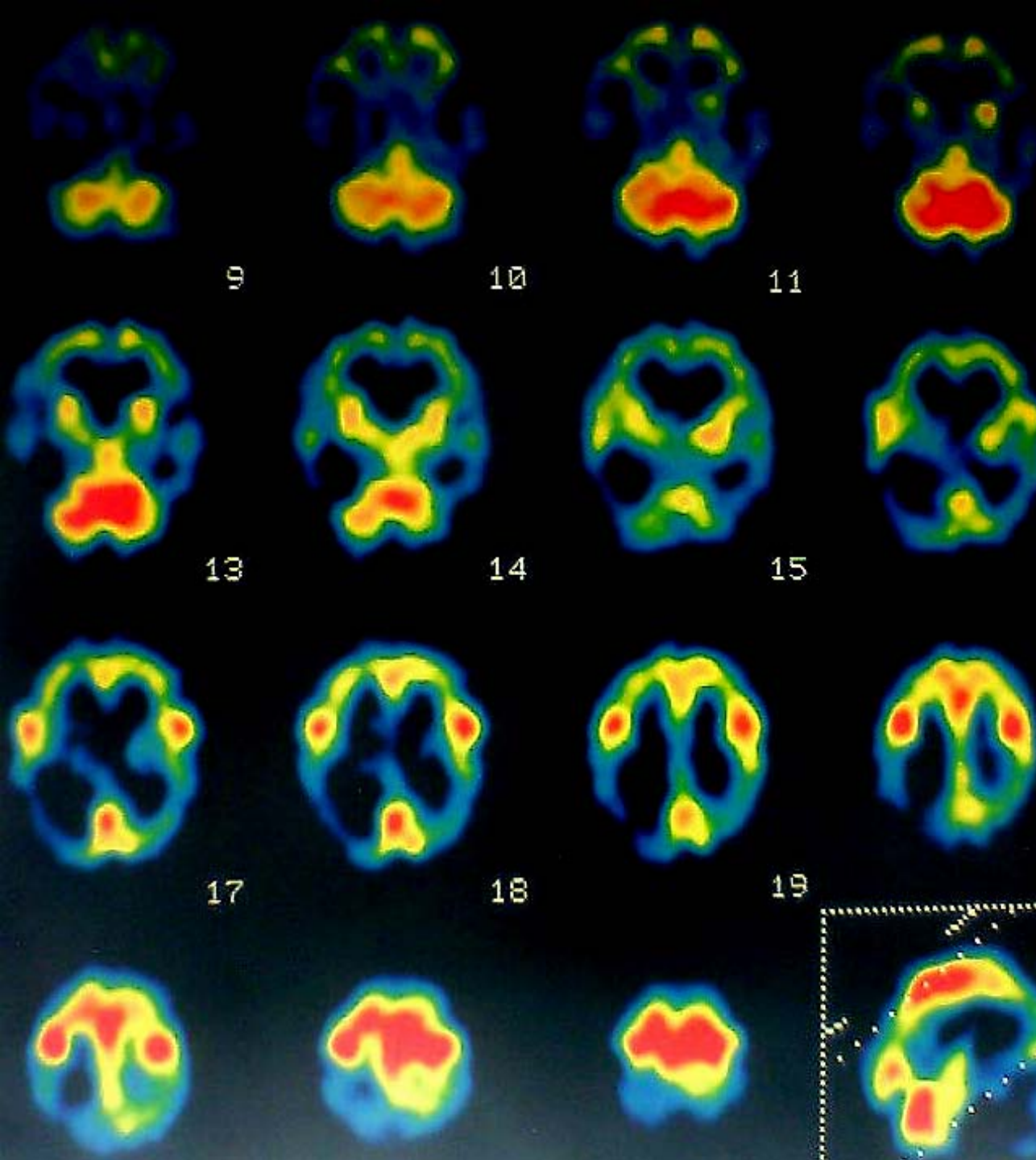
左右の頭頂葉と
側頭葉の血流
に低下を示す。

アルツハイマー
病。

最も多い認知症
の原因疾患。

脳組織の変性。

治療薬がある。



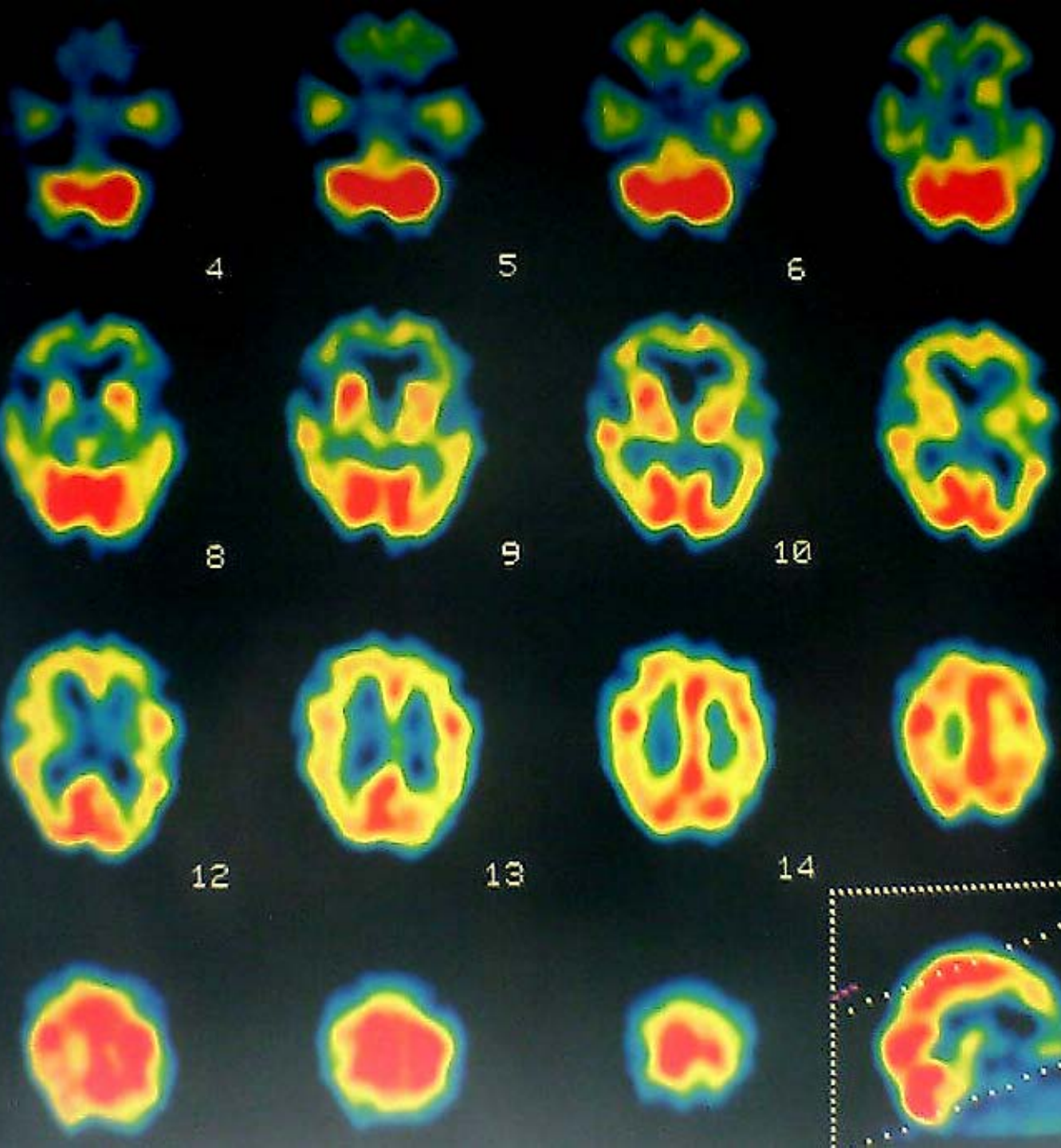
80代 認知症

左右の前頭葉
と側頭葉の
血流に低下と
不均一を示す。

大脳皮質萎縮と

動脈硬化性
多発小梗塞。

2番目に多い
認知症の原因
疾患。



アルツハイマー病 AD Alzheimer Disease

記憶障害を初発症状とし、次第に見当識障害、計算障害、失語・実行・実認などの巣症状を伴って知的機能の荒廃をきたし、最終的には寝たきりとなる。進行が速い。

病理学的には神経細胞脱落、大脳皮質に広範にみられる老人斑と神経原線維変化。

進行を遅らせる薬がある（アリセプト）。

RI検査は、認知症の区別が可能。適切な早期治療に寄与。



代表的な症状

- 物の忘れ
- 日時や場所がわからない
- 怒りっぽくなる

アルツハイマー型 認知症

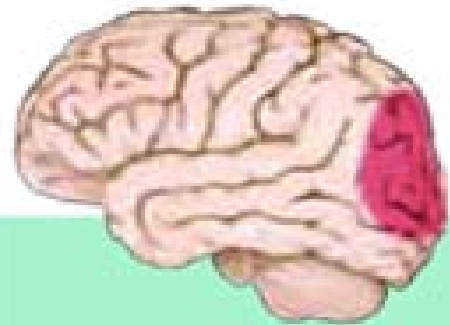


血管性 認知症

代表的な症状

- 服の着方がわからない
など、日常上の実行機能
の障害
- 思考や行動が緩慢

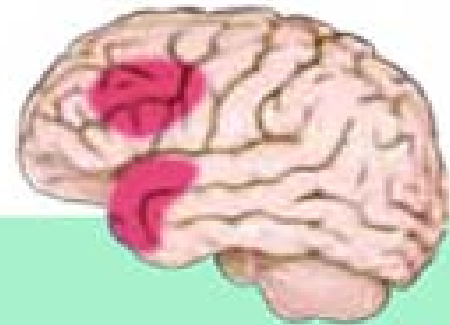
認知症(症状)



代表的な症状

- 幻視 ●動作が遅くなる
- 日によって、物の忘れなどの症状に
変動がある

レビー小体型 認知症



前頭側頭型 認知症

代表的な症状

- 自分勝手な発言や行動が多い
- 他人の迷惑を考えない行動をとる
- 毎日決まった行動を繰り返す

^{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

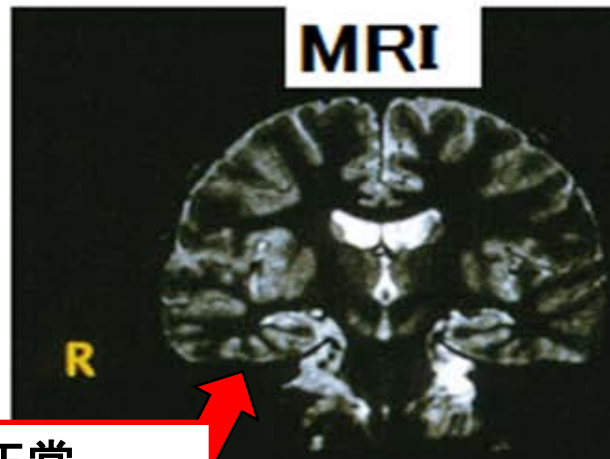
投与**3時間後**に、撮像 20～30 分間。

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。

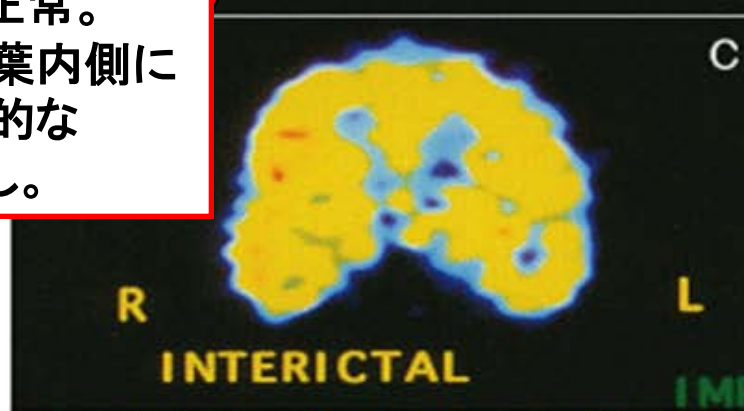
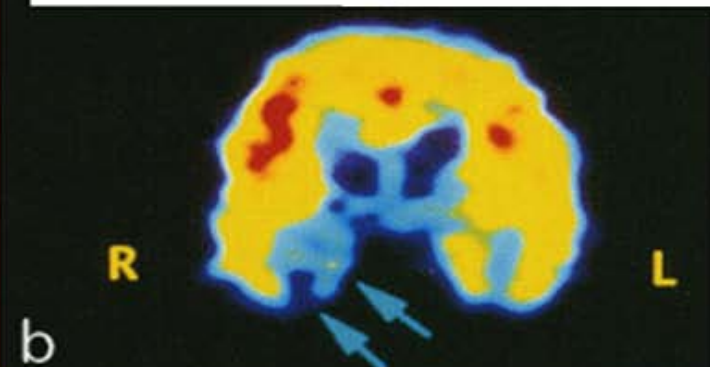
(好発部位は側頭葉内側)。

**^{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。**

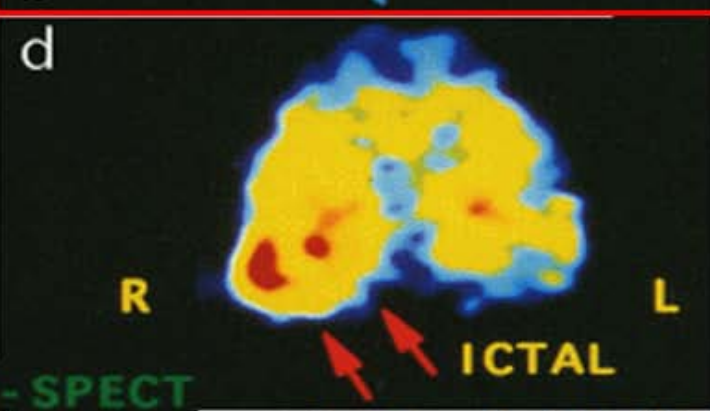


MRIは正常。
右側頭葉内側に
解剖学的な
異常なし。

**^{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

放射性医薬品と集積機序の組合せで正しいのはどれか。

1. ^{99m}Tc - MAA ————— 化学吸着
2. ^{99m}Tc - MDP ————— 貪食作用
3. ^{99m}Tc - スズコロイド ————— 毛細血管塞栓
4. ^{123}I - IMP ————— イオン輸送
5. ^{123}I - イオマゼニル ————— レセプタ結合

びまん性レビー小体（Lewy bodies）病 DLB

（レビー小体型認知症）

レビー小体は、パーキンソン病の脳幹部神経細胞内の封入体でパーキンソン病の病理学的特徴とされる。

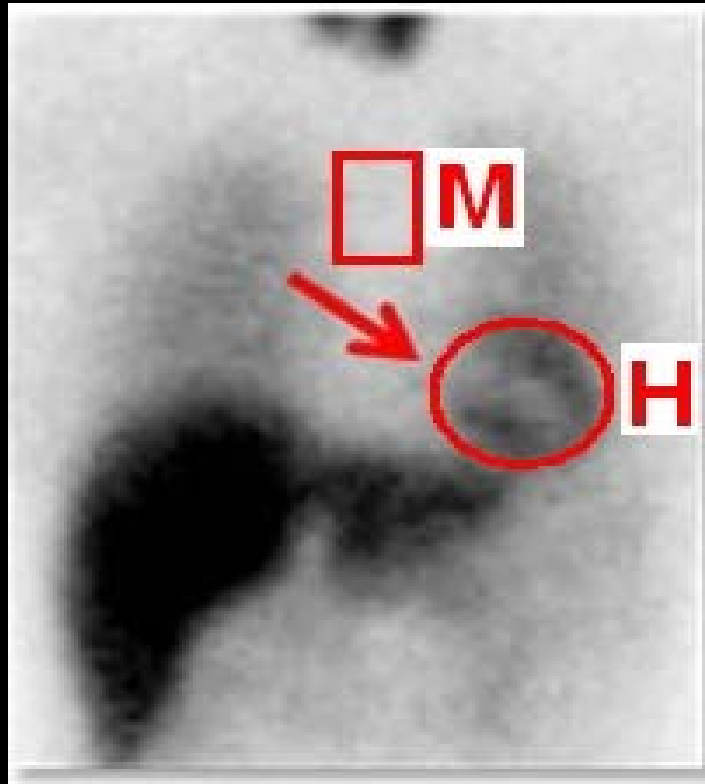
このレビー小体が大脳皮質にも多数出現し、臨床的に進行性の痴呆とパーキンソン症状を特徴とするものが びまん性レビー小体病といわれる。

初老期，老年期に発症し，記憶障害から始まり徐々に認知症症状が目立つようになり，経過中，筋固縮や寡動を主とするパーキンソン症状が加わってくる。

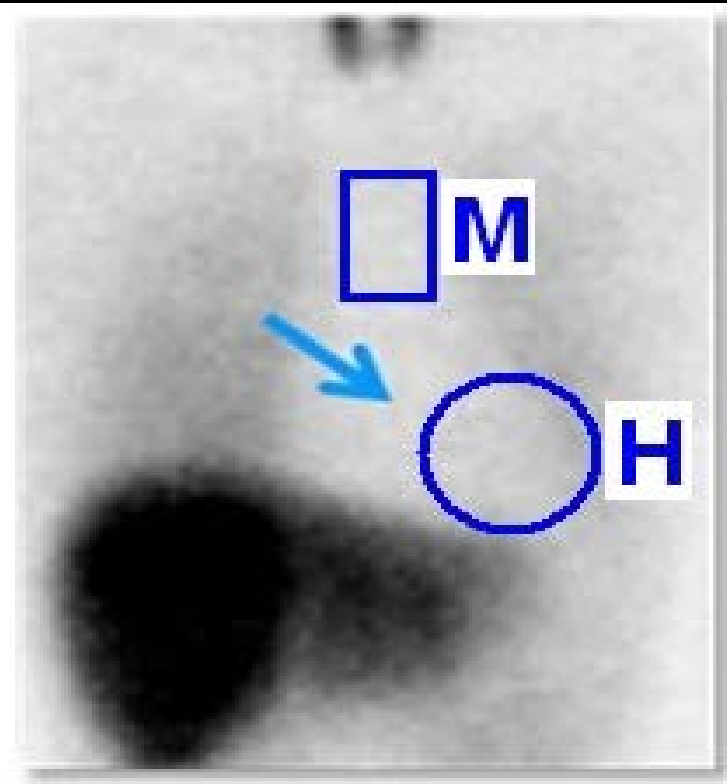
^{123}I -MIBG シンチグラフィによるパーキンソン病の診断

MIBGはアドレナリンの類似物質。交感神経に集積。
正常心筋はMIBG集積あり(心/縦隔比(H/M)2.5程度)
パーキンソン病は交感神経障害で、心筋描出が乏しい。

正常例



パーキンソン病
(レビー小体型認知症)



^{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。

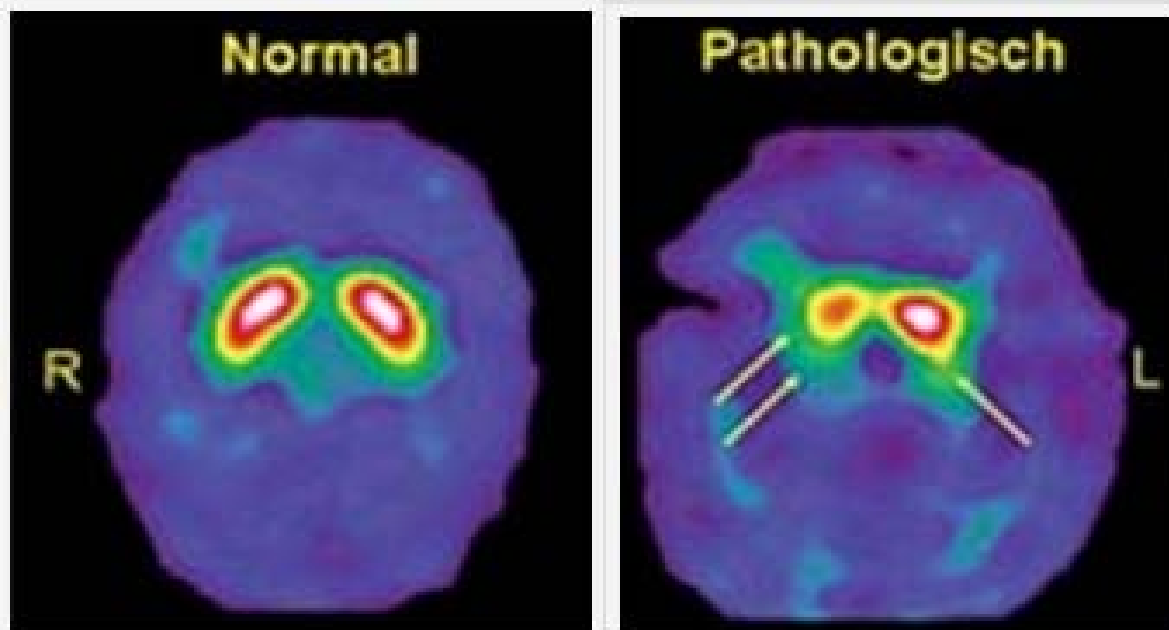
正常例では、**線条体**のドーパミン受容体に集積。

正常集積は、線条体/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

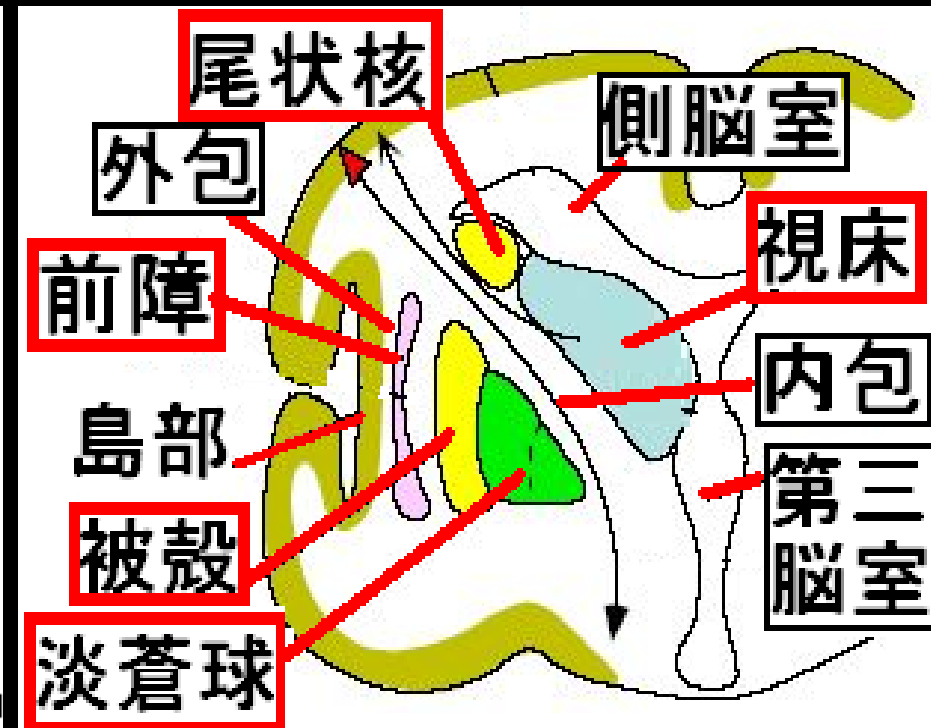
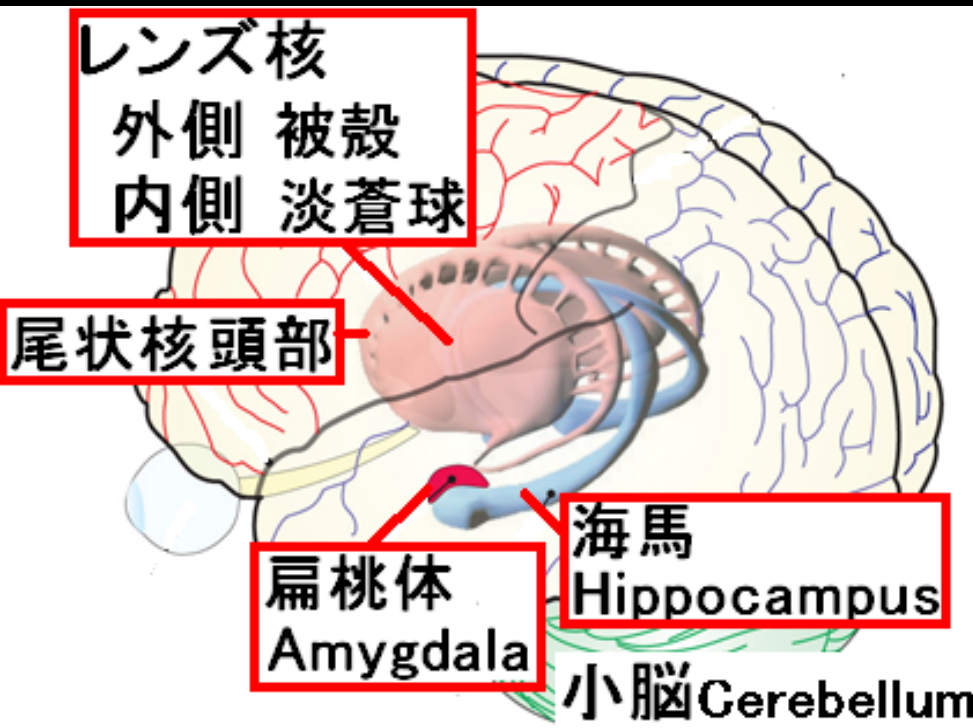
皮質(脳神経細胞)下に白質があり、その奥の細胞核集団。

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。



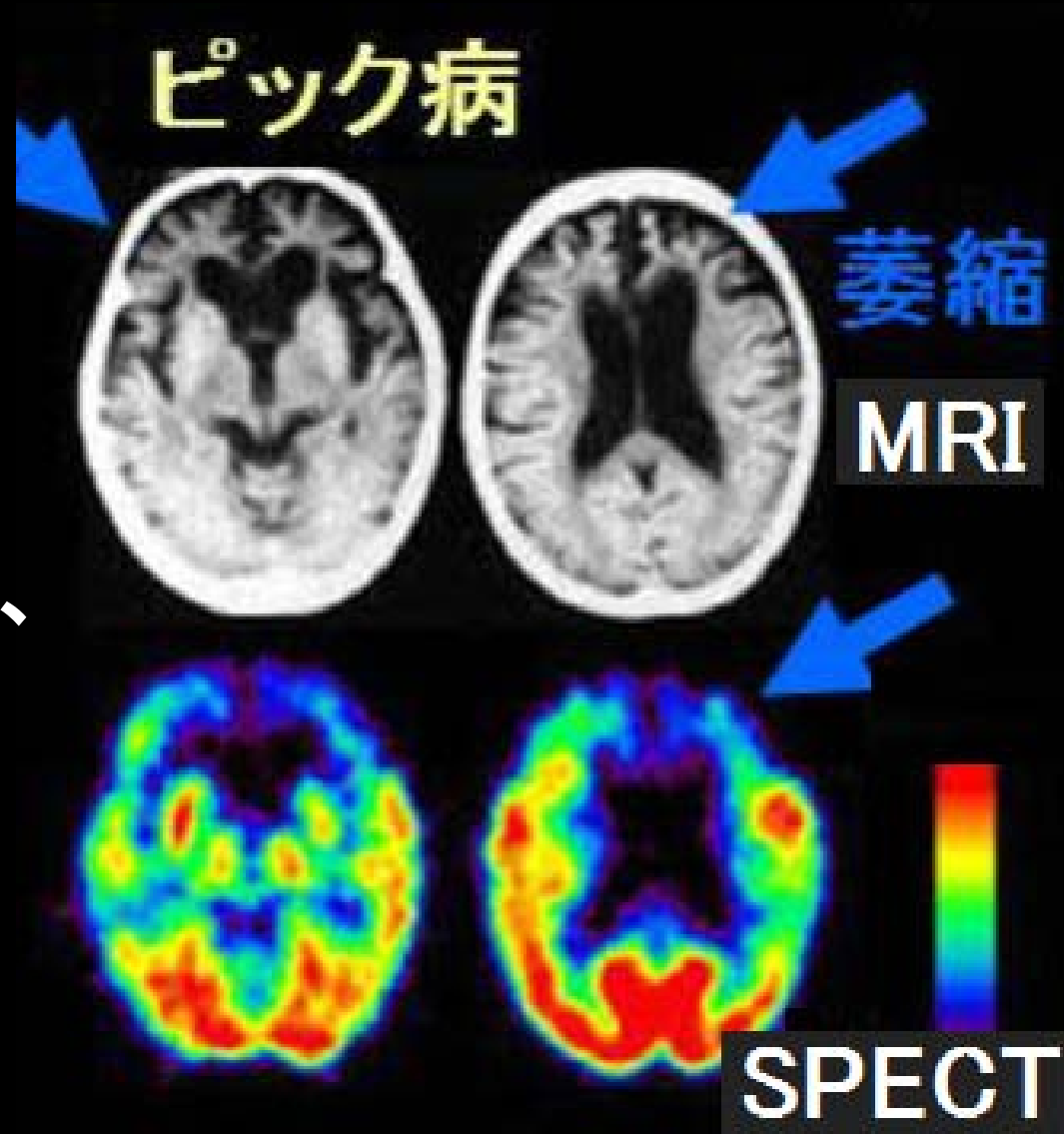
前頭側頭型認知症（ピック病）

左右前頭葉と側頭葉の脳神経細胞に変性と萎縮が生じて発症。

原因、治療法は不明。

社会性欠如、万引き癖、悪ふざけ、感情鈍磨が特徴的な認知症。

発症後約8年で寝たきりになる。



^{18}F -FDG PET 検査で正しいのはどれか。

1. 管理区域退出直後に授乳させてよい。
2. 検査説明は放射性医薬品投与前に行う。
3. 放射性医薬品投与後には飲水を控えるように指導する。
4. 遮へいには 0.25～0.35 mm 鉛当量の防護衣が有効である。
5. 妊娠を申告した診療放射線技師は実効線量 5 mSv/3 月を限度に配置換えする。

511keV 陽電子消滅放射線は鉛 4mm で半減する。

**^{18}F -FDGは尿や乳腺に分布。患者や乳児の被ばくを減らすため、飲水を勧め排尿を促す。直後の授乳中止。
妊婦線量限度は 2mSv(腹部)、1mSv(内部)**

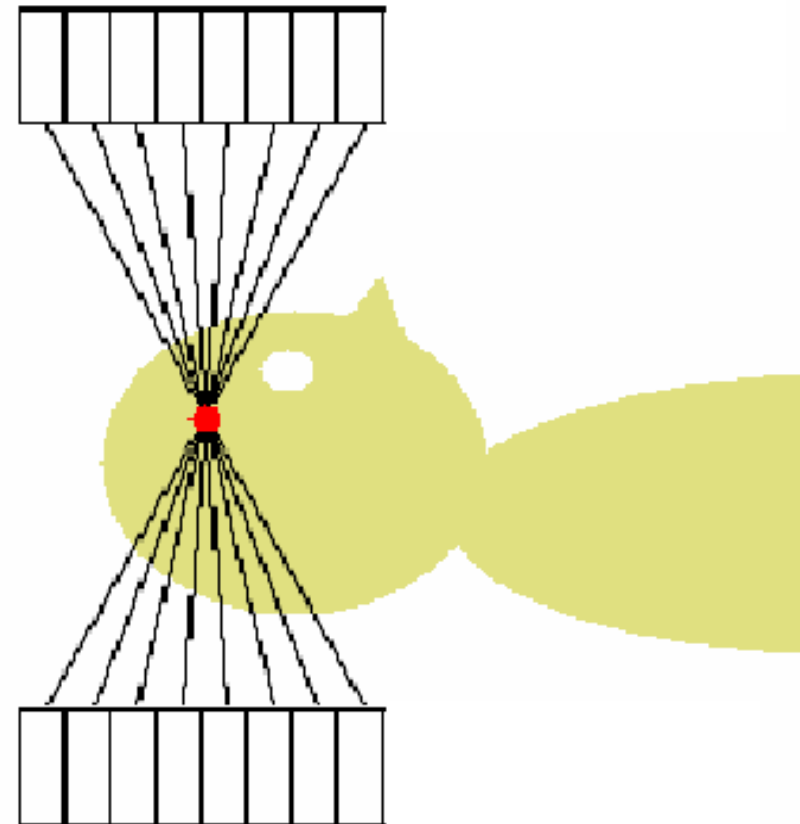
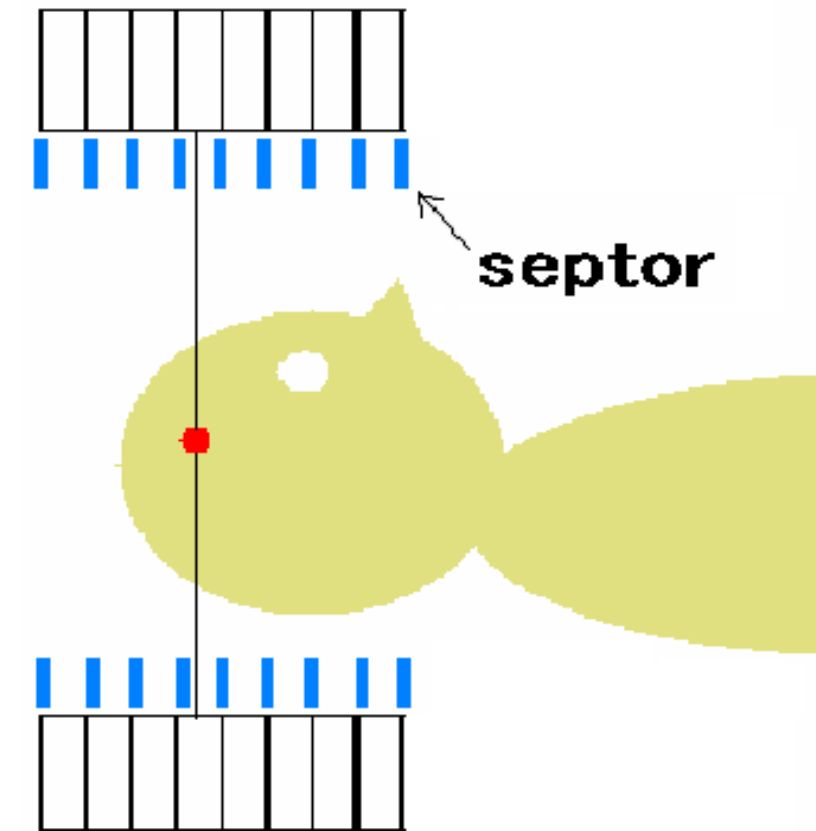
PET 収集で正しいのはどれか。

1. 3D 収集ではセプタを装着する。
2. 感度は 2D 収集よりも 3D 収集の方が高い。
3. 3D 収集のスライス数はリング数に比例する。
4. 散乱同時計数は 2D 収集よりも 3D 収集の方が少ない。
5. 偶発同時計数は 2D 収集よりも 3D 収集の方が少ない。

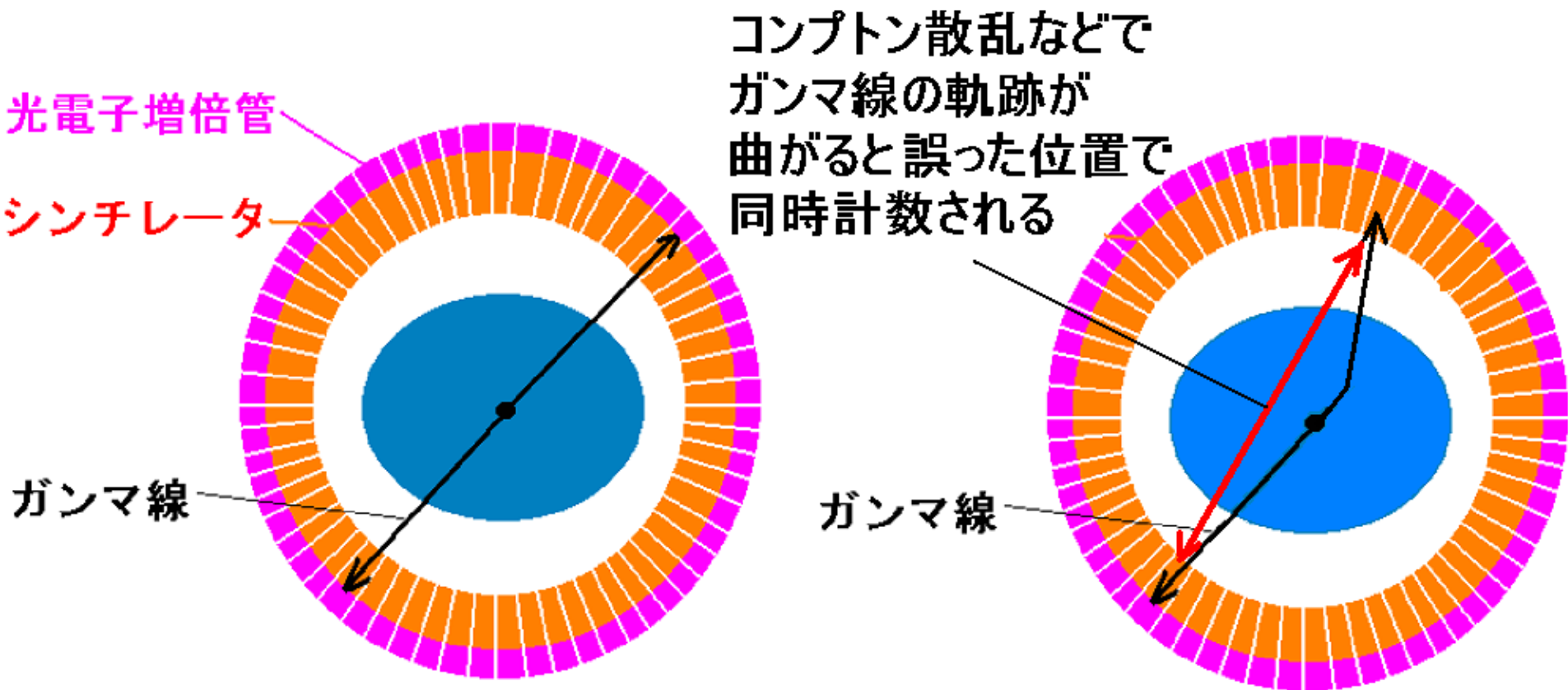
3次元(3D)収集は、2D収集に比べ、感度は5倍。

短時間で良好な画像を収集できるが、

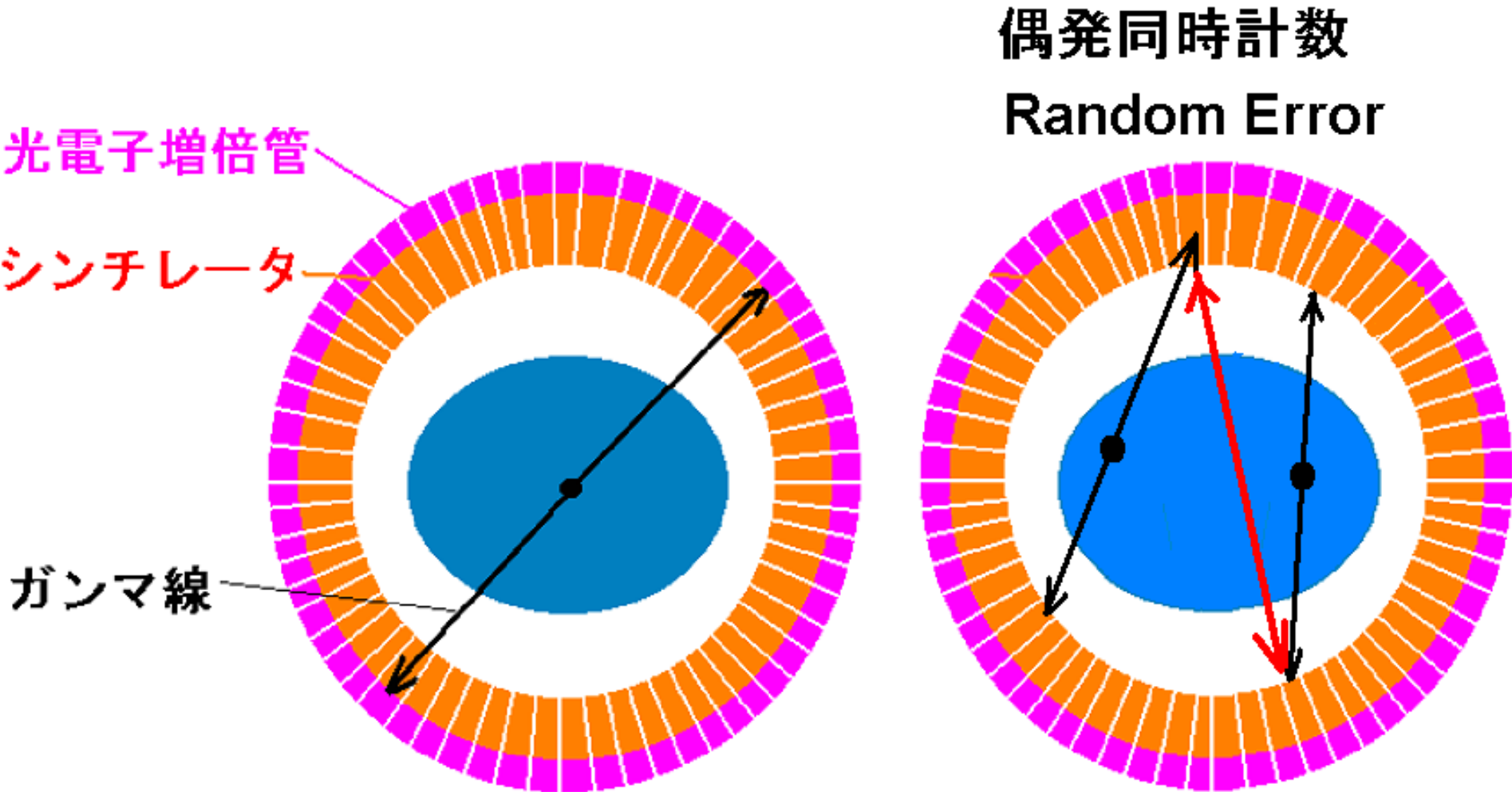
散乱線は3倍で、定量性の精度が低下する。



PETにも散乱線のアーチファクトがあり、
2D収集よりも3D収集の場合で散乱線成分が約5倍多くなる。
様々な散乱補正法が考案されている。



偶発同時計数による測定誤差は、
2D収集よりも3D収集の場合で多くなる。そのため、
3D収集では、投与放射エネルギーが多すぎると逆に画質が悪化する。

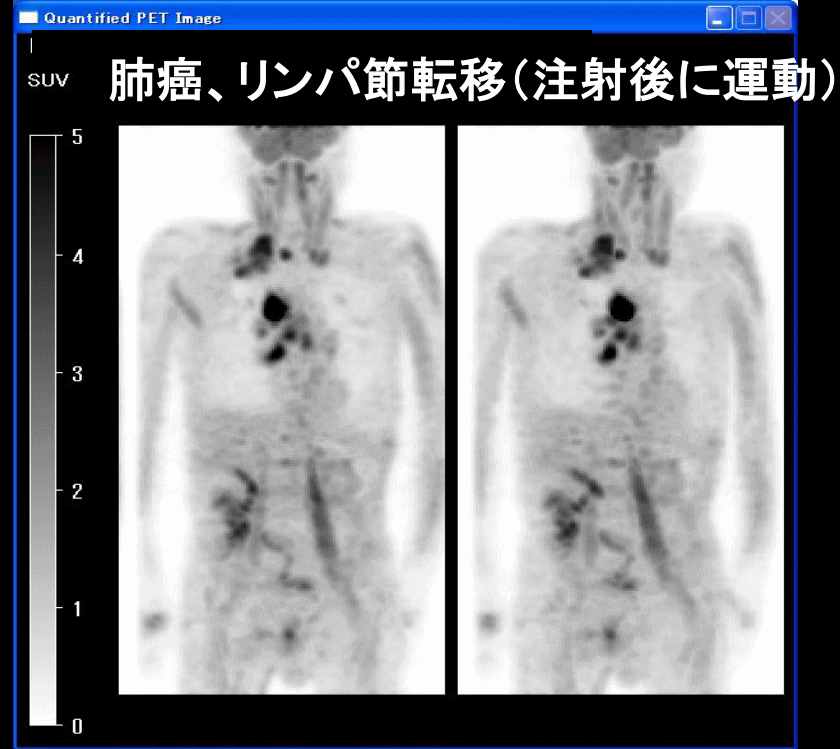
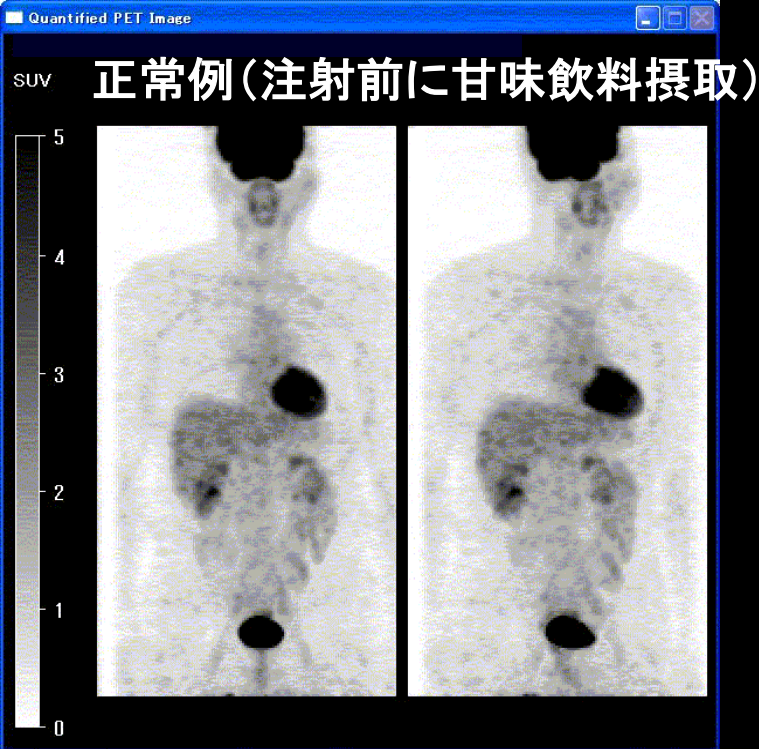


^{18}F -FDG PET による腫瘍検査で正しいのはどれか。

1. 血流に比例した集積を示す。
2. SUV の算出には身長値が必要である。
3. 放射性医薬品投与 6 時間後から撮影する。
4. 放射性医薬品投与後の運動で骨格筋への集積が増加する。
5. 血糖値が高い場合は放射性医薬品投与直前にインスリンを投与する。

インスリンは、血糖を下げるホルモン。

**血中の糖やFDGを骨格筋の細胞内に集積させる。
FDG-PETでインスリンを使うと筋肉に高集積を示し、
病変の検出が困難な画像を得る。**



18F-FDG は、5～6時間の絶食、甘味飲料中止。18F-FDG 注射1時間後に撮像(全身約20分間)。絶食を守らないと心筋に集積が見られる。

運動を行なうと骨格筋に酸欠状態が生じ、骨格筋に、ブドウ糖が集積する。そのため18F-FDG 注射後に運動を行なうと、FDGも集積する。

^{18}F -FDG PET の SUV 値で正しいのはどれか。

1. 血糖値が高いと腫瘍で高くなる。
2. 運動後に検査をすると筋肉で低くなる。
3. 皮下への注射漏れがあると脳で高くなる。
4. 投与から 1 時間経過すると腫瘍で一定となる。
5. ^{18}F -FDG が体外に排出されず体内に均等に分布すると 1 になる。

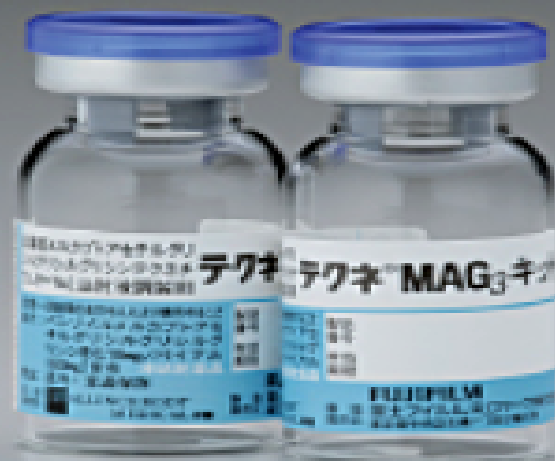
SUV (Standardized Uptake Value)

$$\text{SUV} = \frac{\text{病変の放射能濃度 (Bq/ml)}}{\text{体内平均放射能濃度 (Bq/ml)}} \\ \left(\frac{\text{投与量 (Bq)}}{\text{体重 (g)}} \right)$$

SUVmaxは、病変内の最大放射能濃度を分子においたSUV。臨床で使うSUV。病変の放射能濃度が体内平均の何倍かを示す半定量値。正常値は1。2.5～3以上を病的集積と考える。

^{99m}Tc で標識する際に加熱するのはどれか。

1. DMSA
2. ECD
3. MAA
4. MAG3
5. MDP



- 尿路疾患の診断ができます。
- 分腎機能、局所腎機能の診断ができます。
- 用時調製が可能です。

放射性医薬品基準

メルカプトアセチルグリシルグリシルグリシンテクネチウム (^{99m}Tc) 注射液 調製用

効能・効果

シンチグラフィおよびレノグラフィによる腎および尿路疾患の診断

用法・用量

過テクネチウム酸ナトリウム (^{99m}Tc) 注射液200～400MBq(1～2mL)を加えてふり混ぜ、95～99℃で10分間加熱したのち、室温で15分間放冷する。

200～400MBqを静脈内に投与する。

投与直後から動態画像を得るとともに、画像上に関心領域を設定することによりレノグラムを得る。

RI薬剤はRIに標識して核医学検査に使用する放射性薬剤を作成しますが、
RI (^{99m}Tc や ^{123}I など) に薬剤を標識する際に、
加熱(95度、10分程度)が必要な薬剤があり
代表的なものは、**MAG3** と **MIBI** です。

したがって、これらは検査に使用する直前に、
加熱して RI標識する必要があります。

加熱はRIを薬剤に確実に標識するために行う。
怠ると、薬剤が患者体内でRIと分離し、診断不能な
画像が撮像される。

腎静態シンチグラフィで正しいのはどれか。

1. 投与直後に撮影を行う。
2. ^{99m}Tc -DMSA を使用する。
3. 中エネルギーコリメータを使用する。
4. カプトプリルを用いた負荷試験が行われる。
5. 投与した薬剤は糸球体から特異的に排泄される。

^{99m}Tc -MAG3 Renography

- ^{99m}Tc 141 keV、LEHRコリメータ。

前処置: **30分前に水負荷** (250mL 程度の飲水)を行う。
 ^{99m}Tc - MAG3 を 200MBq / 50kg ボーラス静脈注射し、
直後より ^{99m}Tc -DTPA と同じく、**背面像**ダイナミック収集。

左右腎臓に関心領域(ROI)を設定し、
各腎臓の時間放射能曲線を作成(renogram)。

Renogramの1分から2分の間の積分値が、
有効腎血漿流量 ERPF と相関する。

DTPAよりも腎実質への集積が多く、排泄も速やかなので、
腎機能が高度低下している症例、小児例では
DTPA より MAG3 のほうが有効。

カプトプリル負荷 レノグラフィ

腎臓には全身血流量をモニターする機能がある。

腎血流が減ると、全身に流れる血液が減ったと判断し、重要な臓器への血流を維持するため、全身末梢血管が収縮して、血圧を保つ生体防御機構がある。

レニン - アンジオテンシン 血圧制御機構

腎血流が低下すると、腎の傍糸球体から、レニンの分泌が亢進する。

レニンは、肝から出るアンジオテンシノーゲンをアンジオテンシン I に変える。アンジオテンシン I は、アンジオテンシン転換酵素 (ACE) でアンジオテンシン II になる。アンジオテンシン II は、末梢血管を収縮させて血圧を上げ、腎の糸球体輸出細動脈も収縮させる。

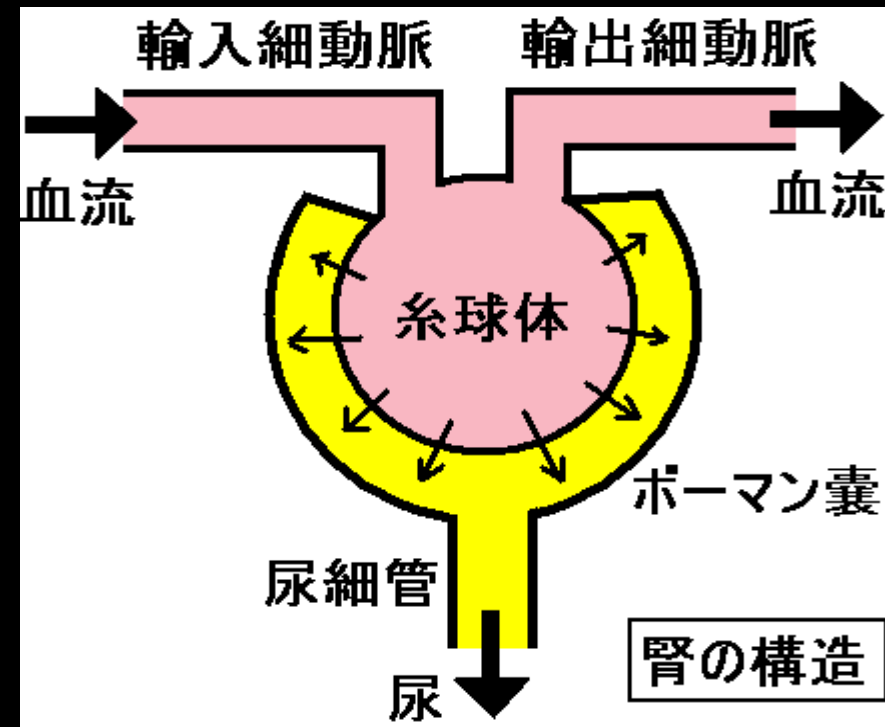
腎血管性高血圧症(RVH Renovascular Hypertension)

腎動脈が狭窄して、レニン - アンジオテンシン 系の
血圧上昇のメカニズムが作動するために生じる高血圧。

カプトプリル (薬品名 カプトリル Capril) は、
高血圧 を治療する内服薬。

アンジオテンシン転換酵素
(ACE)の阻害剤。降圧薬。

アンジオテンシンⅡが減るので
末梢血管の収縮が減り、
血圧が下がる。



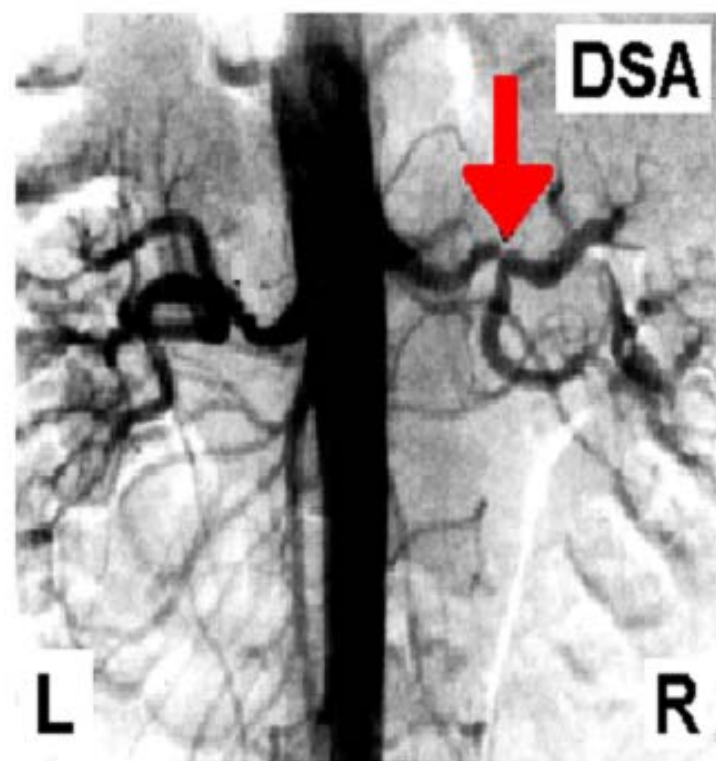
アンジオテンシンⅡは、糸球体輸出細動脈も収縮させる。

腎血流が下がると糸球体内の血圧も下がるので、血中の老廃物を尿に排泄する能力が落ちる(腎実質機能低下)が、糸球体輸出細動脈を収縮させることで、糸球体内の血圧を上げて、腎実質機能を下げないようにしている。

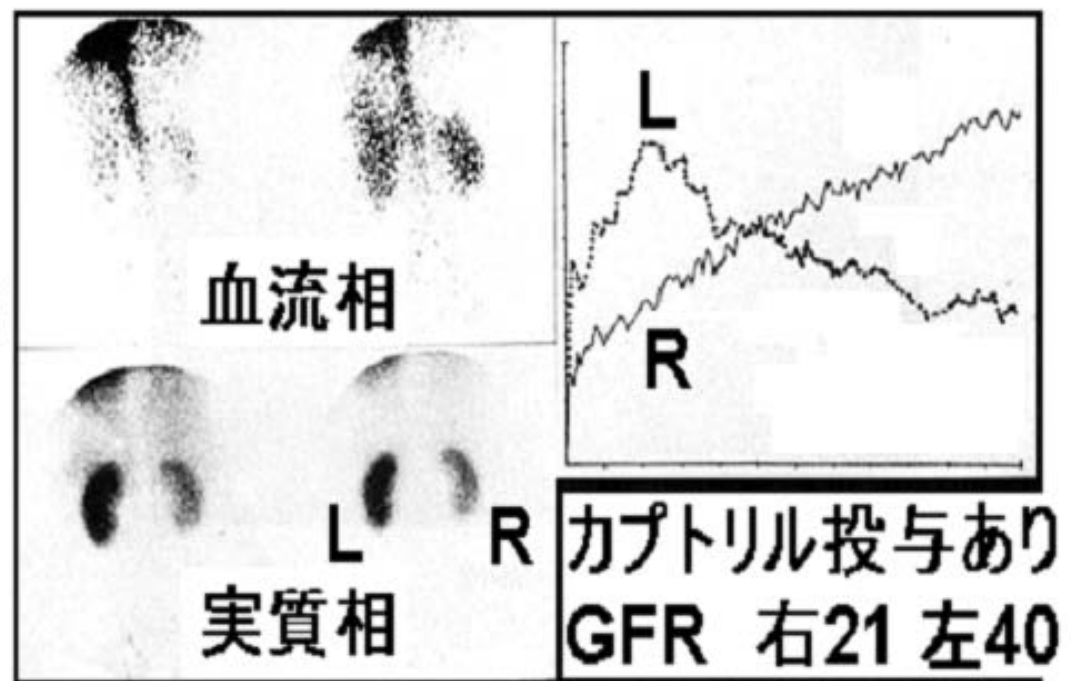
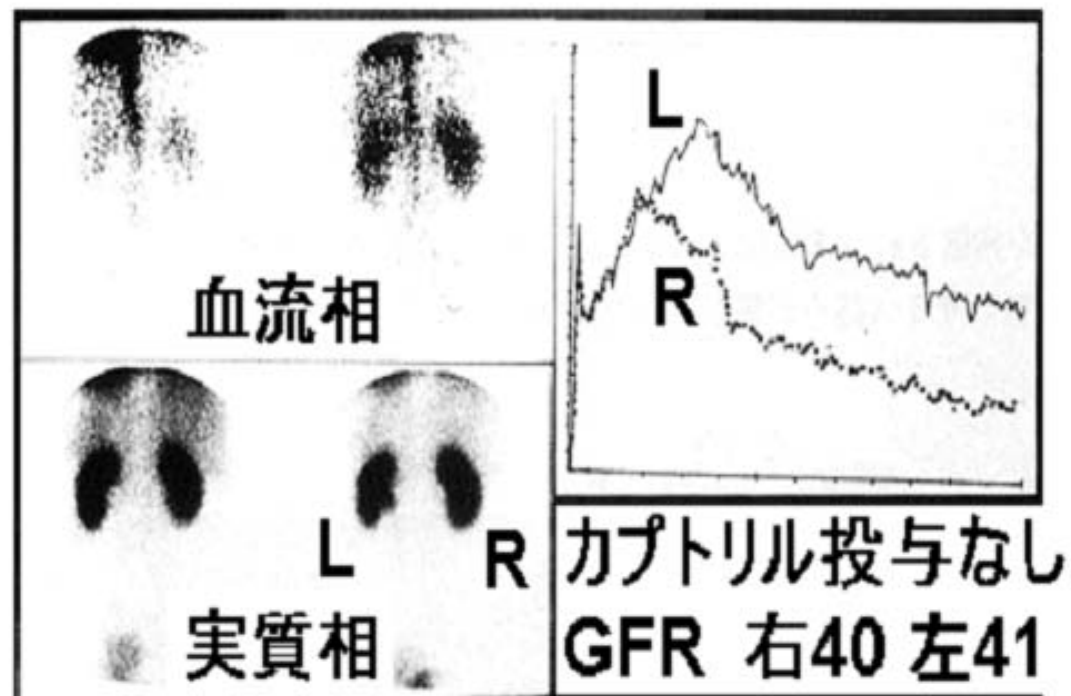
ところが、カプトプリルを内服すると、アンジオテンシンⅡが減るので、糸球体輸出動脈の収縮も減って、腎動脈が狭窄している腎臓の機能が低下する。

右腎動脈狭窄

Stenosis in the Rt.renal a.



カプトリル投与で右腎実質機能が高度低下し、
右腎動脈拡張術が必要と
判断される。

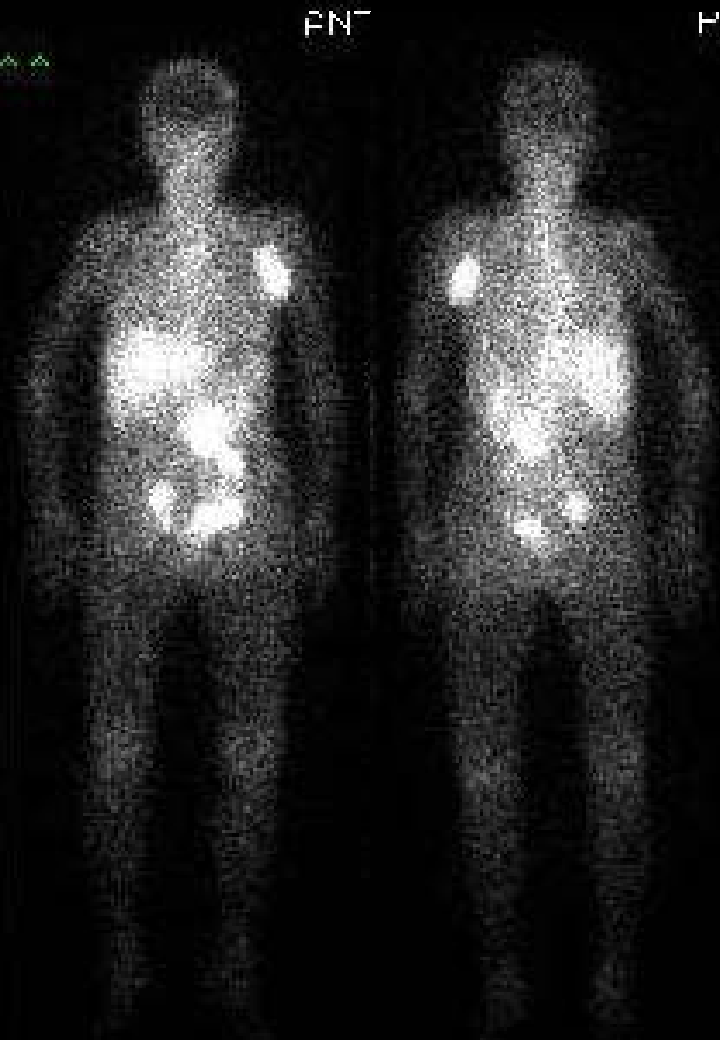


ガリウムシンチグラフィが有用な疾患はどれか。

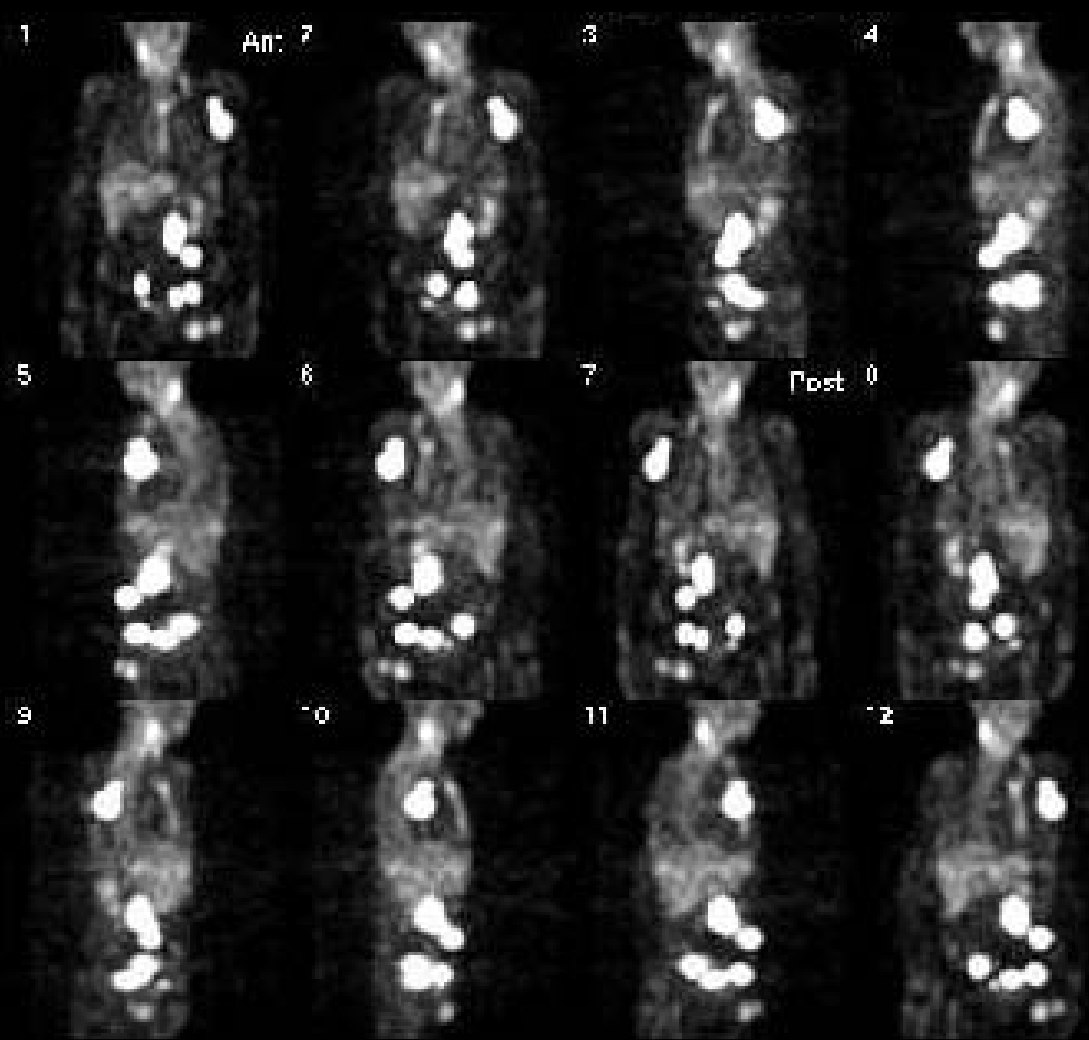
1. 胃 癌
2. 腎 癌
3. 子宮体癌
4. 前立腺癌
5. 悪性リンパ腫

Malignant Lymphoma

^{67}Ga scintigraphy



Planar image



SPECT MIP image
(Maximal Intensity Projection)

⁶⁷Ga scintigraphy

- 93、185、300 keV の 3ピークを撮像に使う
- 中エネルギー用コリメータ MEGP 半減期 72時間

クエン酸ガリウム (⁶⁷Ga-citrate) 74MBq 静脈注射
体内分布の速度は遅く、投与48時間または
72時間後に撮像。必要に応じてSPECTを撮る。

肝、大腸(便)、骨髄に正常分布する。

腫瘍に集積するが、大腸周囲の病変は判断が困難。
腺癌(胃、前立腺、子宮など)への集積は低い。
(40%以下)。

^{67}Ga が臨床で役立つのは、

癌患者の化学療法による

間質性肺炎の活動性の判定。

抗癌剤は静脈点滴投与されると

肺の間質へ高濃度に流入する。

肺胞内には炎症が無いので

X線像やCTでは所見がない。

高度な肺炎になるまで

^{67}Ga 検査以外では検出困難。

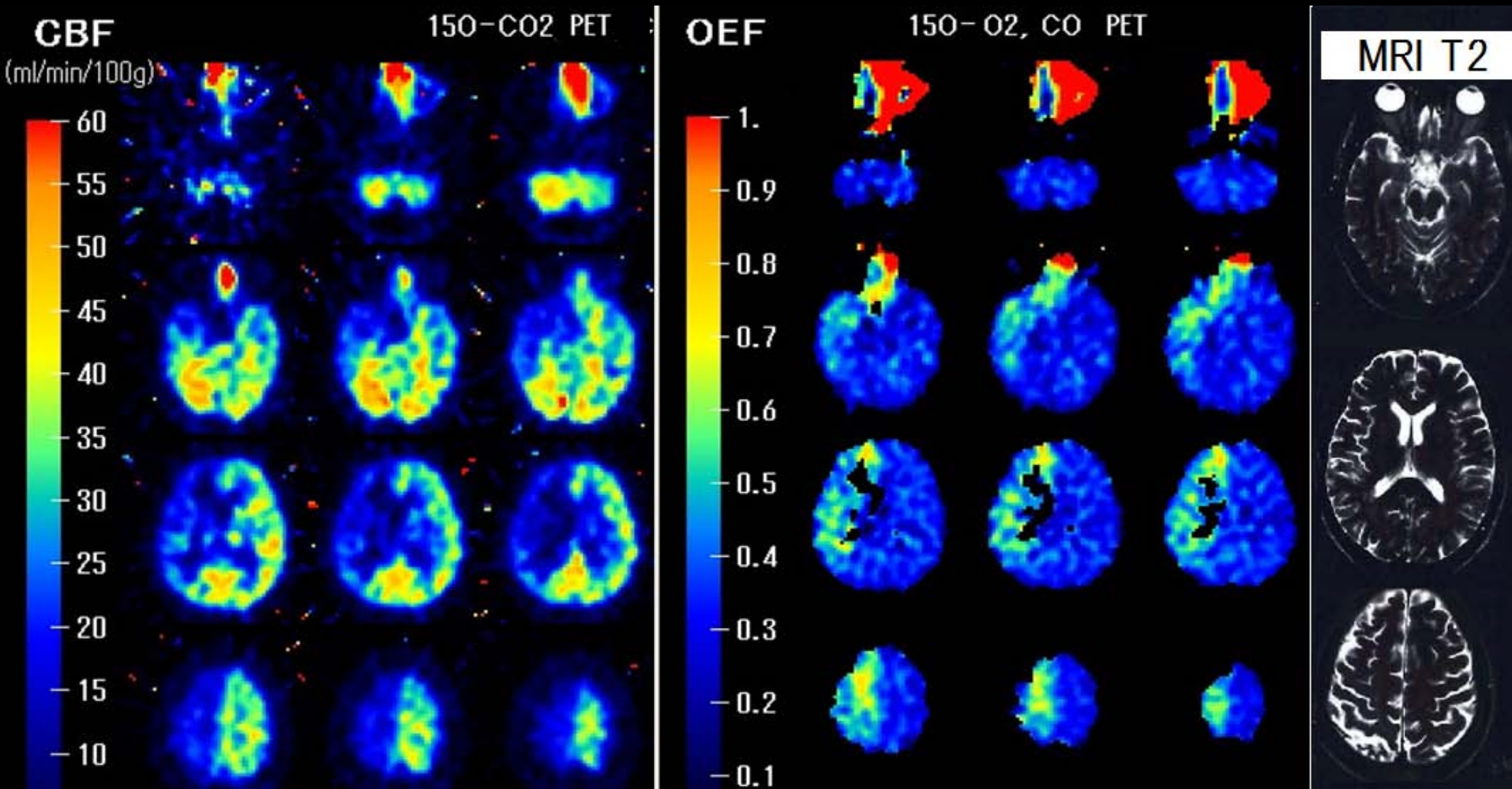


大腸癌 & 間質性肺炎

ポジトロン放射性薬剤と検査目的の組合せで正しいのはどれか。

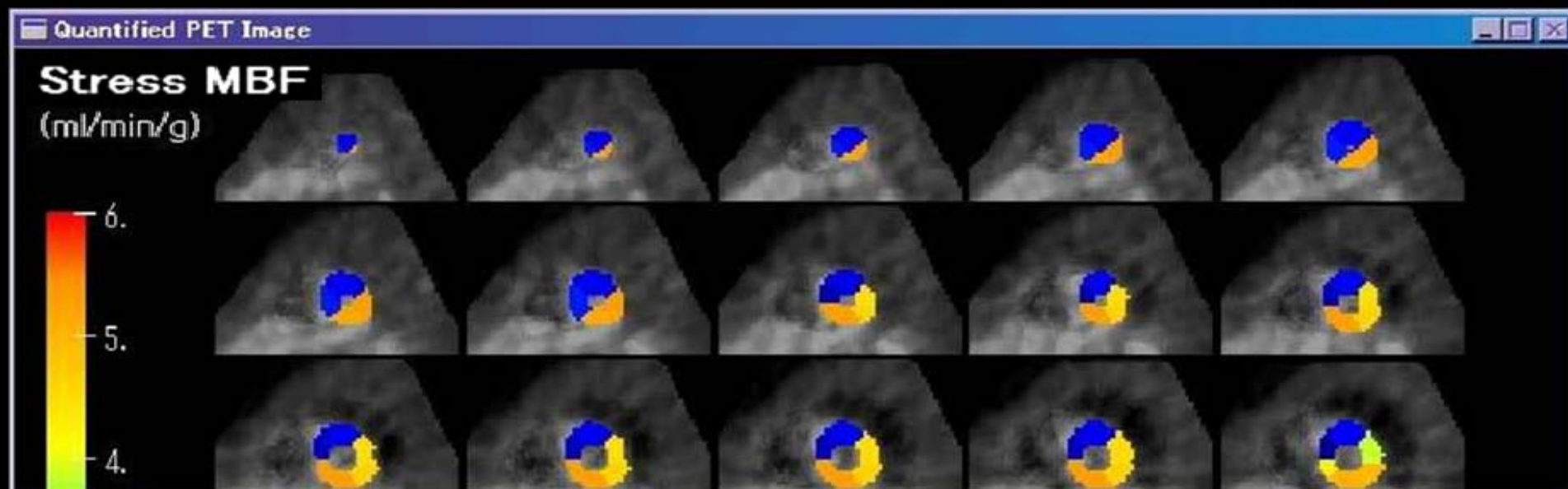
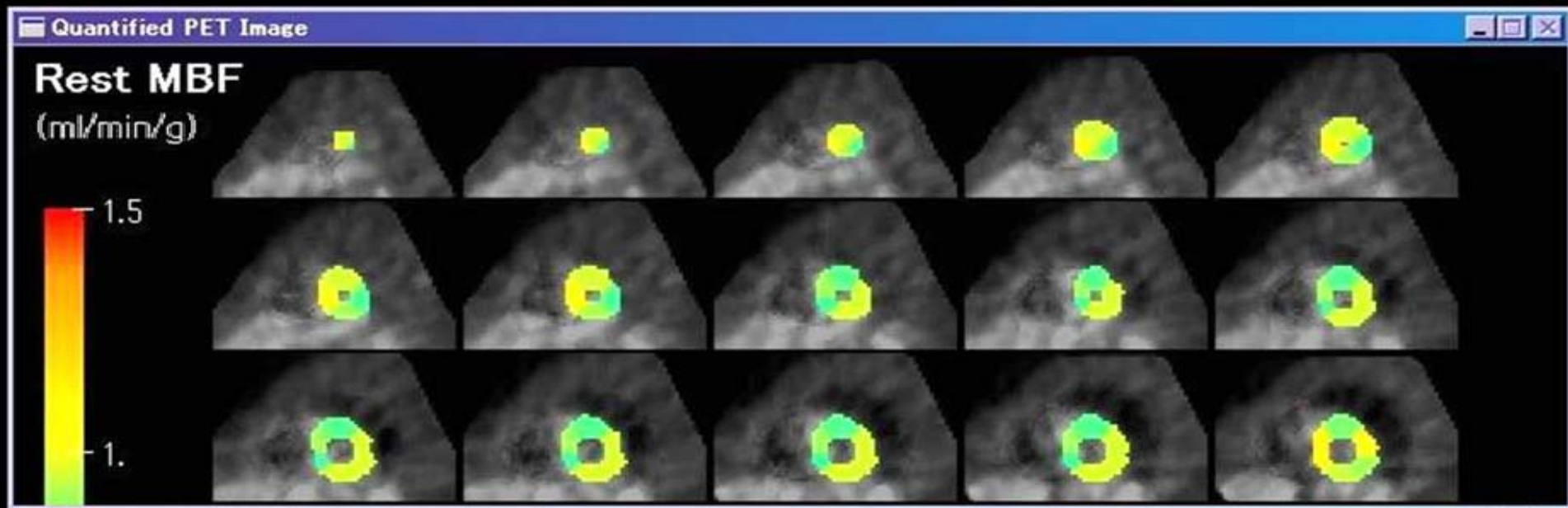
1. $^{13}\text{N} - \text{NH}_3$ ————— 悪性腫瘍の転移巣検索 **NH3は血流**
2. $^{15}\text{O} - \text{CO}$ ————— 脳腫瘍の再発診断 **COは赤血球量**
3. $^{15}\text{O} - \text{CO}_2$ ————— 脳酸素代謝量測定 **CO2は血流量**
4. $^{15}\text{O} - \text{O}_2$ ————— 心筋血流量測定 **O2は酸素消費量**
5. $^{18}\text{F} - \text{FDG}$ ————— 難治性部分てんかんの焦点検索 **FDGは糖消費量**

$^{15}\text{O}\text{-CO}_2$ 、 O_2 脳PET 脳血流量CBF、酸素摂取率OEFを定量。
右内頸動脈の狭窄症例。高度血流低下、酸素摂取率の亢進を示す。
(貧困灌流 misery perfusionの状態。脳梗塞になる直前。MRI正常)
脳血流量は $^{15}\text{O}\text{-CO}_2$ の画像。脳酸素摂取率は $^{15}\text{O}\text{-O}_2$ の画像。



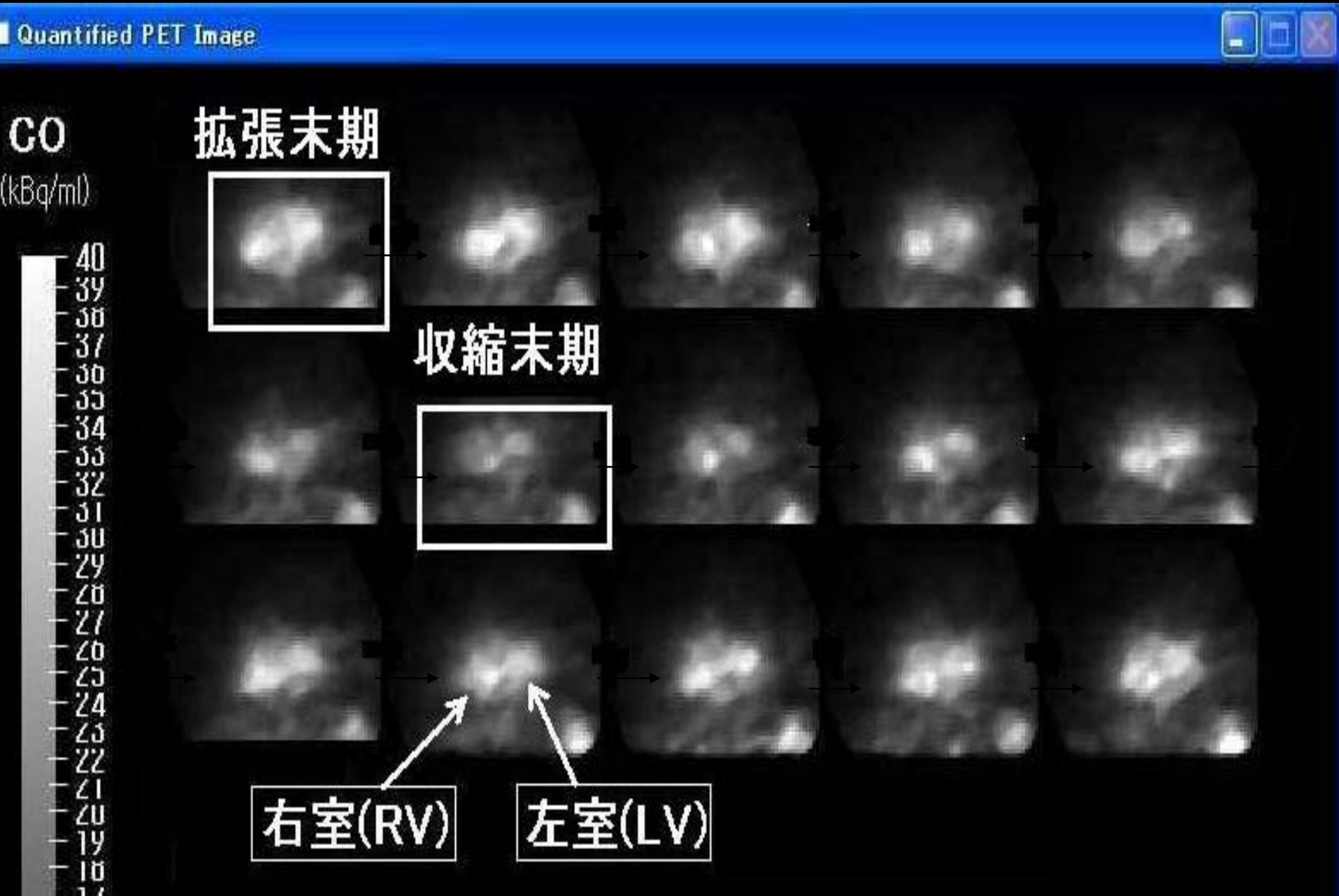
^{15}O -H₂O 心筋血流量PET MBF: Myocardial Blood Flow

^{13}N -NH₃(アンモニア)でも 心筋血流量PETが可能。



^{15}O -CO 心電図同期PET 短軸像 (COは赤血球に取り込まれる)

^{15}O -CO PET画像は、赤血球分布像(=血液分布像)を示す。



SPECT の分解能に影響しないのはどれか。

1. 回転半径
2. 散乱補正
3. 画像再構成法
4. 放射能減衰補正
5. 収集マトリクスサイズ

有効視野 51 cm のガンマカメラで 1.5 倍拡大の撮影を行う場合、
収集マトリクスを 64×64 とすると、
ナイキスト周波数[cycles/cm]はどれか。

1. 0.42 2. 0.53 3. 0.84 4. 0.94 5. 1.88

撮像された画像の1辺の実長は $51 \text{ cm} \times 2/3 = 34 \text{ cm}$

1画素の実長(標本間隔)は $34 / 64 \text{ cm}$

1/2波長が1画素長(1波長が2画素)の振動が、ナイキスト周波数。

1波長は $68 / 64 \text{ cm}$

ナイキスト周波数は、1波長の逆数 $64 / 68 \text{ (cycles / cm)}$
= 0.94

画像情報に含まれている最も細かい振動。