

30年度 前期 (核医学概論) 木曜 1 講目 C304

4月 5日 [講義1](#)

4月 12日 [講義2](#)

4月 19日 [講義3](#)

4月 26日 [講義4](#)

5月 3日 休講(祭日)

5月 10日 [講義5](#)

5月 17日 [講義6](#)

5月 24日 [講義7](#)

5月 31日 [講義8](#)

6月 7日 [講義9](#)

6月 14日 休講(出張)

6月 21日 [講義10](#)

6月 28日 休講(学会出張)

7月 5日 [講義11](#)

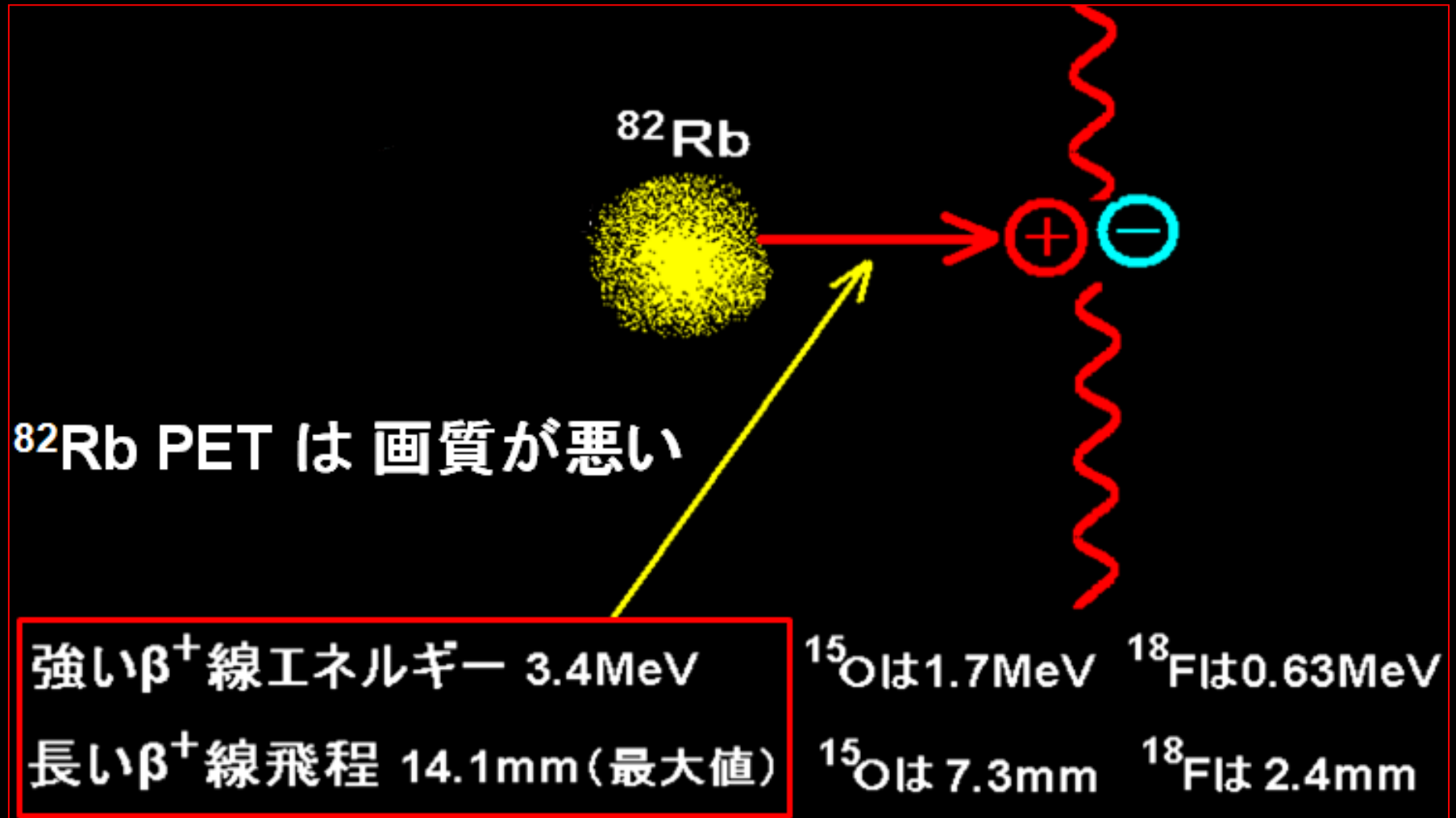
7月 12日 期末試験 解答・成績

7月 19日 再試

PET で正しいのはどれか。2 つ選べ。

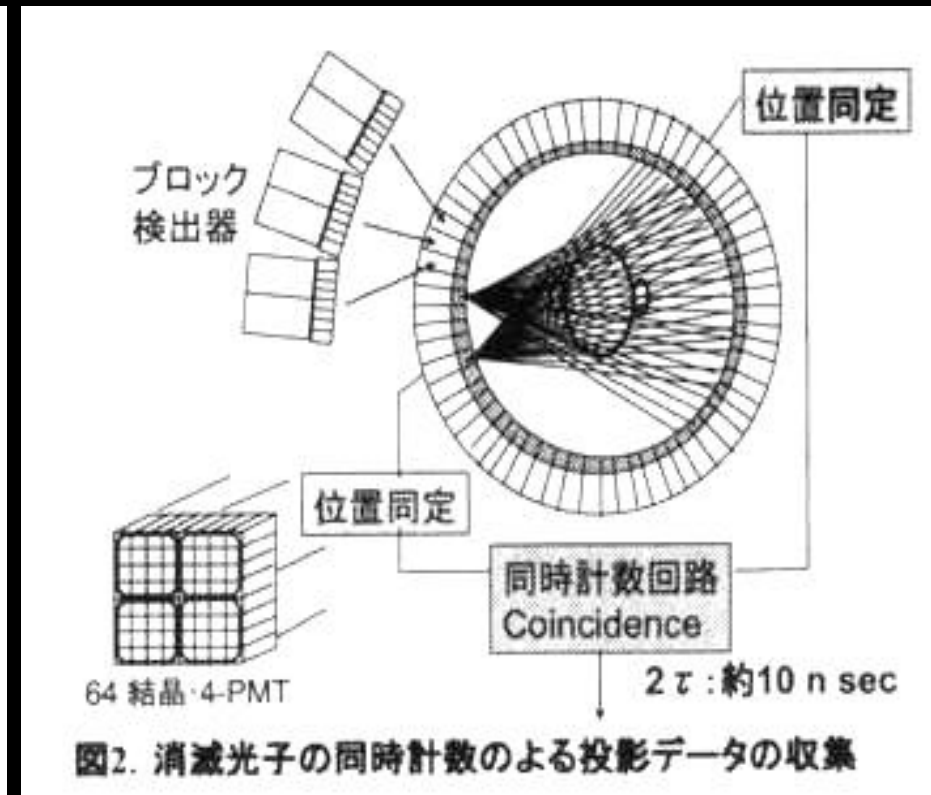
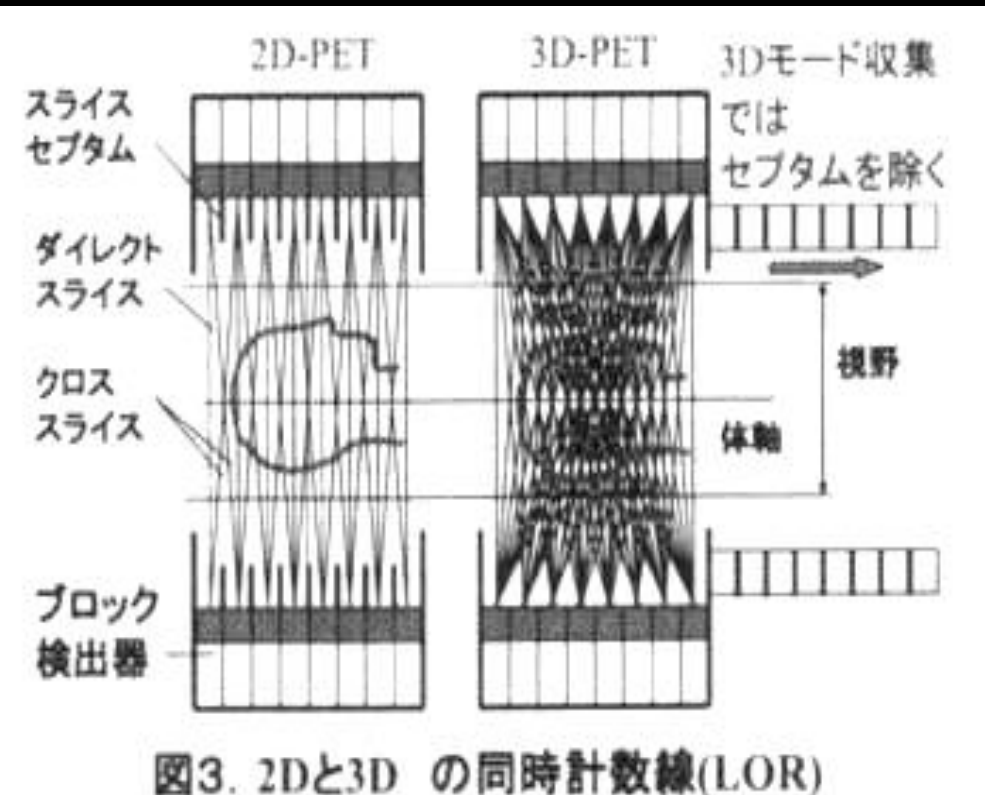
1. 空間分解能は核種に依存しない。
2. 撮像スライス数は検出器列数に等しい。
3. 遅延回路によって散乱同時計数を補正する。
4. 実測した透過率データを吸収補正に用いる。
5. 偶発同時計数率はシングル計数率の 2 乗に比例する。

β^+ 線のエネルギーは陽電子放出核種により異なる。
高エネルギー β^+ 線の飛程は長いので
収集されるPET画像の分解能が悪い。



検出器列数より多い撮像スライス数を出力する
PET装置が多い。

体軸方向のデータを補間して収集したデータより
多いスライス数を出力する。



偶発同時計数

偶然2箇所です同時に2本の消滅ガンマ線が出て、PETカメラで同時計数されるもの。

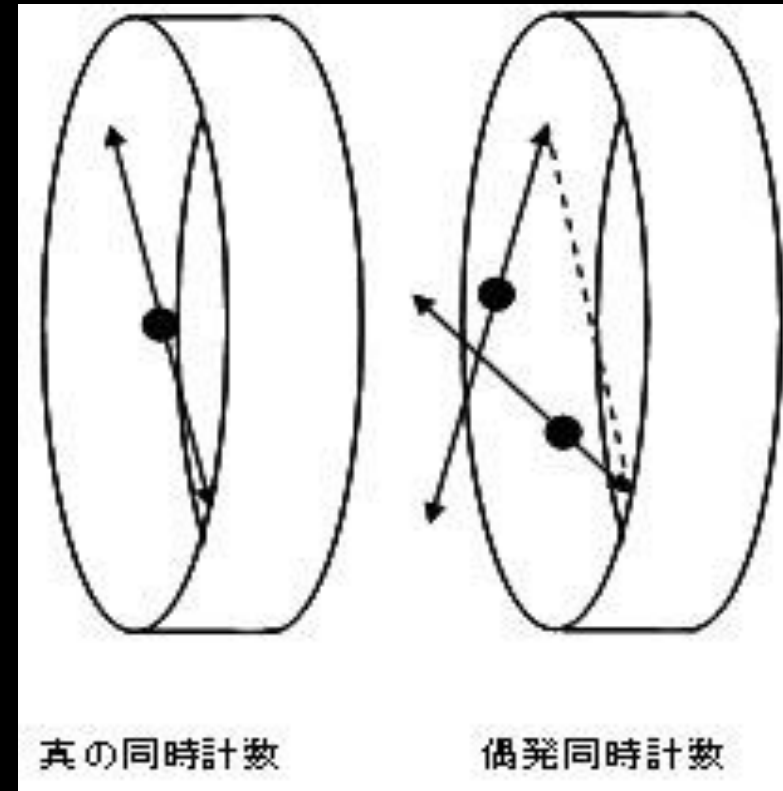
遅延回路

偶発同時計数を計数する回路。少し遅れて入射したガンマ線を排除して偶発同時計数の割合を引き算する補正回路。

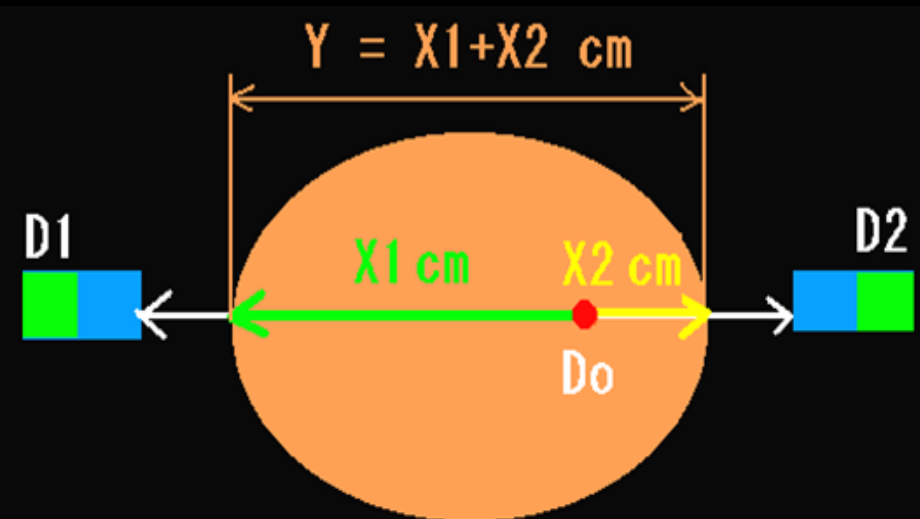
PETでは、放射能投与量を増やすぎると画質が劣化する。

これは、真の同時計数が(シングル計数も)、放射能投与量に比例するのに対し、

偶発同時計数は投与量の2乗に比例して急激に増加するため。



PETは、Transmission画像(X線CT像など)で 線減弱係数 μ を実測して吸収補正を行う

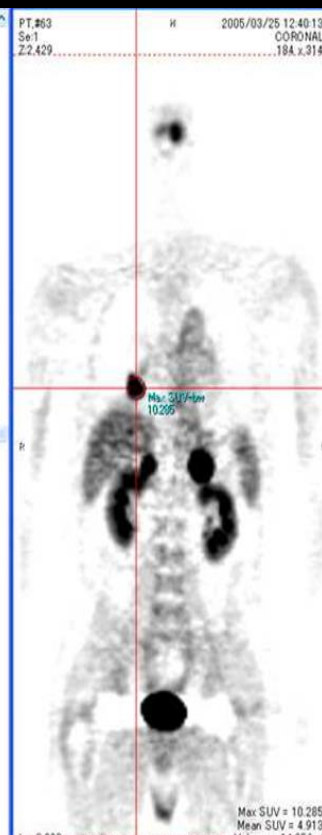


$$D_1 = D_0 \exp(-\mu X_1)$$

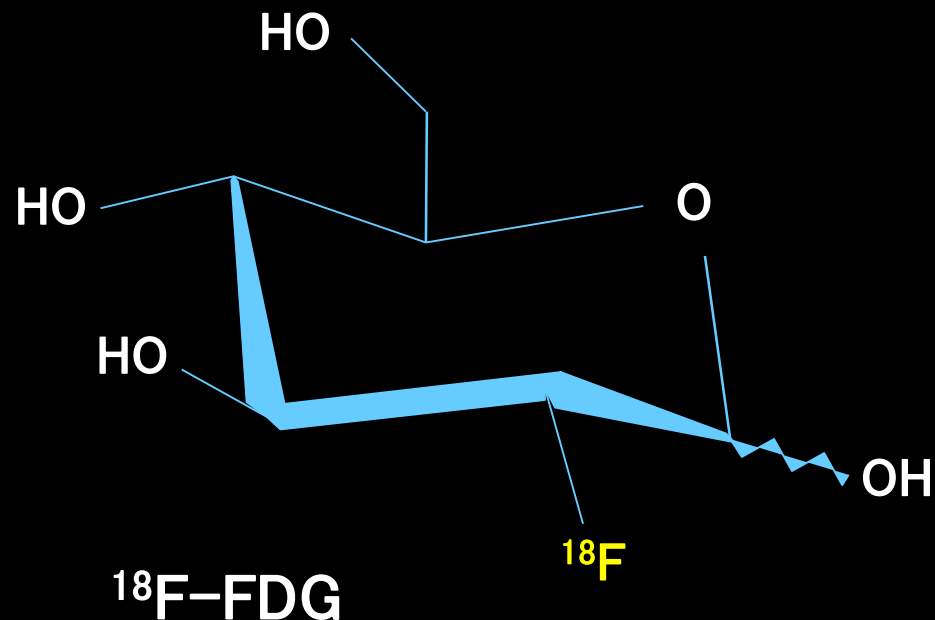
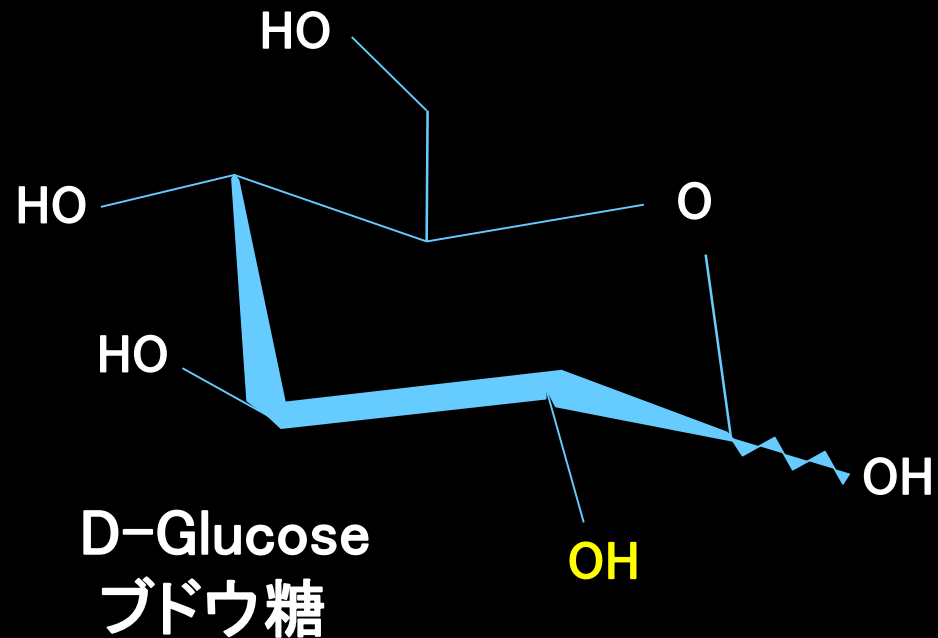
$$D_2 = D_0 \exp(-\mu X_2)$$

$$D_1 D_2 = D_0 D_0 \exp(-\mu (X_1 + X_2))$$

$$D_0 = \sqrt{D_1 D_2 \exp(\mu Y)}$$



^{18}F -FDG (Fluoro Deoxy Glucose)は、ブドウ糖の類似物質(analog)で、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、
(例外の組織として、肝細胞はFDGを細胞外に排出する。)
(肝細胞癌は肝細胞機能を持つので、FDGで検出困難。)
脳や病変のブドウ糖定量画像収集に有用な薬剤となる。



SUV (Standardized Uptake Value)

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

**病変の放射能濃度が
体内平均の何倍かを示す半定量値。**

**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。**

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、 $100 \text{ MBq} / 50 \text{ kg} = 2000 \text{ Bq / ml}$

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。)

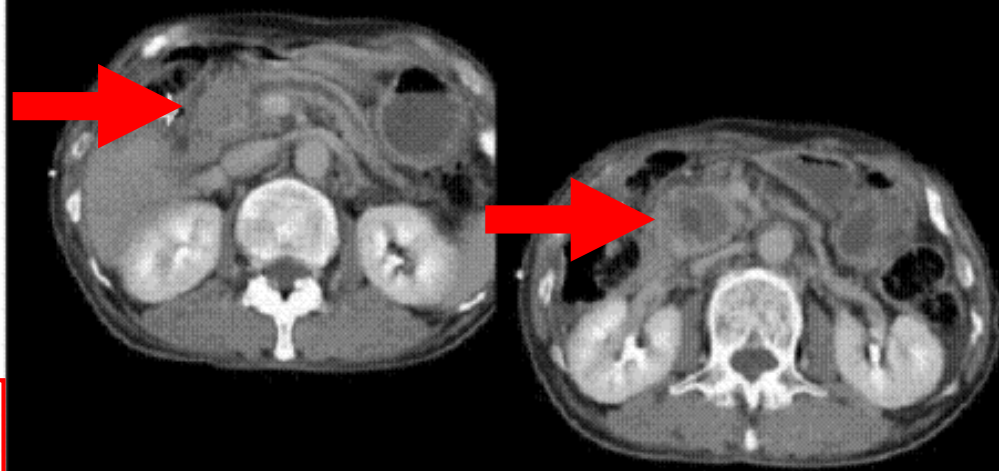
膵頭部癌 Panc. head ca.

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。

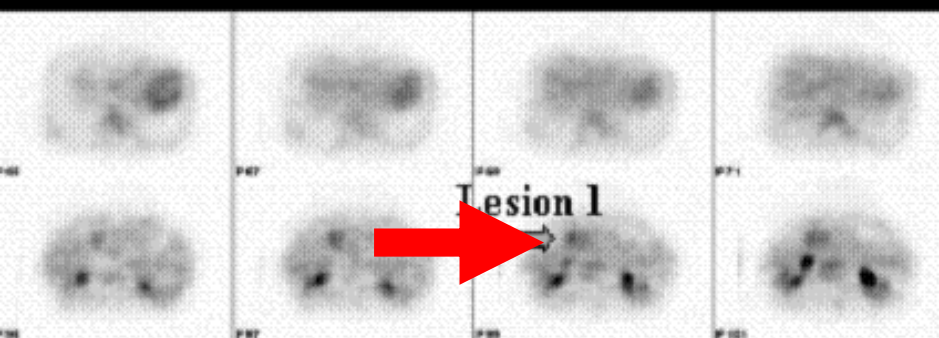
FDG-PETは、空腹時に行う。

症例3

腹部造影CT



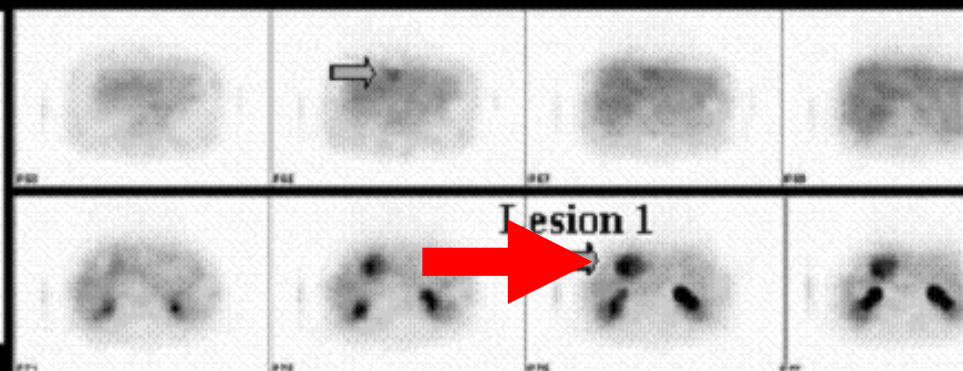
症例3: FDG-PET(1回目)



SUV 2.2 Lesion1 5029Bq/ml

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

症例3: FDG-PET(2回目)



SUV 3.4 Lesion1 8251 Bq/ml

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）。

1.	3	3.	15.	5.	60
2.	7.5	4.	30.		

1. 早期胃がんは保険適応である。
2. ^{18}F -FDG 投与量を増やすと病変の SUV は低下する。
3. ^{18}F -FDG 投与 3 時間後から全身像を撮像する。
4. 撮像開始前に排便させる。
5. 検査前に食事をすると病変の SUV は低下する。

病変部が陽性像となる組合せはどれか。

a. 膿瘍—— ^{67}Ga -クエン酸ガリウム

b. 心筋梗塞—— $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ピロリン酸

c. 甲状腺癌—— $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$

d. 腎癌—— $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DMSA

e. 褐色細胞腫—— ^{131}I -MIBG

1. a, b, c

2. a, b, e

3. a, d, e

4. b, c, d

5. c, d, e

^{67}Ga (ガリウム)

炎症細胞に
(マクロファージ)
取り込まれる。

炎症巣や
悪性腫瘍に集積



慢性甲状腺炎



大腸癌 & 間質性肺炎

^{67}Ga 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

クエン酸ガリウム (^{67}Ga -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。

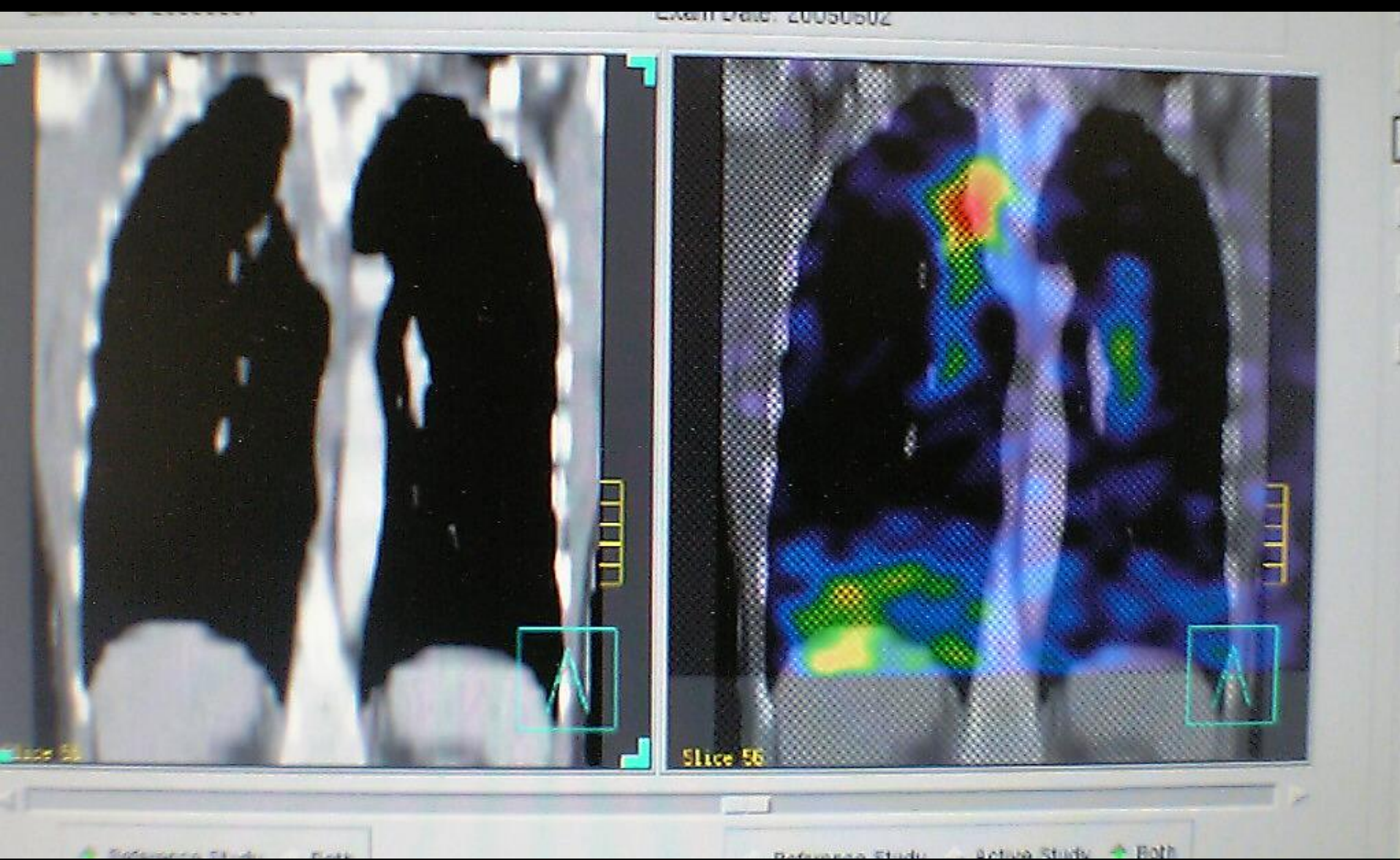
肝、大腸(便)、骨髄に正常分布する。

大腸に病的集積が疑われた場合、

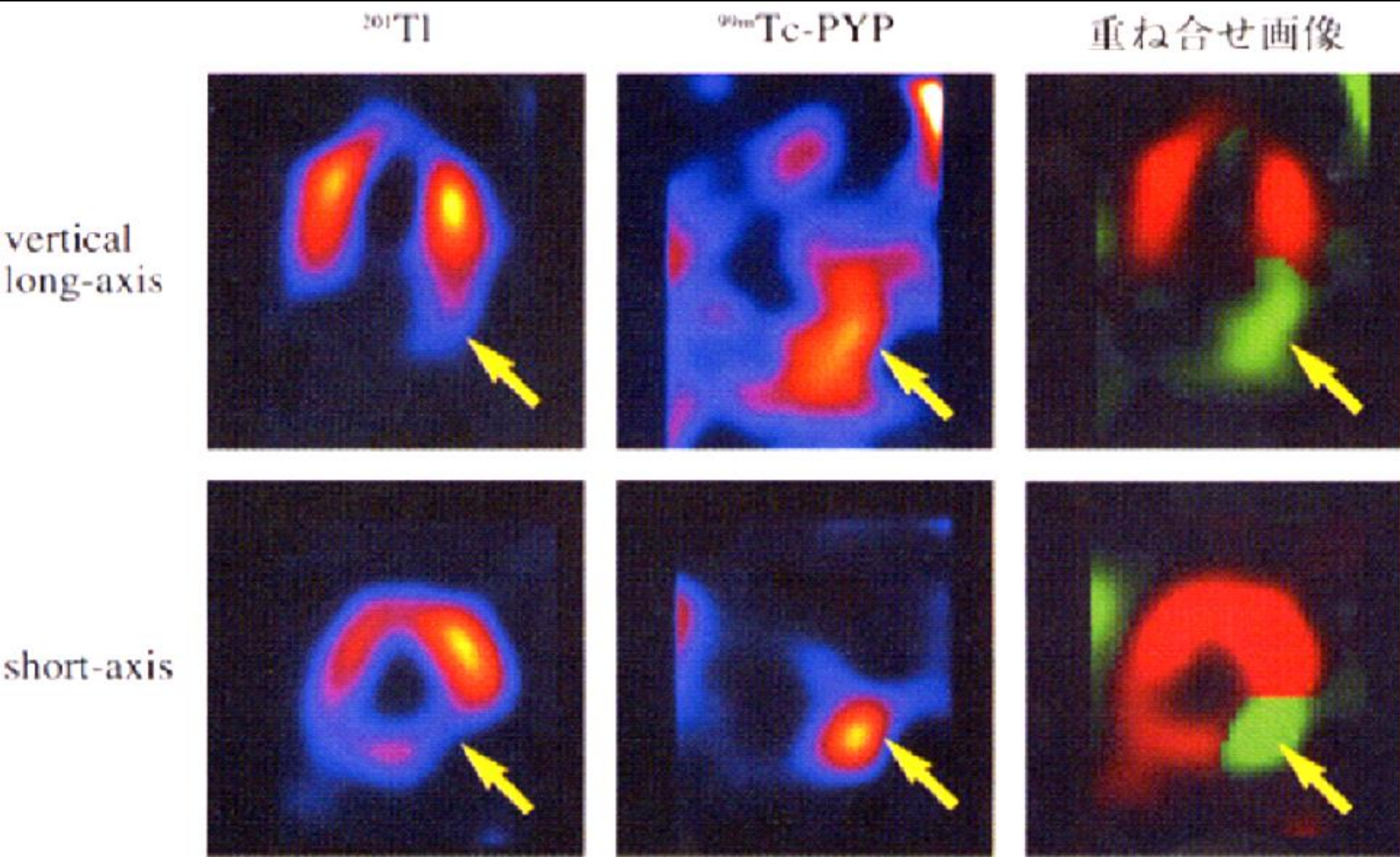
さらに数時間後～1日後に腹部正面の追加撮像。

(便ならば集積像が肛門側へ移動する)

^{67}Ga SPECT superimposed on CT



^{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)



^{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。

障害を受けた細胞はリン酸を取り込んでCaと石灰化を起すので、AMI病変にPYPが集積する。

病変は左室心筋壁の一部なので、部位の同定が困難な場合があり、プラナー像とSPECT像の両方で診断する。

^{201}Tl 心筋血流SPECTとの同時撮像が望ましい。



^{131}I —MIBG adrenal (副腎) scintigraphy
•365KeV、 高エネルギー用コリメータ HEGP

^{131}I —MIBG 20MBq 静脈投与 (診断の場合).
2日後に上腹部または全身のプラナー像を撮像.
 ^{131}I は一部 MIBG との結合が切れて甲状腺に分布
するので、投与2日前から投与5日後までルゴール
液などのヨード剤を内服する(甲状腺ブロック).

MIBG(メタヨードベンジルグアニジン)が
副腎髄質および交感神経終末に
ノルエピネフリンと同じ機序で取り込まれることから、
褐色細胞腫、神経芽細胞腫の診断、および治療に
利用されている。

右褐色細胞腫 肝転移

67歳女性

^{131}I -MIBG 5GBq

静脈注射

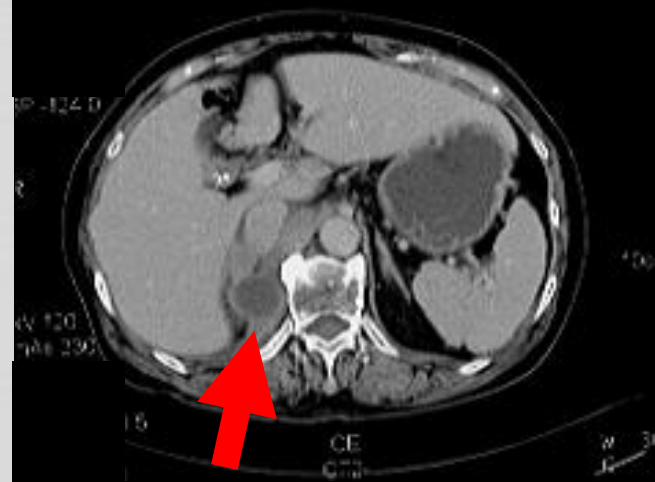
肝転移巣に20Sv

β 線内照射治療.

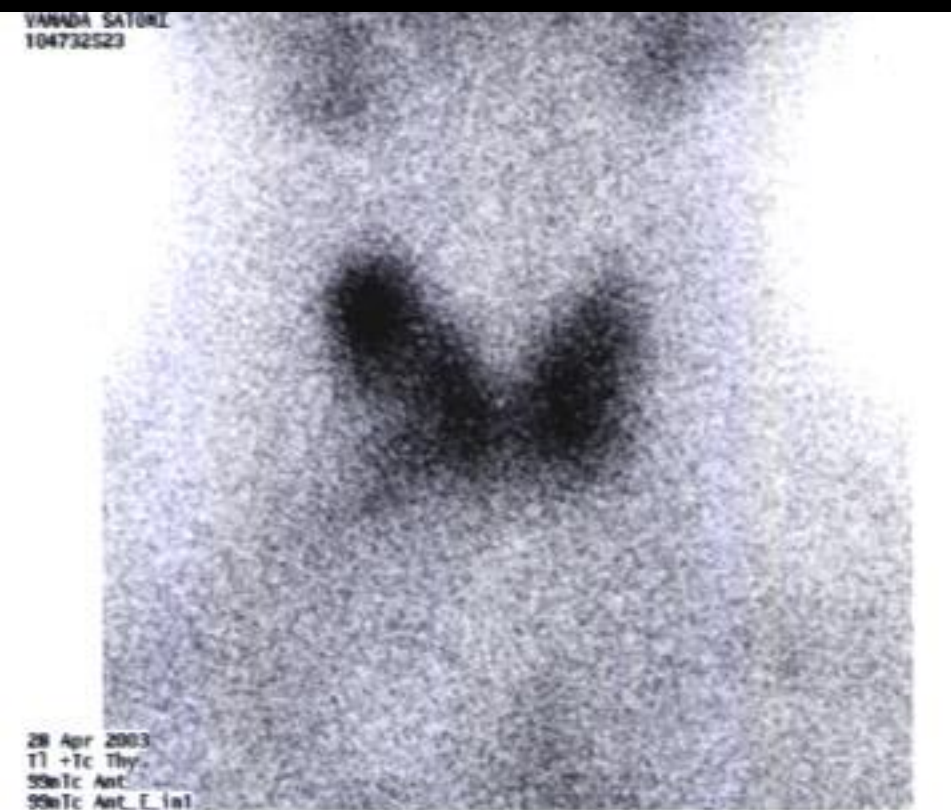
血圧の安定化を得た。

副作用

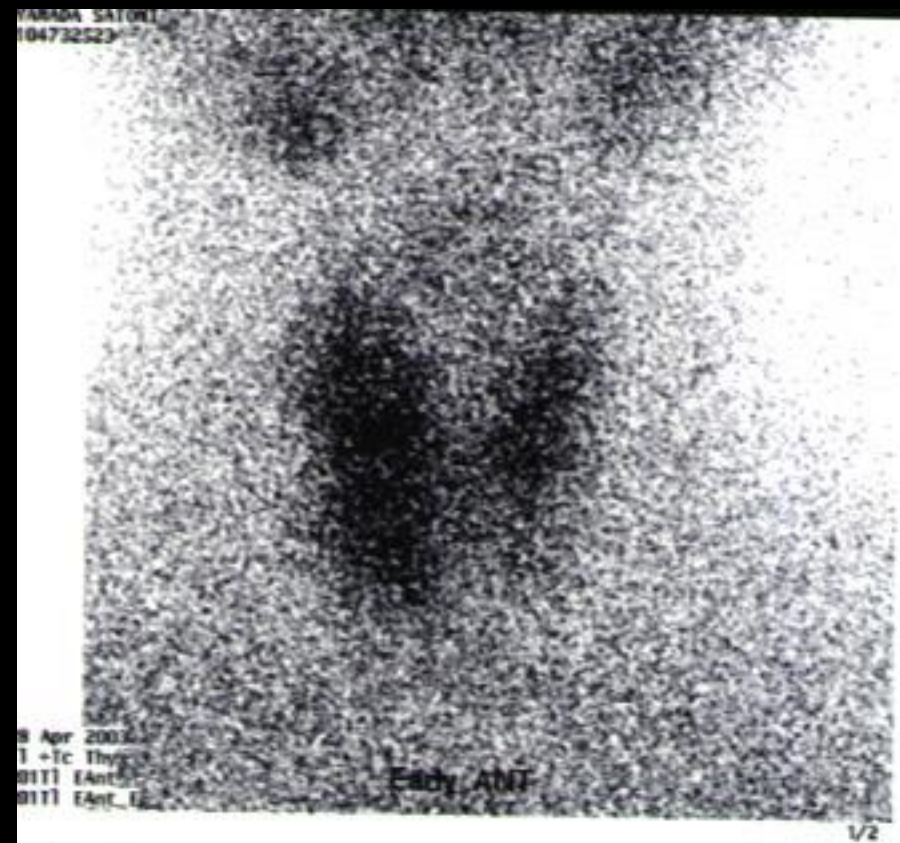
吐き気、白血球減少



$^{99m}\text{TcO}_4^-$ 甲状腺シンチグラフィ
過テクネシウム酸（パーテクネテート）
($^{99m}\text{TcO}_4^-$)は、正常腺組織に集積。
正常甲状腺ではない部位に
集積欠損を示す。



^{201}Tl 甲状腺シンチグラフィ
カリウムと同じ分布を示す。
細胞内液の分布を画像化。
癌などの、細胞密度の高い
部位に多く集積する。



$^{99m}\text{TcO}_4^-$, ^{201}Tl thyroid scintigraphy

- ^{99m}Tc 141 keV、 ^{201}Tl 71 keV
- 低エネルギー用コリメータ LEHR。

^{201}Tl は、74MBq 静脈投与10分後と2時間後に early 像と delayed 像を、プラナー撮像。

(良性腫瘍は delayed 像で ^{201}Tl 残存なし。

悪性腫瘍、慢性甲状腺炎では 残存あり。)

^{99m}Tc は、74MBq 静脈投与10分後に撮像。

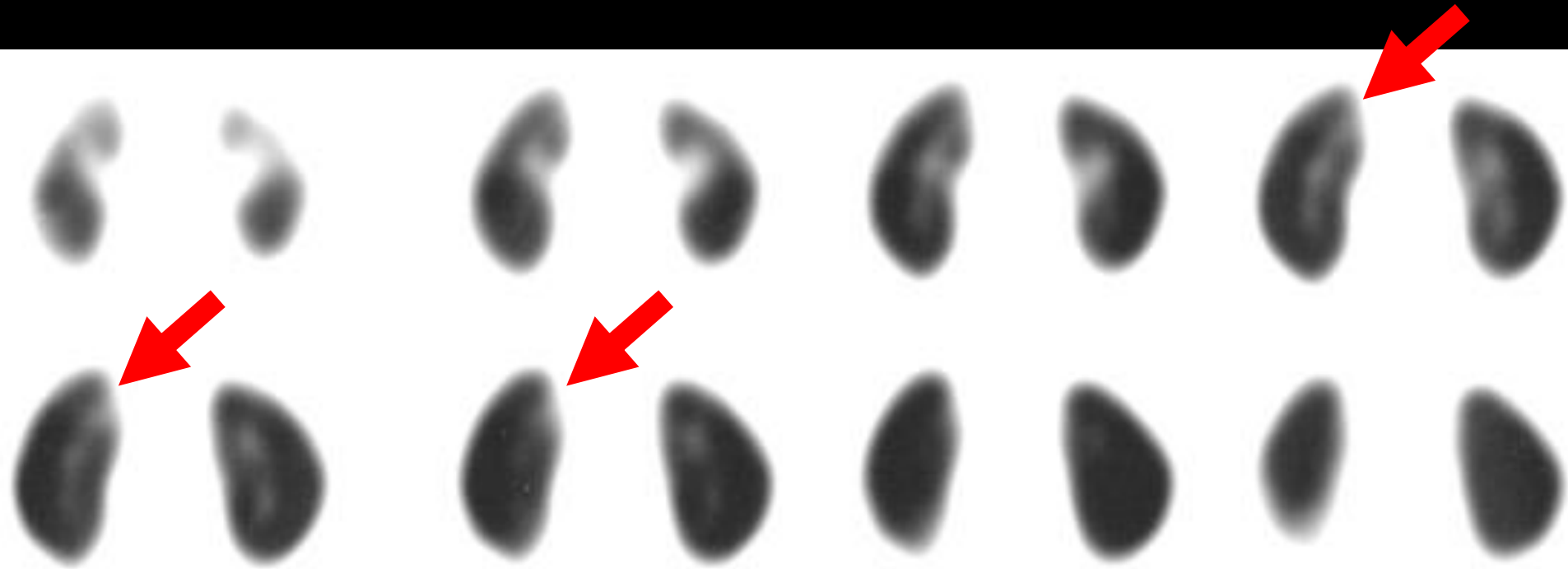
(^{201}Tl 撮像終了直後、患者をそのままの状態で

^{99m}Tc の投与、撮像を行うと効率が良い。 ^{99m}Tc のほうがエネルギーが高いため、 ^{201}Tl と区別可。)

^{99m}Tc -DMSA

正常腎実質（近位および遠位尿細管）に集まる。
腎臓の機能、局所的障害部位を調べる。

主にVUR（膀胱尿管逆流症）に伴う腎盂腎炎による
腎実質の炎症後瘢痕（scarring）の有無を調べる検査



^{99m}Tc -DMSA 腎静態 scintigraphy

- ^{99m}Tc 141 keV、コリメータ LEHR。

^{99m}Tc -DMSA (dimercapto-succinic acid)

185MBq / 50kg体重 静脈投与 (小児に多い検査なので、投与量は体重に比例させる。)

投与前後の注射器を撮像し、患者に投与した ^{99m}Tc の総カウント数を測る。

患者は投与2, 3時間後にプラーナ像(腎臓背面、左右後斜位)とSPECTを撮像。背面像で、左右腎臓への集積カウントを計算し、摂取率を求める。

正常は片腎20%以上。両腎で40%以上。

正常腎実質の画像と、左右分腎機能が得られる。

病変部が陽性像となる組合せはどれか。

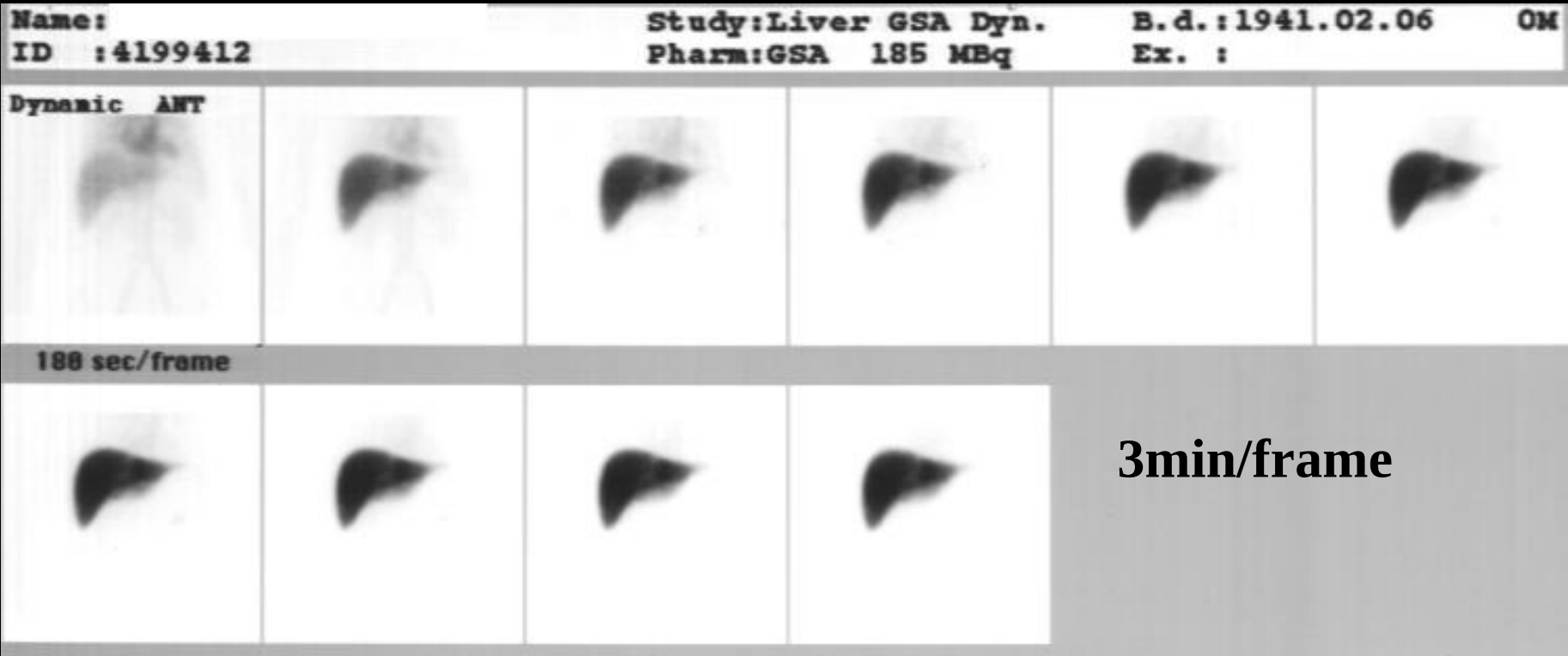
- a. 甲状腺癌—— ^{201}Tl -塩化タリウム
- b. 副腎皮質腺腫—— ^{131}I -アドステロール
- c. 骨腫瘍—— $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP
- d. 肝癌—— $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -GSA
- e. 肺癌—— $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAA

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

^{99m}Tc -GSA 肝シンチグラフィ（アジアロ肝シンチ）
• ^{99m}Tc 141 keV、コリメータ LEHR。

**^{99m}Tc -GSA 185MBq（GSA 3mg）静脈注射と同時に、
20分以上の心臓、肝臓の正面ダイナミック収集
（128x128マトリックス）。その後、SPECT撮像。**

**GSA（ガラクトシル血清アルブミン）が 肝細胞表面の
アジアロ糖タンパクに結合し、肝細胞の分布を画像化する。
肝の局所的評価および肝予備能評価に用いられる。**



ダイナミック収集画像。
心臓と肝臓全体が
撮像範囲に入ることが重要。
(外れても3分以内に直せばOK)



^{99m}Tc -GSA と
生理的食塩水を
3方活栓でつないで
用意する。

GSAをボース注入後、
速やかに生理的食塩水
で、チューブ内のGSAを
患者体内に流し込む。

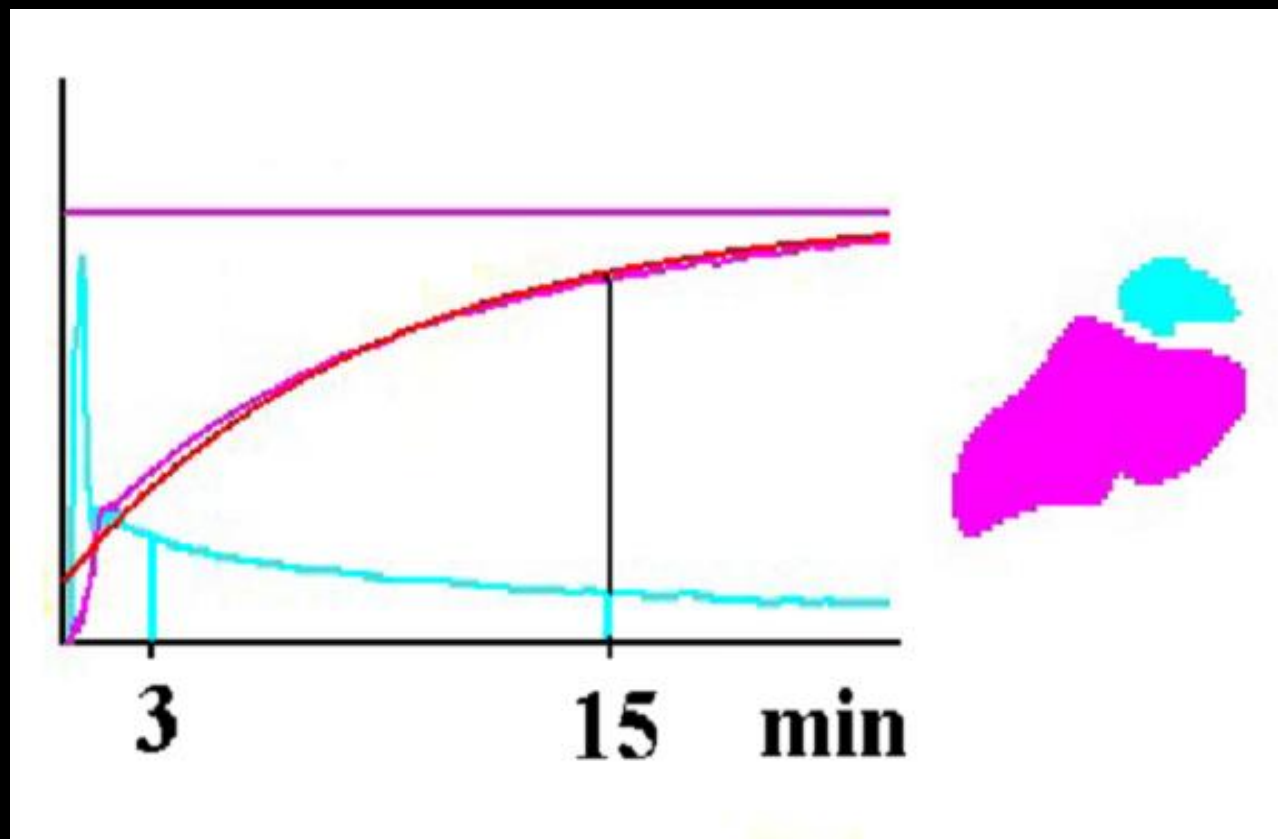


GSAの肝予備能の指標

HH15 : 3分後に対する15分後の心カウント比.

GSAの血中消失率

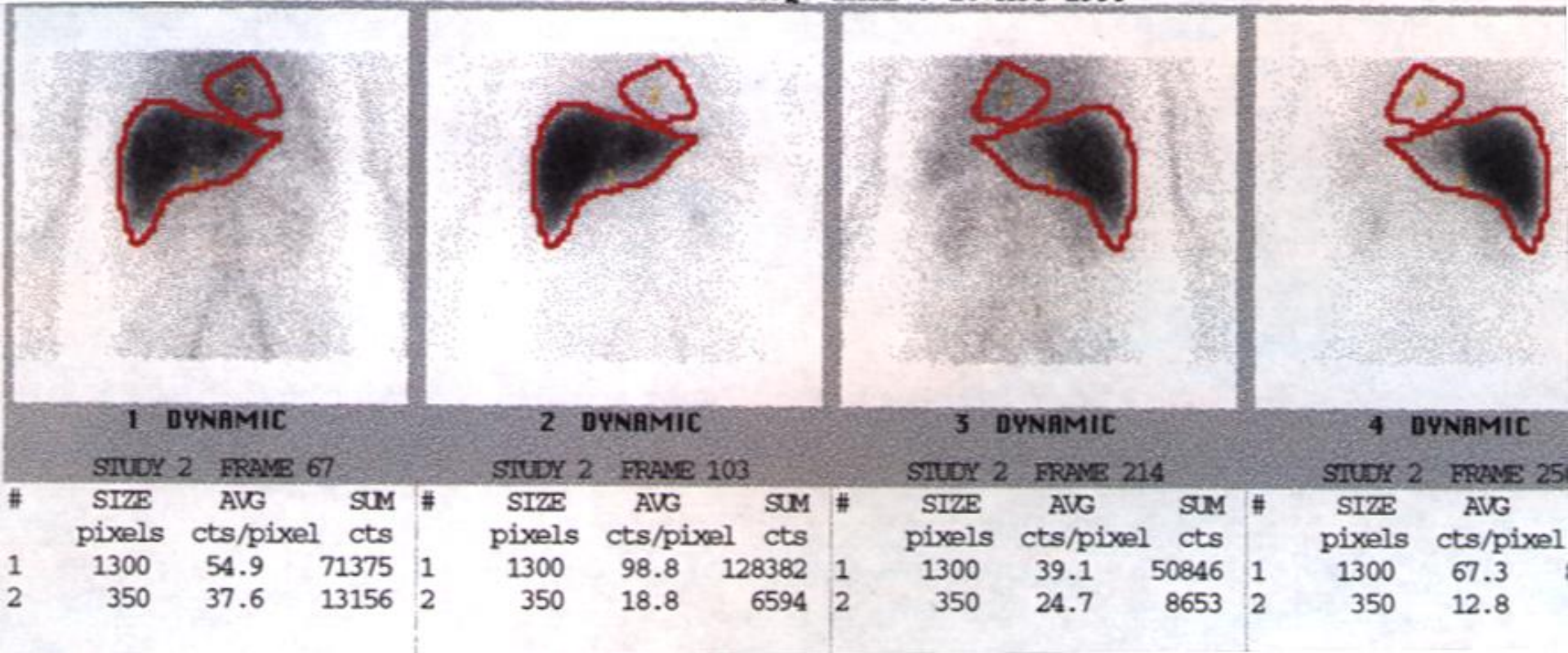
LHL15 : 15分後における(心+肝)に対する
肝カウント比. GSAの肝摂取率



HH15, LHL15 と 慢性肝疾患重症度との関係

重症度	HH15	LHL15
正常	0.54 ± 0.04	0.94 ± 0.02
軽度	0.63 ± 0.08	0.91 ± 0.04
中等度	0.74 ± 0.08	0.84 ± 0.07
重症	0.83 ± 0.05	0.71 ± 0.11

3分と15分の正面像があれば算出可能



正常例

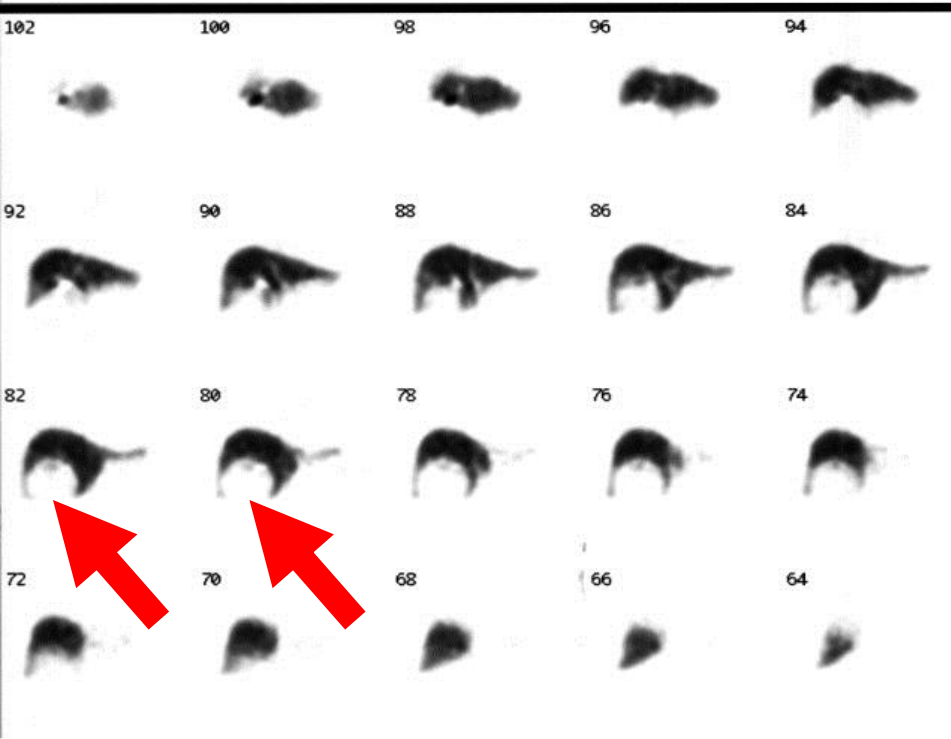
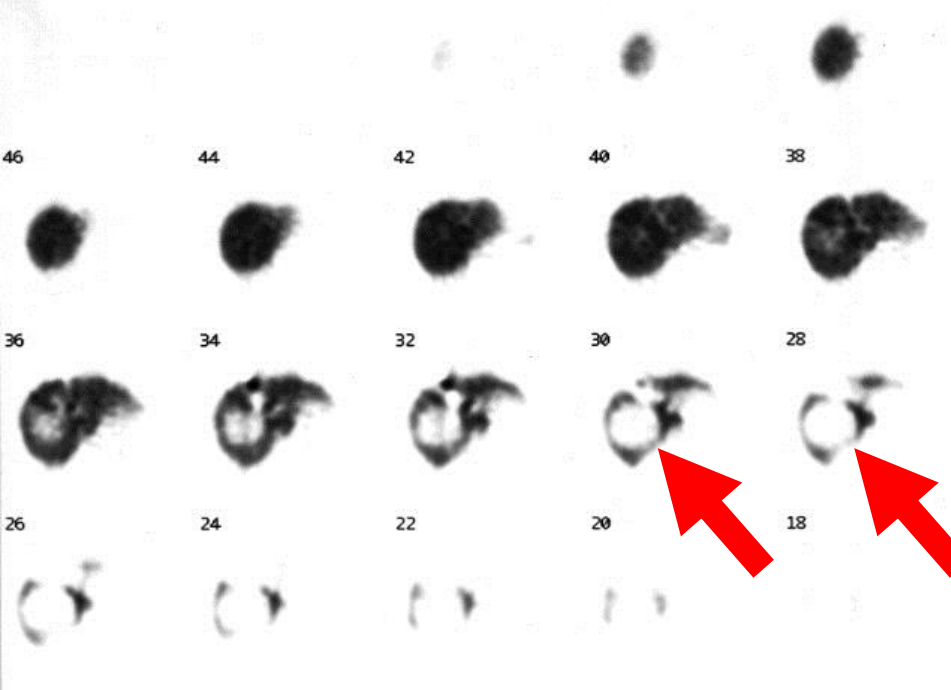
$$HH15 = H15 / H3 = 0.50$$

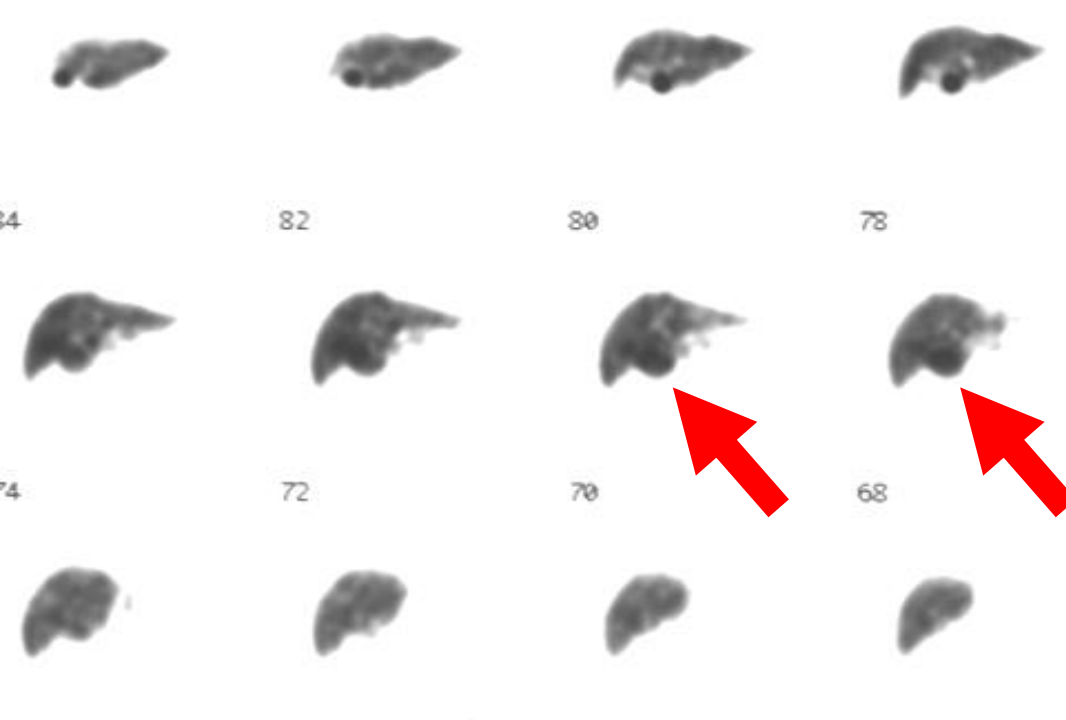
$$LHL15 = L15 / (L15 + H15) = 0.95$$

肝癌 GSA SPECT

上:axial 下:coronal

正常肝細胞が欠損
している部位には
GSAは分布しない。

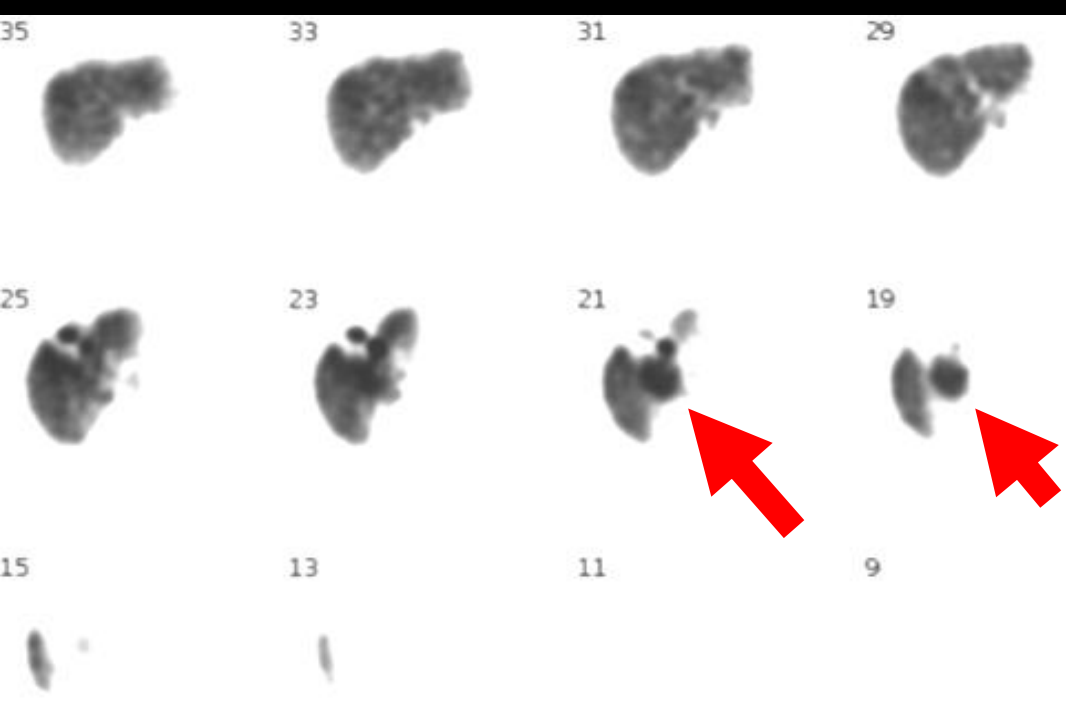




肝腺腫

GSA SPECT

上:axial 下:coronal



正常肝細胞が

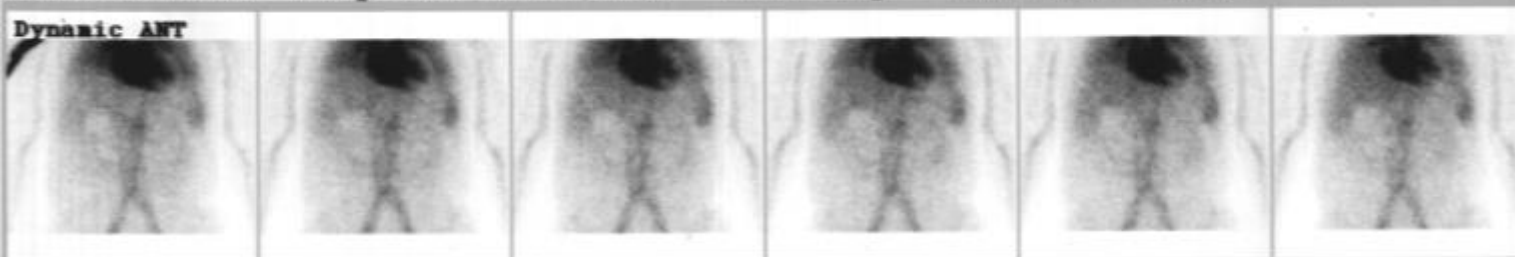
正常部位より多く

分布する病変。

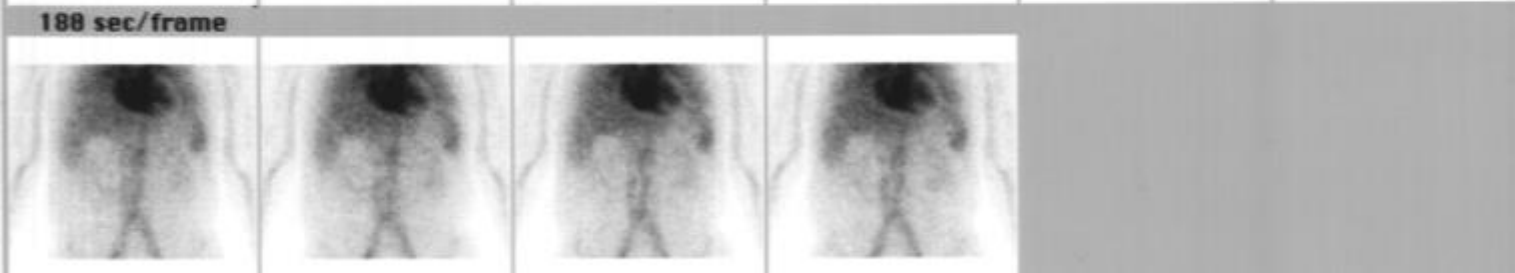
癌ではなく、腺腫と

断定できる。

Name: ID : 104645555 Isotope: Tc-99m EX: 2003.02.14 13:50 ROOM: 123%
 Hokkaido Univ. Hospital Ecam Pharm : GSA BD: 1954.06.11 48M
 Dose : 185 MBq LUT: Gray Scale



肝不全
 GSA



このような
 症例は

PATIENT NAME : INSTITUTE : HOKKAIDO UNIV. HOSPITAL Ecam
 PATIENT ID : 104645555 PROTOCOL : REGION_RATIO
 BIRTH DATE : 11-JUN-1954 ACQ. DATE : 14-FEB-2003

SPECT
 不要



1 DYNAMIC				2 DYNAMIC				3 DYNAMIC				4 DYNAMIC			
STUDY 2 FRAME 67				STUDY 2 FRAME 103				STUDY 2 FRAME 214				STUDY 2 FRAME 250			
#	SIZE	MAX	SUM	#	SIZE	MAX	SUM	#	SIZE	MAX	SUM	#	SIZE	MAX	SUM
	mm	cts	cts		mm	cts	cts		mm	cts	cts		mm	cts	cts

HH15 = 0.907

LHL15 = 0.667

^{99m}Tc -MAA pulmonary perfusion scintigraphy

- ^{99m}Tc 141 keV、コリメータ LEHR。

^{99m}Tc -MAA (macro-aggregated albumin)

(大凝集アルブミン) 185MBq 静脈投与2分後から撮像可能。肺野正面、背面、左右後斜位プラナー像。MAAは直径10～50 μm で、肺動脈末梢毛細血管を通過できず停滞するので、肺動脈血流分布が画像化される。肺静脈、左心系、大動脈は描画されない。

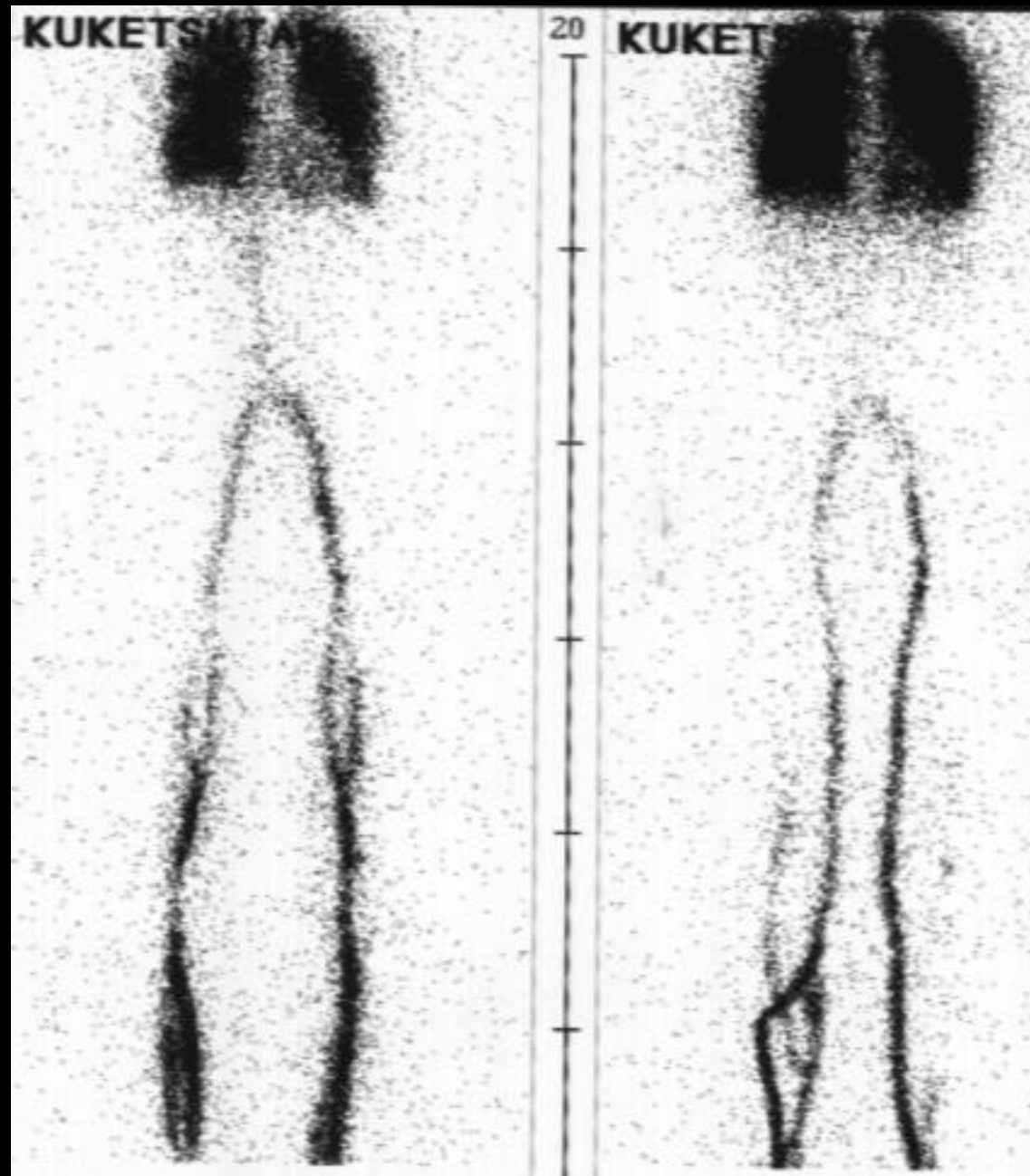
肺癌は、胸部大動脈から分枝する気管支動脈から血流をうけるので、MAA分布は欠損する。

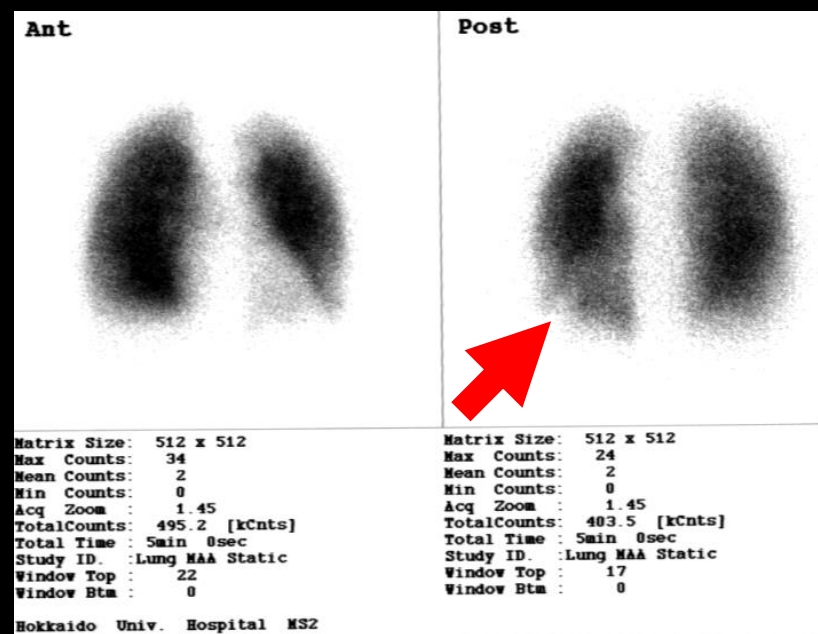
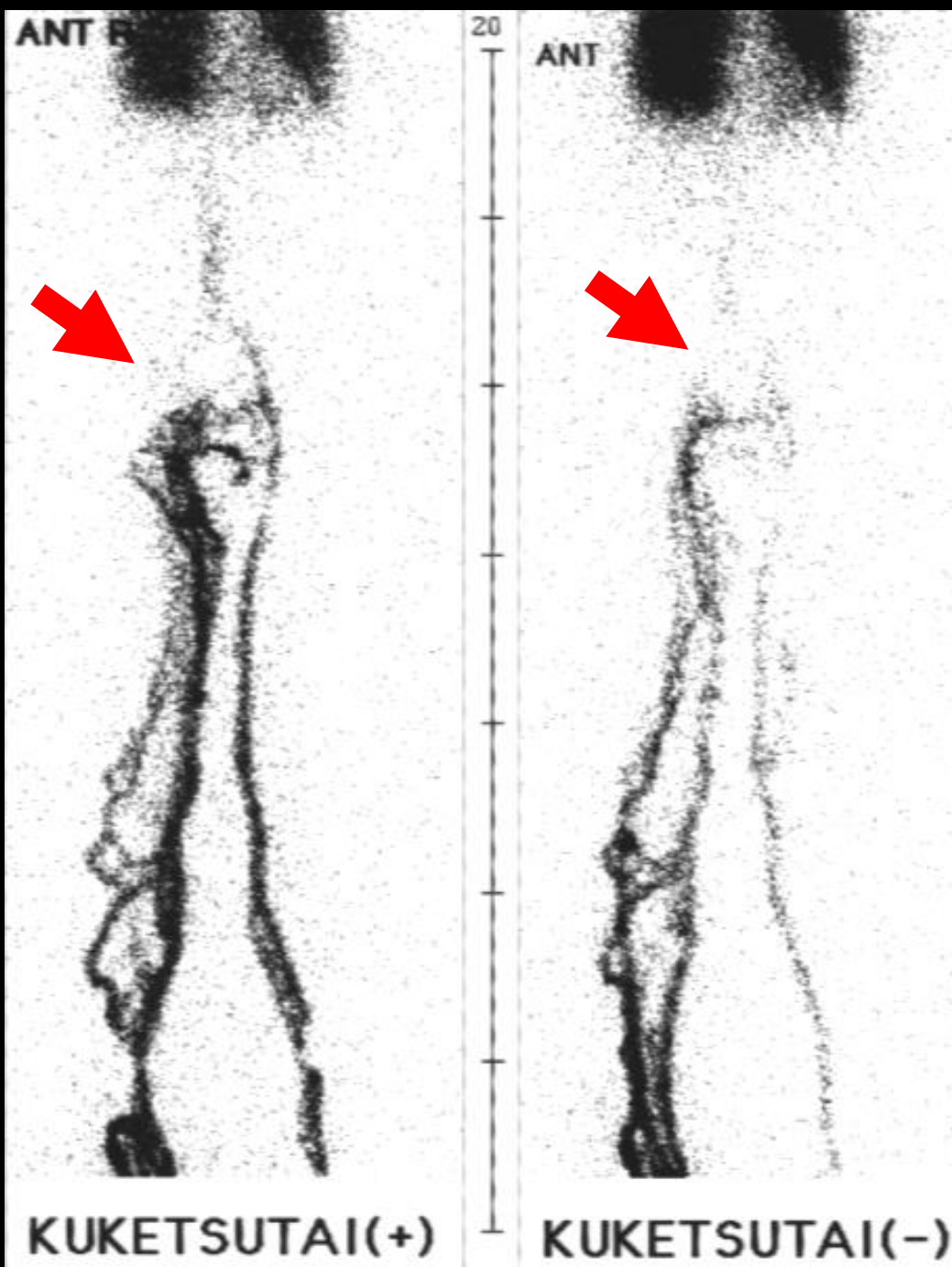
^{99m}Tc -MAA(大凝集アルブミン) Venography

左右足背静脈から I. V.
しながら撮像すると、
下肢静脈と肺血流を
一度に撮像できる。

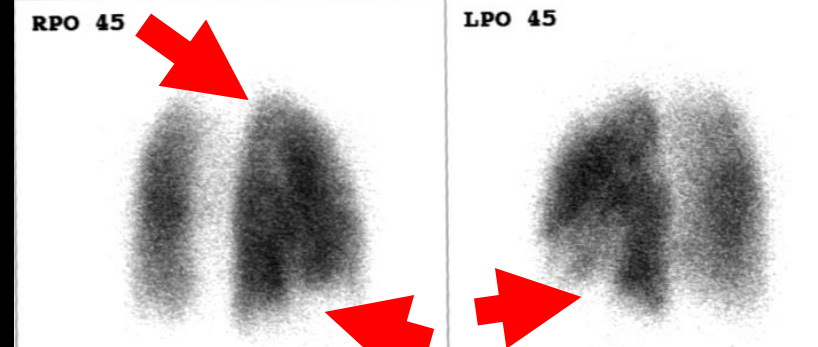
下腿部を駆血すると
深部静脈が描画される。

駆血帯を外すと
表在静脈(大伏在静脈)
が描画される。





Name : ABE CHIKARA B.day : 1970.09.14 Exam.Date : 2003.
 ID : 104733043 Age/Sex: 32M Exam.Time : 11:04
 Pharm: Tc99m MAA 222 MBq Study : Organ : Lung



右外腸骨静脈に血栓
 肺塞栓
 (右S2、8、左S8、9)



従来の骨シンチグラフィと ^{18}F 骨PET画像の比較 (Na^{18}F 骨PET)

PETのほうが骨転移病変
を明瞭に描出している。

Na^{18}F 骨PETの臨床使用
は、まだ未定。

^{99m}Tc -MDP bone scintigraphy

- ^{99m}Tc 141 keV、コリメータ LEHR。

^{99m}Tc -MDP (methylene diphosphonate) または
 ^{99m}Tc -HMDP (hydroxy MDP) 555 MBq 静脈投与
3～5時間後に撮像。全身正面、背面プラナー像。
1000 counts / cm² 以上で撮像。
必要に応じてSPECT撮像。

尿への正常排泄があるので、排尿をしてから撮像する。
下着の尿汚染、導尿チューブがある症例では、
尿の画像が骨の画像に重ならないように工夫して撮像。

^{131}I - Adosterol adrenal scintigraphy

^{131}I 365KeV 高エネルギー用コリメータ HEGP

^{131}I - Adosterol 18.5 MBq 静脈投与。

投与後、3日目と7日目くらいに、正面、背面プラナー像。

Adosterol は 約1週間かけてゆっくり副腎皮質に集まる。

アドステロールは、コレステロールの類似物質。

コレステロールは、副腎皮質ホルモン(コルチゾルなど)の材料なので ^{131}I - Adosterolは、**副腎皮質に集積**する。

脂質なので水に溶けない。エタノール溶液の薬剤。

アルコールに弱い患者では、酒酔い症状が出るので、生理的食塩水で2倍以上に希釈して数分かけて静脈投与。

^{131}I 標識薬剤なので、甲状腺ブロックの前処置が必要。

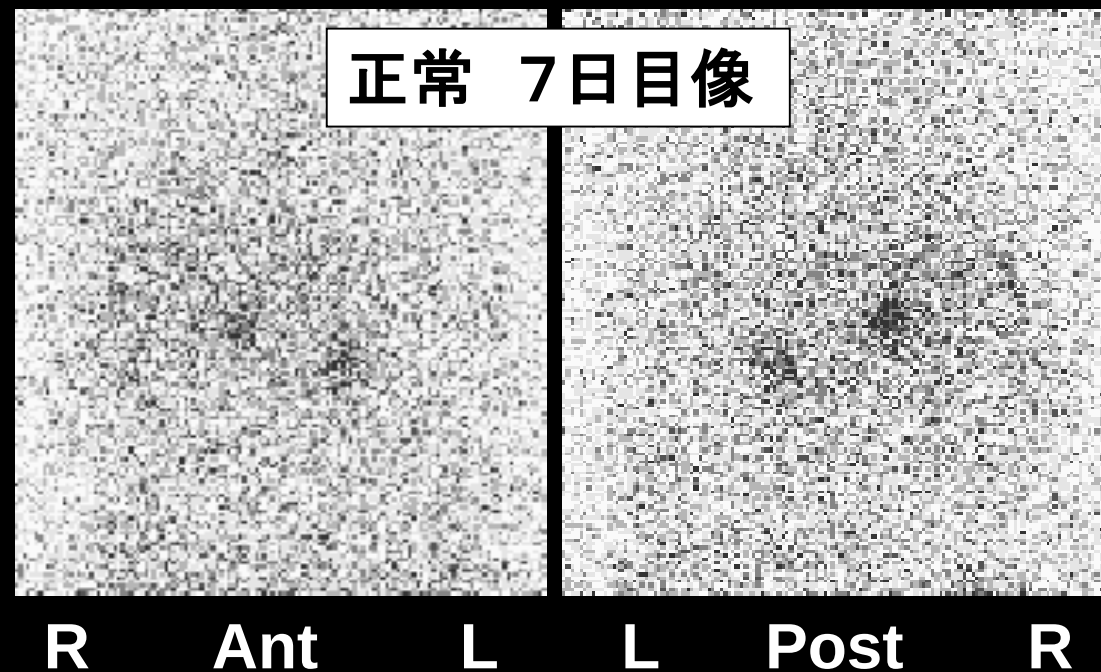
¹³¹I-Adosterol Adrenal scintigraphy

副腎皮質への集積量は投与量の 0.4% 以下と低いので、撮像時間は長いほうが良い(30分程度)。

上腹部の正面と背面の planar 像を、必ず撮像する。

肝が右にあるので、右副腎は左副腎より背側にある。
そのため、背面像では右副腎の描画が高い場合が多いが、病的集積か正常集積か判断するには、**正面像も必要**。

(病的集積であれば
正面、背面像ともに
病側の描画が高い。)



副腎皮質ホルモン（ステロイドホルモン、コルチコイド）

副腎皮質は、**コレステロール**を原料にして、**ステロイドホルモン**を数種類分泌する。主なものは、**コルチゾル（糖質コルチコイド）**と**アルドステロン（硬質コルチコイド）**。

コルチゾルは、蛋白質や脂肪の代謝を促す。過剰になると免疫低下、高血糖、骨粗しょう症、体幹部肥満、満月様顔貌、興奮、うつ病などの症状（**クッシング症状**）。

アルドステロンは、腎尿細管の Na 再吸収と K 排泄を促す。過剰になると、Na過剰による血液増加、高血圧、低K血症。

コルチゾルの分泌量は、脳下垂体と副腎皮質との間で制御されている。

血中コルチゾルが不足すると、**脳下垂体から 副腎皮質刺激ホルモン (ACTH ; Adreno CorticoTropic Hormone)**の分泌が増加して、副腎のコルチゾル産生が増加する。

血中コルチゾルが過剰になると、ACTH分泌が低下して、副腎のコルチゾル産生が低下する。

アルドステロンの分泌量は、ACTH の制御を受けない。

(アルドステロンは、アンジオテンシンⅡで制御される。)

(腎血流低下 → レニン増加 → アンジオテンシンⅡ増加
→ アルドステロン増加 → 血液増加)

クッシング症候群 Cushing Syndrome

血中コルチゾルが過剰で、Cushing症状を示す疾患の総称

副腎性 Cushing 症候群 (Functioning Cortical Adenoma)

副腎皮質にコルチゾル を過剰分泌する 腺腫がある。

ACTH は減少して、正常副腎の機能は低下する。

ACTH 産生腫瘍 ACTHが過剰で、左右副腎が腫大する。

下垂体性 Cushing 症候群 (Cushing 病)

脳下垂体に ACTH を過剰産生する 腺腫がある。

異所性 ACTH 症候群 (Ectopic ACTH Syndrome)

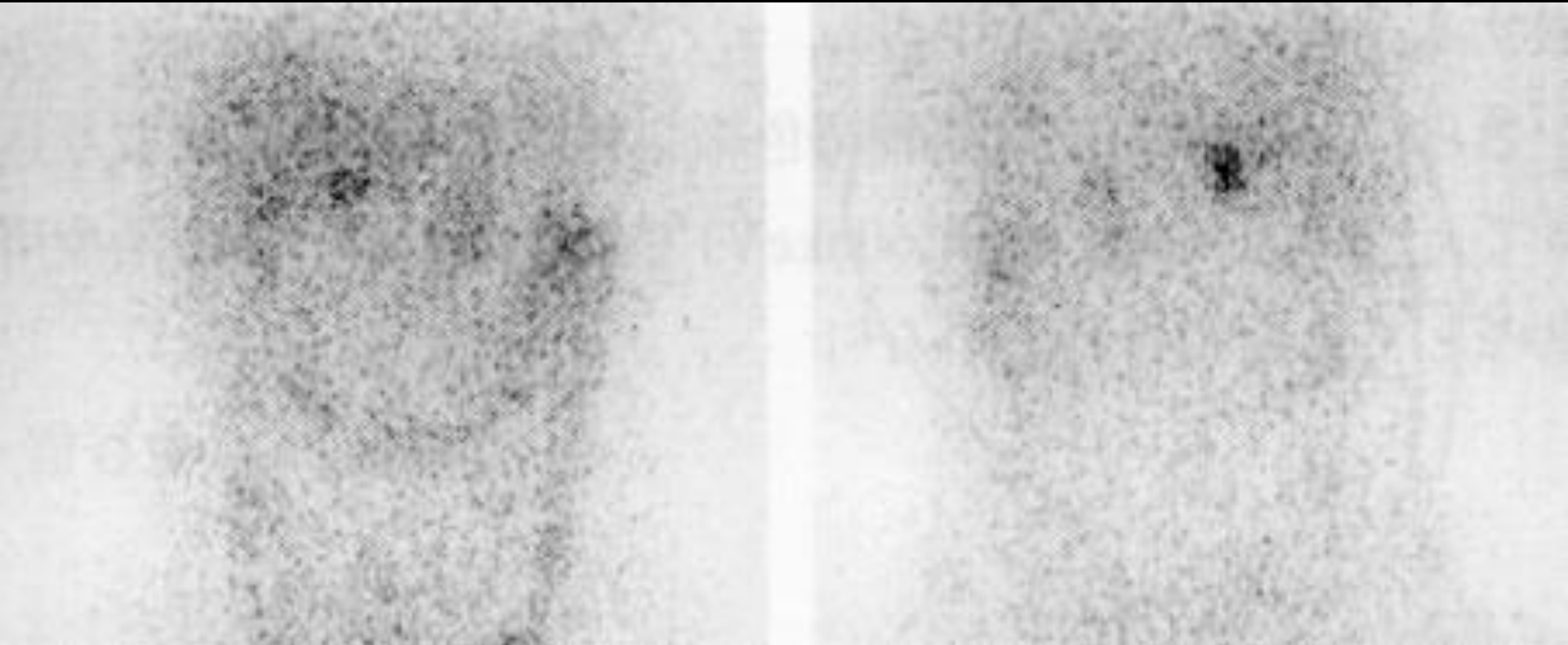
肺癌、胸腺腫瘍、卵巣腫瘍などが ACTH を産生する。

¹³¹I - Adosterol 副腎皮質 シンチグラフィ

右副腎皮質腺腫

(右に分布亢進、左は ACTH低下に伴う分布低下)

正常副腎皮質は、左右対称に描画 (右副腎のほうが背側にあるので、背面像では右副腎のほうが、軽度描画が高い)



Anterior

Posterior

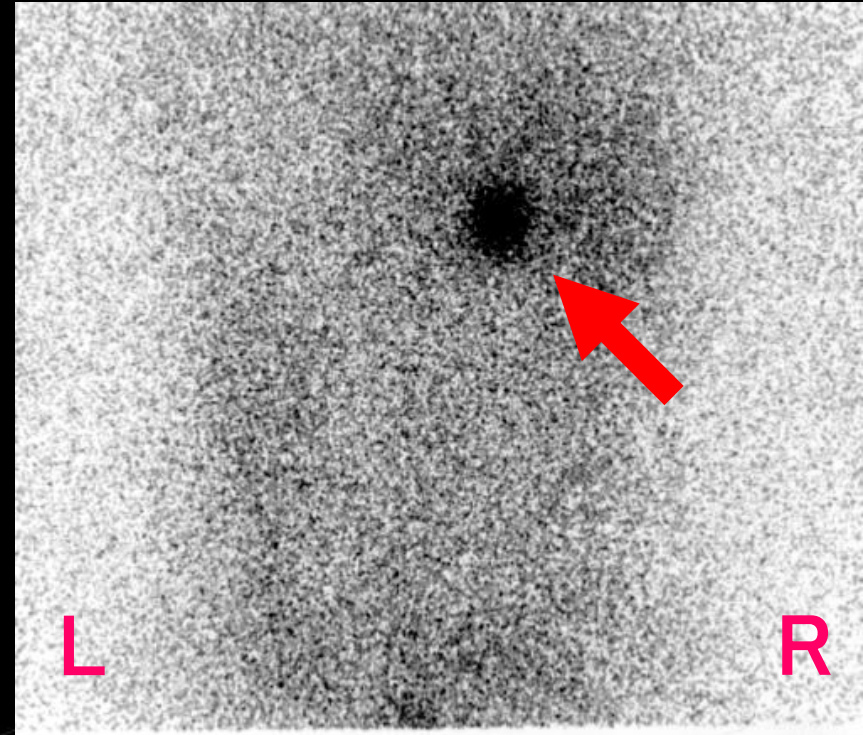
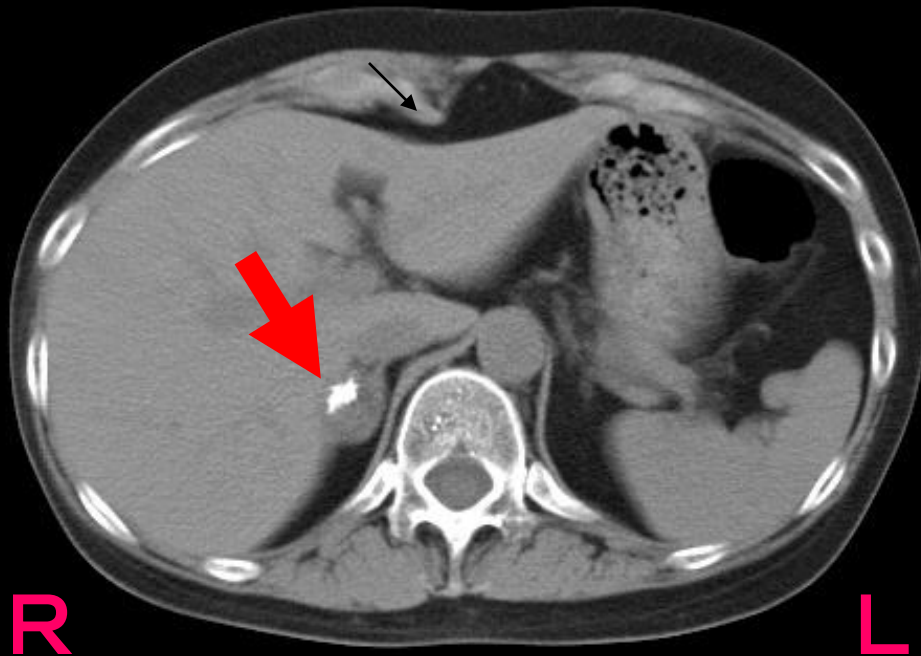
クッシング症候群 Cushing syndrome

副腎皮質ホルモンを過剰産生する副腎皮質腺腫。

(functioning adrenal cortical adenoma)

副腎皮質刺激ホルモン (ACTH) が減少するので
健常側副腎への集積が低下する。

^{131}I - Adosterol scintigraphy



Post image

^{131}I -アドステロール投与7日後に撮影した腹部後面像を示す。
考えられるのはどれか。

1. 神経芽腫
2. 神経鞘腫
3. 褐色細胞腫
4. 副腎髄質過形成
5. クッシング症候群

