

期末試験 令和5年12月20日(水)

C304 10:30 ~ 11:30 選択問題100題

配布プリントに載せた問題 + α

問題 49 核医学診療に従事する診療放射線技師の対応で正しいのはどれか。

1. 始業点検で異常を認めたが、検査に支障がないと判断して記録および報告は行わなかった。
2. 新生児の検査の依頼があったが、必要性より被ばくを重視し検査を断った。
3. ICU入院患者への投与のため、ICU病室内に一時的に設定された管理区域に放射性医薬品を搬入した。
4. 検査終了後に患者本人から検査結果を聞かれたため、モニタで画像を確認し説明を行った。
5. 核医学検査後は介助する人の被ばくを無視してよい。

放射性薬剤の投与は管理区域内に限定されていたが、13年から**集中治療室(ICU、CCU)での投与が許可**された。一般病室での放射性薬剤投与は現在でも禁止されている。

新生児の被曝は、相対的禁忌。
検査を行うほうが有用と思われる場合は実施する。
(判断は主治医に委ねる。)

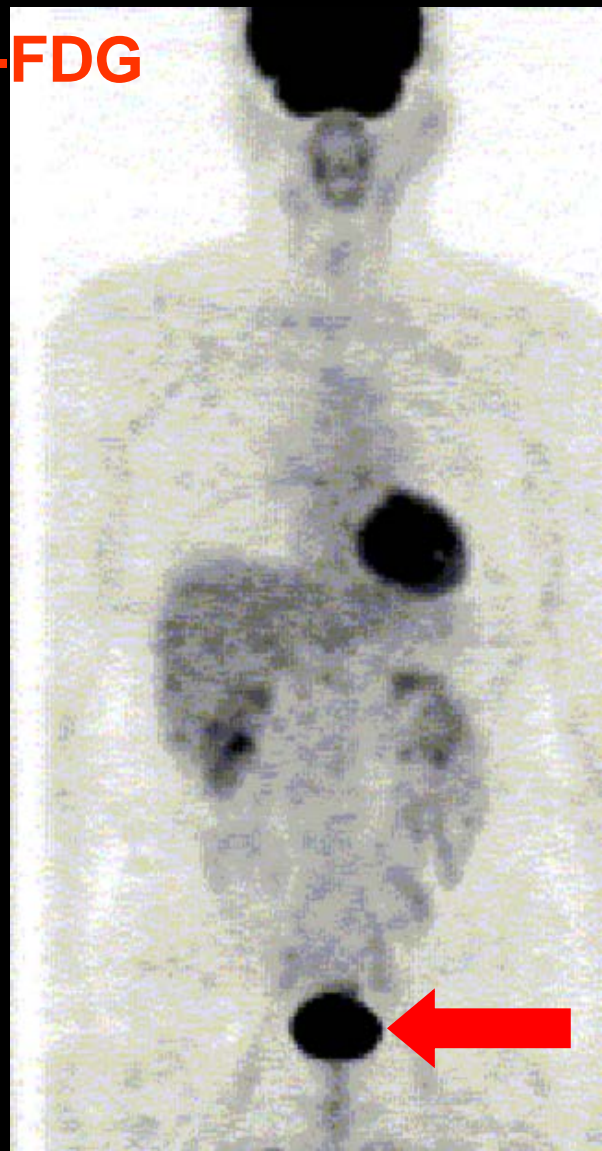
検査装置に異常を発見した場合は必ず上司に報告する。

主治医以外は、検査所見を患者に伝えてはいけない。

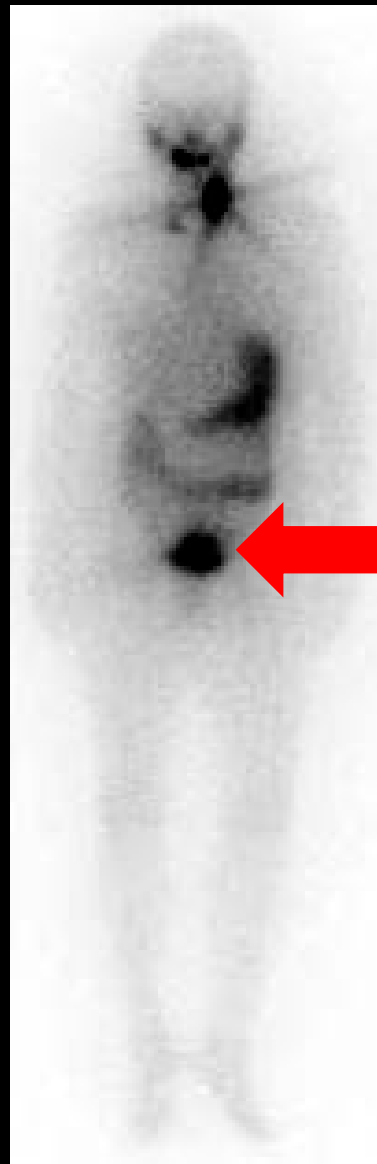
介助者(家族)には、特に尿汚染物(オムツ、下着)を素手で扱わない、遠ざけるなど、被曝を避ける方法を伝える。

放射性薬剤の多くは投与直後から尿中に排泄されるので、
投与直後の排尿は、希釈槽に一旦貯留される管理区域内のトイレを
使用してもらおう。 **オムツも放射能汚染物**として扱われる。

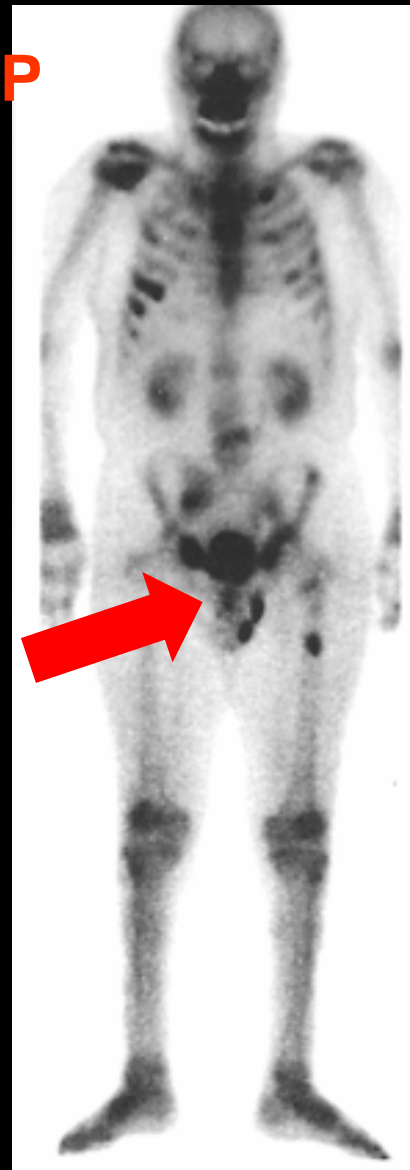
^{18}F -FDG



^{131}I



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



2007年国家試験

健常人で有効半減期が最も短い放射性医薬品はどれか。

1. $^{99m}\text{Tc} - \text{MAA}$

4. $^{99m}\text{Tc} - \text{PMT}$

2. $^{99m}\text{Tc} - \text{MAG3}$

5. $^{99m}\text{Tc} - \text{スズコロイド}$

3. $^{99m}\text{Tc} - \text{MDP}$

解答 2

MAG3 は尿酸の類似物質。腎動態の薬剤。

速やかに尿へ排泄され、生物学的半減期は数十分。

$$\frac{1}{\text{有効半減期}} = \frac{1}{\text{物理的半減期}} + \frac{1}{\text{生物学的半減期}}$$

2007年国家試験

^{18}F -FDG PET が反映する生体情報で正しいのはどれか。

1. 血流
2. 交感神経機能
3. 酸素代謝
4. 脂肪酸代謝
5. 糖代謝

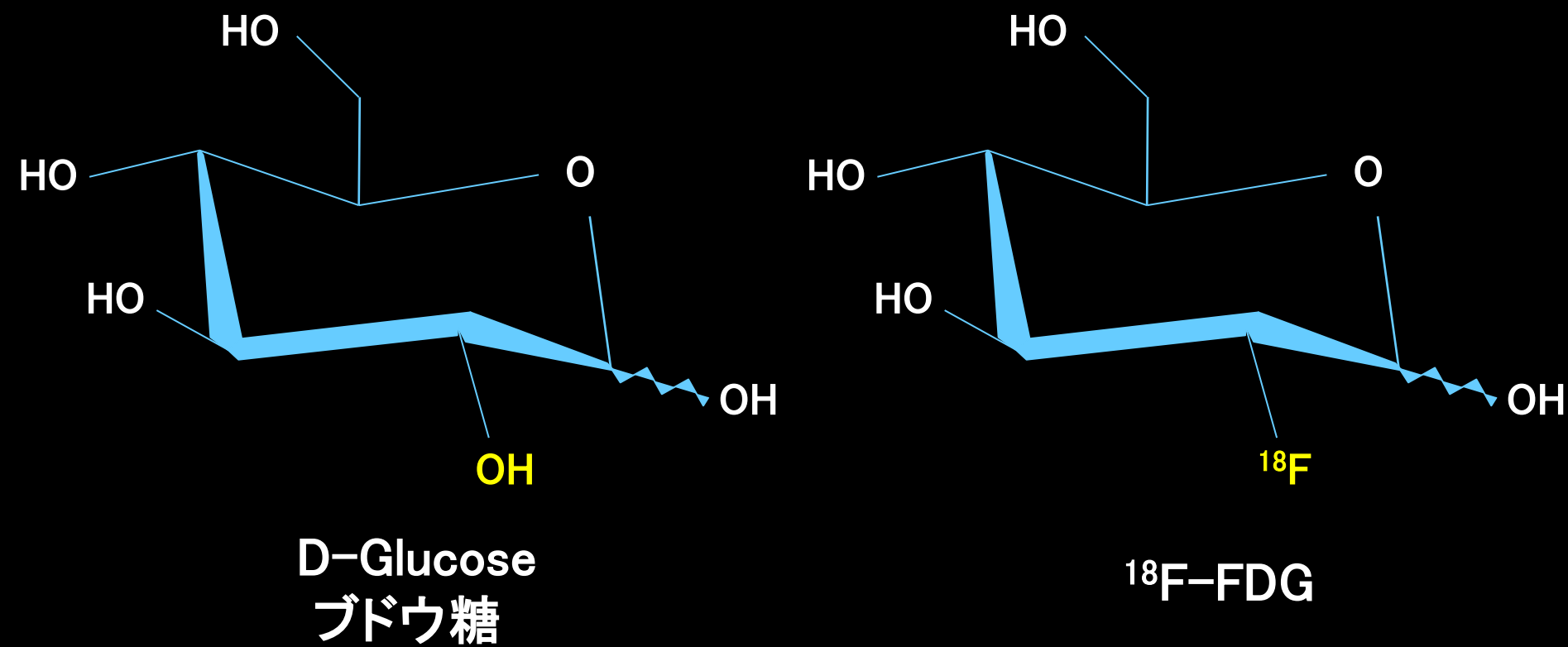
解答 5

FDGはブドウ糖の類似物質。

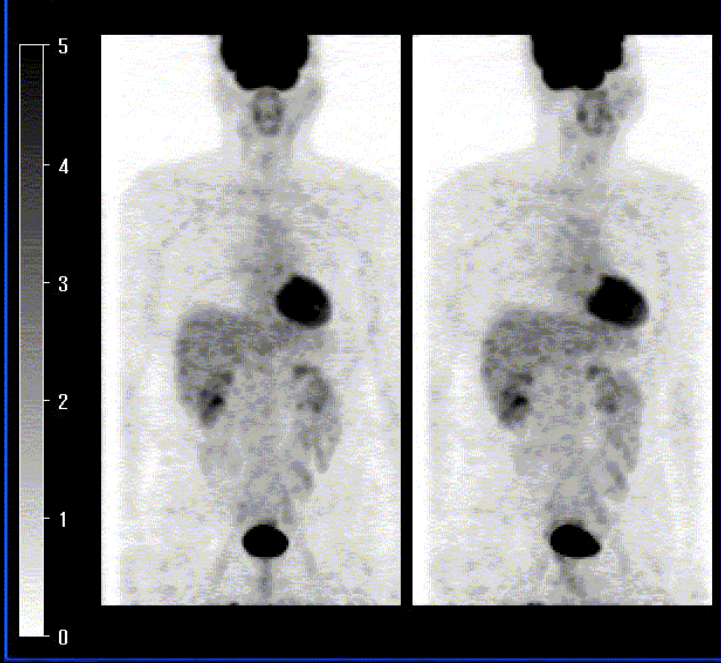
正常組織は脂肪酸を消費している。

癌、炎症組織、脳はブドウ糖を消費している。

^{18}F -FDG は ブドウ糖と同様に組織に摂取されるが
代謝されないので組織内に長く停滞し、
脳や病変のブドウ糖定量画像収集に有用な薬剤となる。

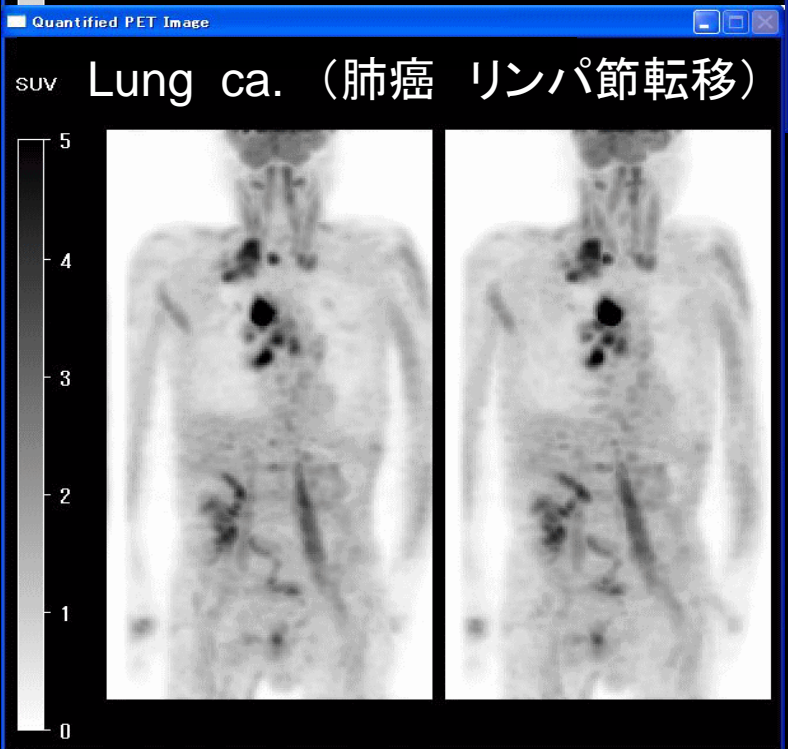
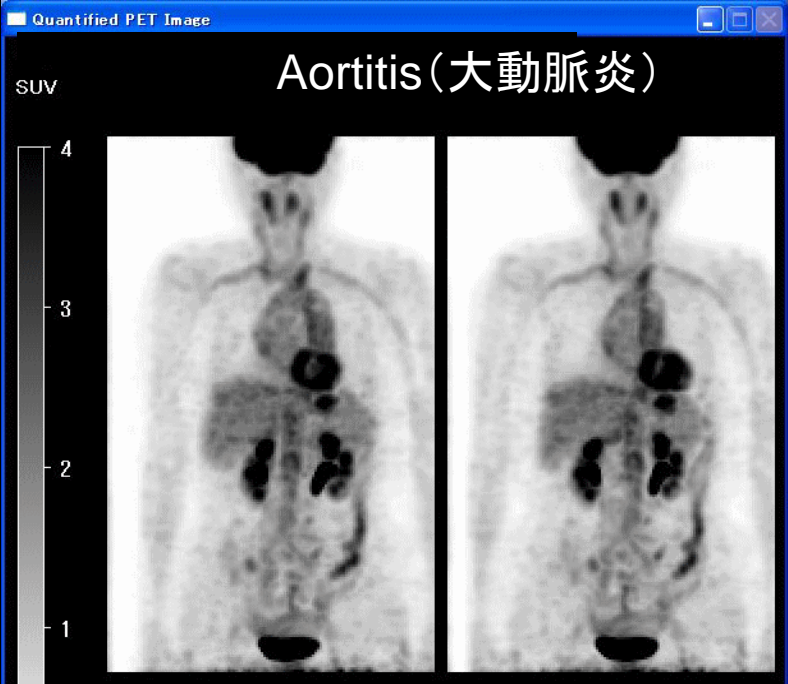


Normal (絶食の前処置が不十分な場合、心筋集積が認められる)



^{18}F -FDG PET

腫瘍、炎症のほかに
脳、尿、ときに心筋へ
正常集積を認める。



一般的に、体内組織は、エネルギー源として脂肪酸を摂取し、ミトコンドリア内のベータ酸化回路で脂肪酸からATP(アデノシン三リン酸)を産生する。ベータ酸化回路はATP産生は多いが、酸素を多量に要求する。

癌細胞や炎症細胞など、急に出現した異常組織は、酸素を運ぶ赤血球の通路である血管が不備なので、酸素をあまり要求しない解糖系でATPを産生する。解糖系はATP産生量が少ないので、普通の組織ではあまり稼働していない。

そのため、PET検査で、ブドウ糖と類似物質の放射性薬剤FDGを使うと、癌や転移病変を検出できる。

^{18}F -FDG 腫瘍 PET で有用性が最も低い癌種は。

1. 頭頸部癌
2. 食道癌
3. 肺 癌
4. 肝内胆管癌
5. 腎 癌

^{18}F -FDG の 正常集積部 の病変は検出困難。

尿(腎や尿路、膀胱)、脳、

早期胃癌は胃粘膜下に限局し、検出困難で

保健適応外

**北大病院
核医学検査室
PET/CT装置**



**PET:
陽電子CT
Positron
Emission CT**

FDG-PET の 健康保険適用疾患

1. てんかん(難治性、手術適応例)
2. 虚血性心疾患(viabilityの診断)
心サルコイドーシス(致死性不整脈)
3. 悪性腫瘍 (早期胃癌を除く)
(病理診断で悪性病変と確定した症例。
他の画像で悪性腫瘍と判断される症例。
悪性リンパ腫の治療効果判定。
他の腫瘍で再発転移が確定の症例。)
4. 大動脈炎 高安動脈炎、巨細胞性動脈炎
(平成30年から)

健康保険が適用となることの意味

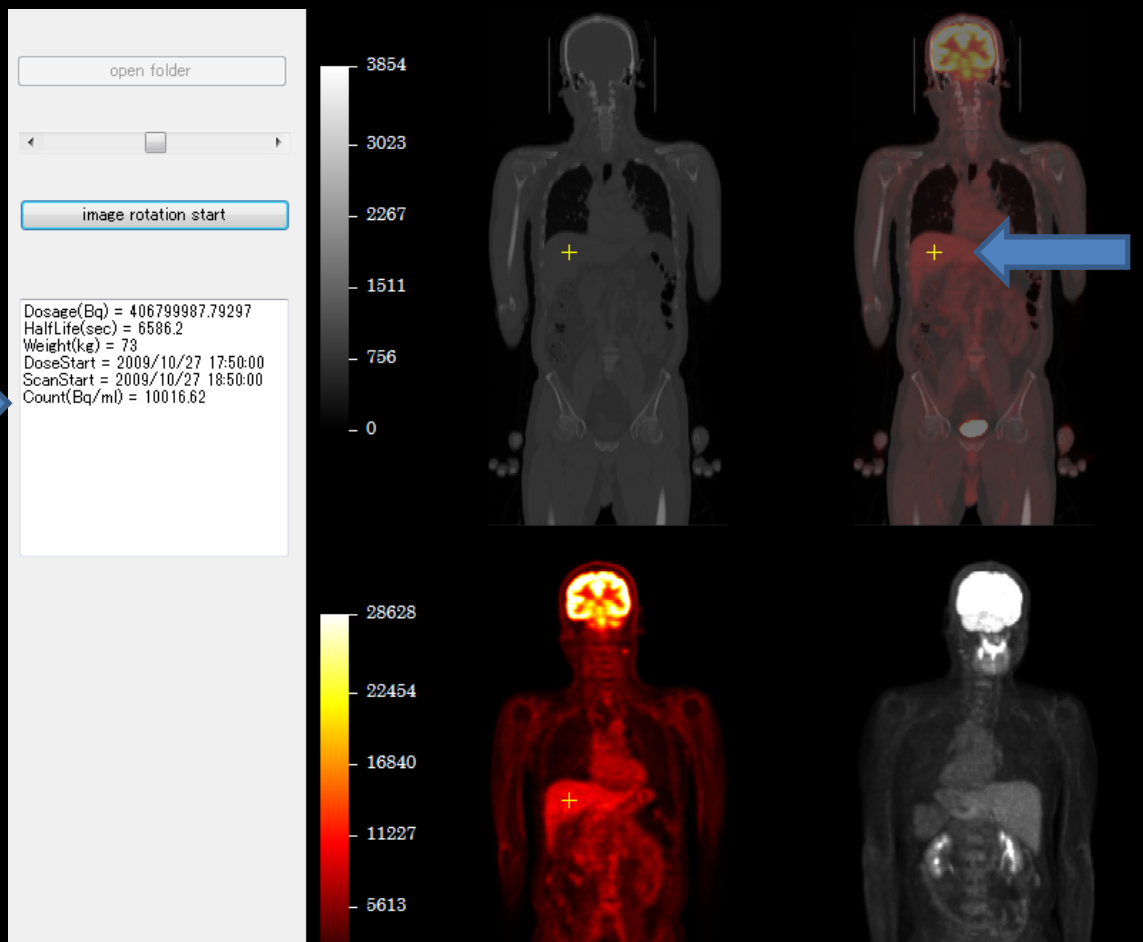
医療費の7割が、国民の税金から支払われる。
国民は、収入の数%~10数%の金額を
健康保険料として税徴収されている。

PET検査は約10万円。PET検査を受けた患者には
7万円が税金から補助される。

診断的な意味のないPET検査に保険が適用されると、
税金の7万円が無駄遣いになる。

全ての検査や治療は、医学的に意味がなければ
税金の無駄遣いをなくすため保険が適用されない。
(それでも、あえて検査や治療を希望する患者は、
全額自己負担とする。これを自由診療という。)

CT・PET・fusion画像のいずれかをクリックすると、その部位の集積が表示される。クリックした点は黄色十字で示される。



クリックした部位

クリックした部位のカウント

FDG-PET画像から病変のSUVを算出する。

SUV (Standardized Uptake Value)

病変の放射能濃度 (Bq/ml)

=

体内平均放射能濃度 (Bq/ml)

(投与量 (Bq) / 体重 (g))

分子と分母の放射能は時刻を合わせる
(半減期補正をする)必要がある。

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。

10時に200 MBqであった ^{18}F -FDGを10時55分に患者に投与した。
11時50分に撮影を開始し、13時40分に解析を行ったところ、
病巣部の放射能測定値は $12,000 \text{ Bq/cm}^3$ であった。SUV値はどれか。
ただし、患者は身長150 cm、体重50 kgとし、人体の密度を 1 g/cm^3 、
 ^{18}F の物理的半減期を110分とする。

1. 3 2. 6 3. 9 4. 30 5. 60

撮像開始時刻の11時50分における放射能を計算する。

患者体内の放射能は、 $200 \times (1/2) = 100 \text{ MBq}$

体内平均濃度は、 $100 \text{ MBq} / 50 \text{ kg} = 2000 \text{ Bq} / \text{ml}$

病変のSUVは、 $12000 / 2000 = 6.0$ (倍)

(SUVに定量的単位はない。SUVは半定量値である。)

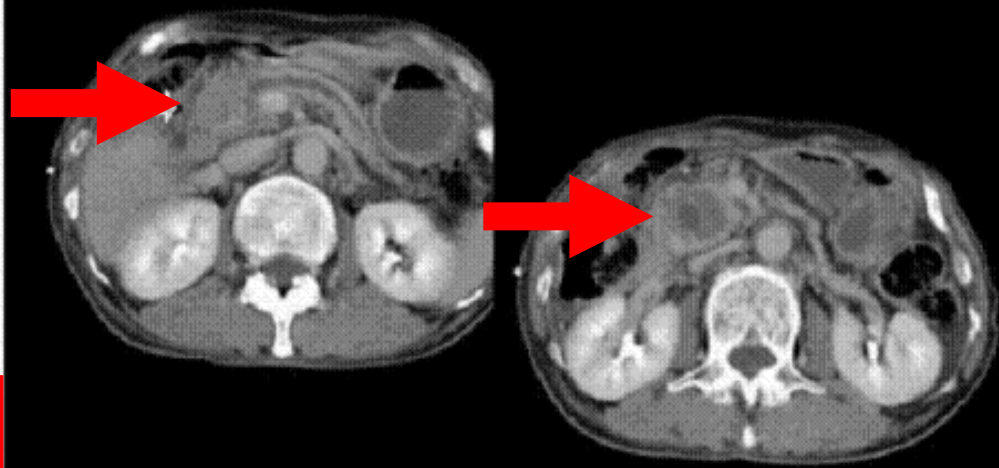
膵頭部癌 Panc. head ca.

食後に実施した FDG PET
では、病変部の SUV 2.2
空腹時に再検査して
SUV 3.4 に上昇。

FDG-PETは、空腹時に行う。

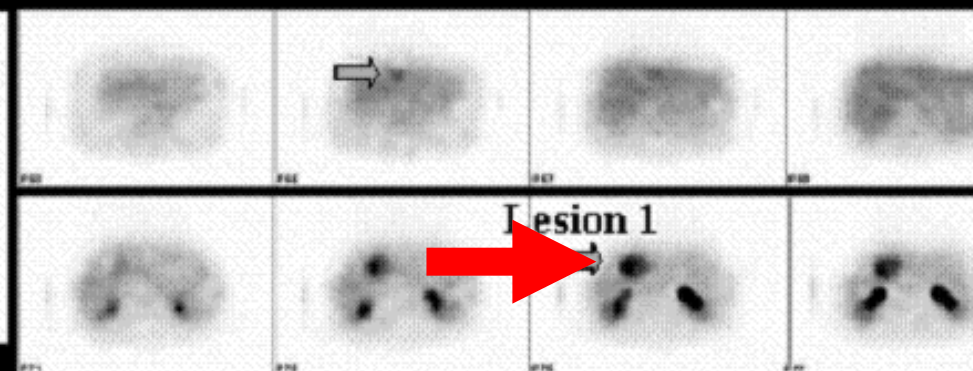
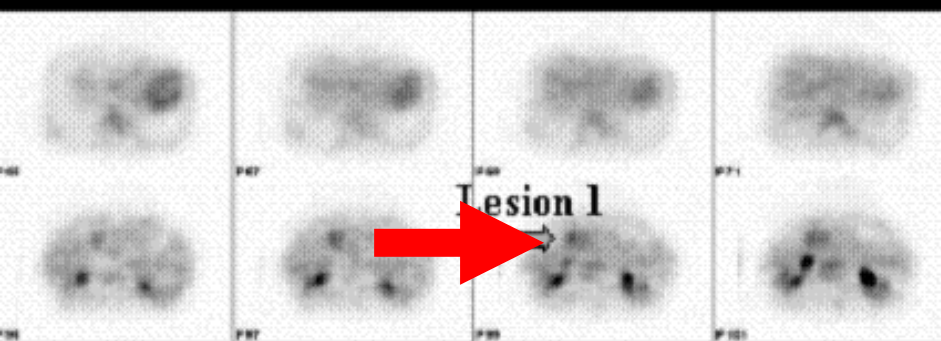
症例3

腹部造影CT



症例3: FDG-PET(1回目)

症例3: FDG-PET(2回目)



SUV 2.2 Lesion1 5029Bq/ml

SUV 3.4 Lesion1 8251 Bq/ml

前処置: 検査3時間前に食事(just after meal).
検査時血糖 BS 167mg/dl

前処置: 検査前夜より絶食(fasted all night).
検査時血糖95mg/dl

^{18}F -FDG PET 検査では、検査 6 時間前から患者に絶食および甘味飲料の中止を依頼するが、それが守られなかった状態で実施した ^{18}F -FDG PET 検査は、どのような問題点が生じるか。

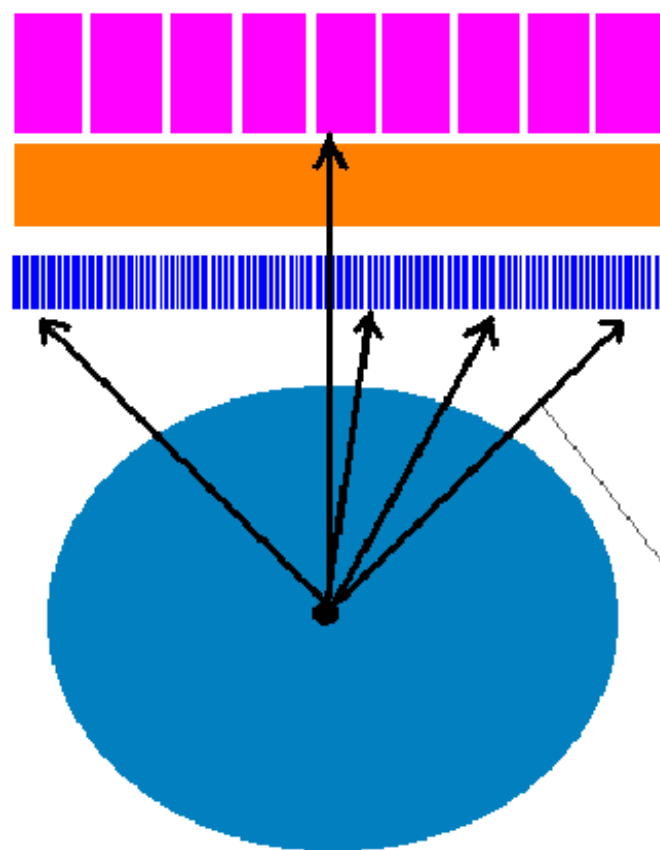
FDG の薬理的性質を基にして説明せよ。

^{18}F -FDG はブドウ糖の類似物質である (2 点)。腫瘍や炎症病変にはブドウ糖が集積するので、類似物質の ^{18}F -FDG も集積する。しかし絶食の前処置が守られないと ^{18}F -FDG 投与時に患者血中のブドウ糖が多くなる (高血糖) (2 点)。高血糖状態では、腫瘍や炎症病変にはブドウ糖が多量に集積し、病変への ^{18}F -FDG 集積量が減少するので (競合が生じる) (2 点)、PET 画像で病変の描出が低下し、SUV も低下するため (2 点)、病変の診断が困難になる (2 点)。

PET 装置の性能で誤っているのはどれか。

- a. 検出器素子が小さいほど空間分解能が良くなる。
 - b. 視野中心から遠ざかると空間分解能が悪くなる。
 - c. リング径が大きくなると空間分解能が良くなる。
 - d. 相対発光量は BGO より LSO のほうが少ない。
 - e. 同時計数分解時間が短いほど計数率特性が良い。
1. a、b 2. a、e 3. b、c 4. c、d 5. d、e

従来のシンチカメラ



光電子増倍管

シンチレータ

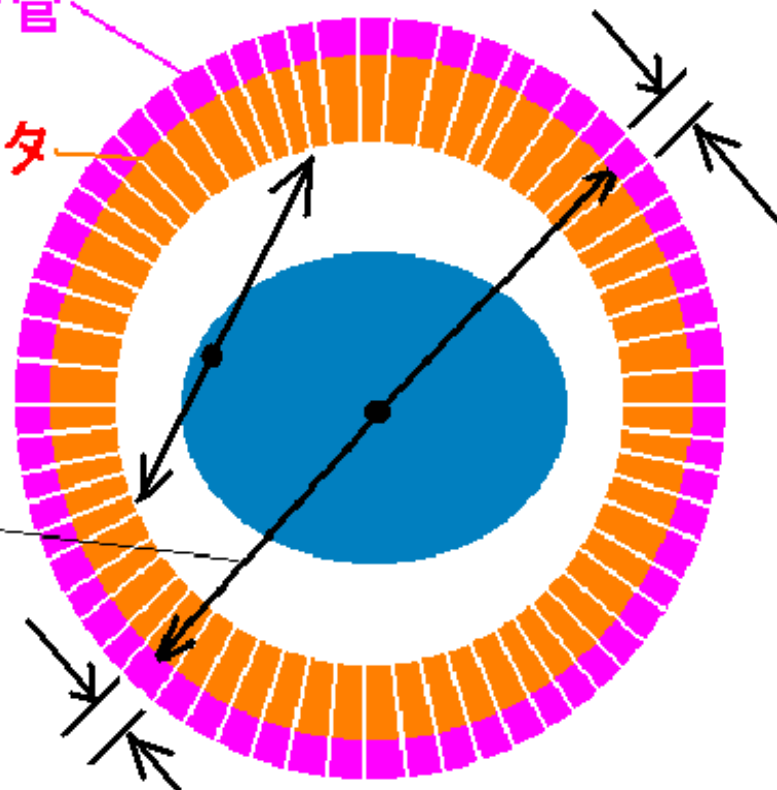
コリメータ

ガンマ線

SPECTとは逆に、
PETは画像の中心部ほど
分解能が良い。

(辺縁部からの γ 線はシンチレータ
に垂直に入射しないので検出効率
が悪い)

PET



PET装置の分解能は
シンチレータが小さいほど
向上する。

PETのリング径と分解能は
無関係

表 3・6 おもな PET 検出器用シンチレータ

シンチレータ	NaI (NaI: Tl)	BGO (Bi ₄ Ge ₃ O ₁₂)	LSO (Lu ₂ SiO ₅ : Ce)	GSO (Gd ₂ SiO ₅ : Ce)	BaF ₂
実効原子番号	51	74	66	59	54
密度 (g/cm ³)	3.7	7.1	7.4	6.7	4.9
減弱係数 (cm ⁻¹)	0.34	0.92	0.87	0.66	0.48
発光量 (相対値)	100	10	75	18	8
光の減衰時間 (nsec)	230	300	40	30~60	0.8
エネルギー分解能 (%)	8	18	12	8	—

(注) 減弱係数は 511keV の消滅放射線に対する値。

LSOは発光量が多い。 BGOは発光量が少ない。

光の減衰時間が短いLSO、GSOは数え落しが少ない。

(同時計数分解時間が短い。 計数率直線性がよい。)

GSO, LSOはエネルギー分解能が良い。

(コンプトン散乱成分を除去しやすいので、分解能が向上する。)

0.511 MeV の光子に対するシンチレータの特性で、BGO に比して LSO に特徴的なのはどれか。

1. 線減弱係数が大きい。
2. 相対発光量が小さい。
3. 発光減衰時間が長い。
4. 実効原子番号が小さい。
5. エネルギー分解能が良い。

正しい組合せはどれか。

1. ウェル形シンチレーションカウンタ — 線源の校正
2. ベンダー形(多結晶形)ガンマカメラ — 全身シンチグラフィ
3. 摂取率測定装置 ————— 甲状腺機能測定
4. 半導体カメラ ————— 血液試料の放射能測定
5. 全身計測装置 ————— 骨塩量の測定

半導体カメラ : シンチレータの代わりに半導体(CdTe)を使用したPET、ガンマカメラがある。エネルギー分解能が良い。

シンチレーションカウンタは微弱な放射能の測定に用いる。校正用線源をシンチレーションカウンタで測ると数え落としによる誤差が大きい。電離箱検出器で測定する。

多結晶型ガンマカメラ：小さいシンチレータ(NaI)を並べて作った旧式のガンマカメラ。感度均一性を保ちにくい。現在では単結晶型カメラがほとんど。

骨塩量(骨密度)測定は、腰椎や踵骨など局所的にX線やRIの γ 線で測定する。

核医学検査の画像処理で誤っている組合せはどれか。

1. 甲状腺摂取率 ————— 時間放射能曲線
2. レノグラム ————— 関心領域
3. 左室壁運動 ————— 輪郭抽出
4. 動態画像 ————— 時間スムージング
5. 副甲状腺シンチグラフィ — 画像サブトラクション

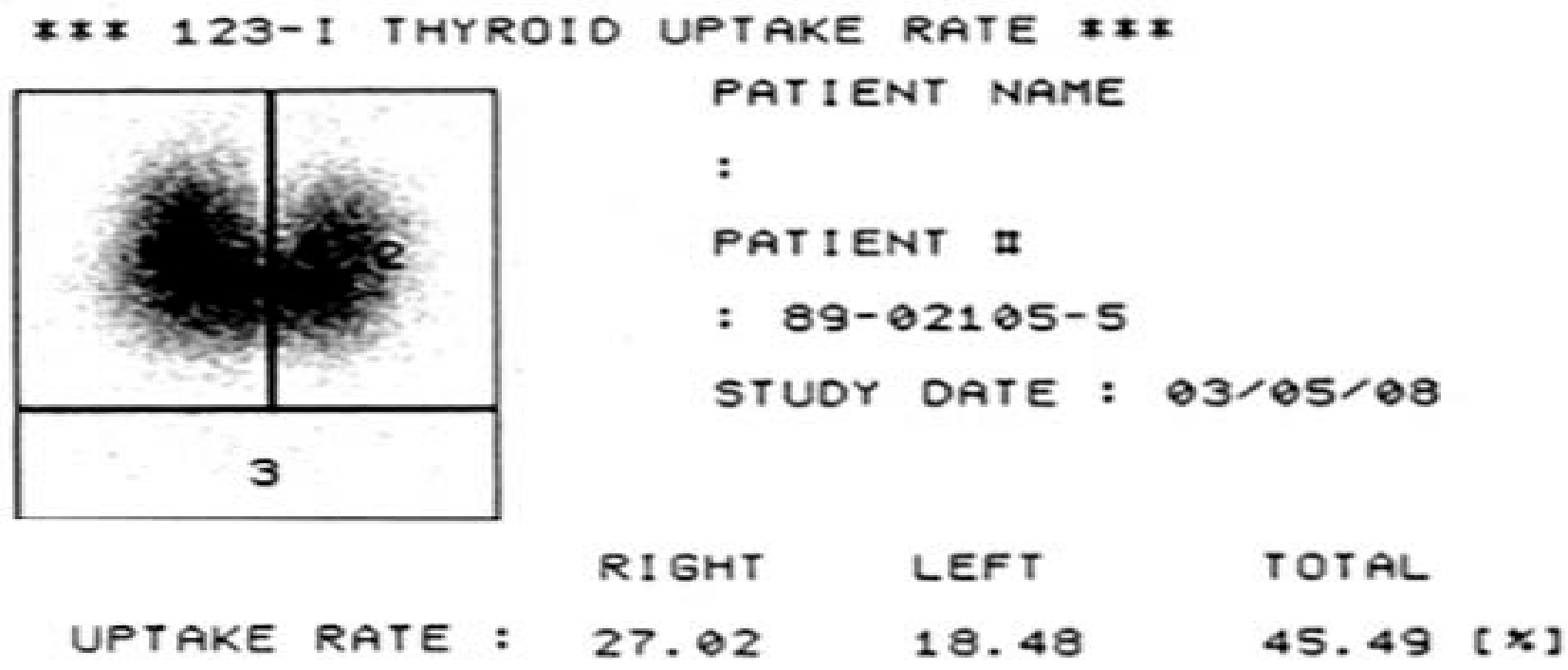
甲状腺ヨード摂取率試験 (現在はガンマカメラで撮った画像で行う)

^{123}I を内服 (現在では ^{131}I は甲状腺ヨード摂取率試験には使わない)

24時間後(必要あれば3時間後も)に甲状腺への ^{123}I 摂取量を測定。

内服した放射能の**10~40%が正常**。24時間値が3時間値より高いのが正常。(逆なら甲状腺ホルモン産生障害(ヨード有機化障害))

検査の前処置として1~2週間のヨード制限食が必要。



負荷検査で誤っている組合せはどれか。

1. 唾液腺シンチグラフィ — レモン
2. 甲状腺シンチグラフィ — 甲状腺ホルモン(T_3)
3. 心筋血流シンチグラフィ — 運動
4. 腎シンチグラフィ — アセタゾラミド(ダイアモックス)
5. 副腎皮質シンチグラフィ — デキサメサゾン

腎動態シンチグラフィの負荷薬は ラシックス (Lasix 利尿剤)

アセタゾラミド（薬品名 **ダイアモックス Diamox**）

炭酸脱水素酵素阻害剤。

利尿作用。血管拡張作用。

脳血管が正常な部位では脳血流が1.5～2 倍になる。

（脳血管が狭窄している部位では増加が乏しい。）

主に ^{123}I -IMP 脳血流SPECT に用いる。

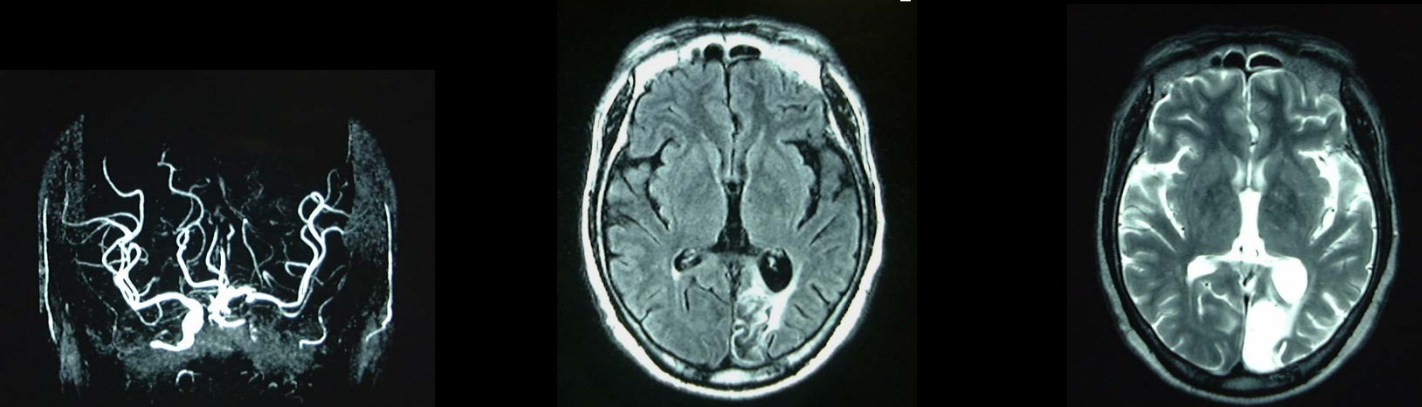
（ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO,ECD でも使うが、血流増大が分かりにくい。）

RI 投与10分前に 2バイアル(瓶)(1g) 静脈注射。

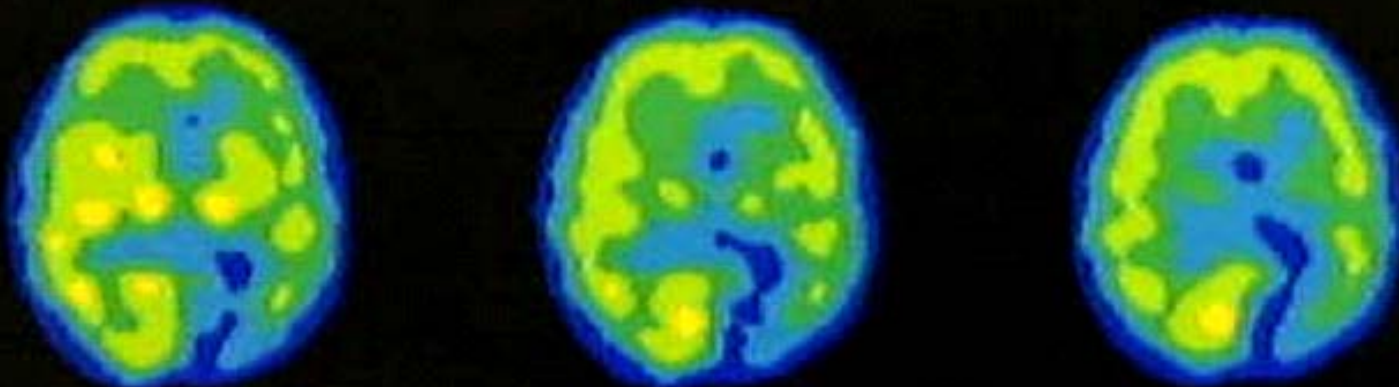
利尿作用を伴うので**検査前に排尿**をしてから実施。

左内頸動脈狭窄、左後頭葉梗塞 Lt IC Occlusion + Lt Occipital infarction

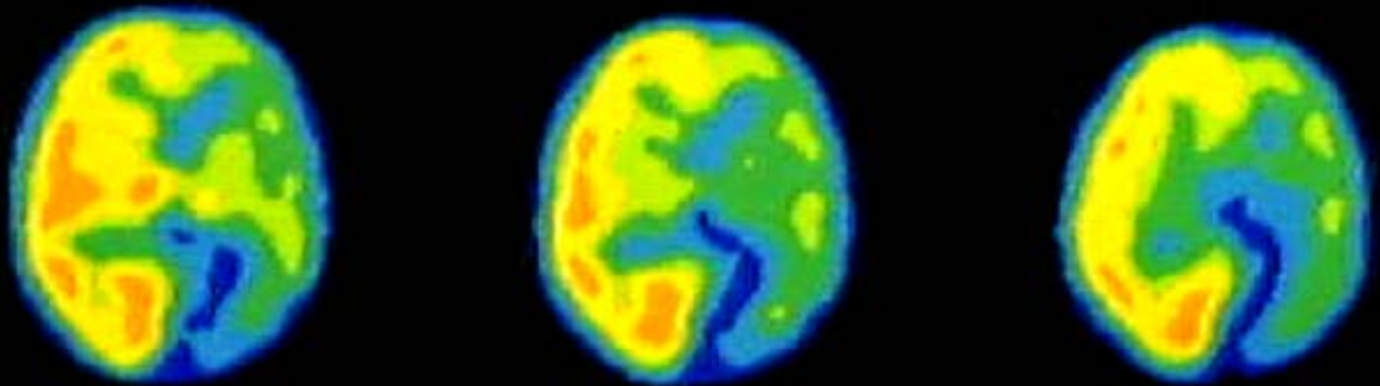
MRI



IMP
REST



IMP
Diamox

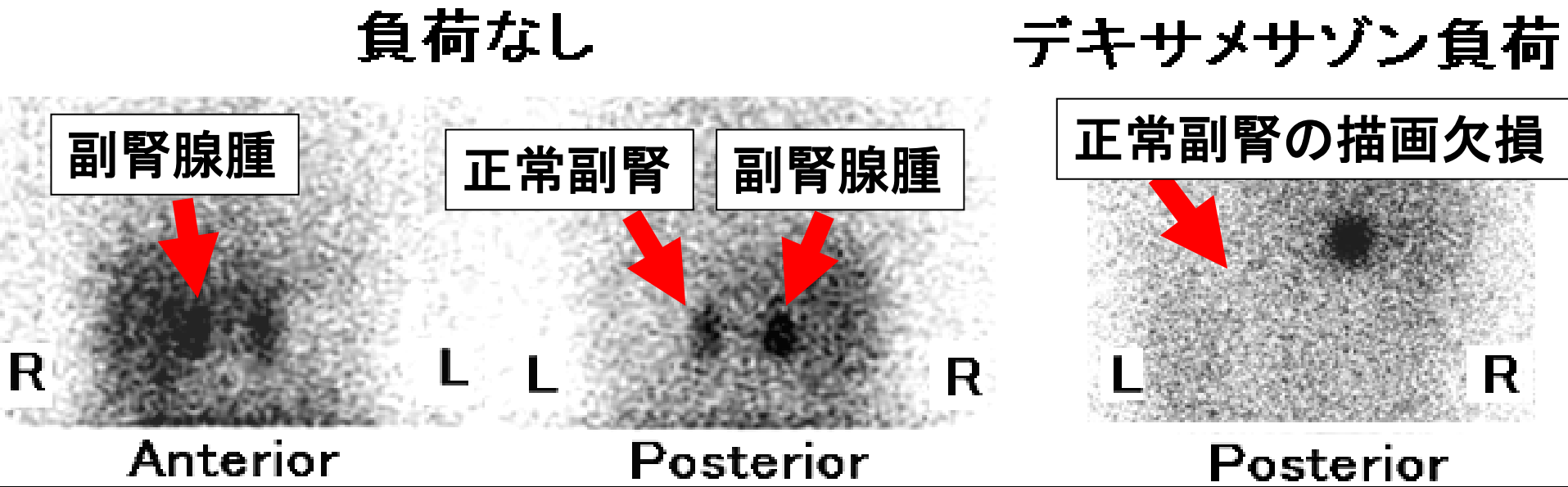


デキサメサゾン負荷によって副腎皮質腺腫の鑑別ができる。
コチゾル産生腺腫（Cushing 症候群）か、
アルドステロン産生腺腫（原発性アルドステロン症）か。

負荷なしの画像では右副腎の集積が明らかに高いので、
左側の正常副腎への集積が正常か低下しているか判断困難。

デキサメサゾン負荷で ACTH が抑制され、左副腎の集積が低下した。
はじめから ACTH が抑制されているコチゾル産生腺腫ではない。

右副腎皮質のアルドステロン産生腫瘍と診断。



髄腔内投与をする放射性医薬品はどれか。

1. ^{99m}Tc -ECD
2. ^{99m}Tc -HMPAO
3. ^{111}In -DTPA
4. ^{111}In -塩化インジウム
5. ^{123}I -IMP

静脈注射しない放射性薬剤

^{111}In -DTPA **腰椎穿刺**

^{81m}Kr 、 ^{133}Xe 、 ^{99m}Tc -DTPAエアロゾル、 ^{15}O - CO_2 **吸入**

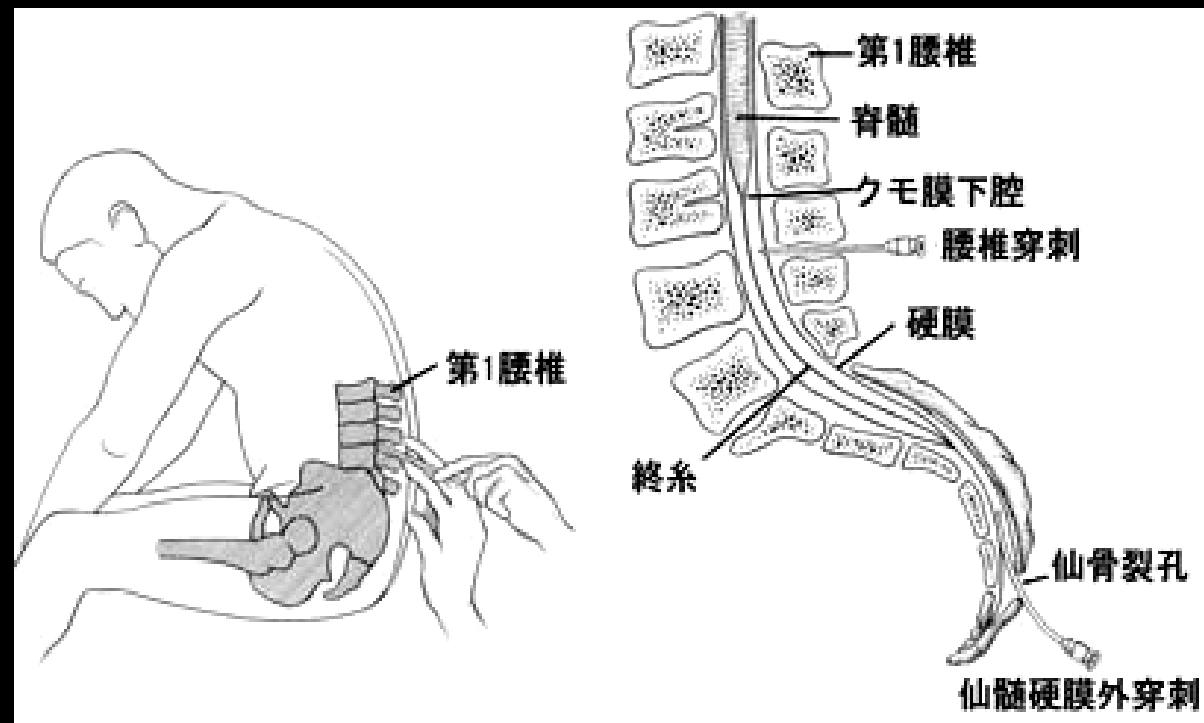
^{99m}Tc -HSA、 ^{99m}Tc -Snコロイド リンパ節撮像時は **皮下注射**

^{111}In -DTPA cisternography 脳槽シンチグラフィ

^{111}In 173 keV、MEGPコリメータ、半減期2.8日

^{111}In -DTPAを脊髄腔に 37MBq 注入(腰椎穿刺)。

注入直後に腰椎背面撮像(穿刺が成功したか確認)
3, 6, 24, 48 時間後に頭部正面、側面を撮像。



^{131}I -MIBG シンチグラフィの適応疾患はどれか。

- a. クッシング症候群
- b. 下垂体腺腫
- c. 褐色細胞腫
- d. 神経芽(細胞)腫
- e. 肺癌

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

Pheochromocytoma

褐色細胞腫

骨転移

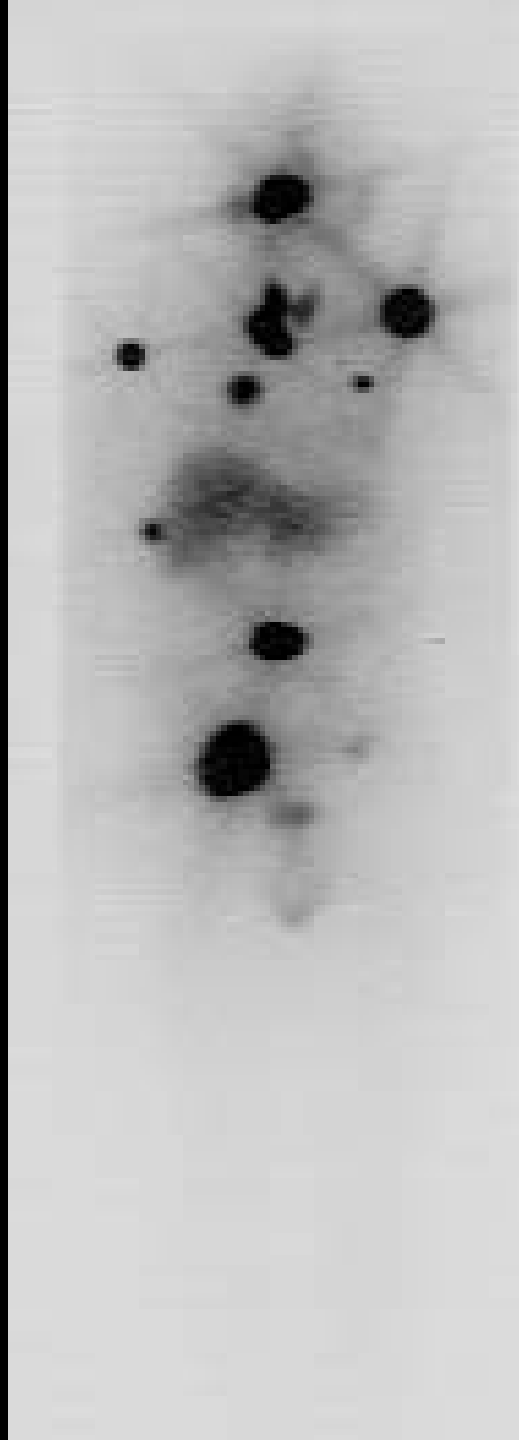
交感神経組織の腫瘍

褐色細胞腫

神経芽細胞腫

^{131}I -MIBG

交換神経組織に集積



心臓核医学検査で正しいのはどれか。

1. ^{99m}Tc -MIBI は心筋の交感神経活性を画像化している。
2. ^{99m}Tc -PYP(ピロリン酸)は急性心筋梗塞巣に集積する。
3. ^{123}I -MIBG は心筋の脂肪酸代謝を画像化している。
4. ^{201}Tl -塩化タリウムは受動拡散によって心筋に取り込まれる。
5. 心プールシンチグラフィには ^{99m}Tc -MAA を用いる。

^{99m}Tc -PYP myocardial scintigraphy、SPECT

- ^{99m}Tc 141keV
- LEHR または LEGP コリメータ

^{99m}Tc -PYP (pyrophosphate) (ピロリン酸)

370~740MBq 静脈投与

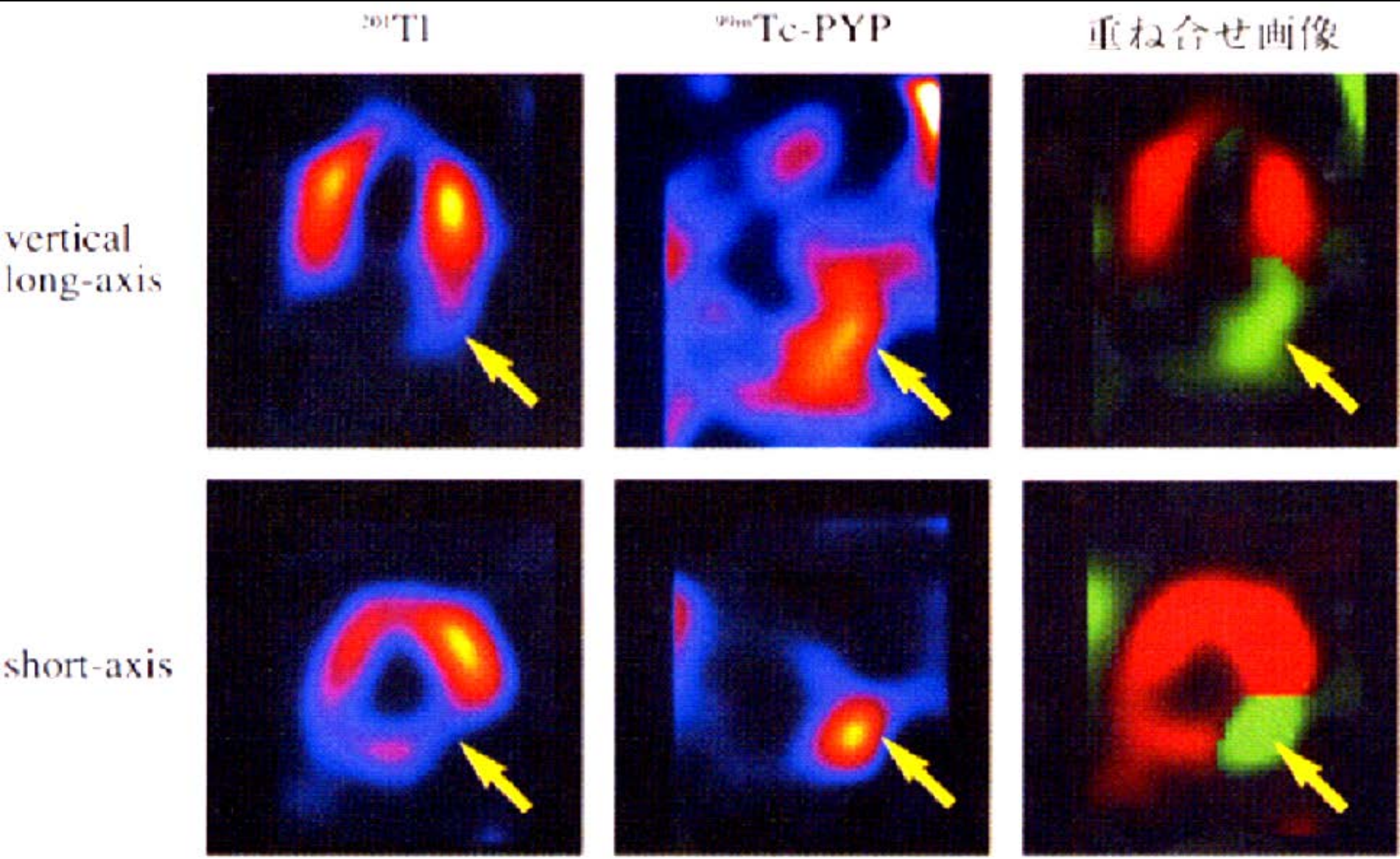
急性心筋梗塞(AMI)発症2~3日後に行う。

発症1週間以上経つと病変にピロリン酸集積なし。

投与後3, 4時間後に血液中、心内腔の放射能が低下した時間に撮像する。

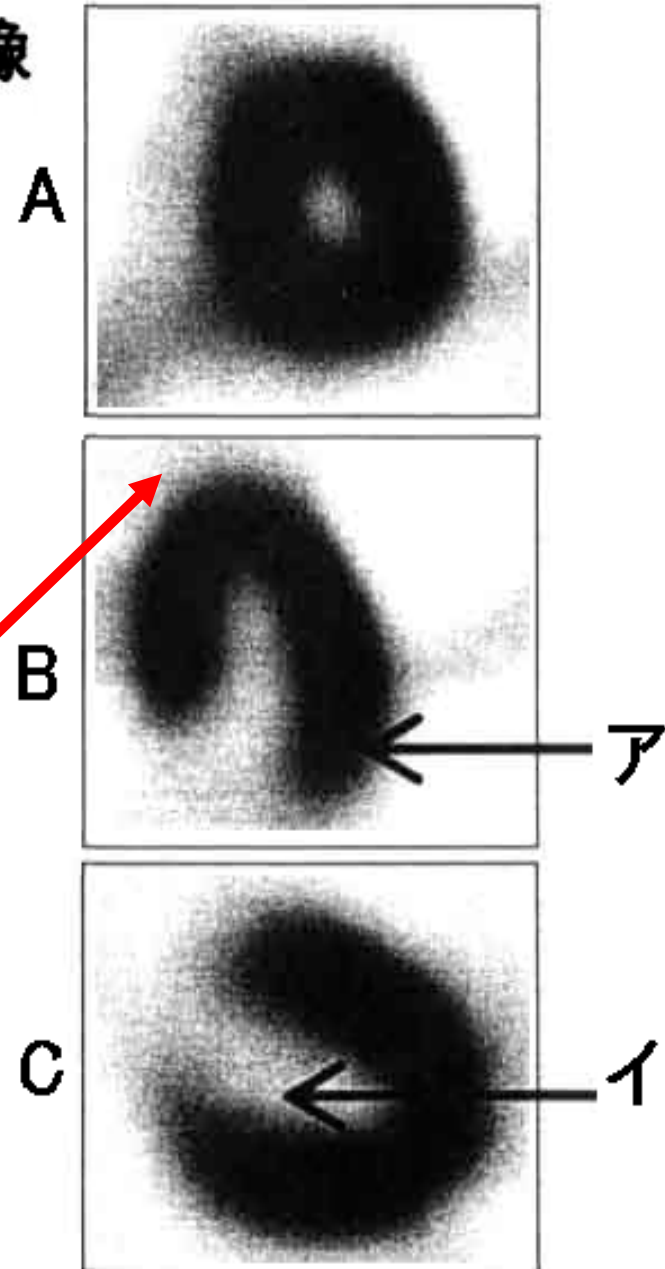
プラナー像とSPECT像を撮る。

^{99m}Tc の γ 線は主に 141 keV、 ^{201}Tl の γ 線は主に 71 keV
心筋の ^{201}Tl 分布は心筋血流、 ^{99m}Tc -PYP (ピロリン酸) 分布は
急性心筋梗塞 (発症2, 3日後が集積しやすい)



^{201}Tl -塩化タリウムを用いた心筋 SPECT 像を示す。誤っているのはどれか。

1. 心軸を基準に再構成した画像である。
2. A は短軸断層像を示す。
3. B は水平面長軸断層像を示す。
4. アは心尖部を示す。
5. イは心内腔を示す。



心尖部 (apex) は ここ
ア は 心基部 (base)

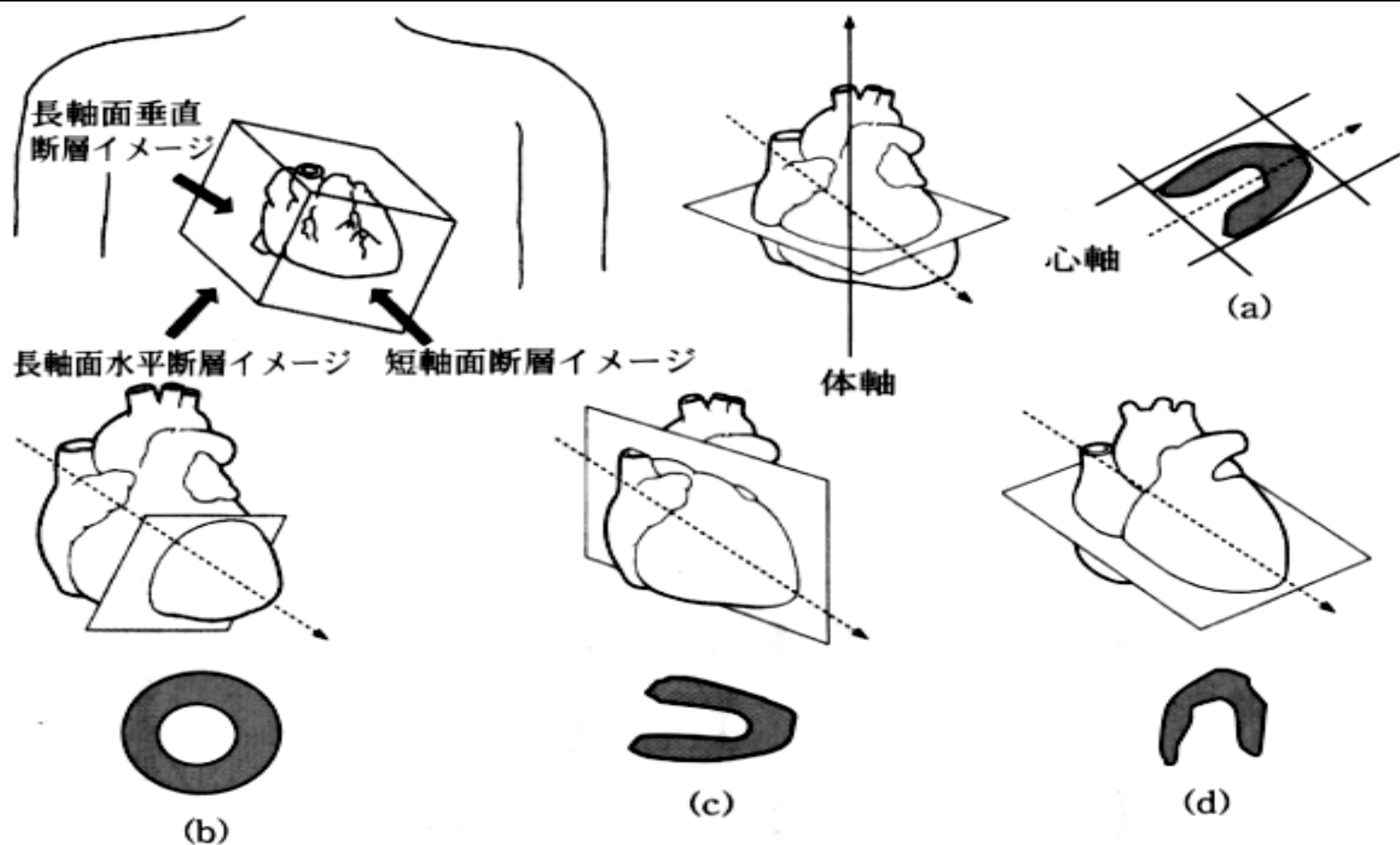


図 4・32 心筋 SPECT における各断面画像

- (a) 横断面断層像 (transaxial)
- (b) 短軸断層像 (short axis)
- (c) 長軸面垂直断層像 (vertical long axis)
- (d) 長軸面水平断層像 (horizontal long axis)

心筋SPECTにおける長軸面水平断層像は心尖部が上になるように表示されているのは、長軸面水平断層像はCT画像の断面像に近く、CT像は、心尖部が上になっているので、CT画像に慣れてしている放射線科医にとって、分り易いからです。

^{99m}Tc -DTPA を用いた腎動態シンチグラフィで正しいのはどれか。2つ選べ。

1. 放射性医薬品投与前には飲水制限を行う。
2. コリメータは中エネルギー用を用いる。
3. エネルギーピークを 71 keV に設定する。
4. 後面像を撮影するのが一般的である。
5. 放射性医薬品静注直後から連続的に撮影する。

腎動態検査(レノグラフィ) 前処置: 30分前に250ml飲水

^{99m}Tc -DTPA 141 keV LEHRコリメータ

DTPA (diethylene triamine penta-acetic acid) はキレート剤。

金属を包んで尿へ排泄する。金属中毒の解毒剤。

(Gd-DTPA は、MRI の造影剤として利用される。)

糸球体から尿へ濾過される。 **糸球体濾過率(GFR)の測定。**

投与量 200MBq (大人)

^{99m}Tc -MAG3、 ^{131}I -OIH(馬尿酸)

糸球体および近位尿細管から尿へ排泄される。

有効腎血漿流量(ERPF)の測定。

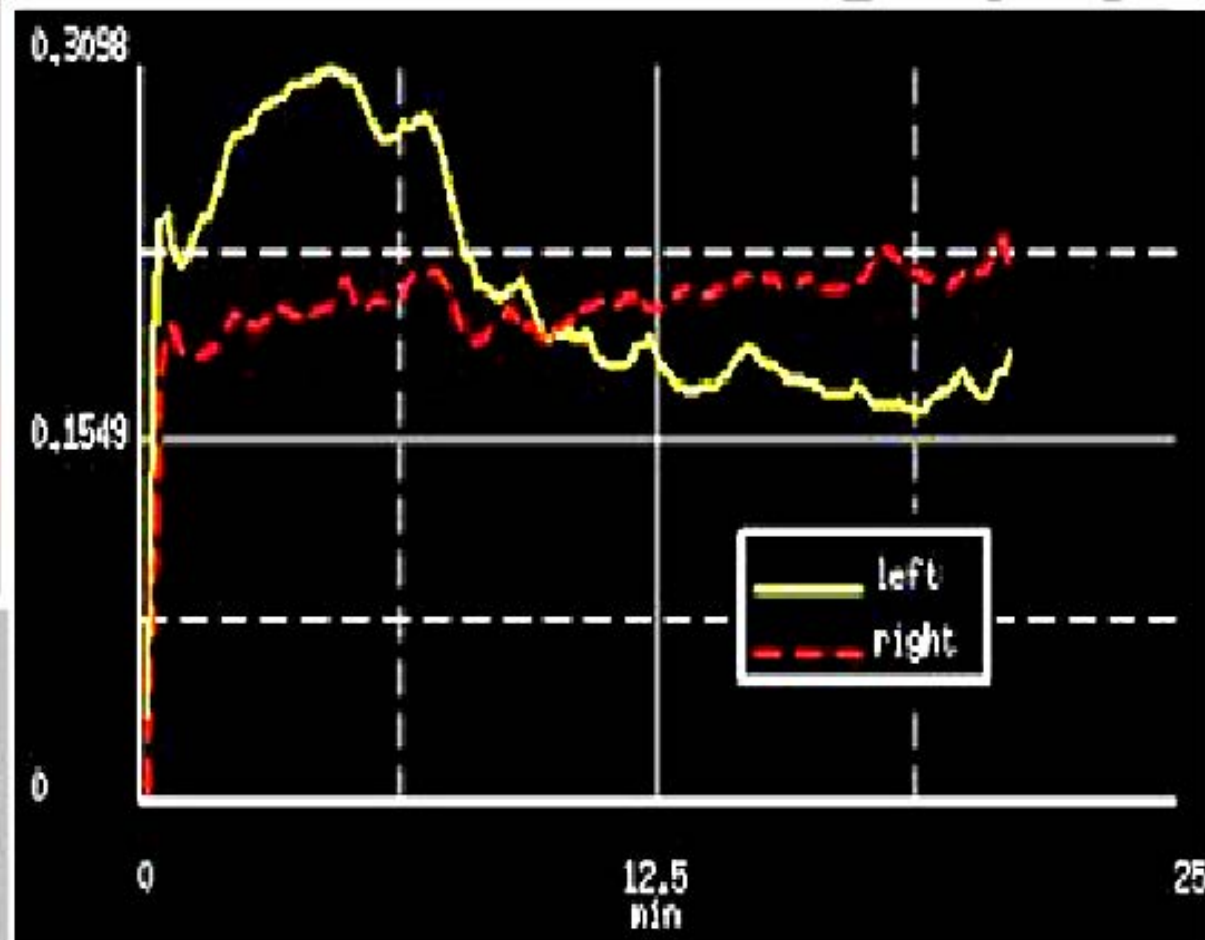
投与量 ^{99m}Tc -MAG3 200MBq (大人)

^{131}I -OIH 10MBq (大人) (β線放出核種)

^{99m}Tc -DTPA renography



	Left	Right	Total
Tmax (min) :	4.50	20.83	
Cmax (kcpm) :	5.54	4.27	
T1/2 (min) :	14.33	0.17	
Counts (kcpm) :	67.61	46.63	116.44
Uptake (%) :	3.79	2.72	6.51
Split (%) :	58.23	41.77	100.00
GFR (ml/min) :	33.27	23.74	57.01
Normalized GFR (ml/min) :	69.87		



左腎機能は正常下限 GFR=33ml/min (正常 35 以上)

右腎機能は低下 GFR=24ml/min

分腎比 右 : 左 = 42 : 58 右分腎比低下

センチネルリンパ節シンチグラフィで正しいのはどれか。2つ選べ。

1. ^{67}Ga -クエン酸ガリウムが用いられる。
2. 悪性リンパ腫によく用いられる。
3. ガンマプローブで高集積部位を検出する。
4. 全身のリンパ節病変を検出できる。
5. 放射性薬剤を腫瘍の近傍に投与する。

センチネルリンパ節シンチグラフィ

Sentinel lymph node scintigraphy

Sentinel【名】番人,見張り(guard)

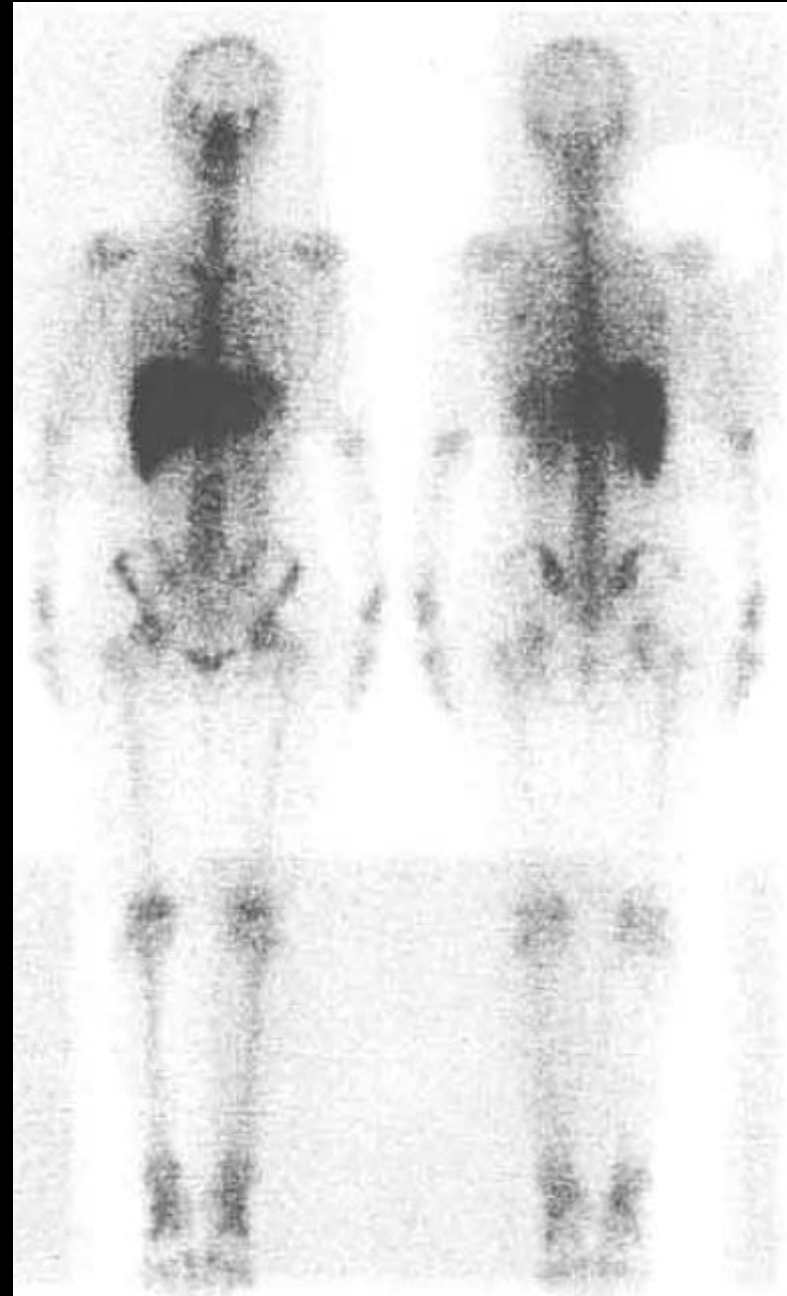
皮膚腫瘍、乳癌など体表近傍の病変周囲に4箇所ほど(1箇所 18.5MBq)^{99m}Tc-HSAまたは^{99m}Tc-Sn-colloidを皮下注射し、病変から出るリンパが流れ込むリンパ節(センチネルリンパ節)を探す検査。

手術直前に実施、画像を撮像し、さらに術中にガンマ線検出器でセンチネルリンパ節を捜査する。

手術でセンチネルリンパ節を摘出し、術中に迅速病理診断で、そこに転移がなければ、他部位にもリンパ節転移なし、と判断する。

異常なしと判定された
全身シンチグラムを示す。
投与されたのはどれか。

1. ^{67}Ga - クエン酸ガリウム
2. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ - スズコロイド
3. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 標識リン酸化合物
4. ^{111}In - 塩化インジウム
5. ^{201}Tl - 塩化タリウム



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

^{111}In 171 keV, 245 keV

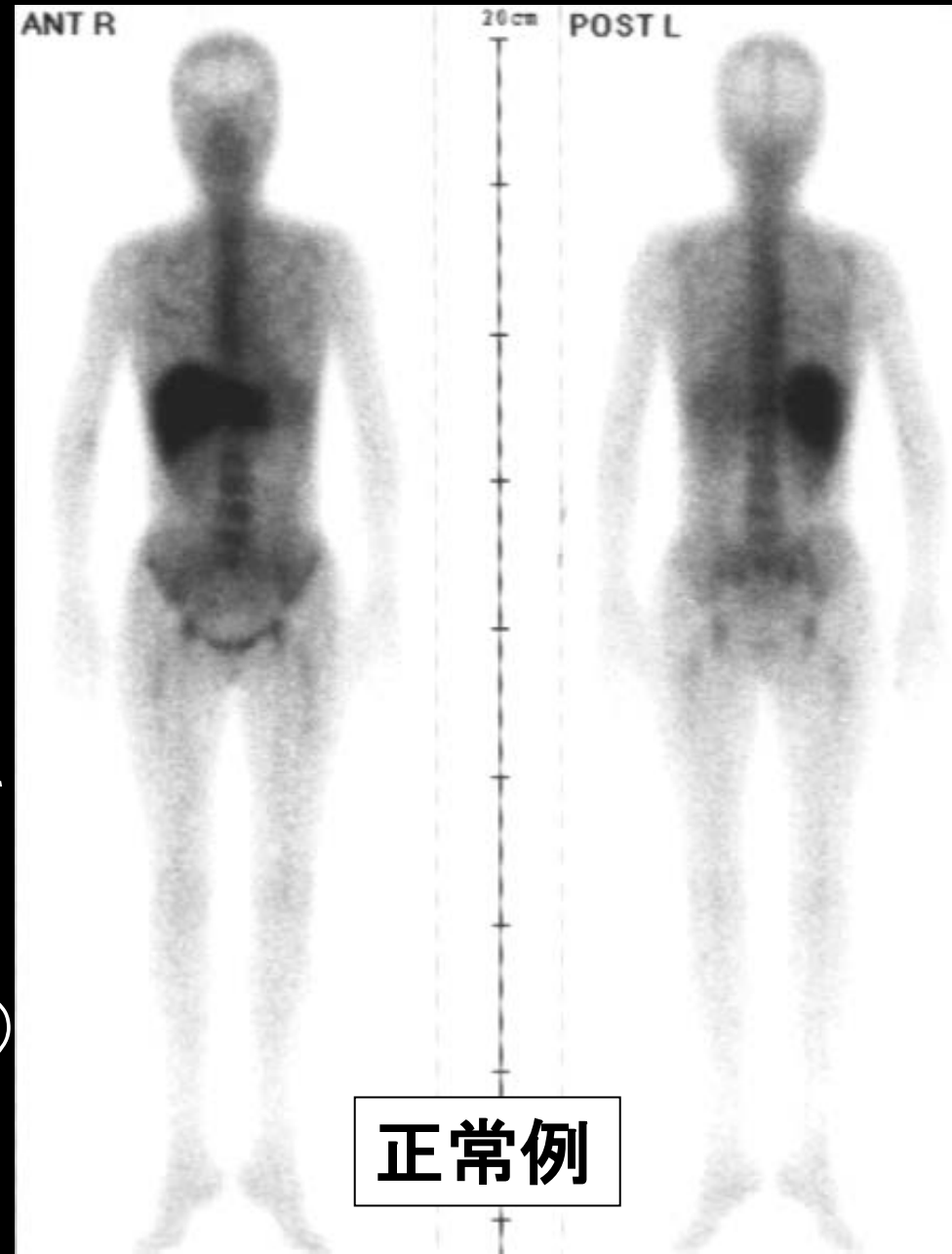
MEGP コリメータ

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）

遠位、末梢骨には分布しない。



正常例

非密封放射性同位元素治療 (RI 内用療法) に用いるのはどれか。

1. ^{51}Cr 4. ^{123}I 2. ^{99}Mo 5. ^{131}I 3. ^{111}In

^{131}I 、 ^{89}Sr が治療に使用可能。内服治療に適する核種の条件は、

1. 病変に特異的に集積する。
2. 病変に長く停滞する。
3. 病変以外の組織には停滞しない。
4. ベータ線を放出する。
5. 物理的半減期が長い。

前立腺癌骨転移患者の疼痛緩和に対する
ラジウム223 (^{223}Ra) の投与治療。

商品名： **ゾーフィゴ** (2016年に承認)

^{223}Ra の物理的半減期は **11日**。

アルファ線を放出し骨転移組織を消滅。

アルファ線は組織内では **0.1mm**しか飛ばない。
ガンマ線を放出しないので、患者の**体表面から放射能はほとんどない**。

すぐ一般公衆へ退出できる。**外来治療が可能**。

^{223}Ra を4週間おきに静脈注射(最大6回まで)。

1回(約3~6MBq)で68万円。

ラジウムがカルシウムと類似の性質を持ち、

骨転移病変に強く集積し、疼痛緩和の効果を得られる。



甲状腺機能亢進症の ^{131}I 内照射療法における
甲状腺線量推定に必要なでないのはどれか。

1. ^{131}I 投与量
2. 甲状腺重量
3. 尿中 ^{131}I 排泄量
4. 甲状腺 ^{131}I 摂取率
5. 甲状腺 ^{131}I 有効半減期

**RI の内照射治療の効果推定に必要な項目は、
RI の投与量と有効半減期と、
標的臓器や病変の重量と RI 摂取率。**