

問題 44 4ギガベクレル(GBq)の放射性ヨード
(¹³¹I、半減期 8 日)は何日後に 1 GBq になるか。

1. 4 2. 8 3. 16 4. 32 5. 64

4GBq (= 4000 MBq) が 1GBqに減衰

= 1/4 に減衰 = 1/2 x 1/2 に減衰

= 2 半減期 経過

= 8 日 x 2

= 16 日

半減期 Half life $T_{1/2}$

$$N = N_0 \times (1/2)^{(t / T_{1/2})}$$

崩壊定数 λ

1秒間に原子核が崩壊する割合

$$dN/dt = -\lambda N$$

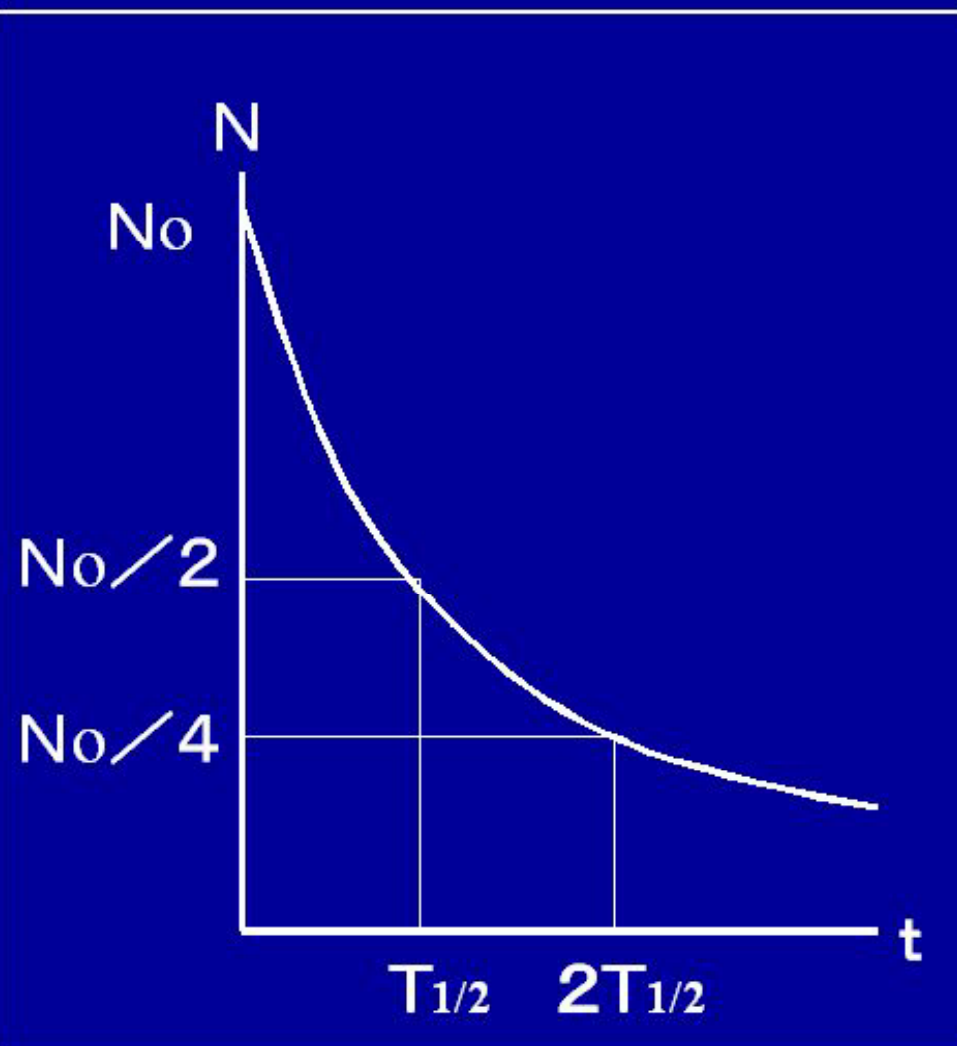
$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$N_0/2 = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$1/2 = e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$\text{Log}(1/2) = \text{Log}(e^{-\lambda T_{1/2}})$$

$$\text{Log}2 = 0.693 = \lambda T_{1/2}$$



放射能の測定にウエル型シンチレーションカウンタを用いる種類はどれか。

a ^{131}I

b ^3H

c ^{14}C

d ^{59}Fe

e ^{51}Cr

1. a, b, c 2. a, b, e

3. a, d, e 4. b, c, d

5. c, d, e

〔注解〕 ウエル型シンチレーションカウンタは γ 線の測定に用いられる。したがって γ 線を出さない ^3H 、 ^{14}C の測定には適さない。

また、それぞれの γ 線エネルギーは ^{131}I が0.364 MeV、 ^{59}Fe が1.10, 1.29 MeV、 ^{51}Cr が0.320 MeVである。

図 3

γ 線測定用(シンチレーション)カウンタで測定できる放射性核種はどれか。

a ^3H

b ^{35}S

c ^{14}C

d ^{59}Fe

1. a, c, dのみ 2. a, bのみ

3. b, cのみ 4. dのみ

5. a~dのみ

〔注解〕 ^3H 、 ^{35}S 、 ^{14}C はそれぞれ β 線は放出するが、 γ 線は放出しない。 ^{59}Fe は β 線、 γ 線を放出する。

図 4

^3H 、 ^{14}C は β 線 だけを放出。

シンチレーションカウンタについて正しいのはどれか。

- a 放射線と発光原性物質との相互作用を利用している。
 - b シンチレータに液体を用いるものは β 線の検出効率が高い。
 - c γ 線の検出に適していない。
 - d 体外測定にはできない。
1. a, c, dのみ 2. a, bのみ
3. b, cのみ 4. dのみ

〔注解〕 a シンチレーションカウンタは放射線と発光原性物質(シンチレータ)との発光作用を応用したものである。

b 液体シンチレータは低エネルギー β 線や α 線を検出するのに用いられる。

c 無機シンチレータは γ 線の測定に適している。

d ウェル型シンチレーションカウンタは体外測定にも用いられる。

よって正しいものはaとbである。

液体シンチレーションカウンタ

β 線測定器。主に ^{14}C 、 ^3H の β 線測定。

資料を液体シンチレータに入れて測定する。

ウェル型シンチレーションカウンタ

NaI 結晶を、井戸型にしたシンチレータ。

γ 線、KX線の測定に頻用される。

次の各項目に使用された放射線測定器を下群から選んだとき、誤っている組合せはどれか。

1. 試験管中の試料測定(γ 線放出体)
 _____ レノグラム装置
2. 低エネルギー β 線放出体(^3H , ^{14}C)
 _____ 液体シンチレーションカウンタ
3. シンチグラム _____ シンチスキャナ
4. 個人被曝測定 _____ フィルムバッチ
5. 汚染の発見 _____ サーベイメータ

〔注解〕 臨床検査業務で用いる放射線測定器の用途別の設問である。RI臨床検査実習を経験していれば十分理解しうる問題である。レノグラム装置は、放射性同位元素を用いた腎機能検査機器であり、試験管内の液状放射性試料はウェル型シンチレーションカウンタを用いるのが通常である。 図 1

〔関連事項〕 サーベイメータ (survey meter) : 放射線の汚染検出に用いる携帯用の測定器で、 α 線、 β 線、 γ 線、中性子線測定用がある。方式は、電離箱式、比例計数管式、GM式、シンチレーション式、半導体素子を用いたものなどがある。ウェル型シンチレーションカウンタ : カウンタの検出部であるNaI(Tl)結晶にウェル(井戸)型の穴を開け、そのなかに試料を入れた試験管などを挿入し、放射線を検出する装置。シンチスキャナ : 放射性ヨウ素そのほかの放射性同位元素を体内に投与し、特定臓器に沈着した放射性同位元素を外部からスキャン(走査)し、その臓器のシルエット(シンチグラム)を描く装置である。

放射性同位元素としての規制を受けない¹³¹Iの総量は次のうちどれか。

1. 10 μ Ci まで
2. 50 μ Ci まで
3. 75 μ Ci まで
4. 100 μ Ci まで
5. 250 μ Ci まで

[注解] 放射線障害防止法のうち、「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件」の第一条に関する問題である。¹³¹Iの物理的半減期は8.04日なので、「第3群」(30日以下のRIについて数量規制)に相当する。 図 1

(関連事項) 放射線を放出する同位元素には密封型と、非密封型があるが、臨床検査科関係で使用するものは後者が多い。この密封されていないもので、その種類が一種類のものについて規制(科学技術庁告示第22号・第1条・第1項数量)を下記に示すので参照されたい。

群	種類	数量
第1群	⁹⁰ Sr および α 線を放出する同位元素	0.1 μ Ci まで
第2群	物理的半減期が30日をこえる放射線を放出する同位元素(³ H, ⁷ Be, ¹⁴ C, ³⁵ S, ⁵⁹ Fe, ⁶⁰ Fe, ⁹⁰ Sr ならびに α 線を放出するものを除く)。	1 μ Ci まで
第3群	物理的半減期が30日以下の放射線を放出する同位元素(¹⁸ F, ⁵¹ Cr, ⁷¹ Ge, ²⁰¹ Tl ならびに α 線を放出するものを除く)ならびに ³⁵ S, ⁵⁹ Fe および ⁶⁰ Fe	10 μ Ci まで
第4群	³ H, ⁷ Be, ¹⁴ C, ¹⁸ F, ⁵¹ Cr, ⁷¹ Ge, ²⁰¹ Tl	100 Ci まで

放射線防護に必要なのはどれか。

- a 線源からの距離を大きくする。
- b 線源をあらかじめ強アルカリ性溶液に浸しておく。
- c 線源を冷却する。
- d 作業時間を短くする。
- e 遮へい物を設置する。

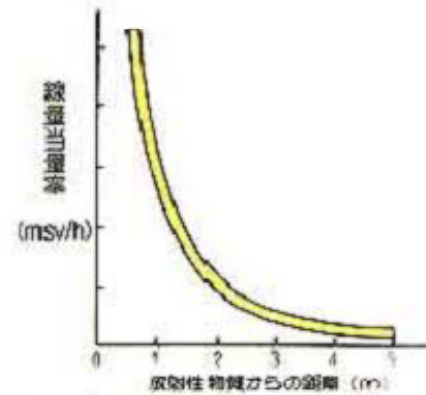
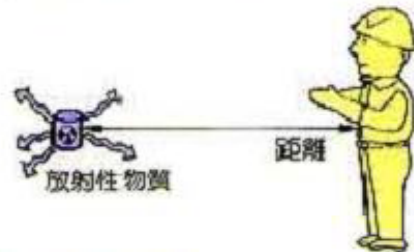
- | | |
|------------|------------|
| 1. a, b, c | 2. a, b, e |
| 3. a, d, e | 4. b, c, d |
| 5. c, b, e | |

〔注解〕 放射線防護の3原則は距離、遮へい、時間である。

放射線防護の基本

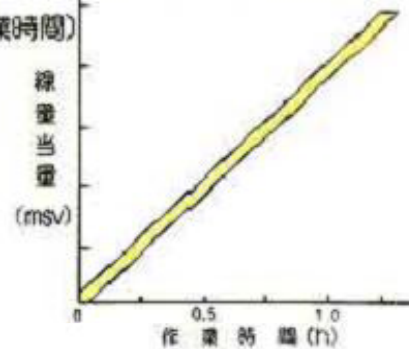
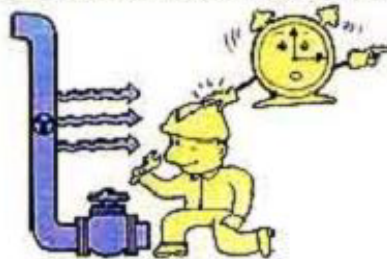
● 距離による防護

(線量当量率) $\propto 1 / (\text{距離})^2$

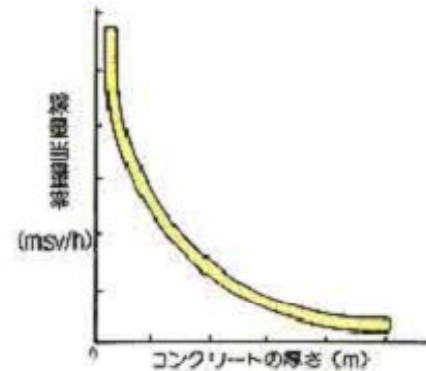
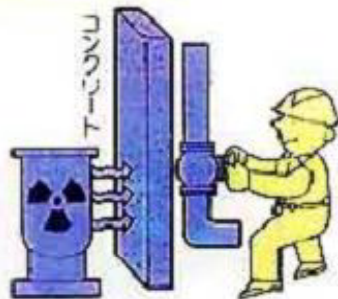


● 時間による防護

(線量当量) = (作業場所の線量当量率) × (作業時間)



● 遮蔽による防護



放射線被曝を減らすための3原則

距離:

放射線源に近づかない

時間:

放射線源に近づく時間を減らす

遮蔽:

放射線源との間に遮蔽物を置く

放射線作業従事者に対する実効線量当量限度、組織線量当量限度および管理区域境界における線量当量限度について次の関係で正しいものはどれか。

- a 実効線量当量限度——50 mSv/年
 - b 眼の水晶体の線量当量限度——150 mSv/年
 - c 眼の水晶体以外の組織の線量当量限度
——500 mSv/年
 - d 女子の腹部の線量当量限度——13 mSv/年
 - e 管理区域の境界——300 μ Sv/年
1. a, b, c 2. a, b, e
3. a, d, e 4. b, c, d
5. c, d, e

〔注解〕 実効線量当量限度は放射線業務従事者があ

る一定期間内で受ける線量当量を示したもので、その値は 50 mSv/年と ICRP より勧告され定められている。女子の腹部の線量当量限度は 13 mSv/3 月(ただし妊娠不能と診断された者および妊娠中の者を除く)、管理区域とは放射線障害防止法において「外部放射線に係る線量当量が 300 μ Sv/週を越えるおそれのある場所と規定されている。 答 1

- 6. 放射線業務従事者の線量限度

- ・ 実効線量限度 $100\text{ mSv} / 5\text{年}$
 - ・ $50\text{ mSv} / \text{年}$

- ・ 妊娠中でない女子 $5\text{ mSv} / 3\text{月}$

- ・ 一般公衆の実効線量限度 $1\text{ mSv} / \text{年}$

- ・ 等価線量限度

- ・ 目（水晶体） 1 5 0 m S v / 年
- ・ その他 5 0 0 m S v / 年
- ・ 妊婦の腹部 2 m S v / 妊娠中

個人被ばく線量測定用具として誤っているものを2つ選べ。

1. フィルムバッジ
2. ポケット線量計
3. シンチスキャナ
4. アラームメーター
5. GMサーベイメーター

〔注解〕 1. 放射線によりフィルムが感光して黒化する性質を利用した、個人被ばく線量測定用具として現在最も広く使用されている測定用具。

2. 小型携帯用の電離箱。

3. 医学的診断装置で、人体からの放射性核種の分布を測定する装置。

4. 線量があらかじめ決められた線量値を越えると警報が鳴るようにした装置。

5. GM管を使用した空間線量率分布測定器。

^{99m}Tc が *in vivo* (生体内) の検査によく用いられる理由で誤っているものはどれか、2つ選べ。

1. 半減期が長い。
2. β 線が出ない。
3. エネルギーが適当である。
4. ^{99}Tc ジェネレータより溶出される。
5. 種々の物質の標識が容易である。

(注解) 1. *in vivo* で使用するため半減期が6時間と短い ^{99m}Tc を使用。

2. ^{99m}Tc は、半減期6時間で γ 線のみを放出して ^{99}Tc になる。

3. γ 線のエネルギーが約 140 keV のため検出効率がよい。

4, 5. ^{99m}Tc は ^{99}Mo ジェネレータより溶出され、 ^{99m}Tc -硫化コロイドや、 ^{99m}Tc -アルブミンのような形で標識が容易である。 **答** 1, 4

(関連事項) メタステイブル (metastable) : 準安定状態を意味し、記号 m を用いる。原子などの励起状態がかなり長く続き、基底状態に落ち着くことができずに足踏みしている状態をいう。 ^{99m}Tc (テクネシウム) のほか、 ^{113m}In (インジュウム)、 ^{60m}Co (コバルト) および ^{137m}Ba (バリウム) などがある。

PETカメラは、コリメータがないので高感度。

従来のシンチカメラ

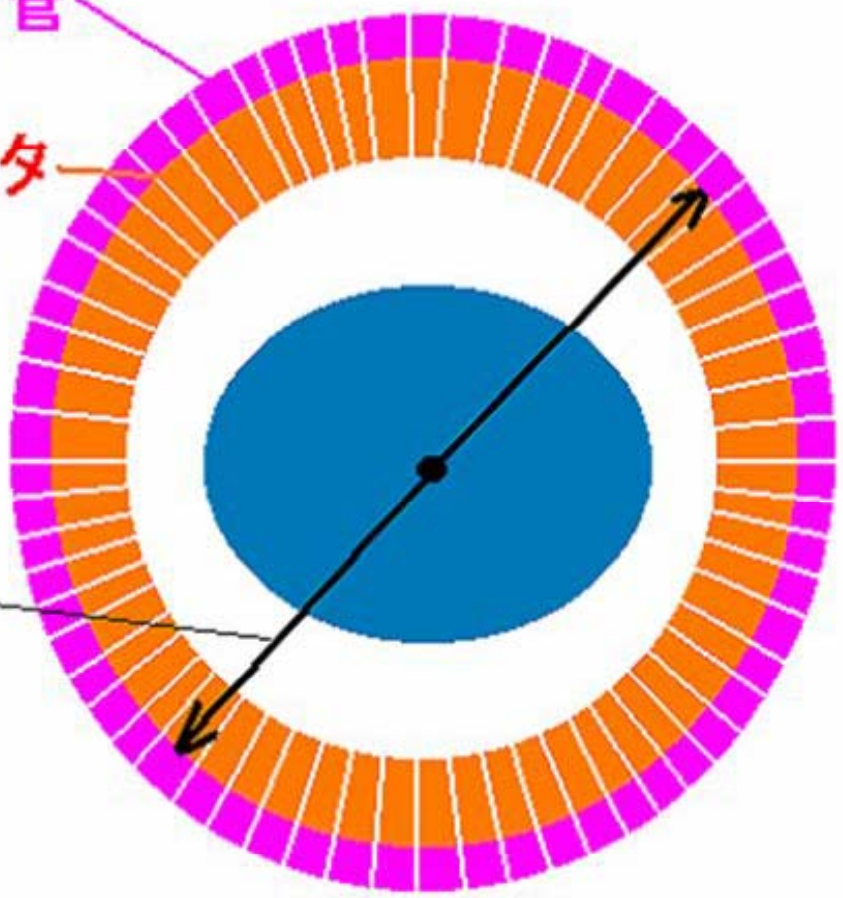


光電子増倍管

シンチレータ

コリメータ

PET



ガンマ線

ガンマカメラ

SPECT 装置

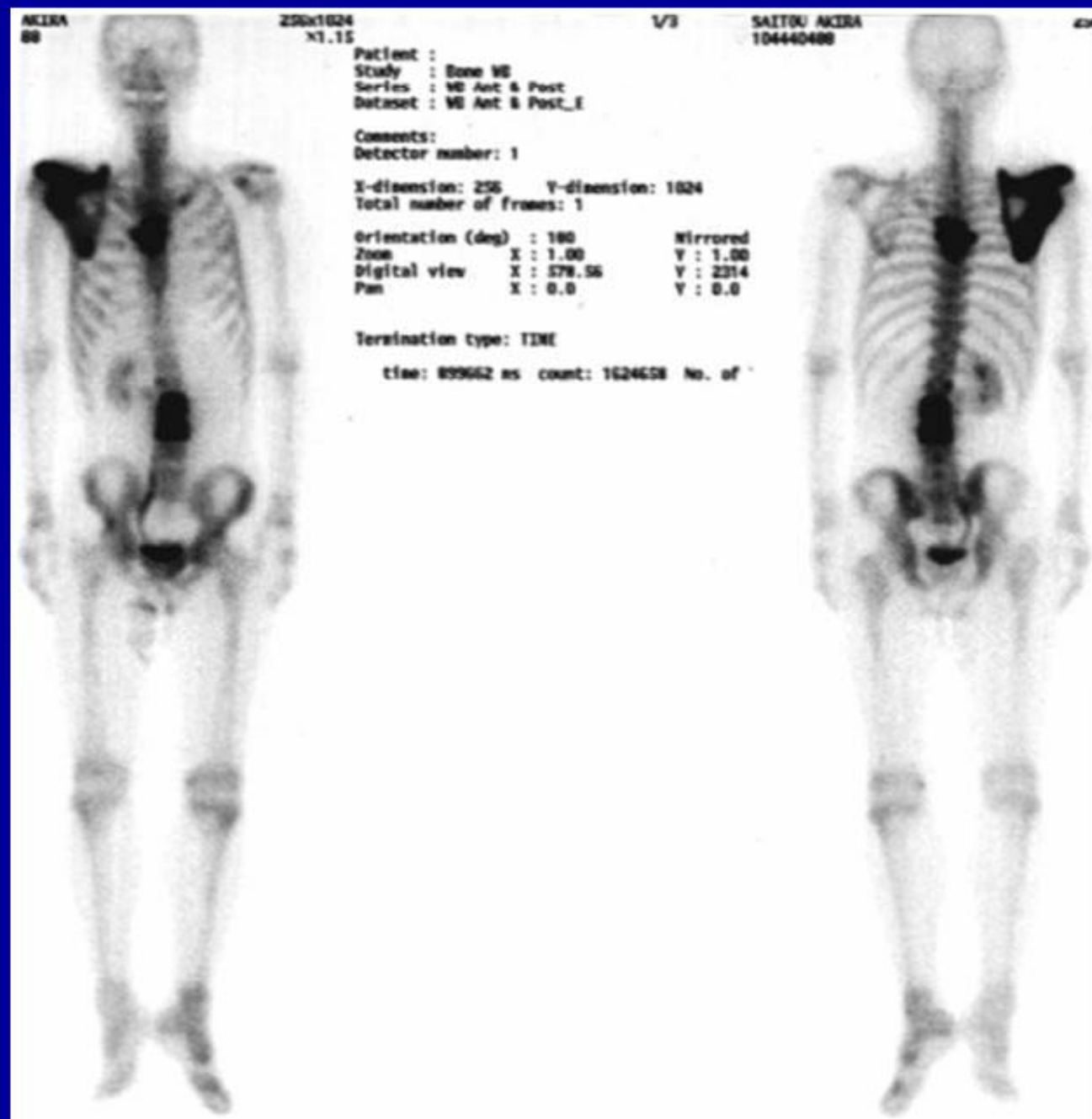


主な核医学検査

骨病変、骨転移の検索	99m-Tc-MDP
炎症、腫瘍の検索	67-Ga、18-F-FDG PET
甲状腺ヨード摂取率	123-I シンチグラフィ
甲状腺癌の治療、転移検索	131-I シンチグラフィ
甲状腺の形態	99m-Tc, 201-Tl シンチグラフィ
肝臓の形状、機能測定	99m-Tc-GSA シンチグラフィ
胆道の通過性	99m-Tc-PMT
心臓の機能測定 フィ	99m-Tc-RBC 心電図同期シンチグラ フィ
心筋血流	99m-Tc-MIBI、201-Tl
脳血流	99m-Tc-ECD, 99m-Tc-PAO, 123-I-IMP
脳のブドウ糖代謝率	18-F-FDG

骨シンチグラフィ リン酸の分布図。骨転移に強く分布。

^{99m}Tc で標識した リン酸 (^{99m}Tc -MDP) を 静脈注射

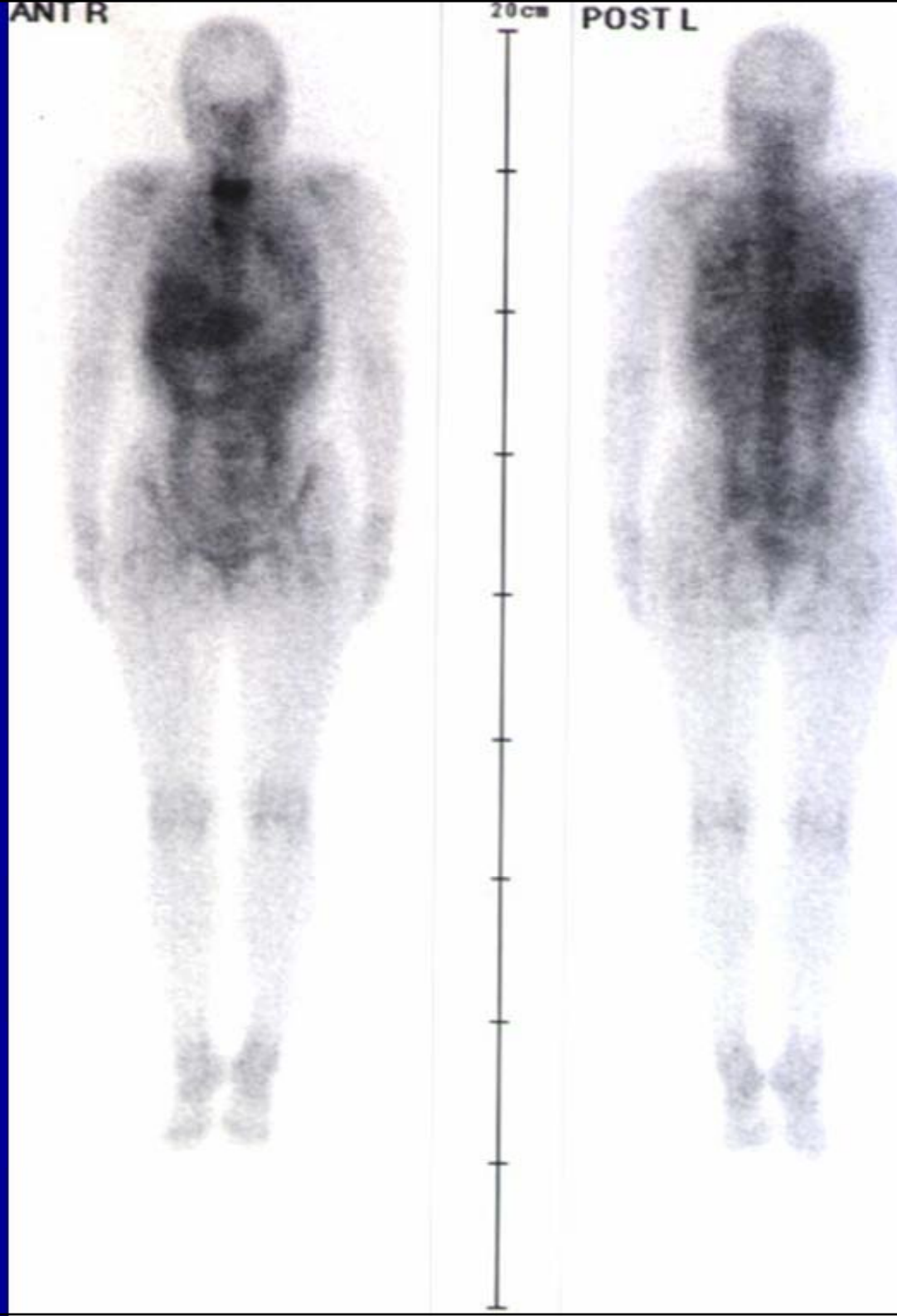


67Ga

炎症細胞に
(マクロファージ)
取り込まれる。

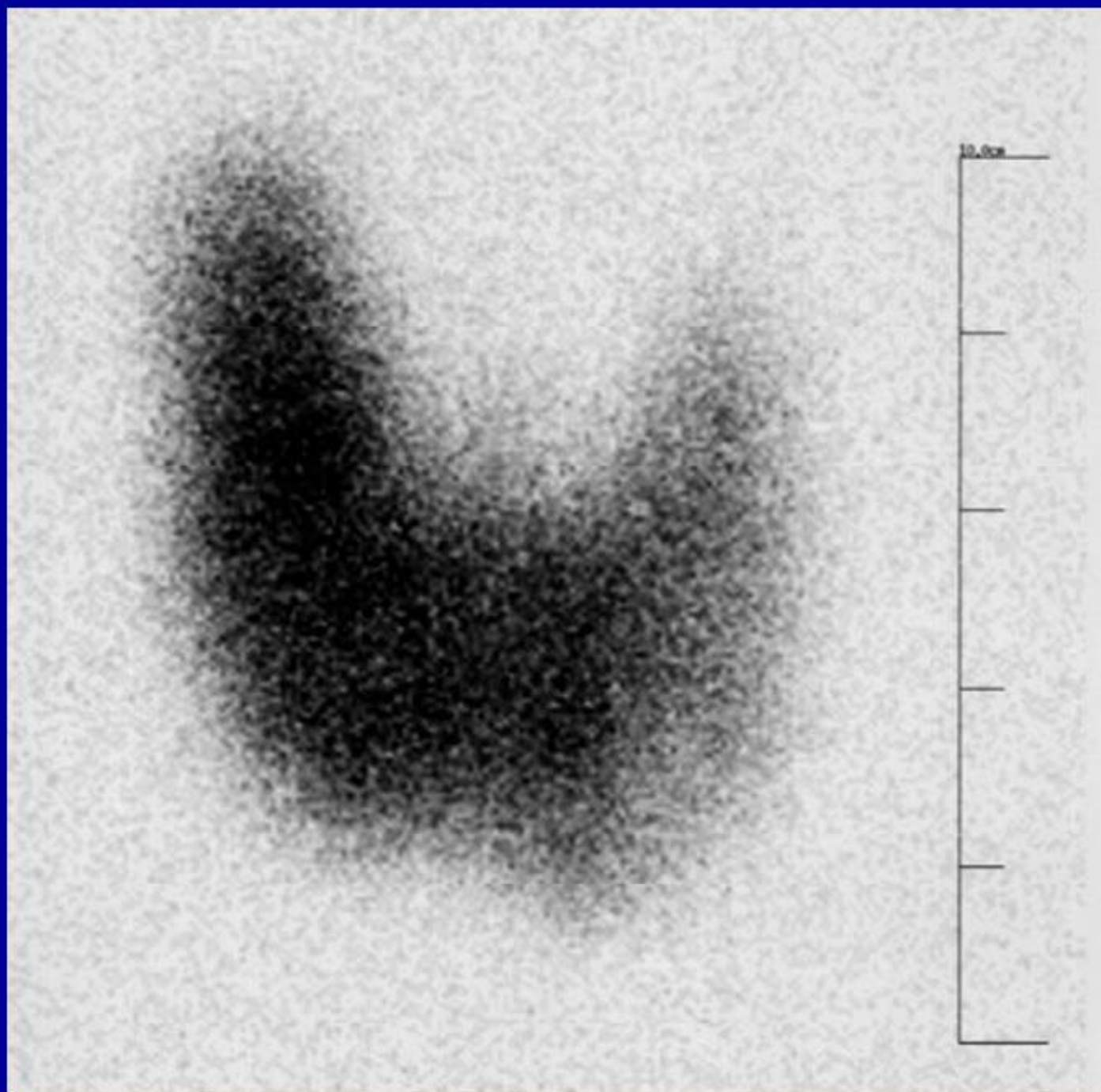
炎症巣に集積
慢性甲状腺炎

癌にも取り込まれる

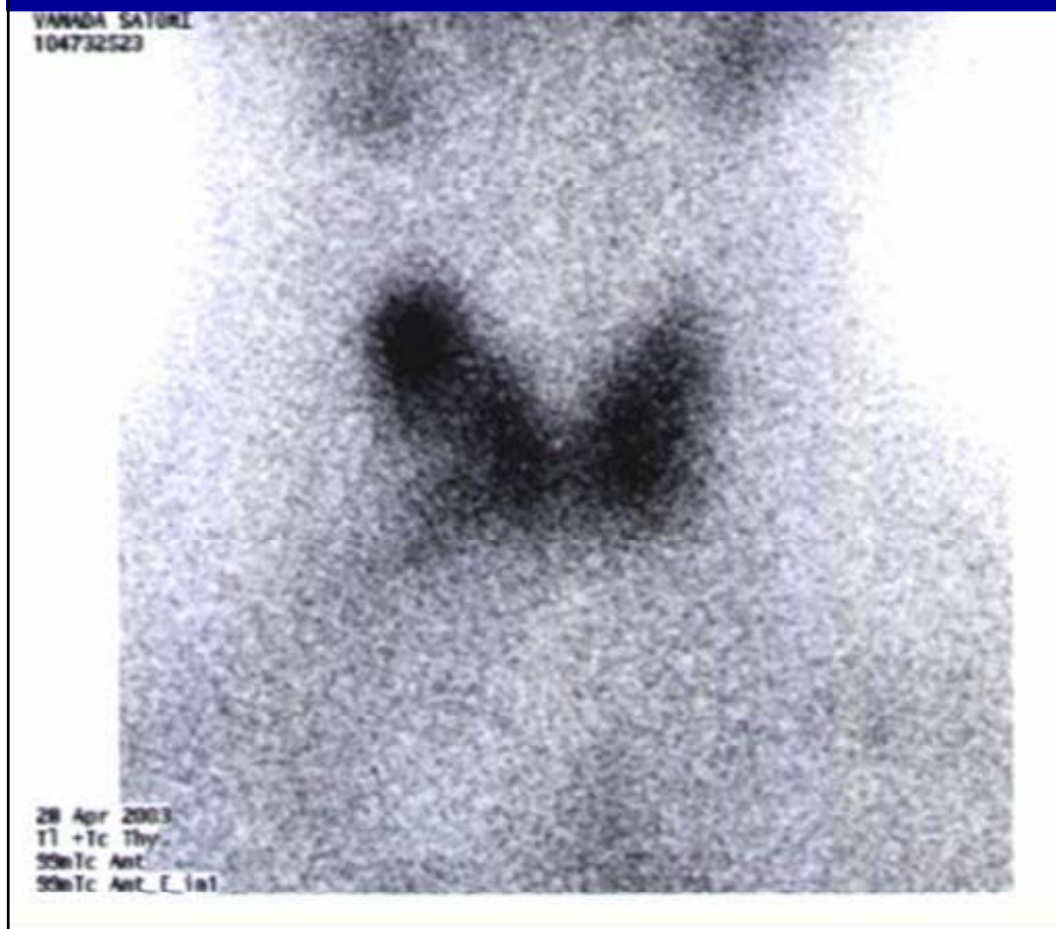


123-I

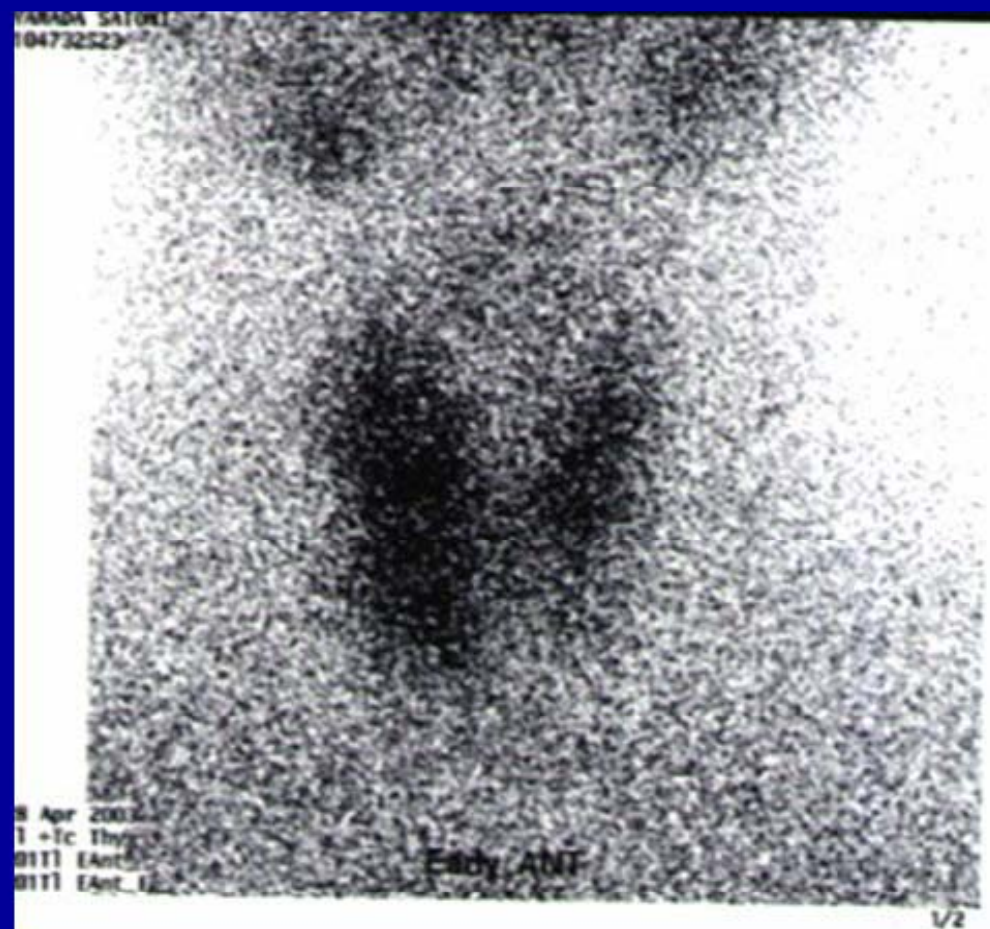
正常甲状腺に
分布



99m-Tc 甲状腺
正常腺組織に分布



201-Tl 甲状腺
血流の多い組織に分布



131-I

甲状腺組織に

分布

甲状腺癌

甲状腺摘出後

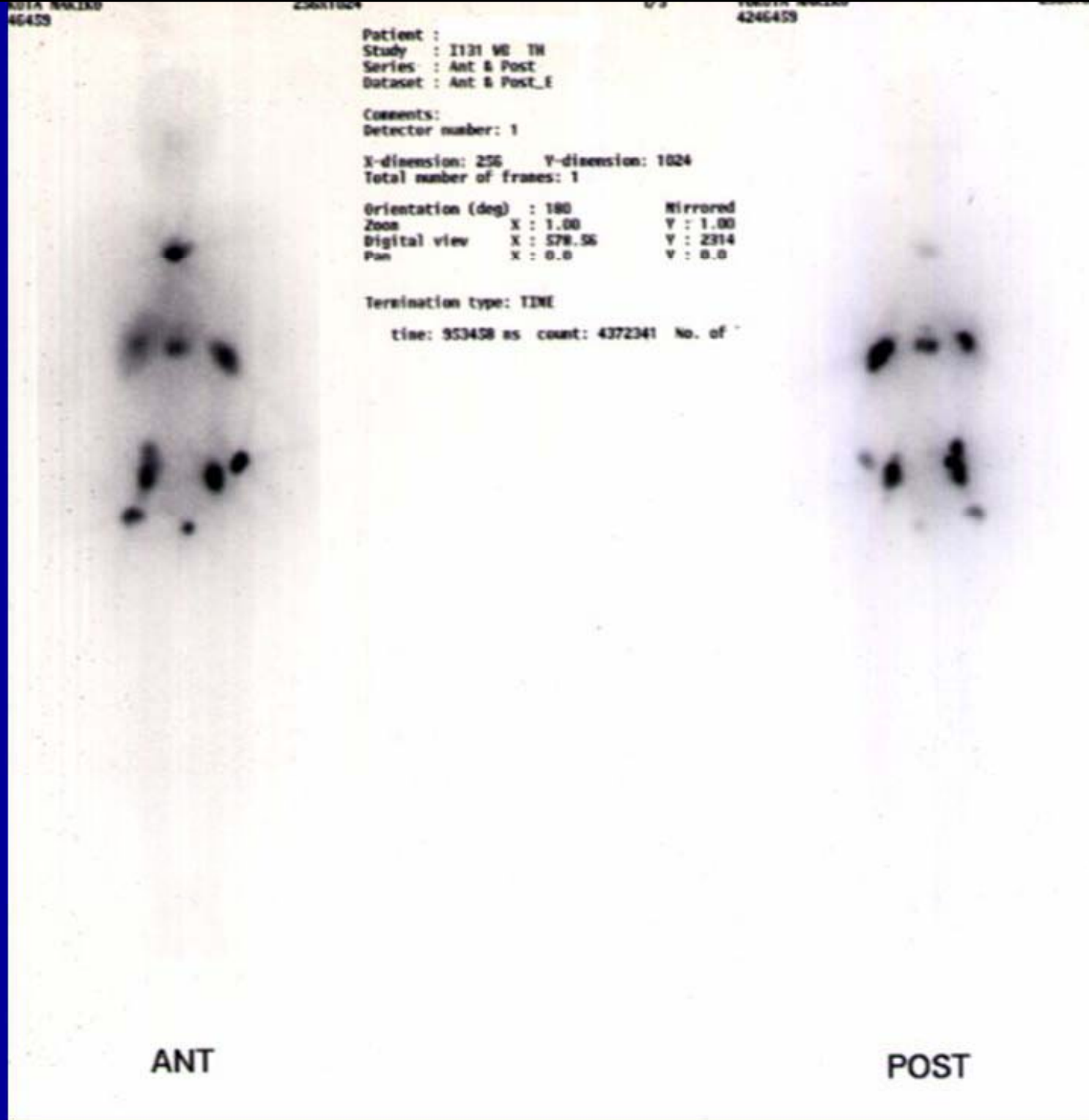
骨転移への分布。

131-Iは β 線を

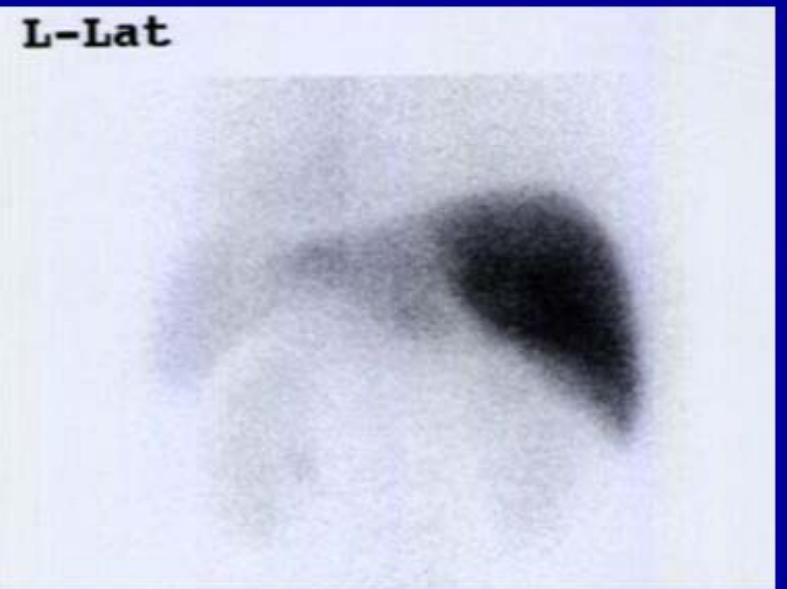
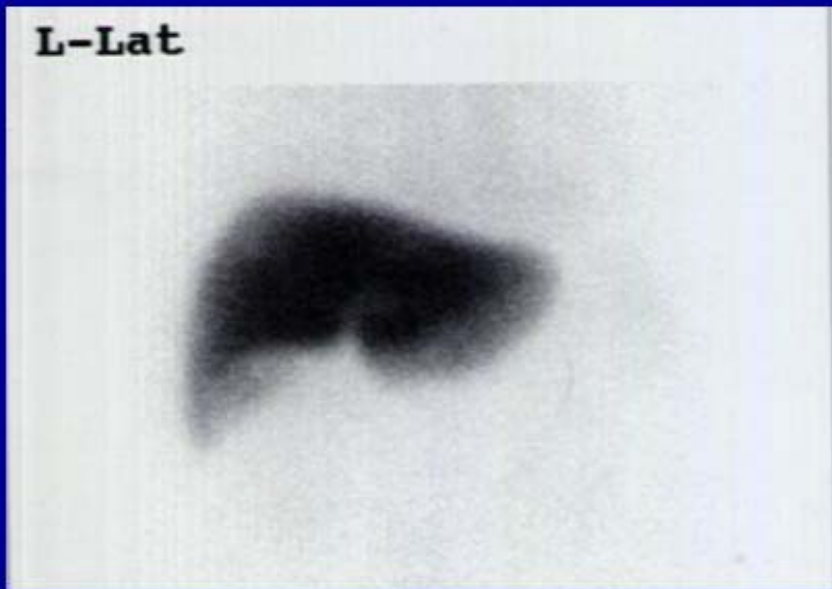
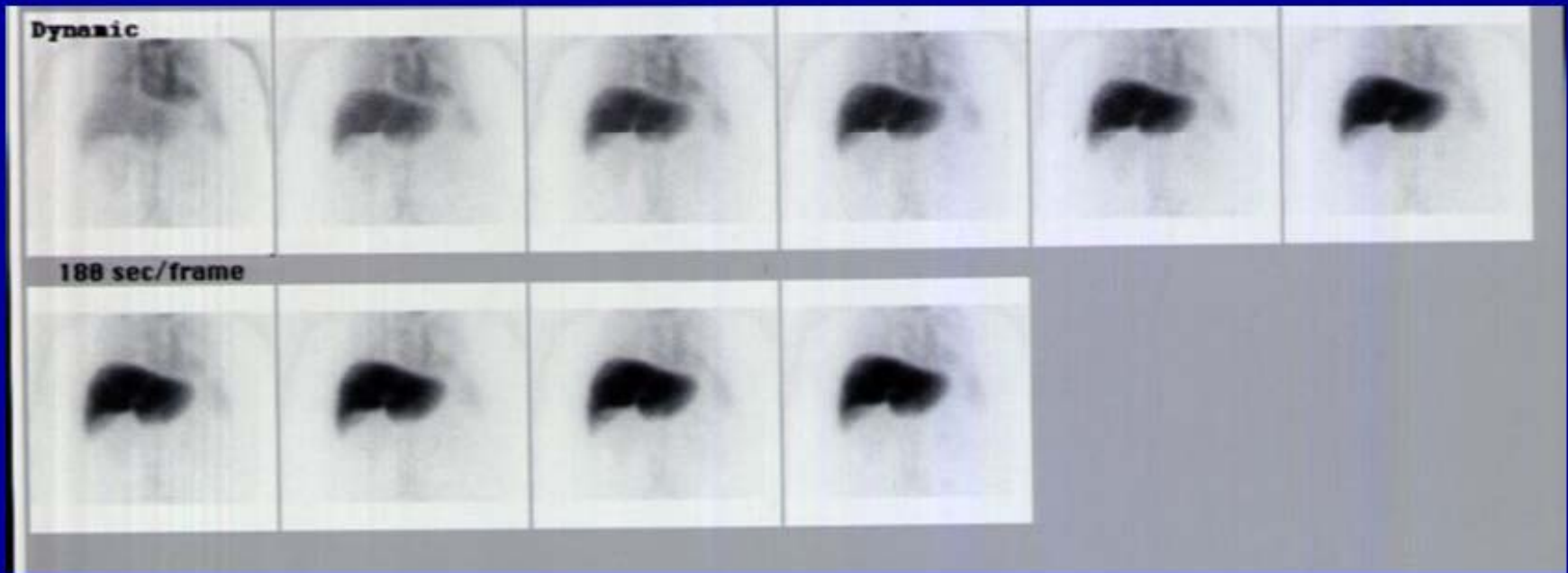
出すので、

集積部位は

治療される。

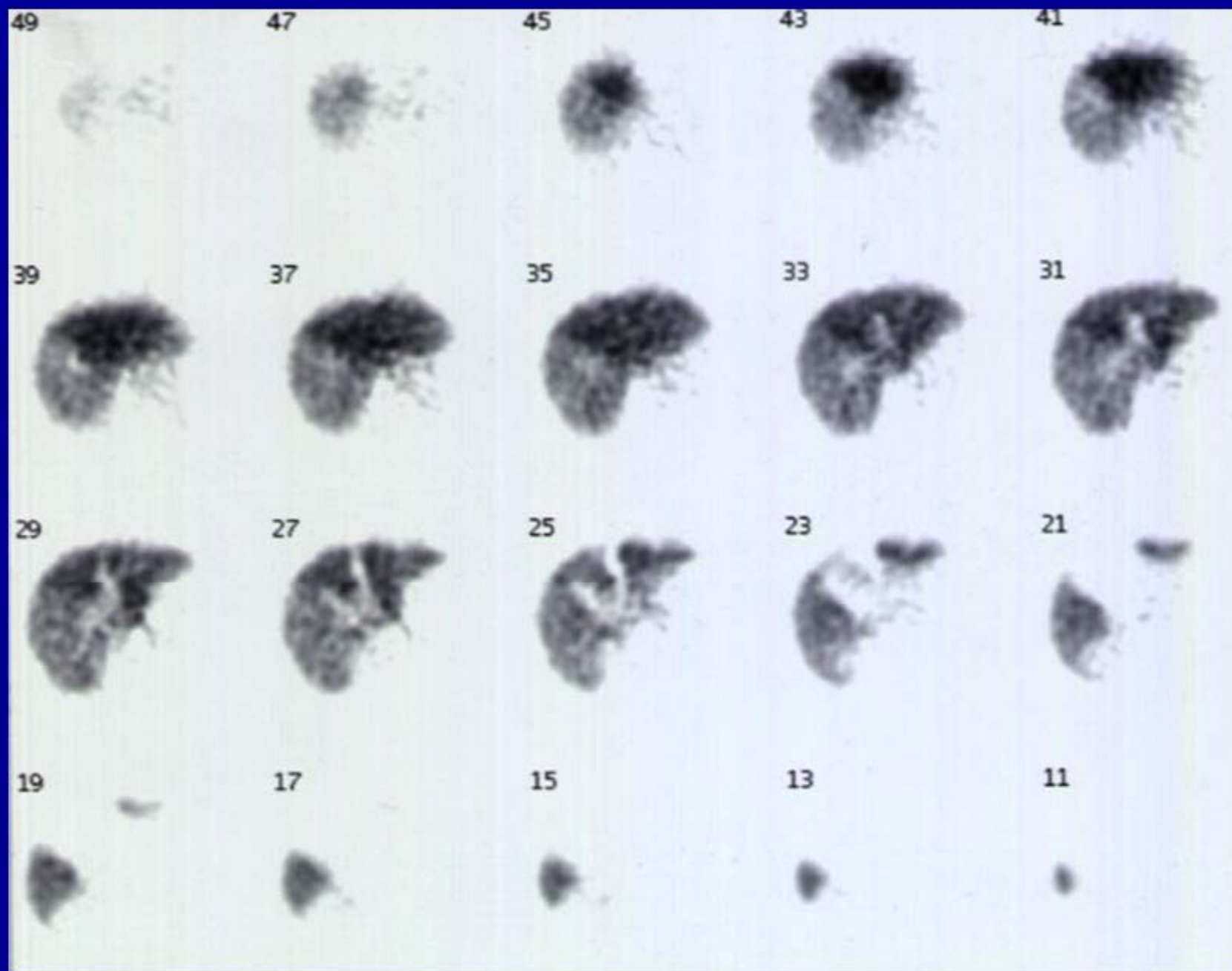


99m-Tc-GSA 正常肝細胞に集積 肝機能を評価



99m-Tc-GSA SPECT (断層像)

肝右葉の正常肝細胞密度が減っている



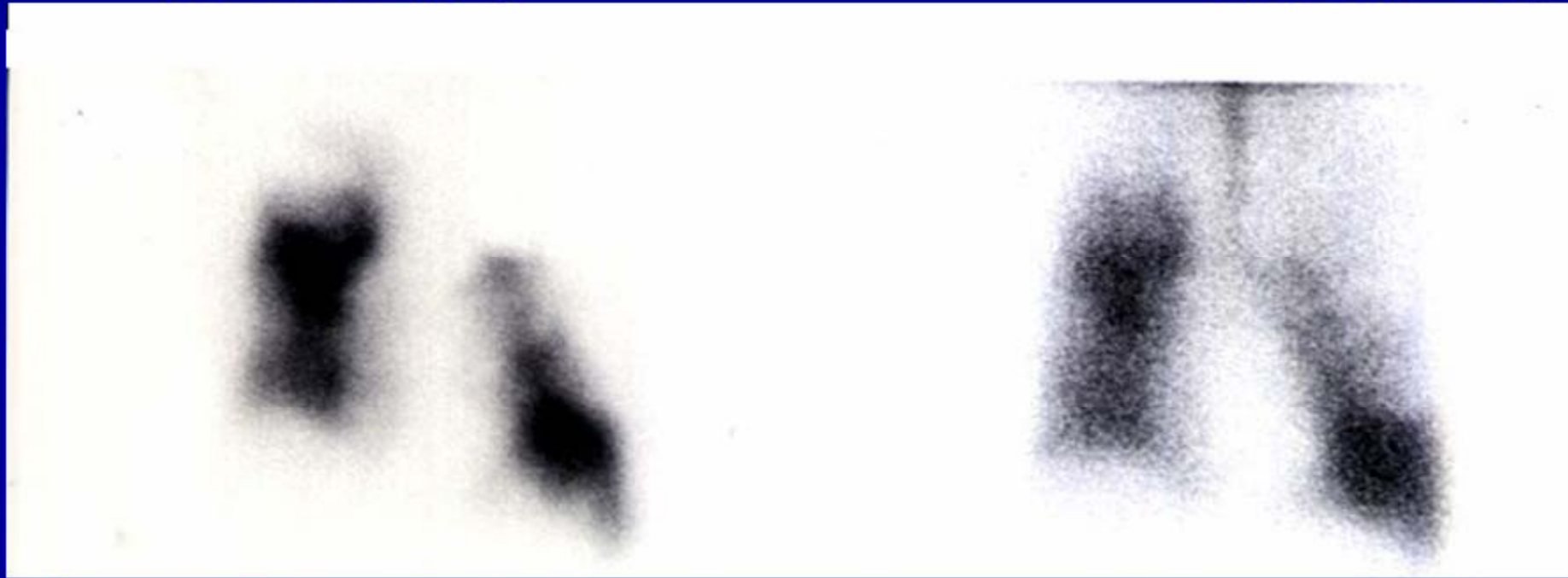
Lung

99m-Tc-MAA(凝集アルブミン)

81m-Kr(希ガス)

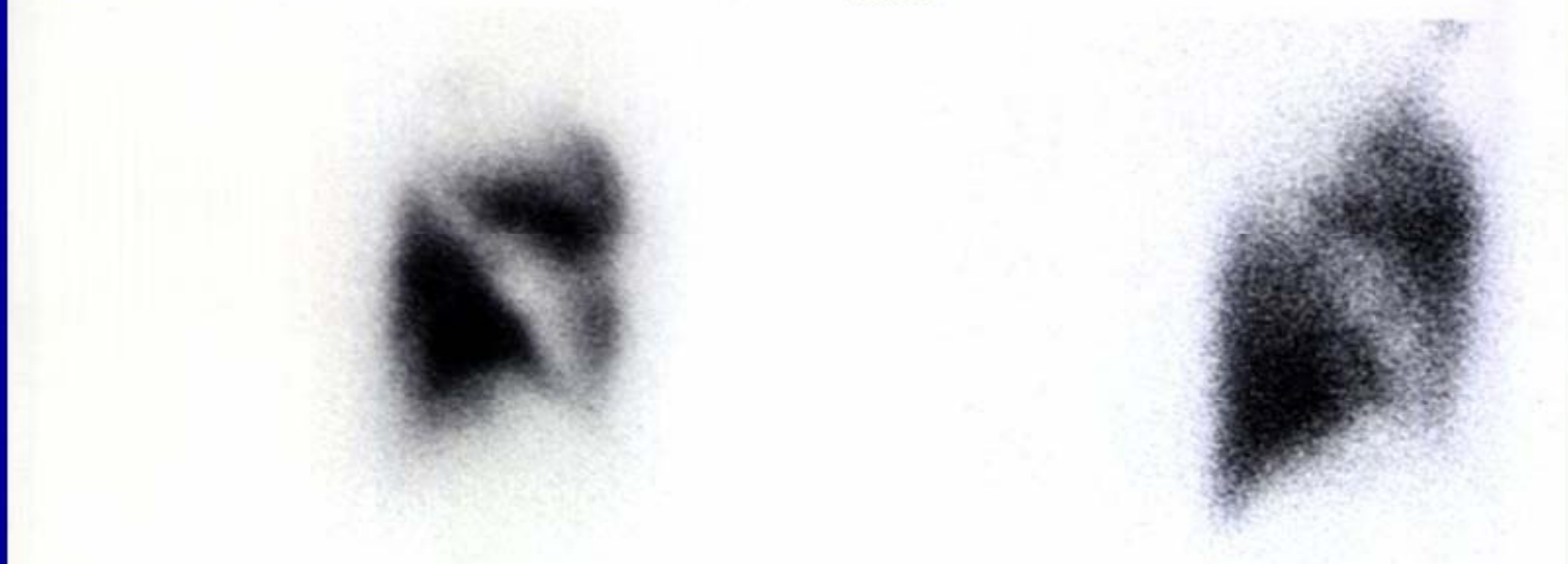
肺血流分布像

肺吸気分布像



HONMA KITSUGU
104744023

HONMA KITSUGU
104744023



99m-Tc-
PMT

ビリルビンの
類似物質

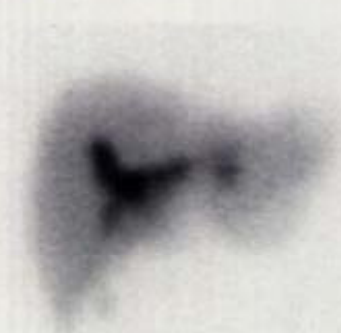
胆汁へ排出

胆道の

通過性を

画像化

15M_ANT



15M_R-lat



30M_ANT



30M_R-lat



45M_ANT



45M_R-lat



99m-Tc-

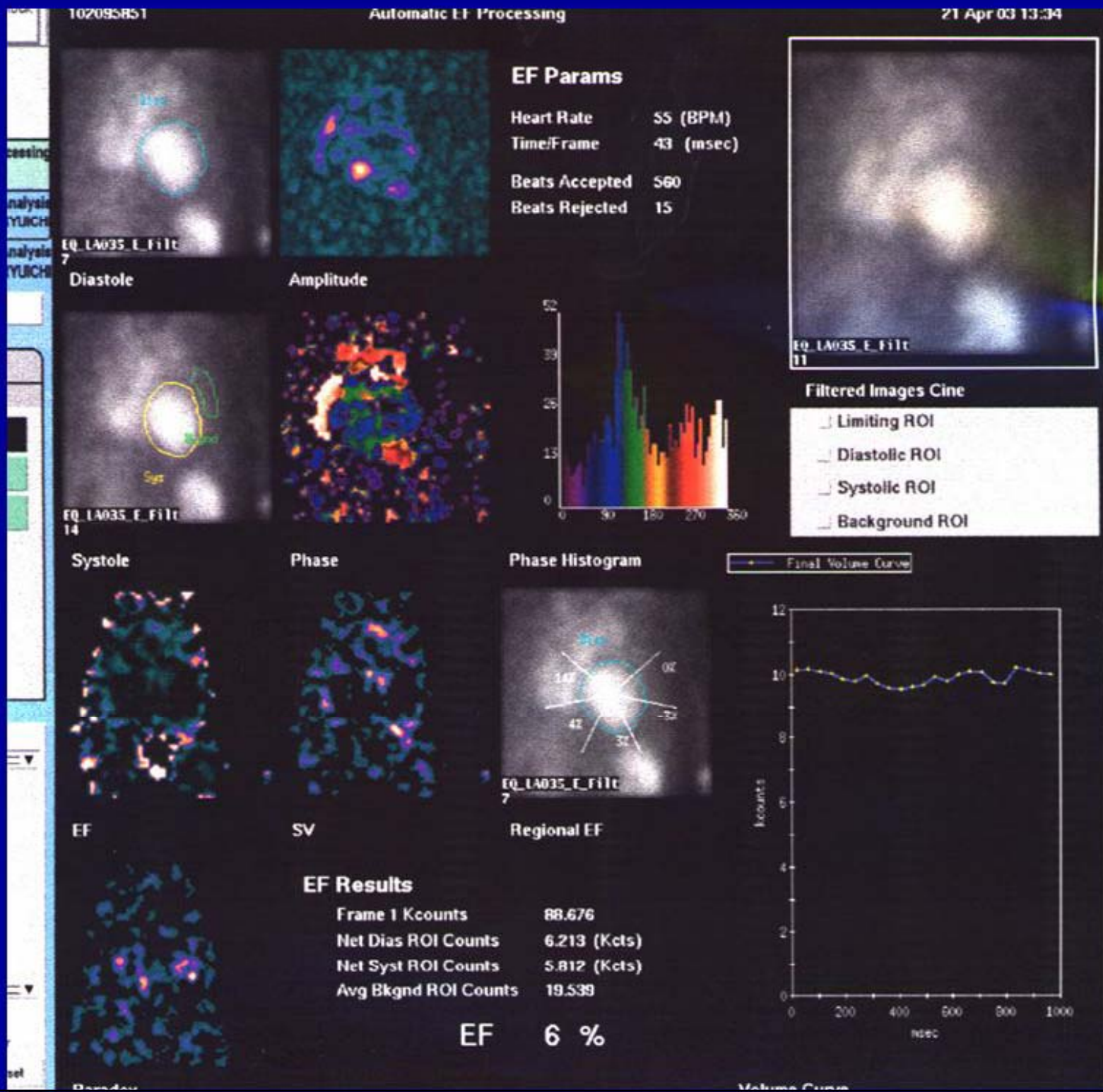
RBC

赤血球に
99mTcを
標識。

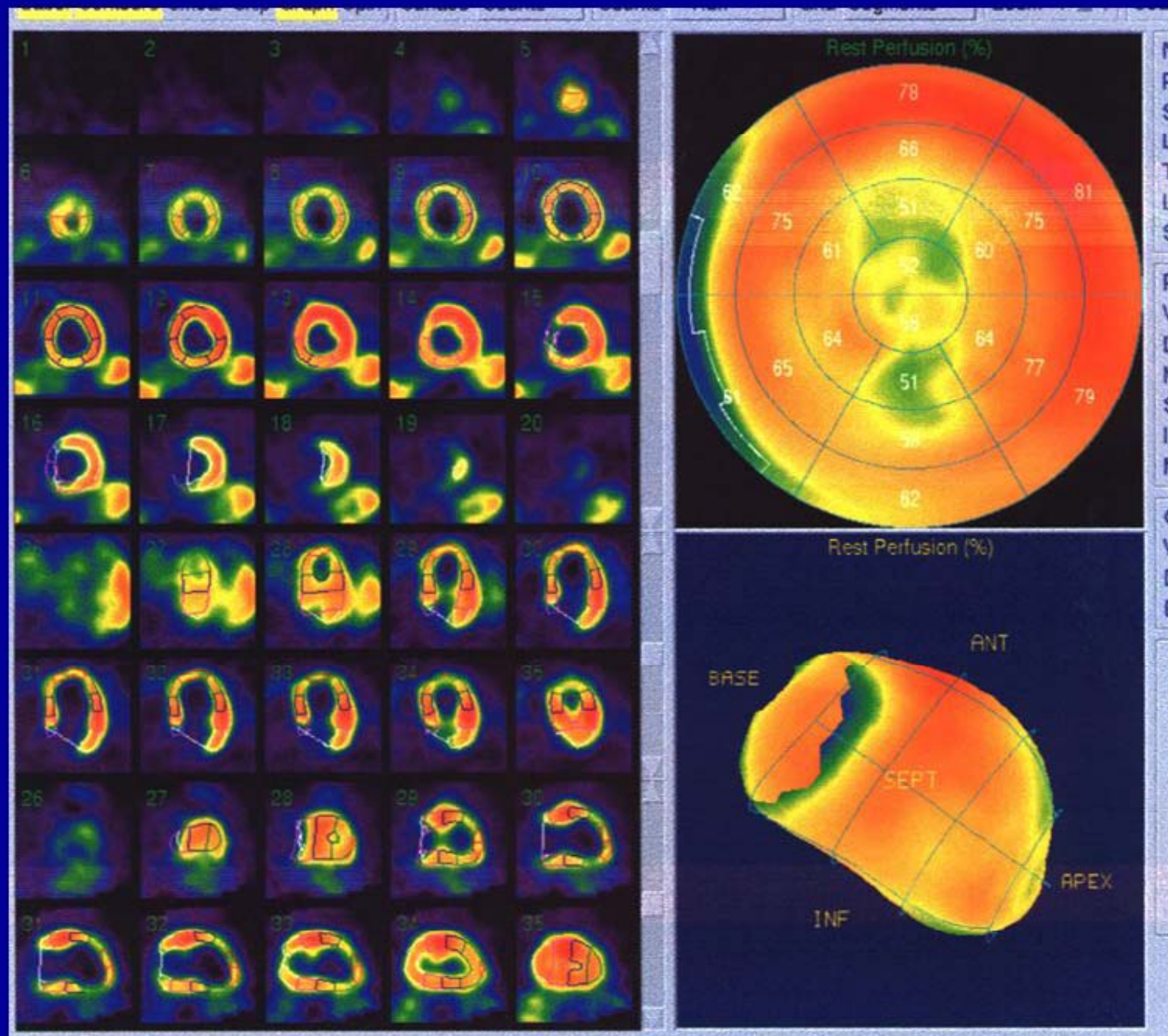
血液分布図

駆出率など

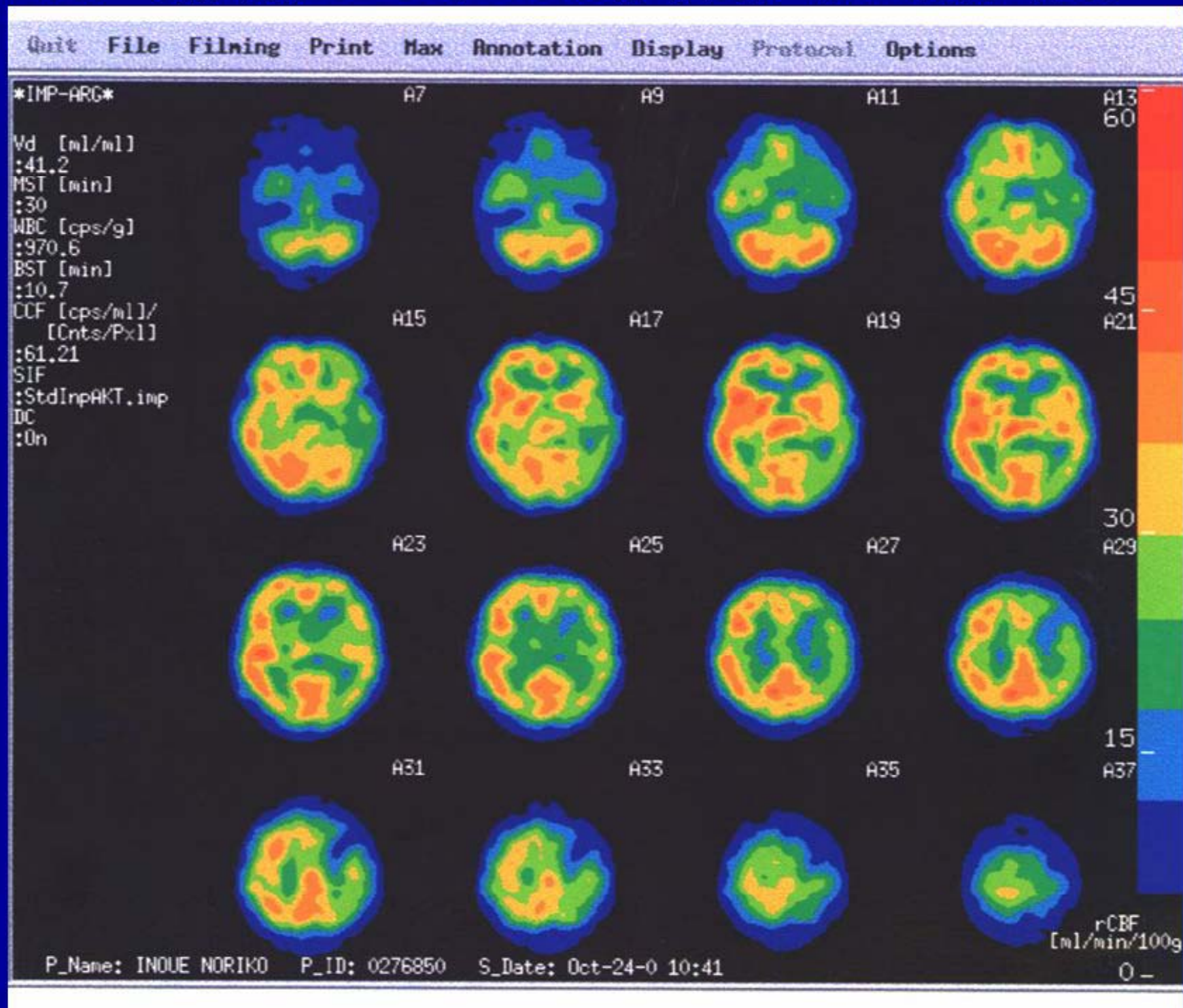
心臓の動き
を調べる。



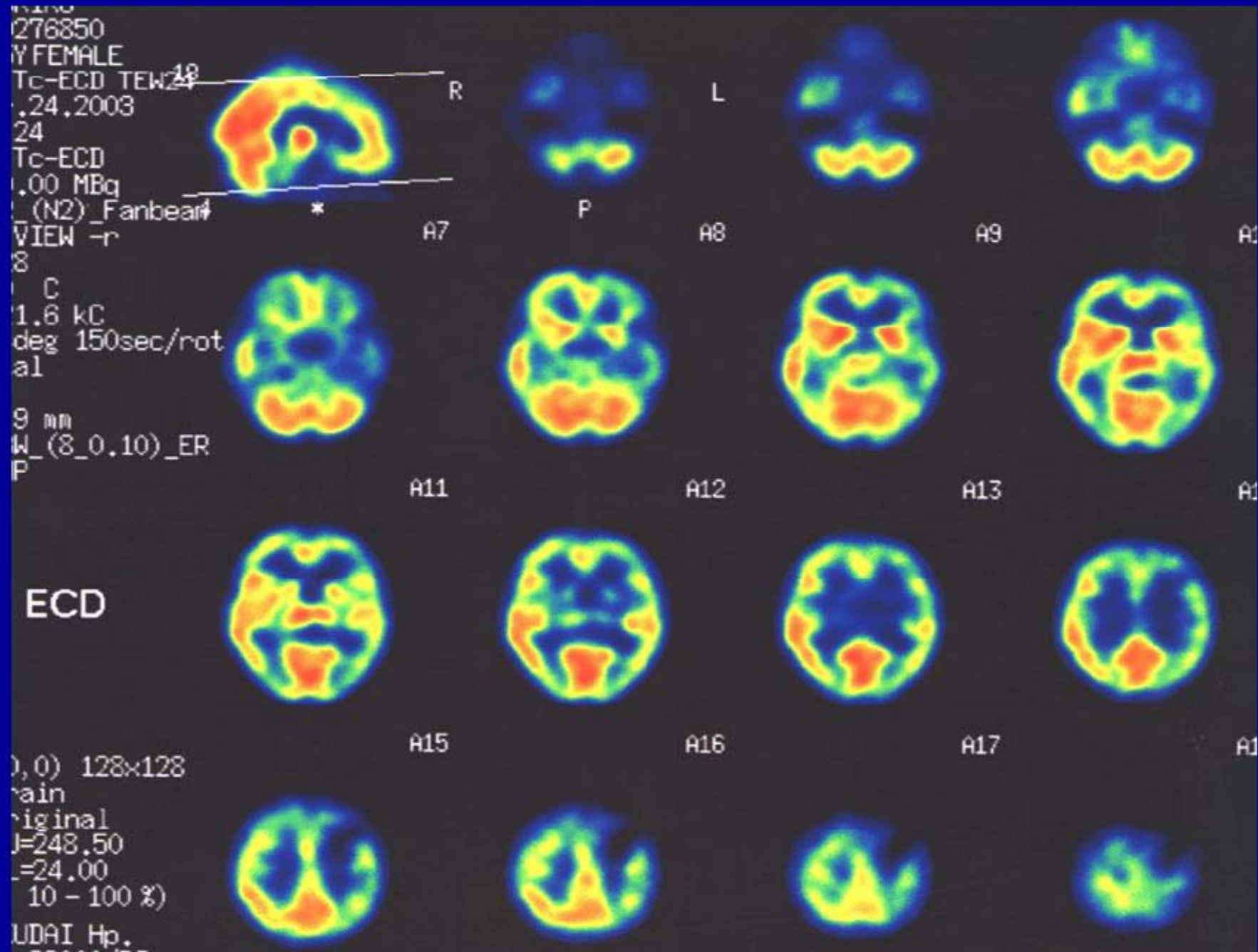
99m-Tc-MIBI 心筋壁の血流を調べる



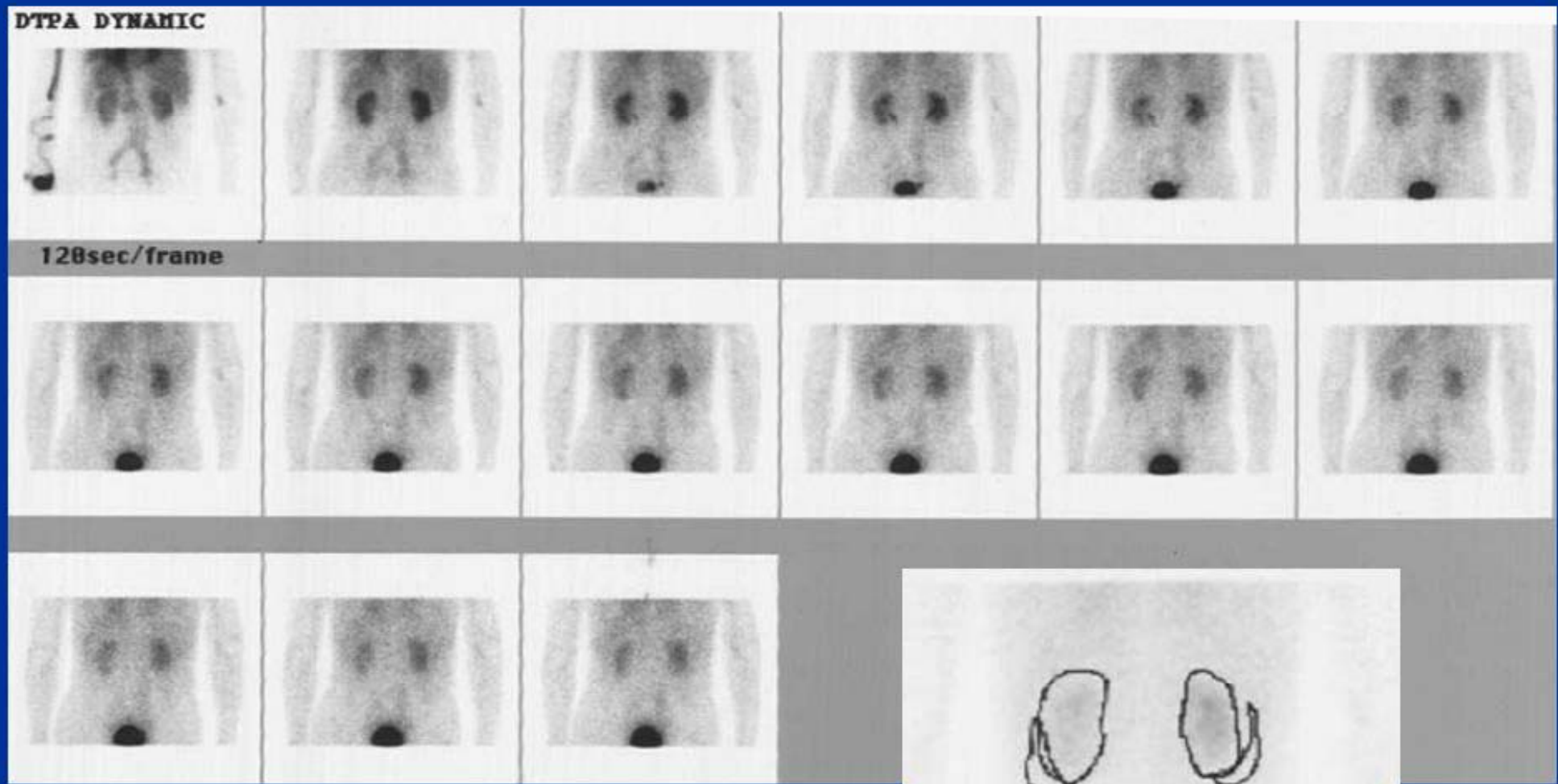
123-I-IMP 覚醒剤アンフェタミンの分布図。 脳血流分布図。



99m-Tc-ECD 脳血流分布図。123-Iよりも半減期が短いので
 123-Iよりも多く患者に投与できるので画質が良い



99m-Tc-DTPA 腎シンチグラフィ

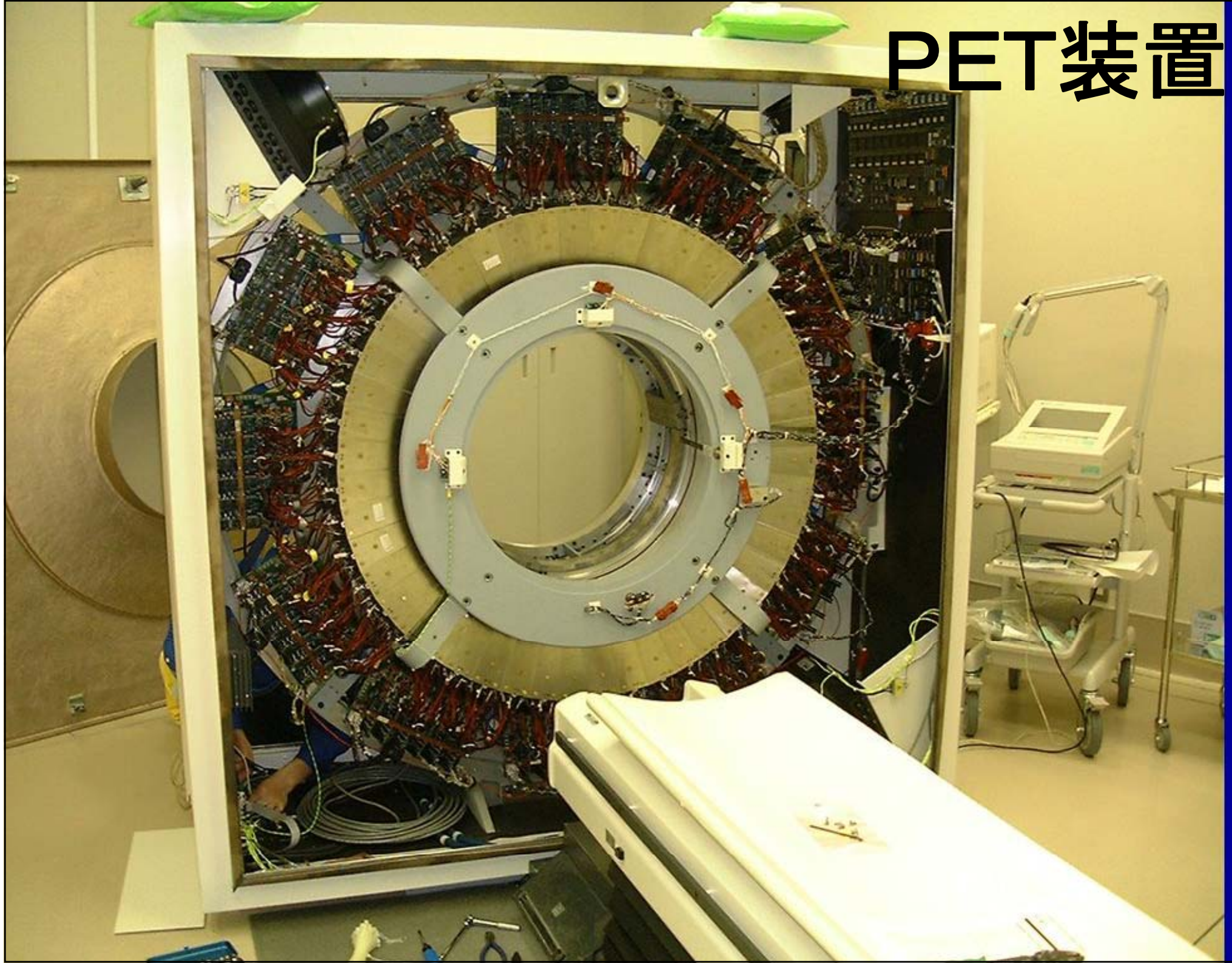


DTPAはキレート剤。解毒剤。

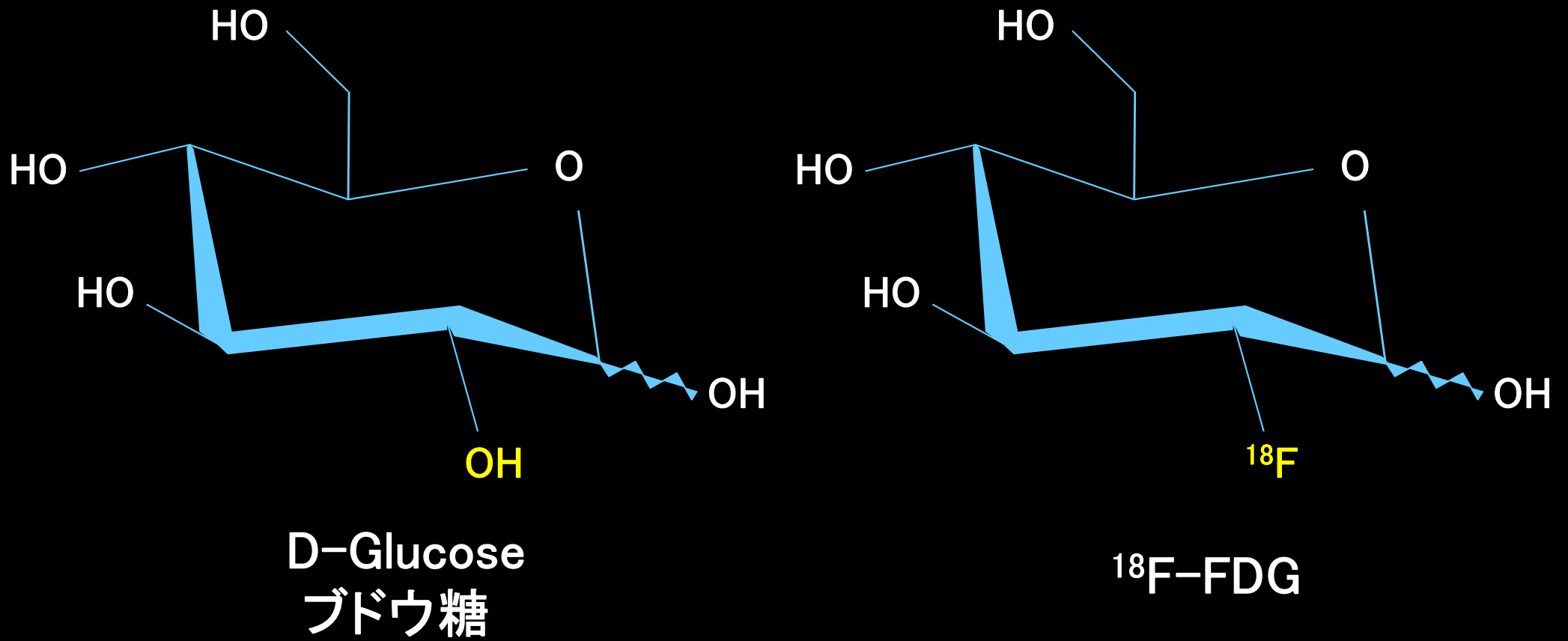
(血液中の金属を包んで尿へ排泄する)

腎機能、尿路通過状態を調べる。

PET装置



^{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。



PET/CT画像 Lung ca.

ファイル(E) 編集(E) 表示1 表示2 画像(I) マーク(M) 計測(M) フォーザン(B) イラスト(I) モード(M) ヘルプ(H) 1:1 検索 印刷 保存 設定 表示 表示 表示 表示 表示 表示 表示 表示

胸部 撮影条件 視野条件 腹部(実質) 腹部(脂肪含) 画像情報 断面指定線 回転インサーター 計測とマーク ROI 球形ROI

SUVの計算方法
 体重: []
 透過率: [] PET比率: [] SUV: []
 下限: [] 上限: []
 [30] [100%] [00~120]
 [25] [75%] [00~100]
 [20] [50%] [00~80]
 [1.5] [25%] [00~60]
 [0.0] [0%] [00~40]
 プリセット編集
 一覧表示
 PET: [CORONAL] [MP] []
 FUSION: [CORONAL] []
 機能
 [SUV関連情報表示] []
 [球形ROI解析] []
 [CT S/N比改善] [設定] []
 [カラーマップアーカイブ選択] []

CT:#249 H 2005/03/25 12:38:24
Se:2 CORONAL
Z:0.728 512 x 1048

Max SUV_{raw}
10.285

140.0kV
39mA
0.764s
L=40 W=400

FUSION:#63 H 2005/03/25 12:38:24
Se:2 CORONAL
Z:0.728 512 x 1048

Max SUV_{bw}
10.285

Max SUV = 10.285
Mean SUV = 4.913
Volume = 14.056 ml
r = 15.00 mm
Lo=0.000 Th=0.000 Up=4.000

PT:#63 H 2005/03/25 12:40:13
Se:1 CORONAL
Z:2.429 184 x 314

Max SUV_{bw}
10.285

Max SUV = 10.285
Mean SUV = 4.913
Volume = 14.056 ml
r = 15.00 mm
Lo=0.000 Up=4.000

f1 スロー f2 実行 f3 スーム f4 パンニング f5 部分融合 f6 マーキング f7 計測 f8 画像ソフト f9 ヘルプ f10 ガンマ

(S1, 133) 画像をダブルクリックすると画像の全面表示、マウスでドラッグするとパンニング、Ctrl+マウスのドラッグでズーム、右ドラッグでウィンドウニングすることができます。

(なし) hide 0 / 313 images



PETで使用する陽電子放出核種

病院内のサイクロトロンで産生する

		半減期(分)	合成放射性薬剤
酸素15	15-O	2分	O ₂ , CO, CO ₂ , H ₂ O
窒素13	13-N	10分	NH ₃
炭素11	11-C	20分	11C-酢酸, 11C-メチオニン
フッ素18	18-F	110分	FDG, FDOPA

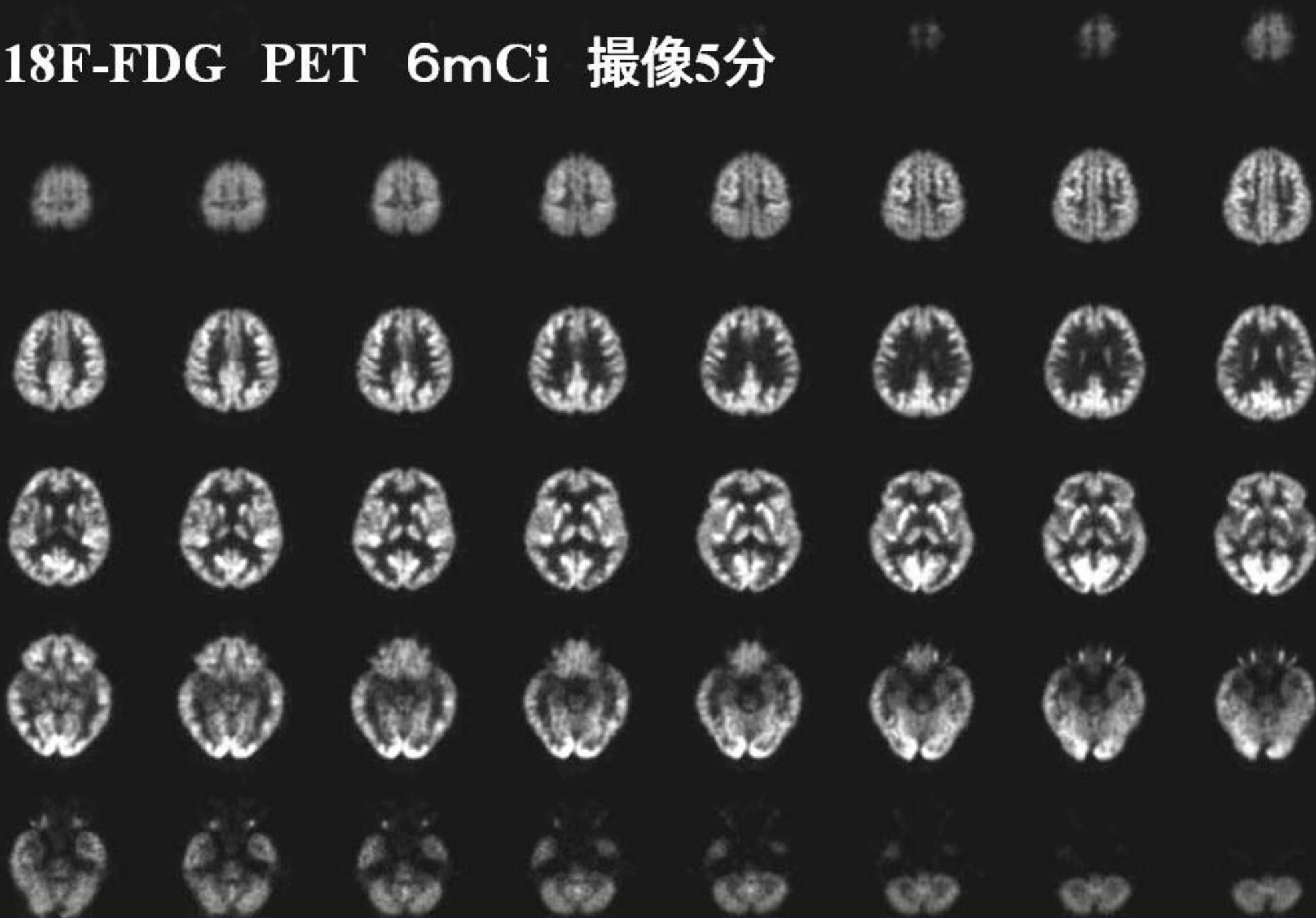
従来の検査で使用する放射性同位元素の半減時間

99m-Tc	6.01 時間
67Ga	78.2 時間 (3.2日)
201Tl	72.9 時間 (3.0日)

18F-FDG PET 脳のブドウ糖分布図

N.K. 6.3 mCi FDG 3D Static 1999.2.25

18F-FDG PET 6mCi 撮像5分

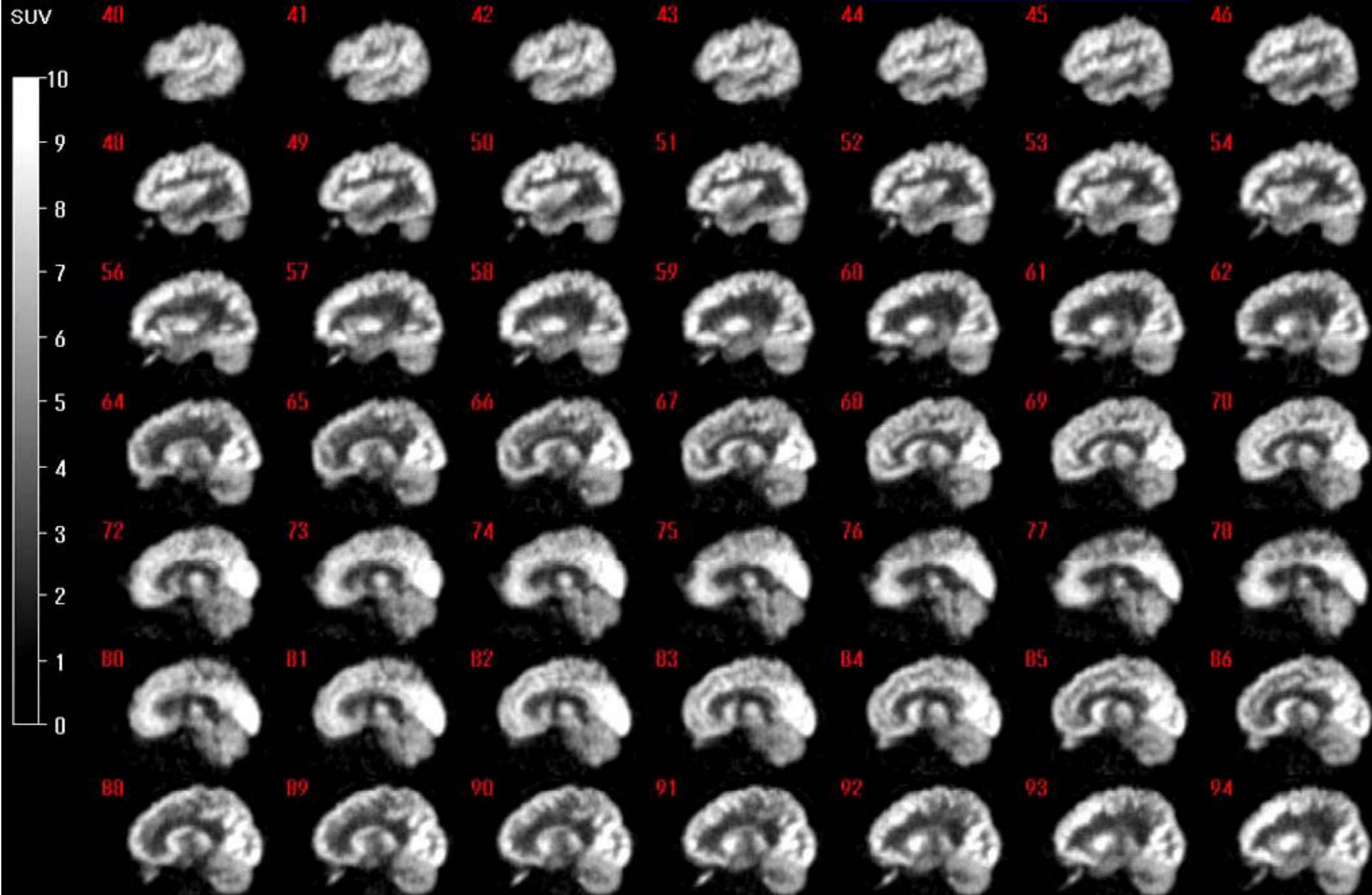


18F-FDG PET 脳のブドウ糖分布図

Slice thickness = 1.5 mm

FDG

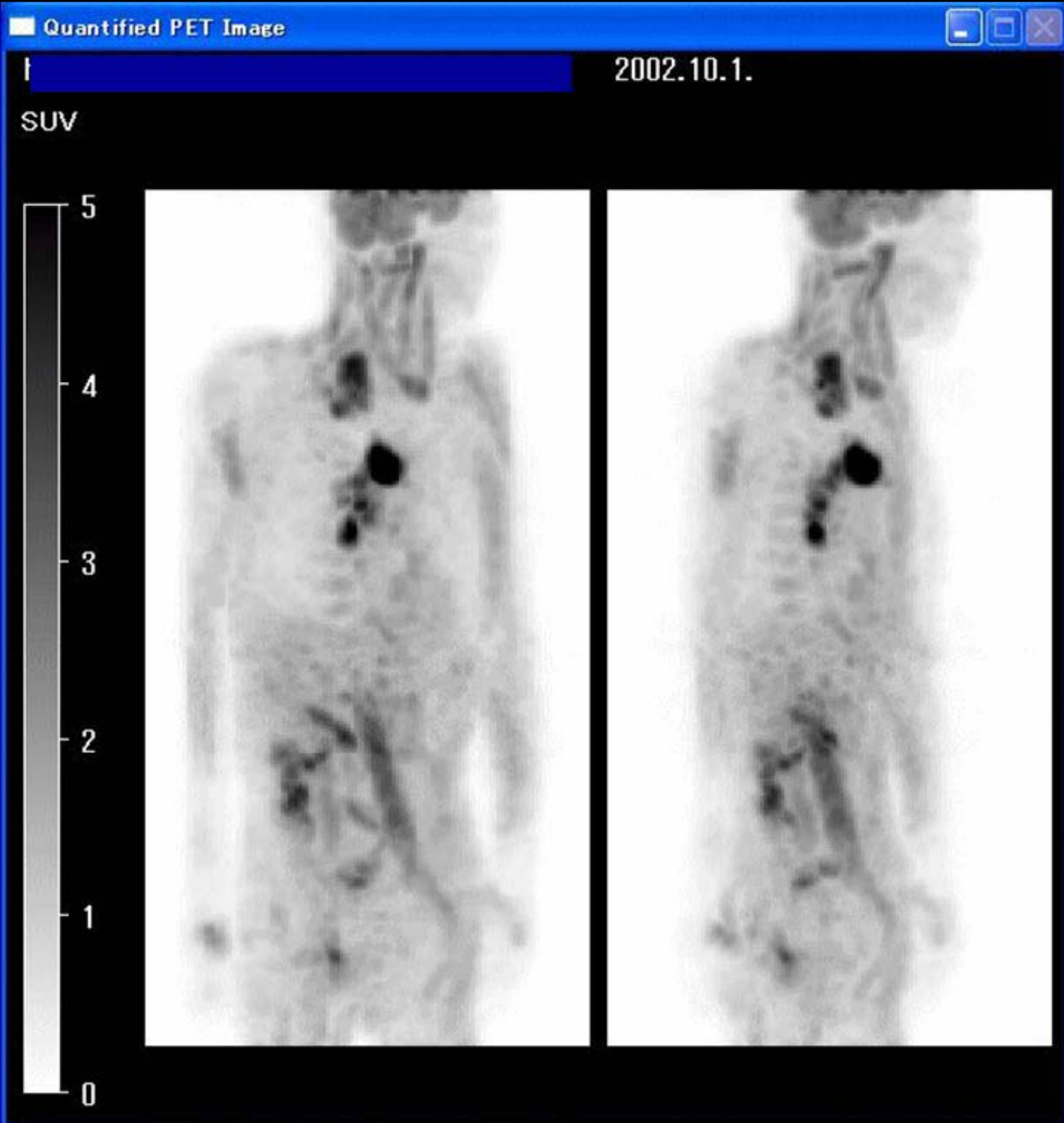
V20020911



18F-FDG PET

肺癌、リンパ節転移

癌はブドウ糖を
消費して増大する



FDG-PET:健康保険適用疾患

平成22年4月から

1. てんかん
2. 虚血性心疾患
3. 悪性腫瘍（早期胃癌を除く）

陽電子放出核種の半減期は短いので PET検査の被曝は少ない

被曝(mSv) 全身 1mSvで、10万人に1人、癌で死亡。

18-F-FDG (185MBq) 3.5 (膀胱 20 心臓 10 胎児 3)

11C-Methionine (370MBq) 2.0 (脾、肝 7)

15-O-CO (2000MBq) 1.5 (肺 7)

15-O-CO₂ (3000MBq) 2 (肺 11)

15-O-O₂ (6000MBq) 4 (肺 17)

CT 10 ~ 100 ~

血管造影 7 ~ 10 (1分で皮膚0.5)

胃、消化管造影 3

単純X線撮影 0.1 (胸部) 0.2 (骨盤)

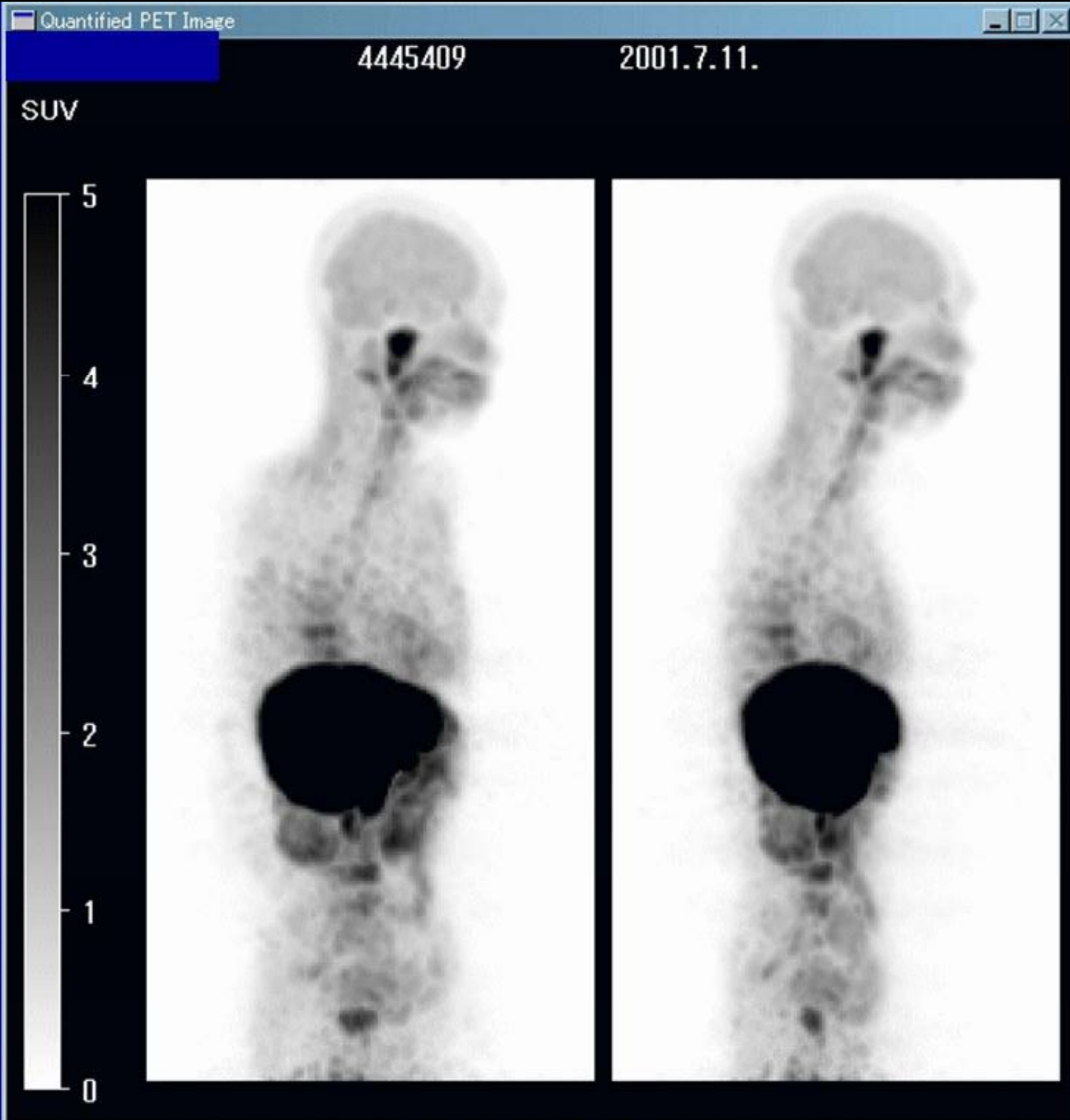
11C-メチオニン

PET

上咽頭癌

メチオニンは
必須アミノ酸

癌は細胞分裂が
盛んなので、
蛋白質の原料の
メチオニンを多く
消費して増大する



11C-Methionine Normal 酵素合成の盛んな肝、脾に強く分布



$^{15}\text{O}\text{-CO}_2$ 脳PET 脳血流量を定量

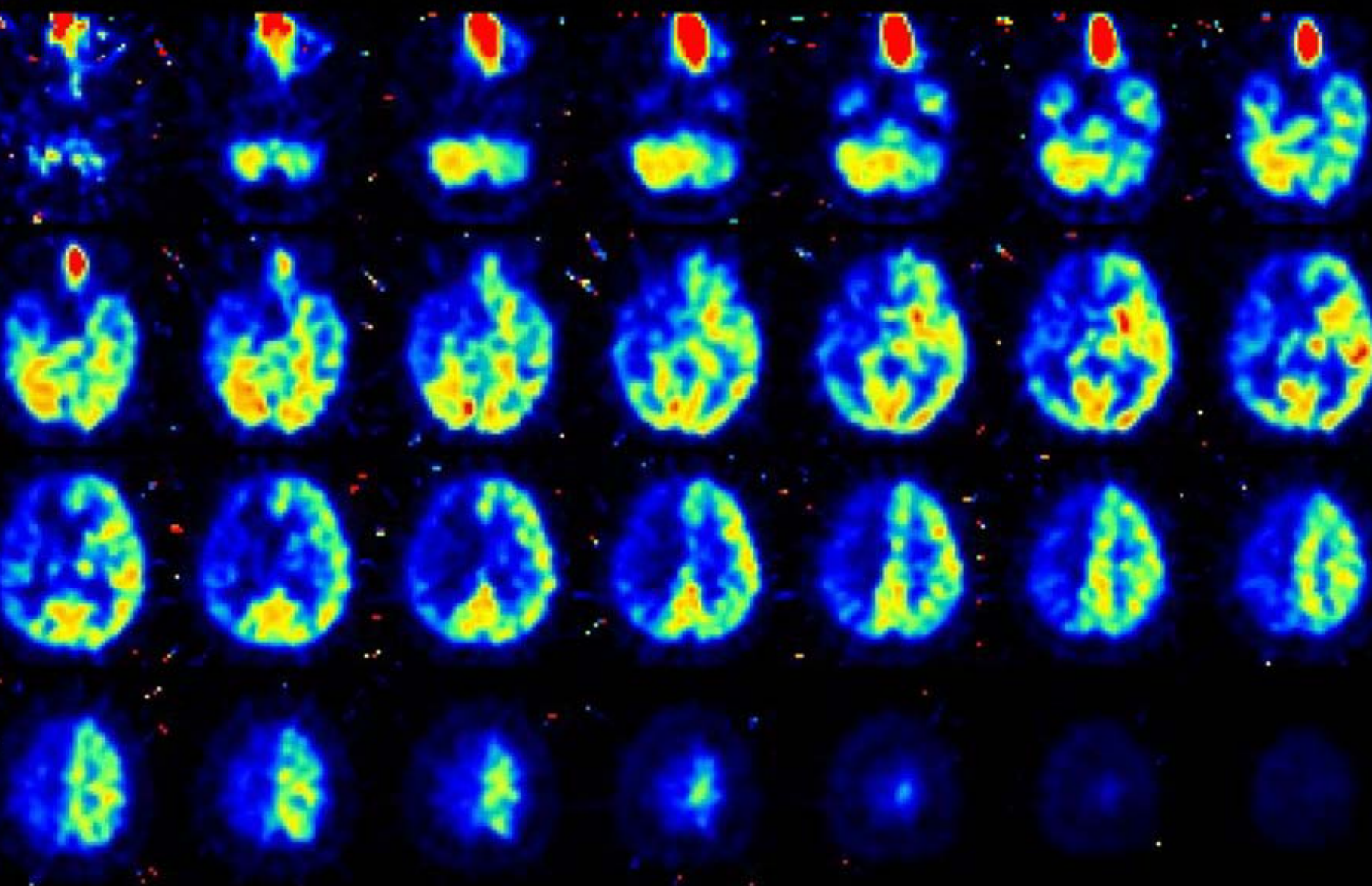
Quantified PET Image



CBF

15O-CO2, O2, CO PET

(ml/min/100g)



Slice thickness = 4.85 mm

2001/07/24

4474580

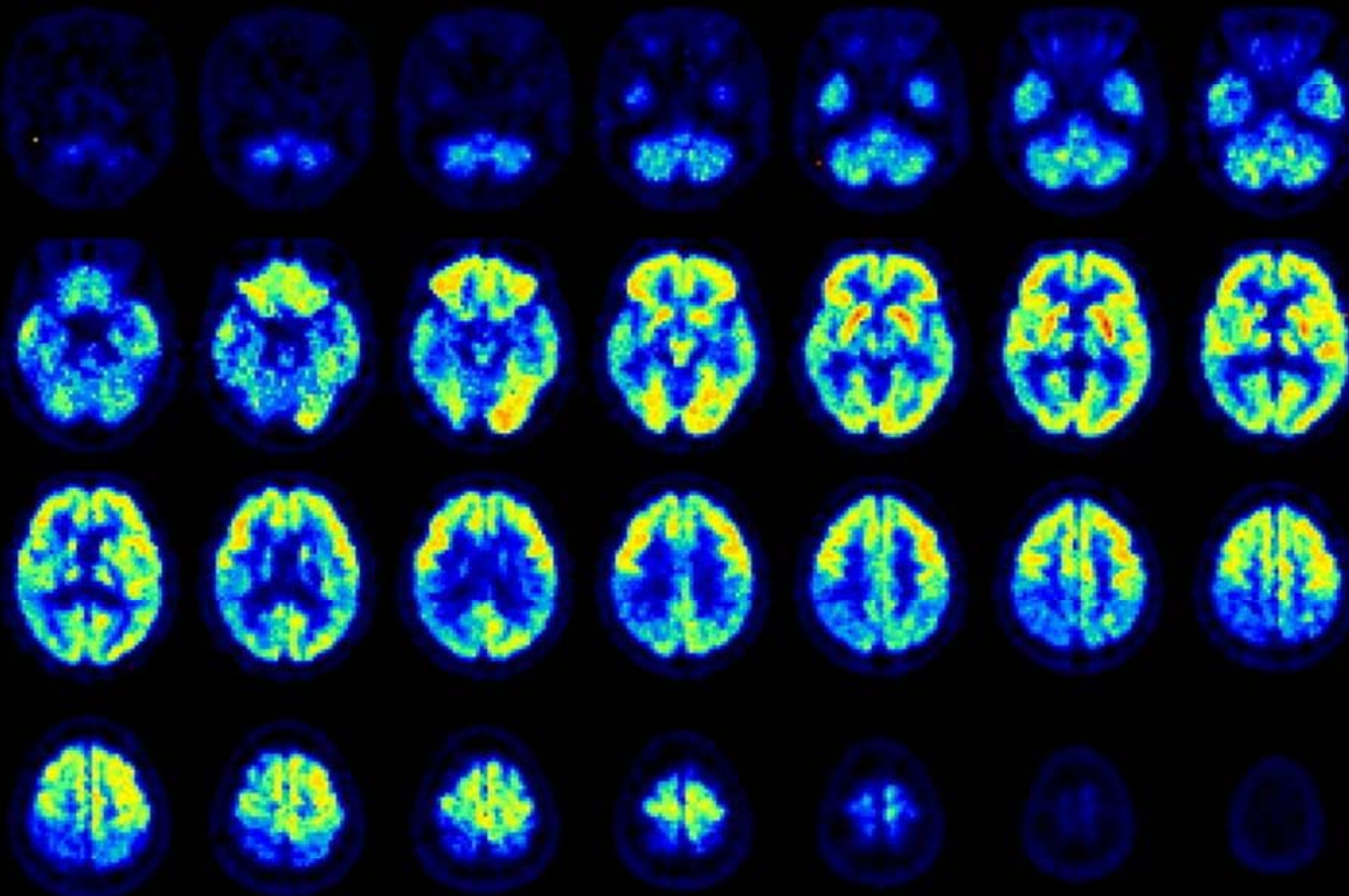
¹⁸F FDG 脳PET 脳のブドウ糖消費量を定量 Alzheimer Disease

Quantified PET Image

CMRglu (μ mol/min/100g)

¹⁸F-FDG PET

BS = 83.

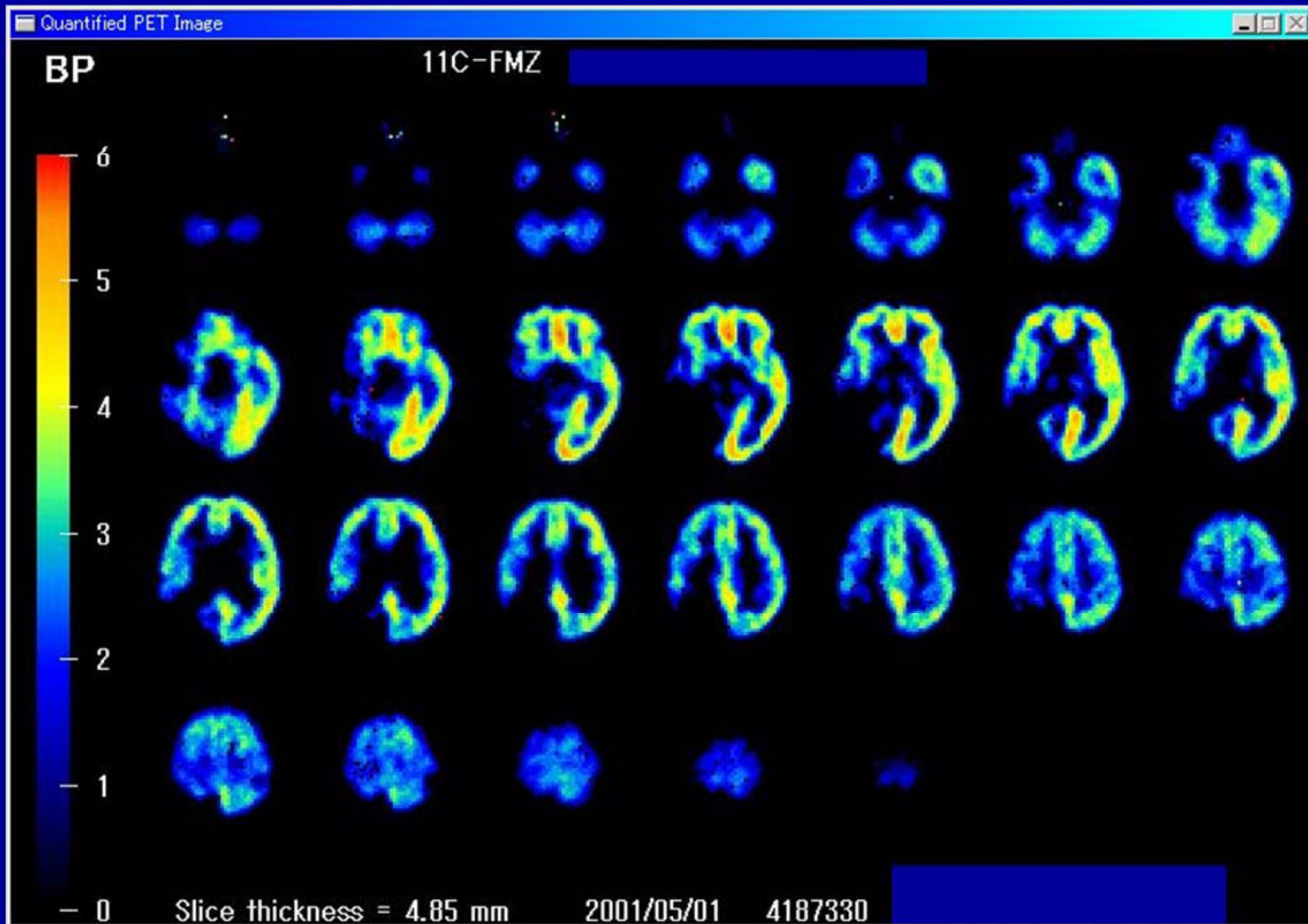


Slice thickness = 4.85 mm

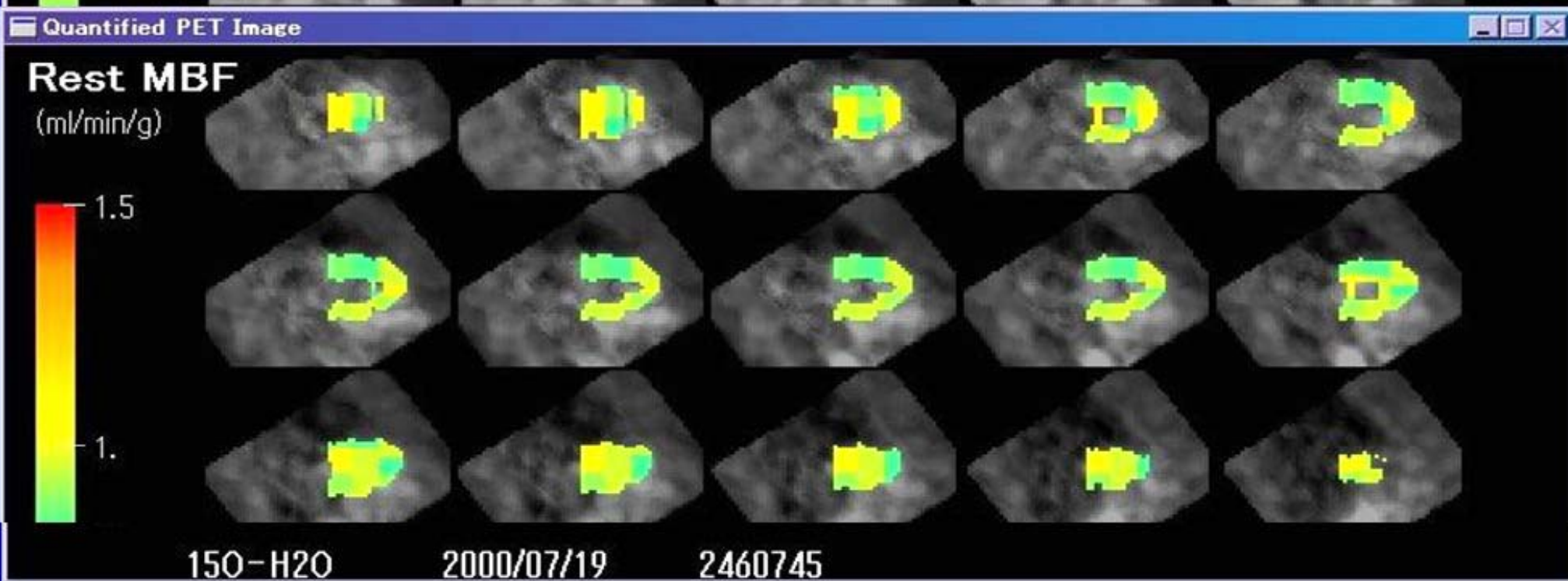
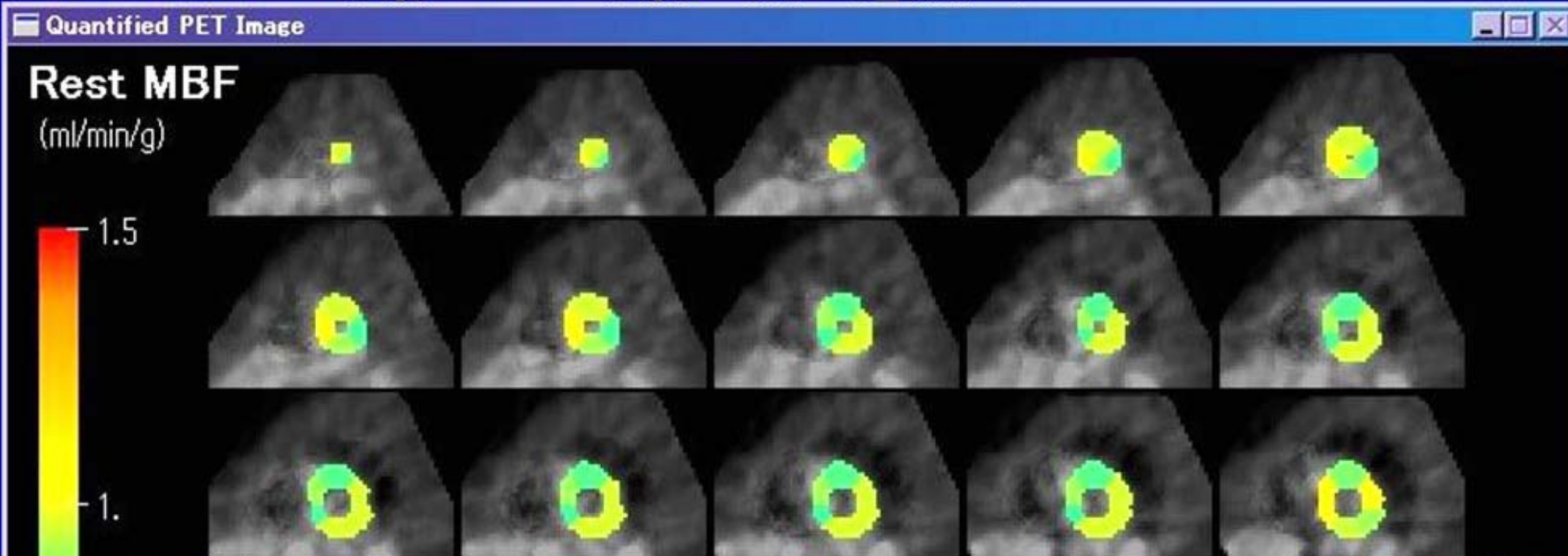
99/7/23

2439268

HS M55



$^{15}\text{O}\text{-H}_2\text{O}$ 心筋PET 心筋血流量を定量



$^{15}\text{O}\text{-H}_2\text{O}$ 心筋PET 安静状態で血流正常でも

負荷をかけると血流が低下する病気(狭心症など)を調べる。

Quantified PET Image

Rest MBF

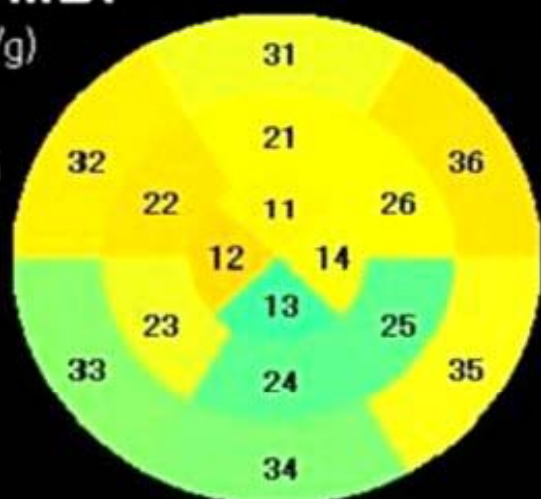
(ml/min/g)

1.5

1.

0.5

0.



1 : Whole 0.992

11 : Apical Ant 1.122
12 : Apical Sept 1.199
13 : Apical Inf 0.818
14 : Apical Lat 1.008

21 : Mid Ant 1.108
22 : Mid AntSept 1.168
23 : Mid Sept 0.991
24 : Mid Inf 0.842
25 : Mid Post 0.842
26 : Mid Lat 1.069

31 : Basal Ant 0.992
32 : Basal AntSept 1.145
33 : Basal Sept 0.890
34 : Basal Inf 0.877
35 : Basal Post 1.004
36 : Basal Lat 1.175

Stress MBF

(ml/min/g)

6.

5.

4.

3.

2.

1.

0.



Whol : 2.560

11 : 1.451
12 : 1.454
13 : 3.925
14 : 4.562

21 : 1.459
22 : 1.136
23 : 2.681
24 : 4.119
25 : 3.287
26 : 3.514

31 : 1.496
32 : 1.322
33 : 4.703
34 : 4.518
35 : 3.909
36 : 4.922

Flow Reserve



Whol : 2.580

11 : 1.293
12 : 1.211
13 : 4.795
14 : 4.523

21 : 1.316
22 : 0.972
23 : 2.703
24 : 4.891
25 : 3.900
26 : 3.286

31 : 1.508
32 : 1.154
33 : 5.281
34 : 5.146
35 : 3.890
36 : 4.186