

統合呼吸器講義 2008年4月24日

呼吸器核医学検査

北海道大学大学院医学研究科

核医学

玉木 長良

呼吸器核医学検査、講義概要

- 核医学検査の特徴
- 呼吸器核医学検査法
- 臨床応用
 - 気道系障害
 - 循環障害(肺塞栓症)
 - 肺癌の診断、評価

核医学検査とは

放射性同位元素を体内に投与し、臓器の機能をインビボで映像化する。

- 疾患の診断に応用(全身検索)
- 主要臓器の機能診断(重症度、治療効果判定)

ラジオアイソトープとは

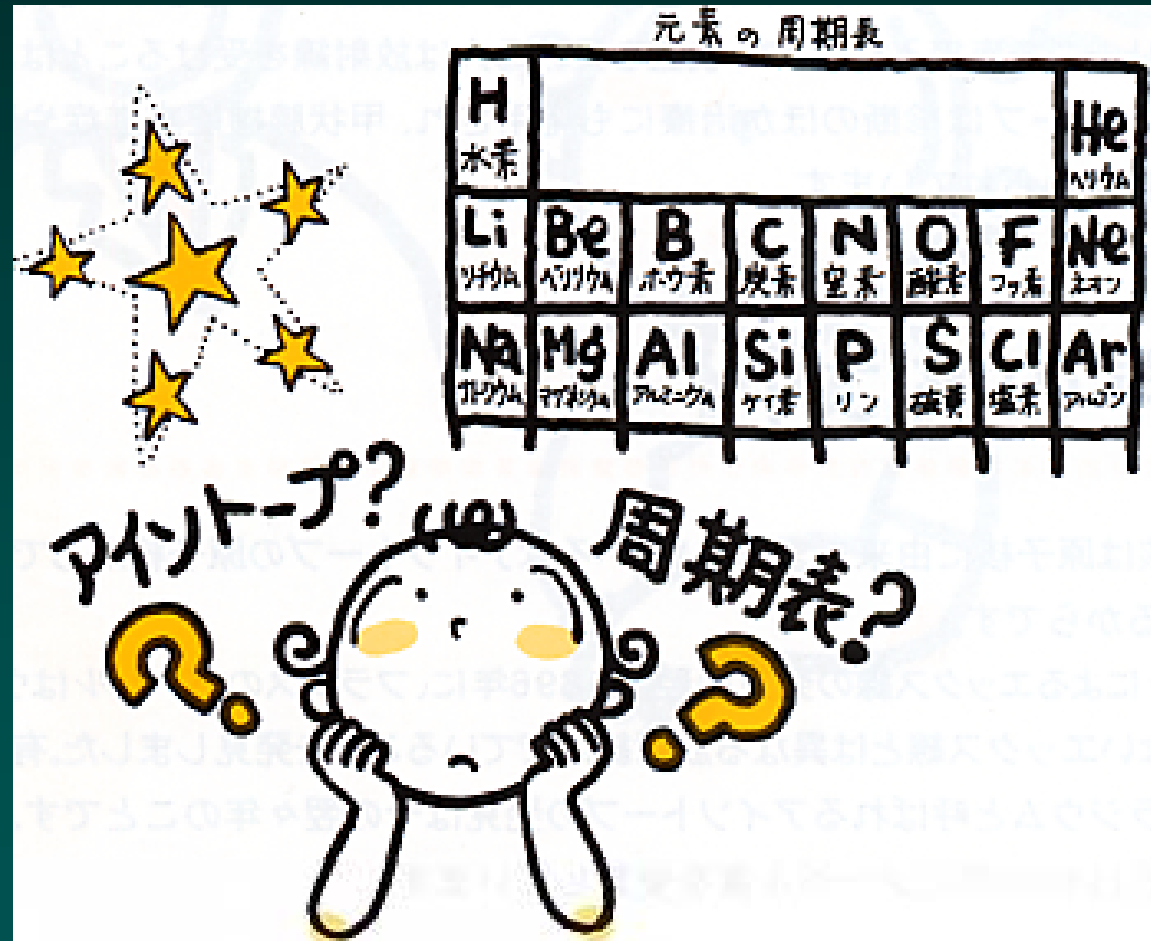
ラジオアイソトープ (放射性同位元素)

陽子の数(Z)は同じで化学的性質は同じでも、中性子の数(N)が異なる同位体の中でも、不安定で、核から放射線を放出するものをさす。

Z: 陽子数(原子番号)

N: 中性子数

質量数 = Z+N



核医学画像のできるまで

① 放射性医薬品の製造・品質管理



② 放射性医薬品の投与 カメラによる撮影 採血・放射能測定

③ データ処理・解析 医師による読影

呼吸器核医学に用いる放射性医薬品

- 換気

- ^{133}Xe (キセノン) : ガス (半減期5.3日)
- $^{81\text{m}}\text{Kr}$ (クリプトン) : ガス (半減期13秒)

- 血流

- $^{99\text{m}}\text{Tc-MAA}$ (大凝集アルブミン) : 10-30 μ の粒子
10-50万個 肺毛細血管(1/500~1/1000)に塞栓

- エアロゾール吸入

- $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ヒト血清アルブミン, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -スズコロイドなど
ネブライザーで小粒子化(1 μ 程度)
- $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ガス(専用発生装置で2000度で超微粒子化)
(0.08-0.2 μ)

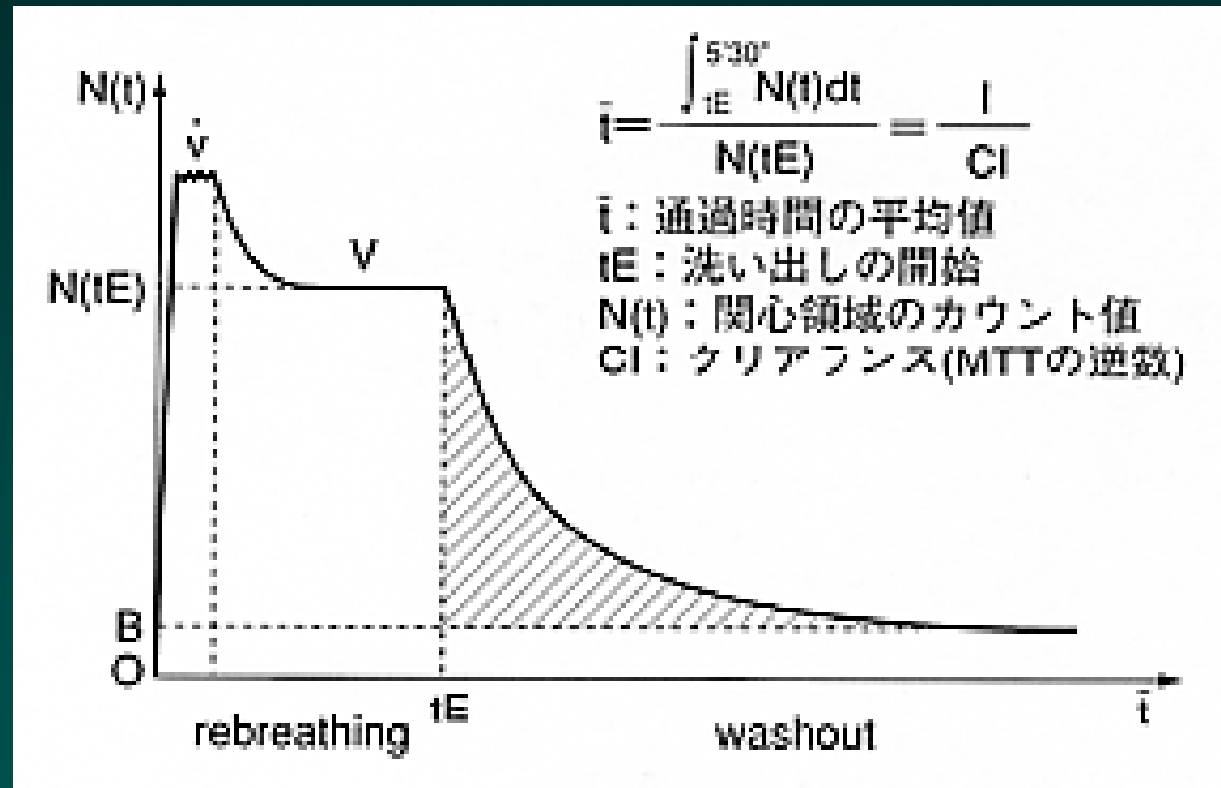
Xe-133ガス換気検査法

算出される指標

一回換気量分布 (\dot{V})

全肺容量分布 (V)

洗い出し時間
(MTT; t)



一回換気検査 (吸入相)

反復呼吸検査 (平衡相)

洗い出し検査 (洗い出し相)

健常例の換気血流機能図(座位)



一回換気分布

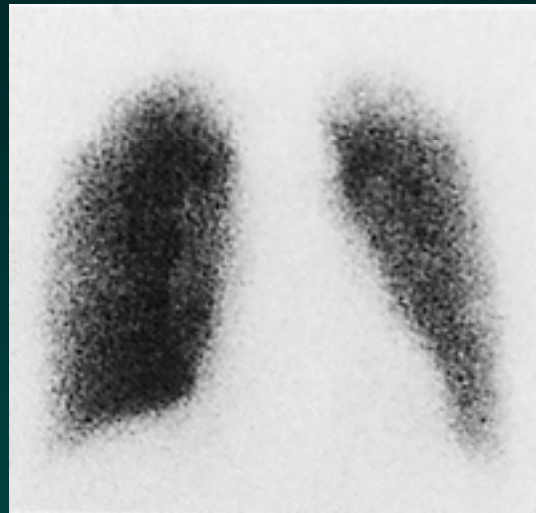
肺容量分布

血流分布

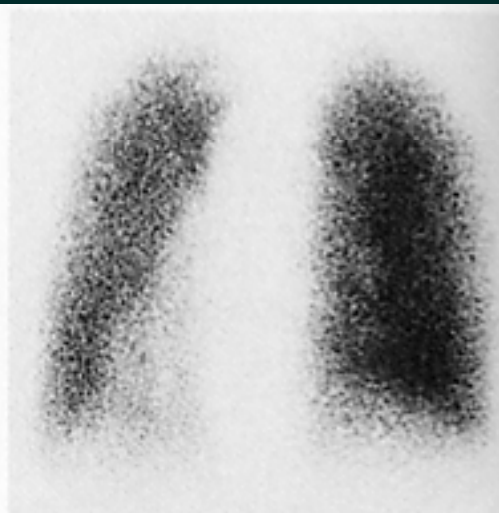


換気率

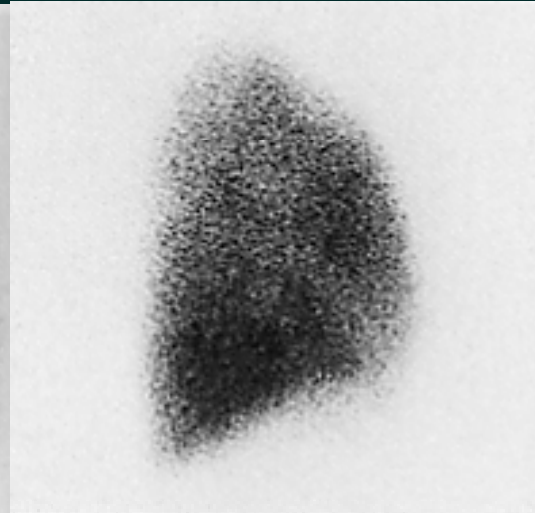
肺血流シンチグラフィ(正常例)



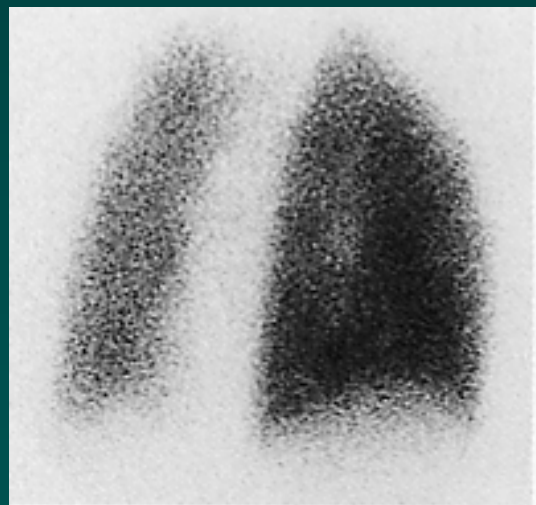
Ant



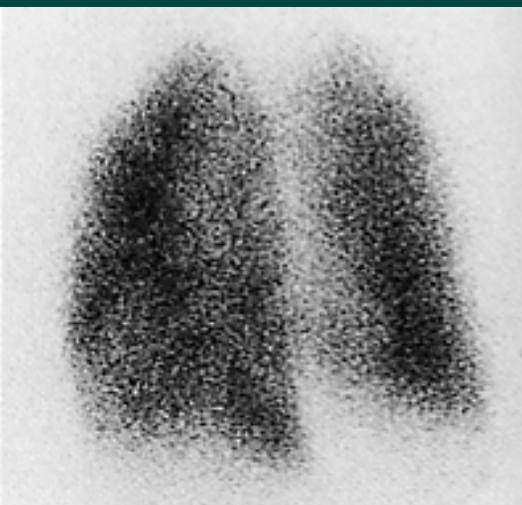
Post



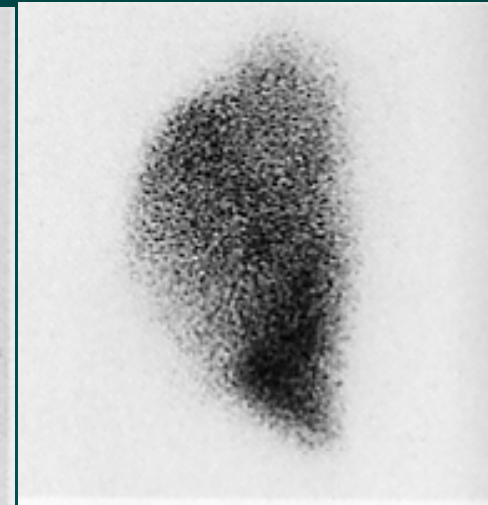
R-Lat



RPO45°

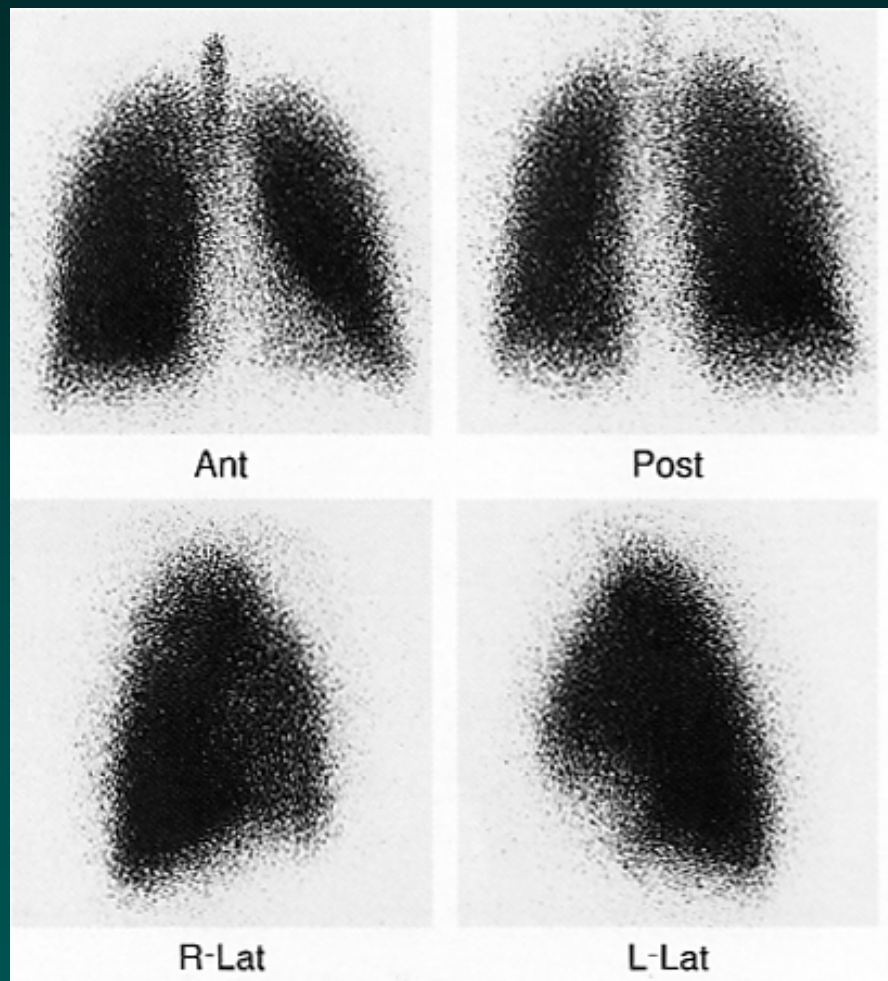


LPO45°

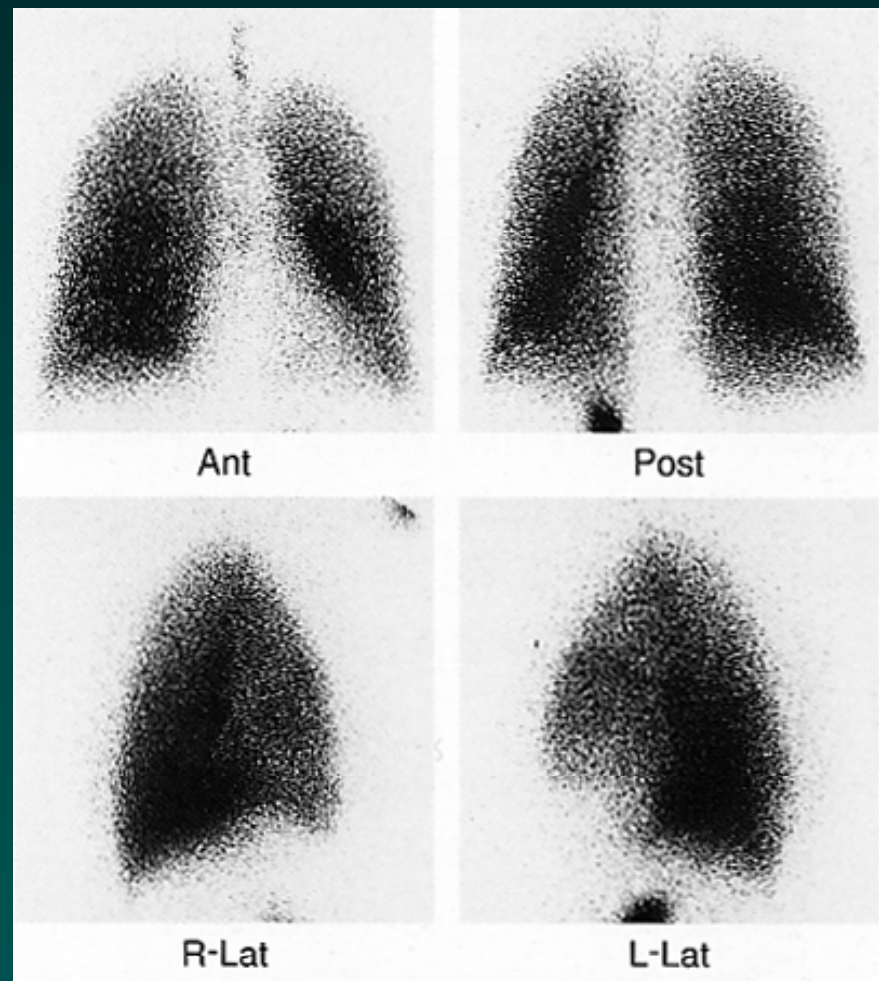


L-Lat

肺換気シンチグラフィ(正常例)

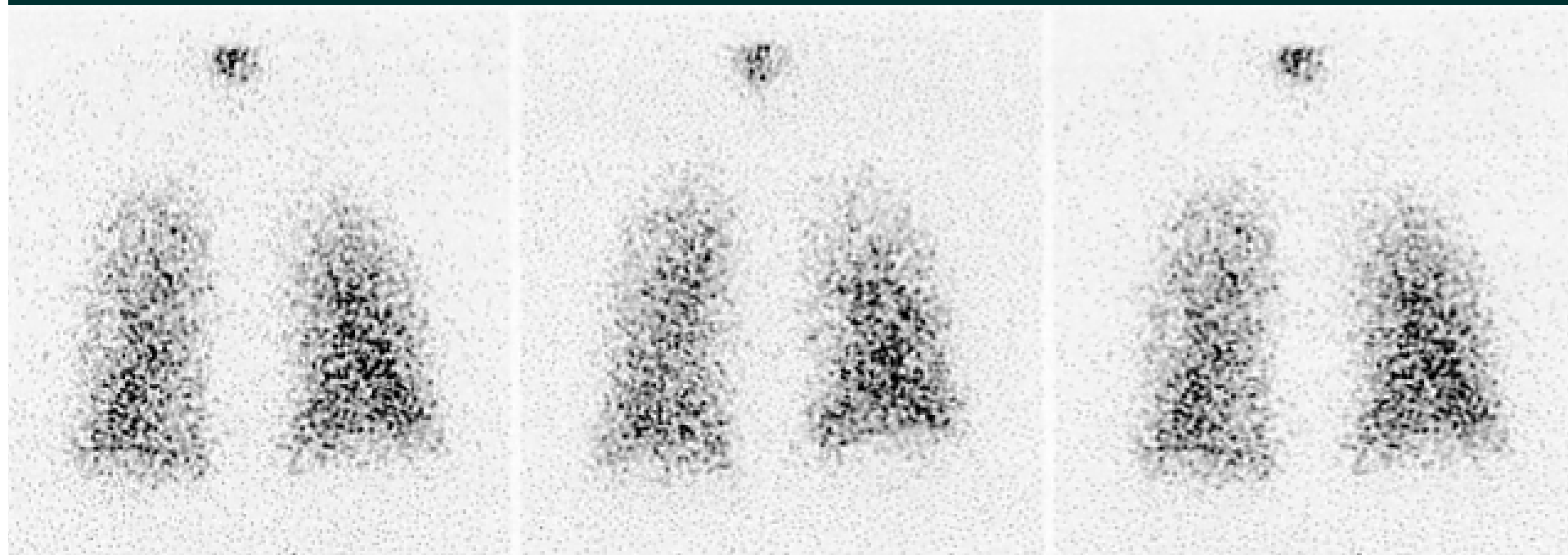


Kr-81m



Tc-99m エアロゾール

肺エアロゾールシンチグラフィ(正常例)



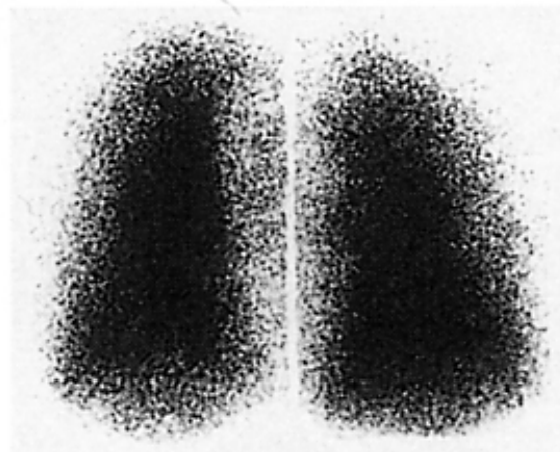
3分

15分

30分

喘息例のエアロゾールシンチグラフィ

寛解時

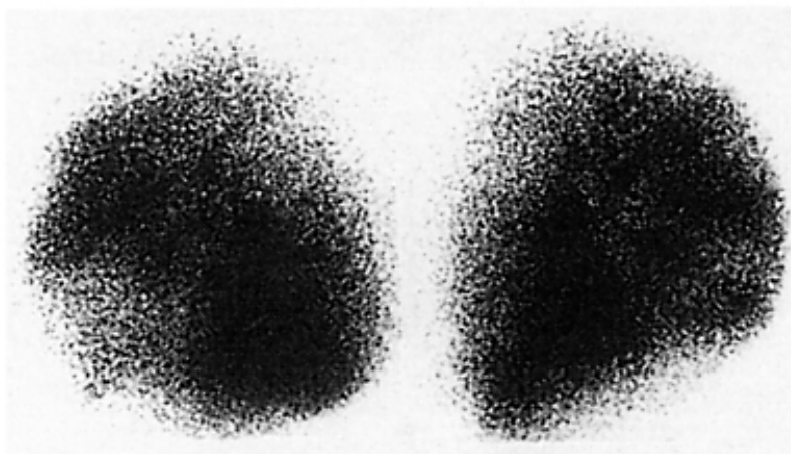


Post

発作時



Post



L-Lat

R-Lat



L-Lat

R-Lat

気道系の障害の診断

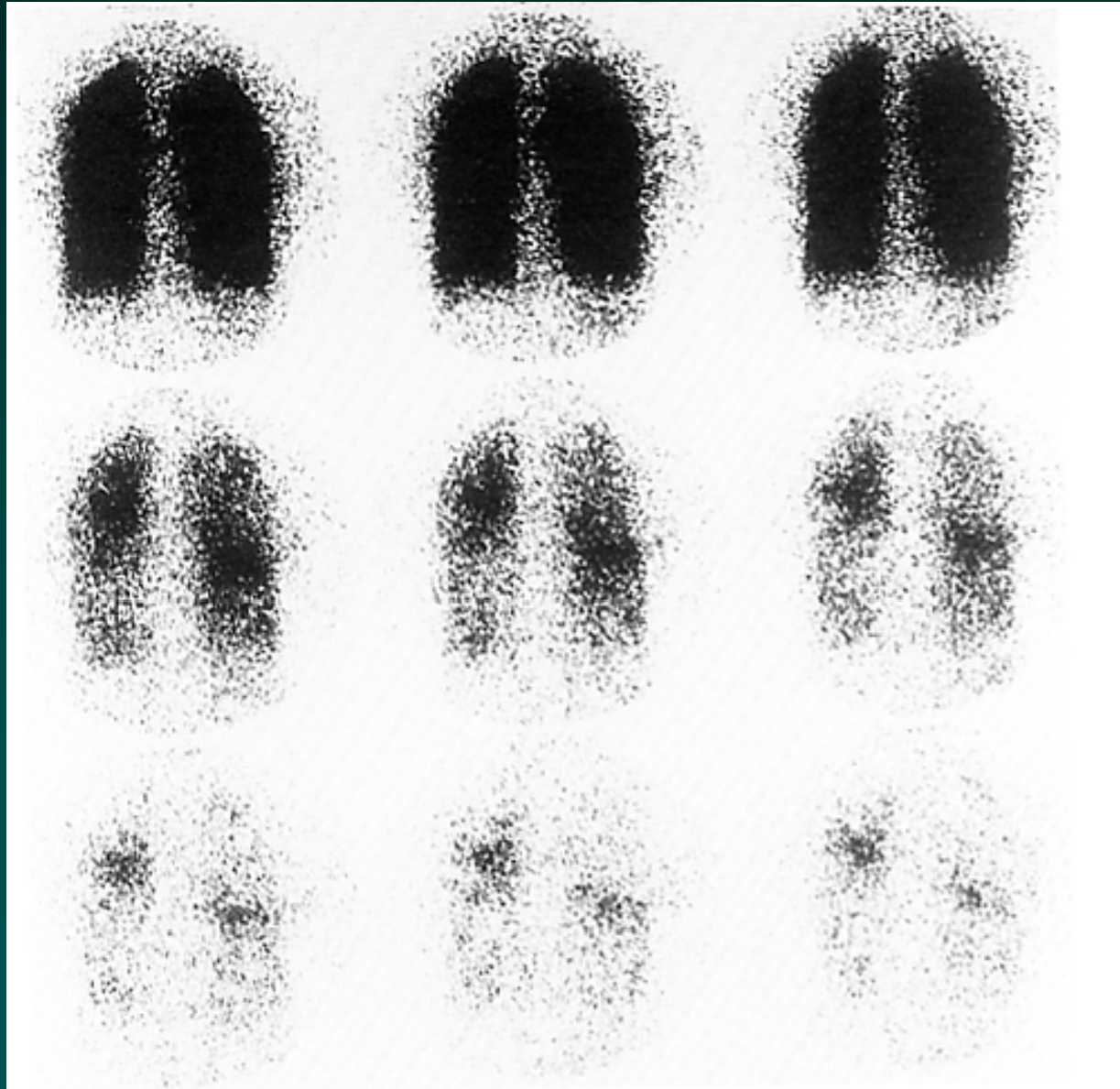
- 原因
 - 慢性閉塞性肺疾患、気道閉塞
(腫瘍、異物、喀痰)他
- シンチグラム所見
 - 換気と血流の両者の低下
(肺塞栓症との鑑別)
 - 非区域性、末梢性の低下
 - 胸部X線写真に一致した異常

肺気腫

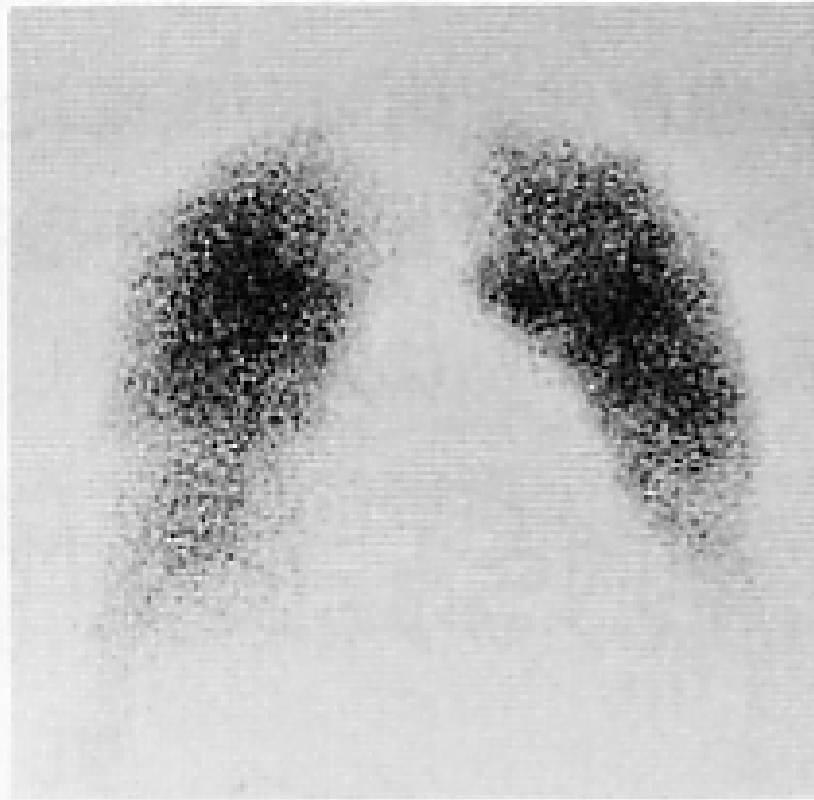
Xe-133 ガス
換気シンチグラフィ

平衡相から30秒
毎の洗い出し像

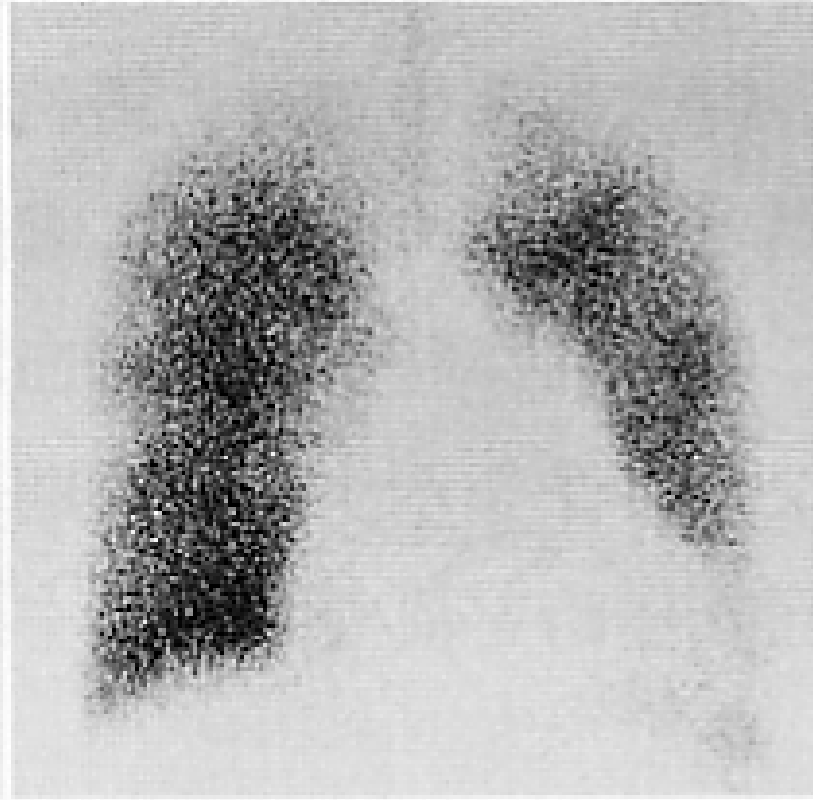
気道狭窄部位に
トレーサの貯留を
認める



肺高血圧症

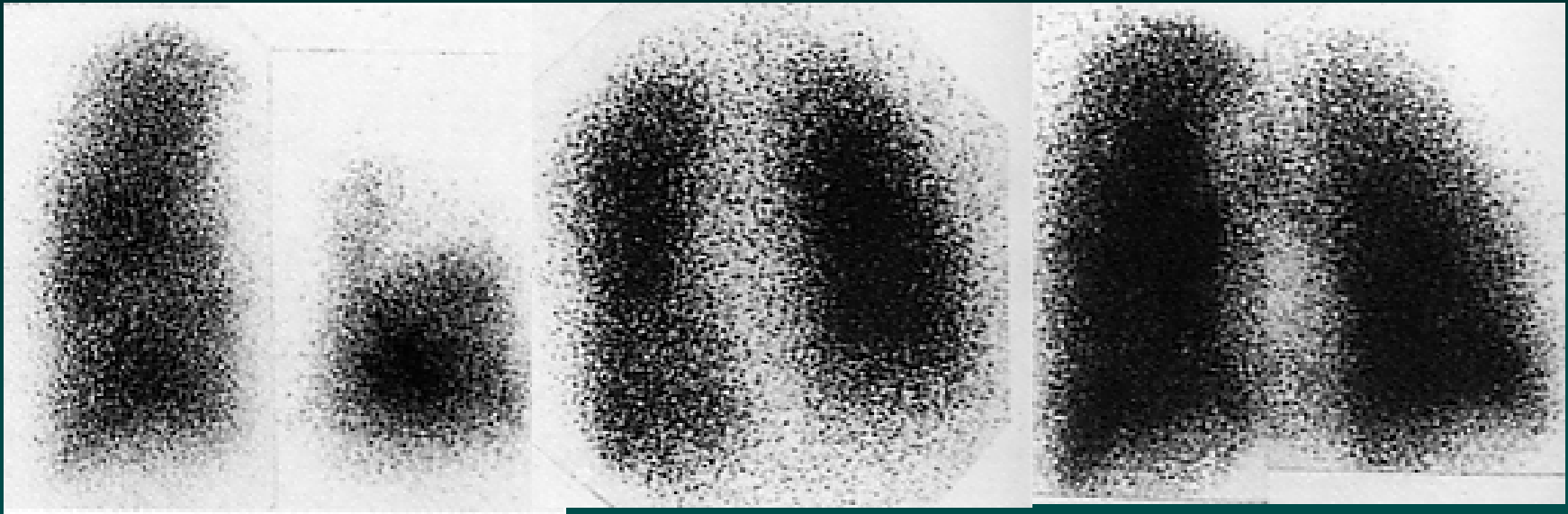


血流シンチグラフィ



換気シンチグラフィ

肺癌



血流

(Xe-133)

換気

(Tc-99mエアロゾール)

本邦でのエコノミークラス症候群

- 航空機旅行による肺塞栓症(36例)について調査
- 30例が女性、34例が40歳以上
- 全例が6時間以上のフライト、2/3が機内で着席のまま
- 44%は肺塞栓のリスクなし(航空機旅行によらない肺塞栓症と有意な差)
- 結論:
 - 日本人で航空機旅行による肺塞栓は高齢、女性に多く、肺塞栓のリスクのない例でも生じる。
 - 予防のために機内での運動が必要！


肺塞栓症

- 塞栓子が静脈系から肺動脈で捕らえられて血流障害を起こした状態(80%が血栓)
- 疫学
 - 欧米で多いとされるが、本邦でも増加(10年で倍増)
 - 急性期の死亡率6-8%
 - 肺梗塞の合併は10%にすぎない
- 基礎疾患
 - 深部静脈血栓症, 術後, 長期臥床, エコノミークラス症候群
- 症状、所見
 - 突然の呼吸困難、胸痛(急性心筋梗塞との鑑別)
 - 約40%は無症状

肺塞栓症の診断

- 基礎疾患と臨床症状で疑えば緊急で検査を
- 診断のための検査
 - PaO₂の低下, PaCO₂の低下, FDP, **D-dimmerの上昇**
 - 胸部X線: 乏血所見Westermark Sign, 肺動脈下行枝拡張, 横隔膜上の三角錐の陰影Hampton's sign
 - 心電図: 頻脈、右軸偏移(SI, QIII)
 - 心エコー: 右室拡大
 - **ヘリカルCT: 塞栓を描出**
 - **肺換気血流シンチグラフィ**
 - 血管造影検査
- **速かな治療を(血栓溶解療法, 基礎疾患の治療)**

肺塞栓症の診断の最近の傾向

- 
1. 臨床症状、基礎疾患から肺塞栓症を疑う
 2. D-Dimerの測定（安価で迅速）
 3. X線CT
 - 緊急検査に対応できる
 - 感度83%, 特異度96%
 - 3' 肺換気血流シンチグラフィ
 - X線CT検査で不明瞭な場合
 - X線CT検査の施行できない場合
（造影剤アレルギー、腎機能低下など）

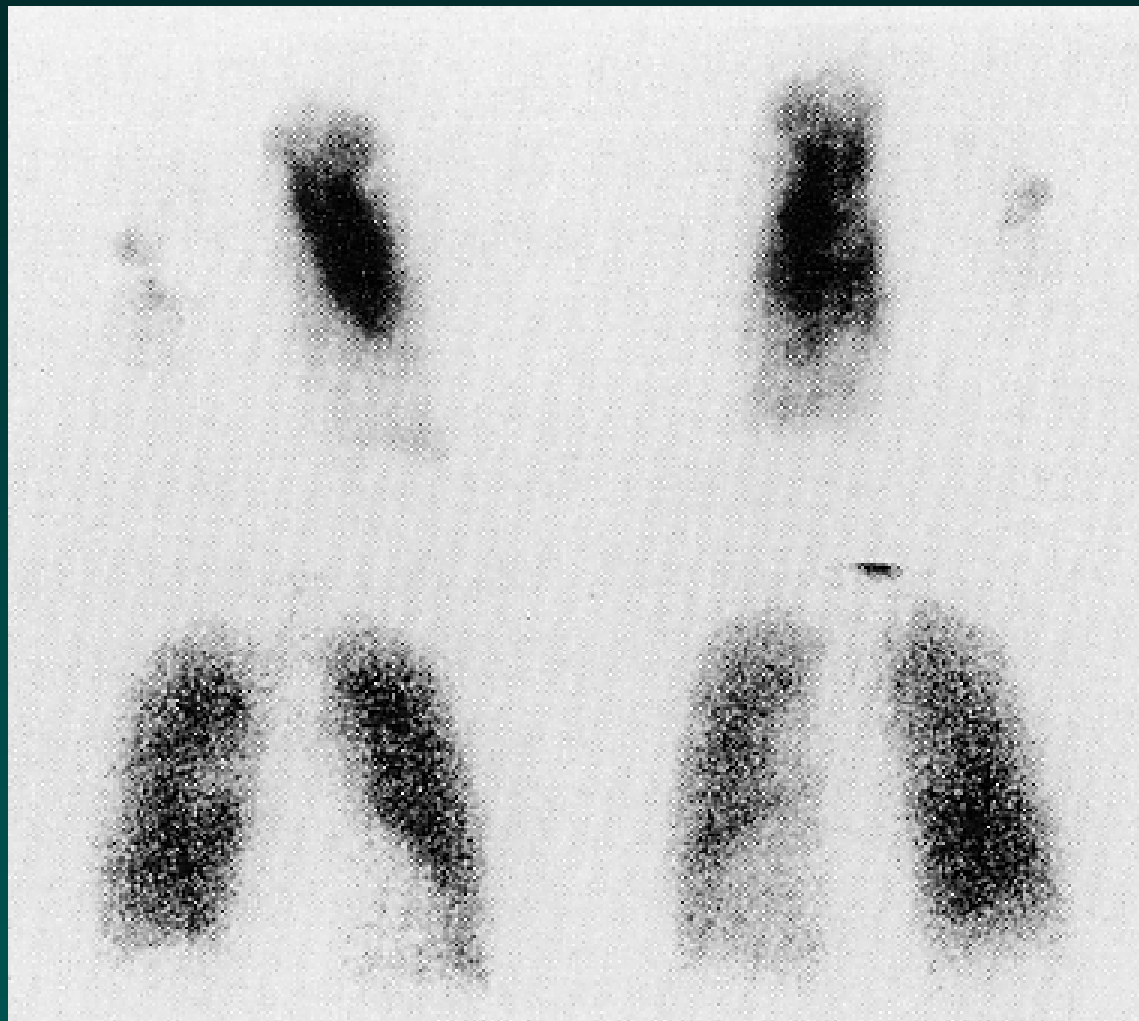
肺塞栓症の肺換気血流シンチグラフィ

- 緊急検査に対応は可能
 - 薬剤準備に5分、投与後5-10分で検査終了
- 肺血流シンチグラフィ
 - 多発性区域性の血流低下
 - 胸部X線で異常のない血流低下
 - 治療による血流の改善
- 肺換気血流シンチグラフィ
 - 多発性区域性の換気血流不一致(V-Q Mismatch)

肺塞栓症

血流

換氣



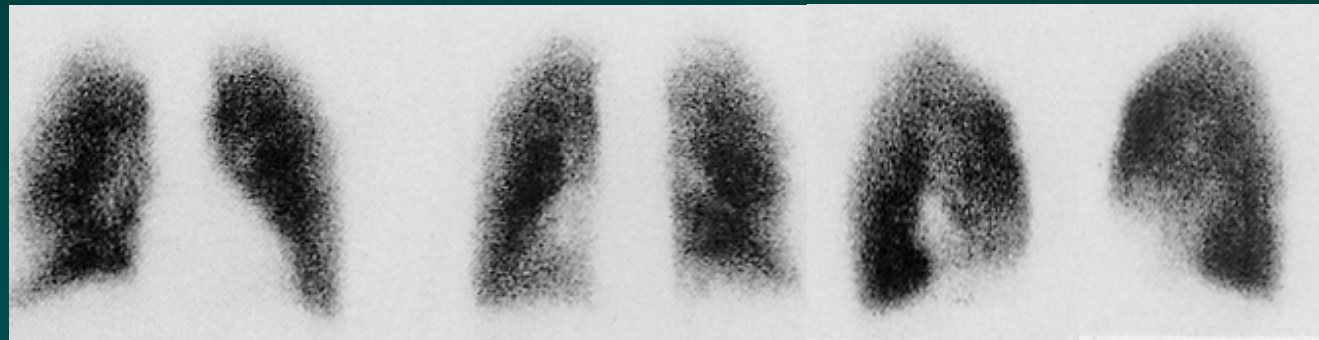
ANT

POST

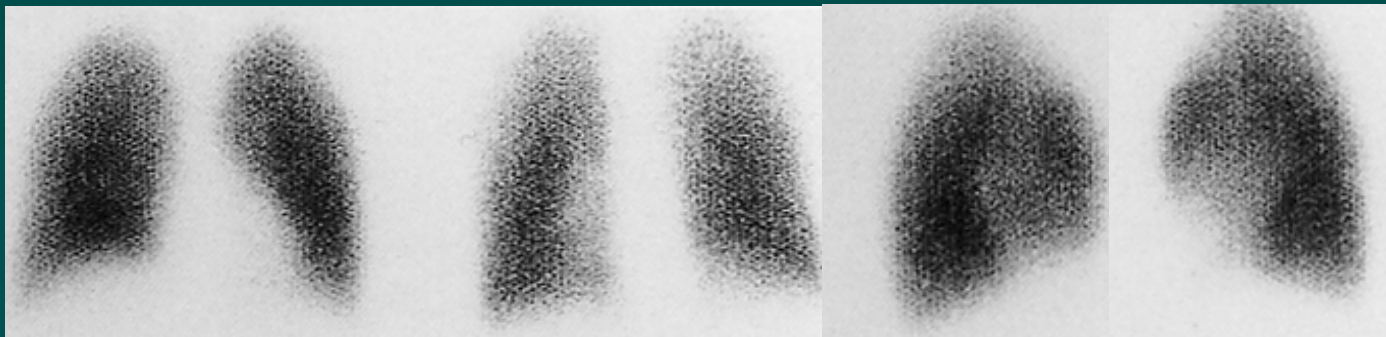
肺塞栓症



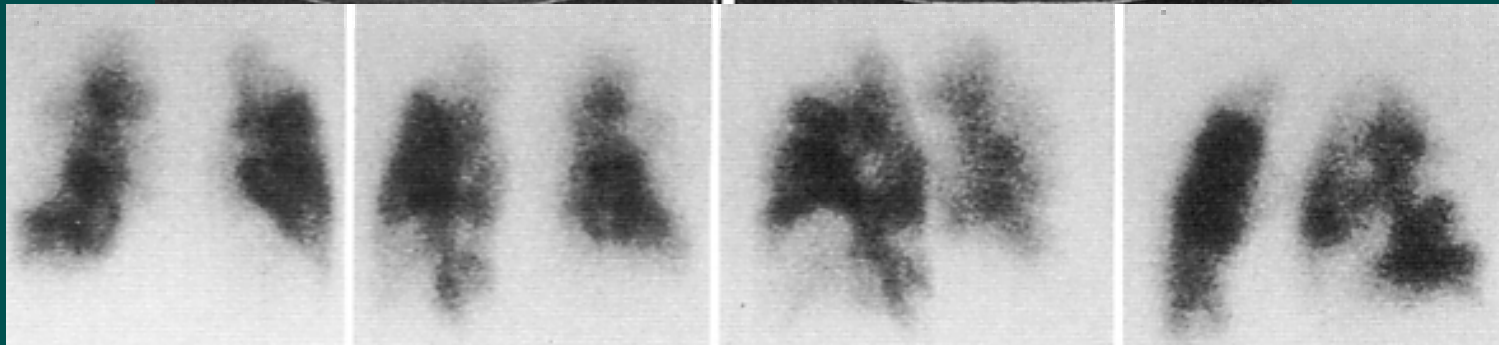
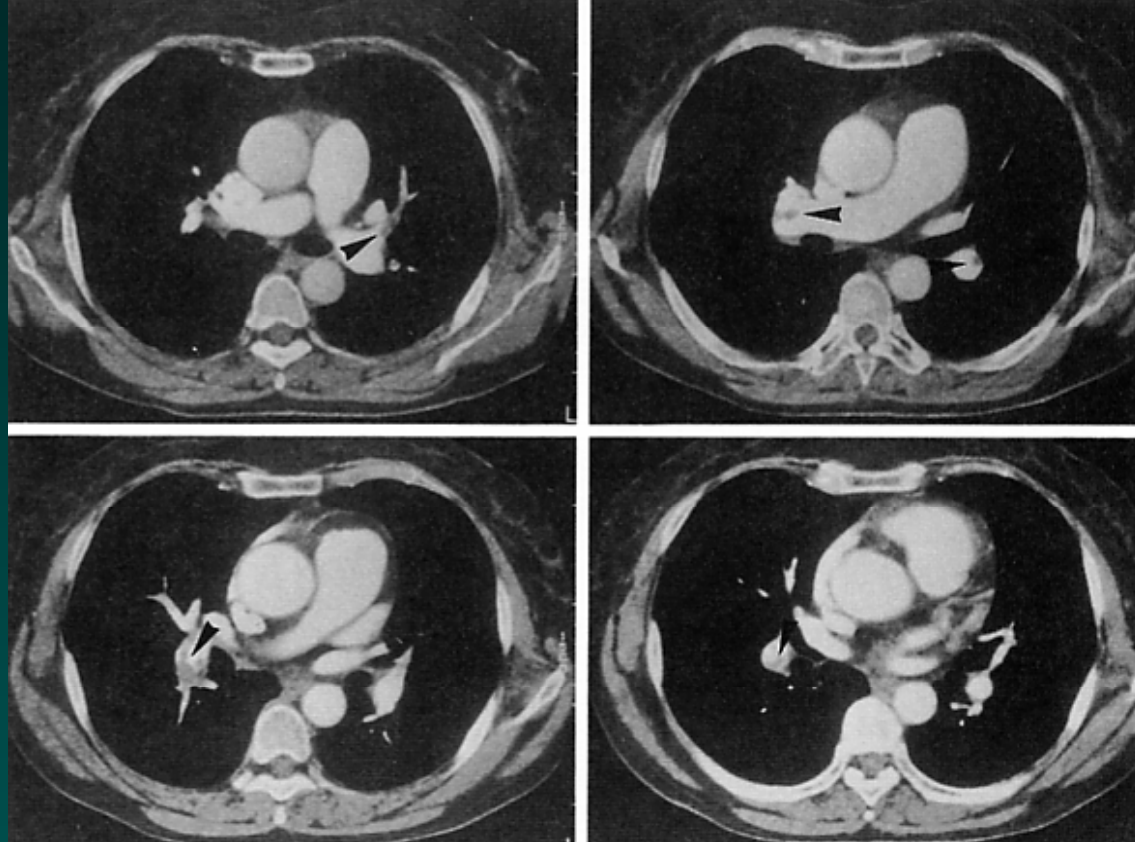
血流



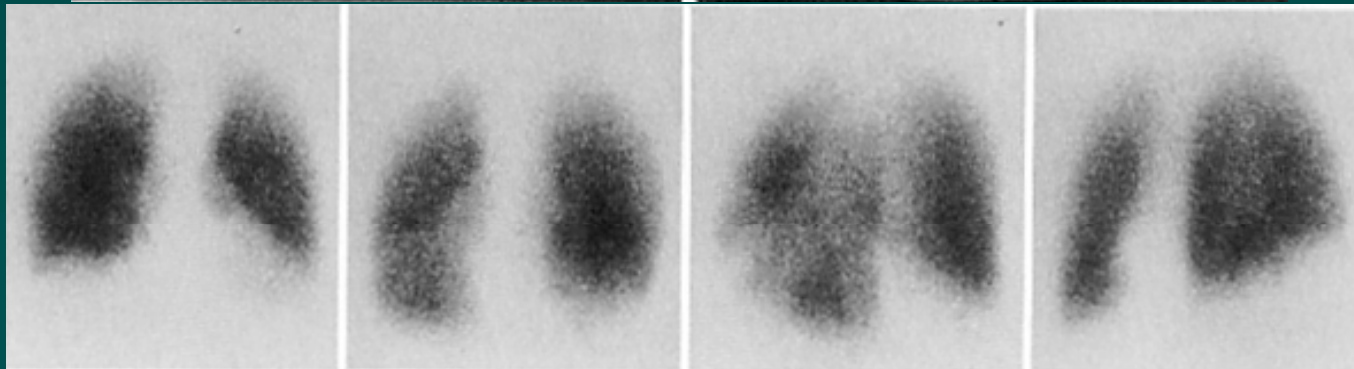
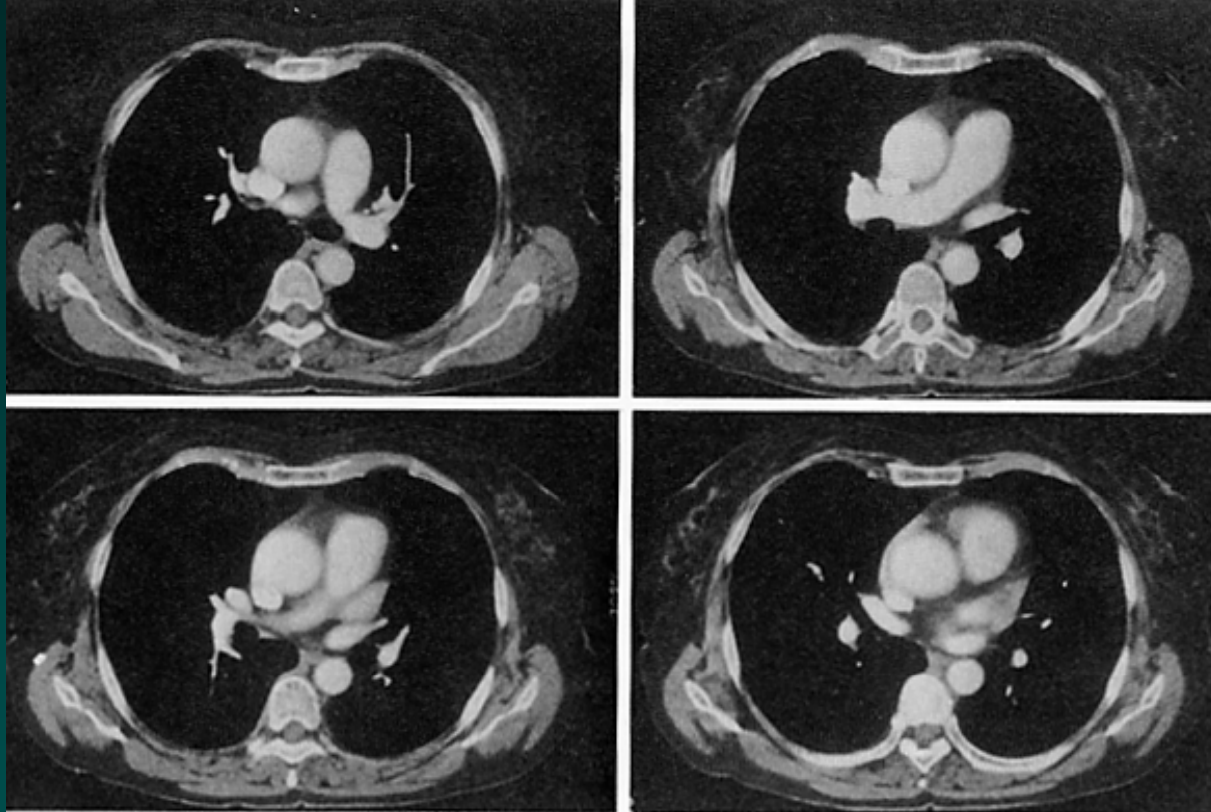
換気



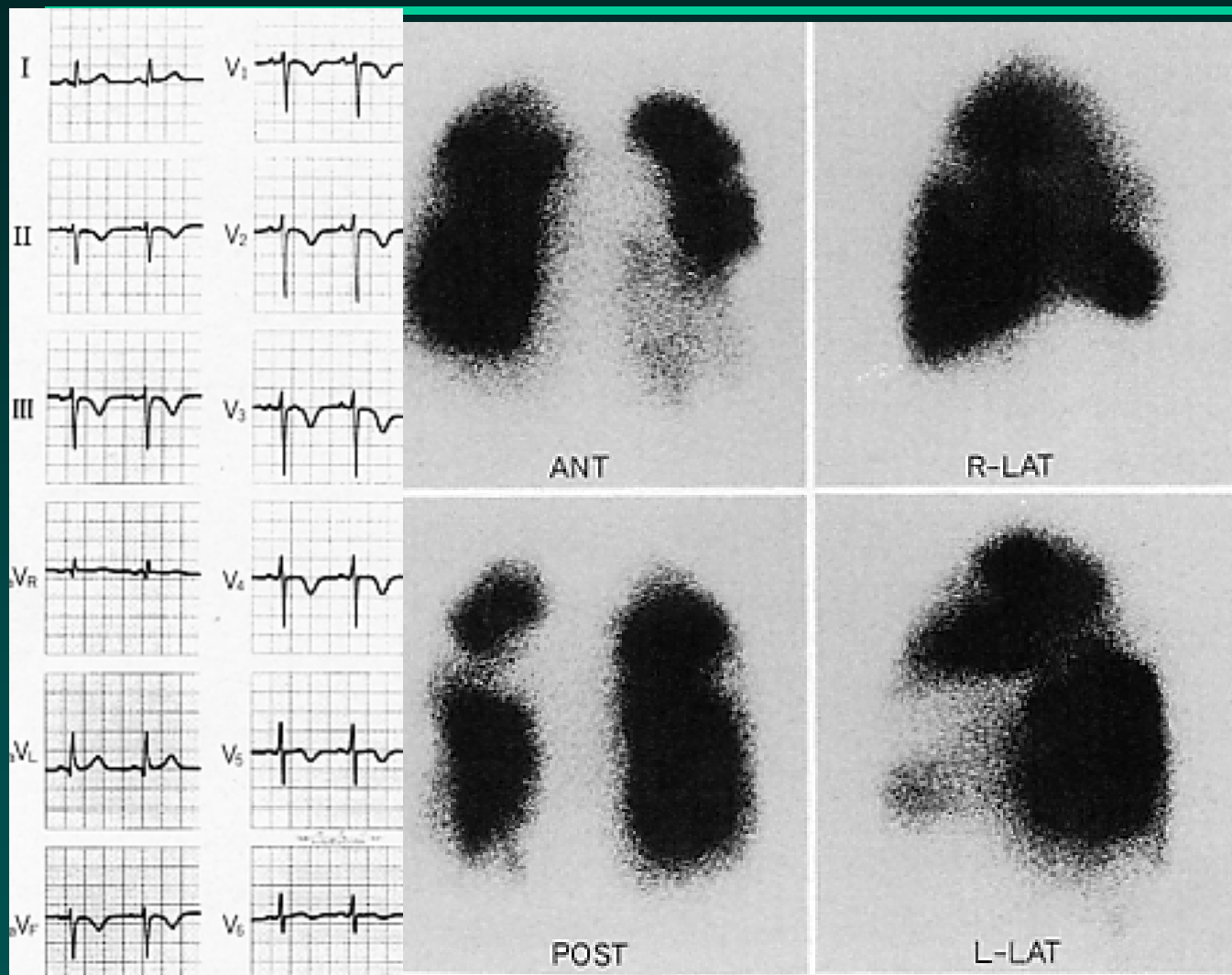
肺塞栓症



肺塞栓症 follow-up



54歳男性、突然の呼吸困難



狭心症疑いで来院
血圧88/50 mmHg
PO₂ 55mmHg
PCO₂ 30mmHg

II,III,V1-5 T波逆転
V6 S波深い

^{99m}Tc-MAA 肺血流スキャン

玉木長良著：心臓シンチグラムの読み方、第二版、文光堂1991

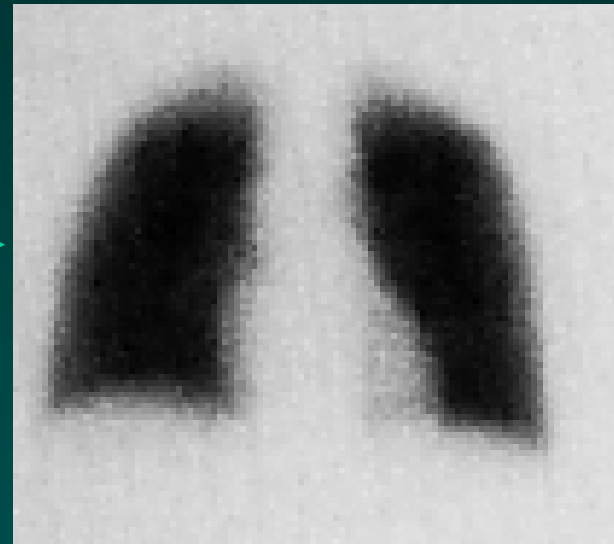
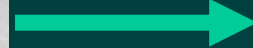
35歳男性,血管造影検査翌日の意識消失

呼吸停止あり、心肺蘇生の後,心エコー検査にて右室拡大あり
肺塞栓症を疑って肺血流検査を施行



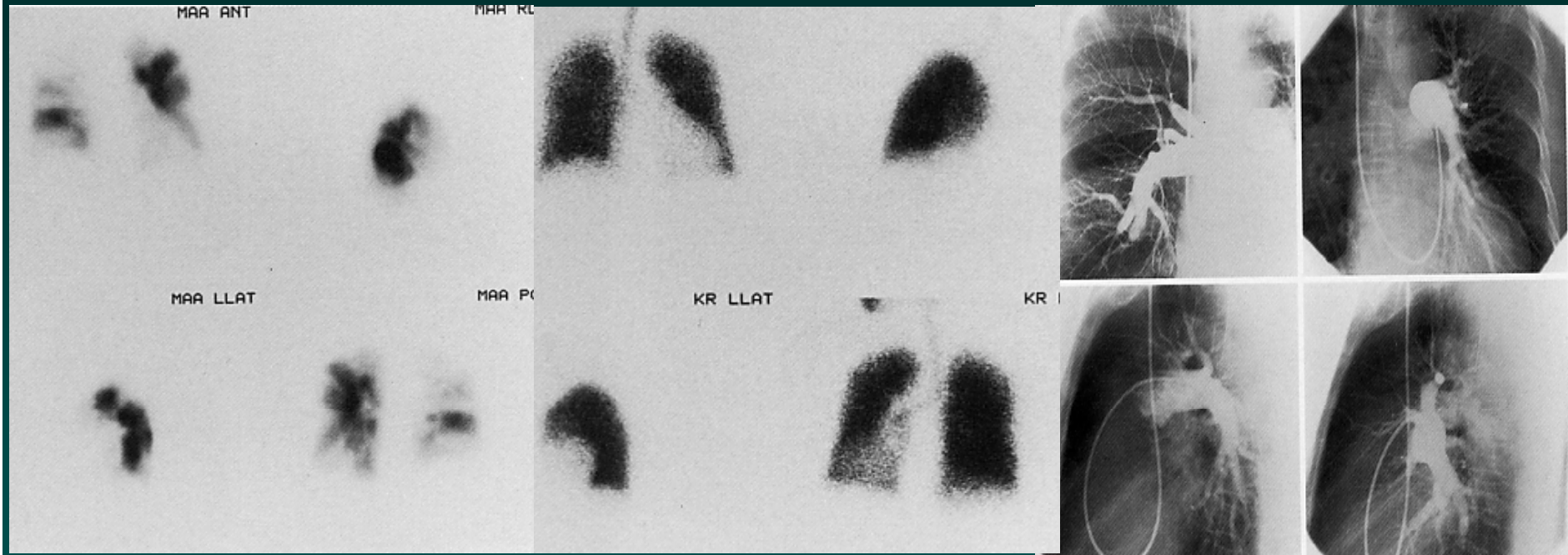
急性期肺血流スキャン

血栓溶
解療法



1ヵ月後の肺血流スキャン

59歳女性、肺塞栓症



^{99m}Tc -MAA
肺血流スキャン

^{81m}Kr -ガス
肺換気スキャン

肺動脈造影

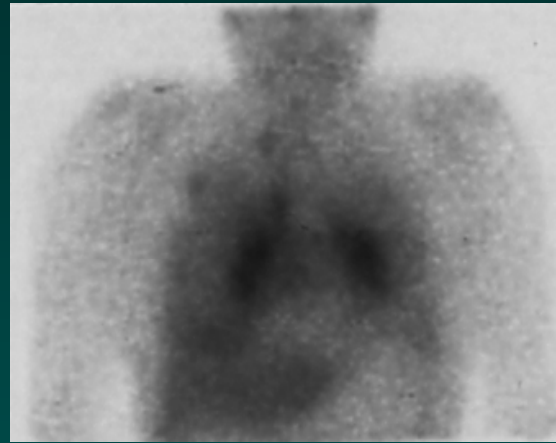
腫瘍核医学に用いられる薬剤

- ^{67}Ga -citrate 腫瘍親和性？ Transferin
- ^{201}Tl chloride Na-K pump, 血流、細胞内停留
- ^{18}F -FDG ブドウ糖代謝
- ^{131}I -NaI 甲状腺ホルモン合成
- ^{131}I -MIBG 交感神経終末、NE停留
- ^{111}In -Octreotide ソマトスタチン受容体

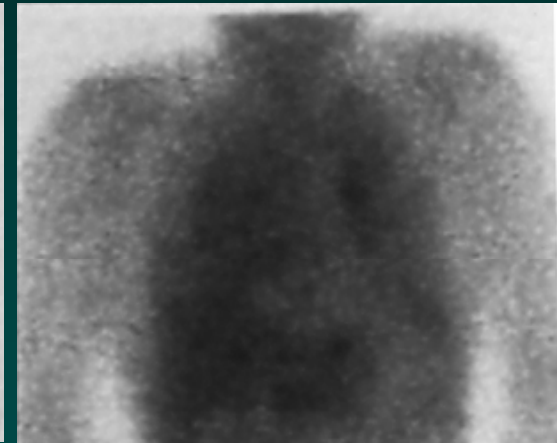
肺サルコイドーシス



肺門型



肺門肺野型



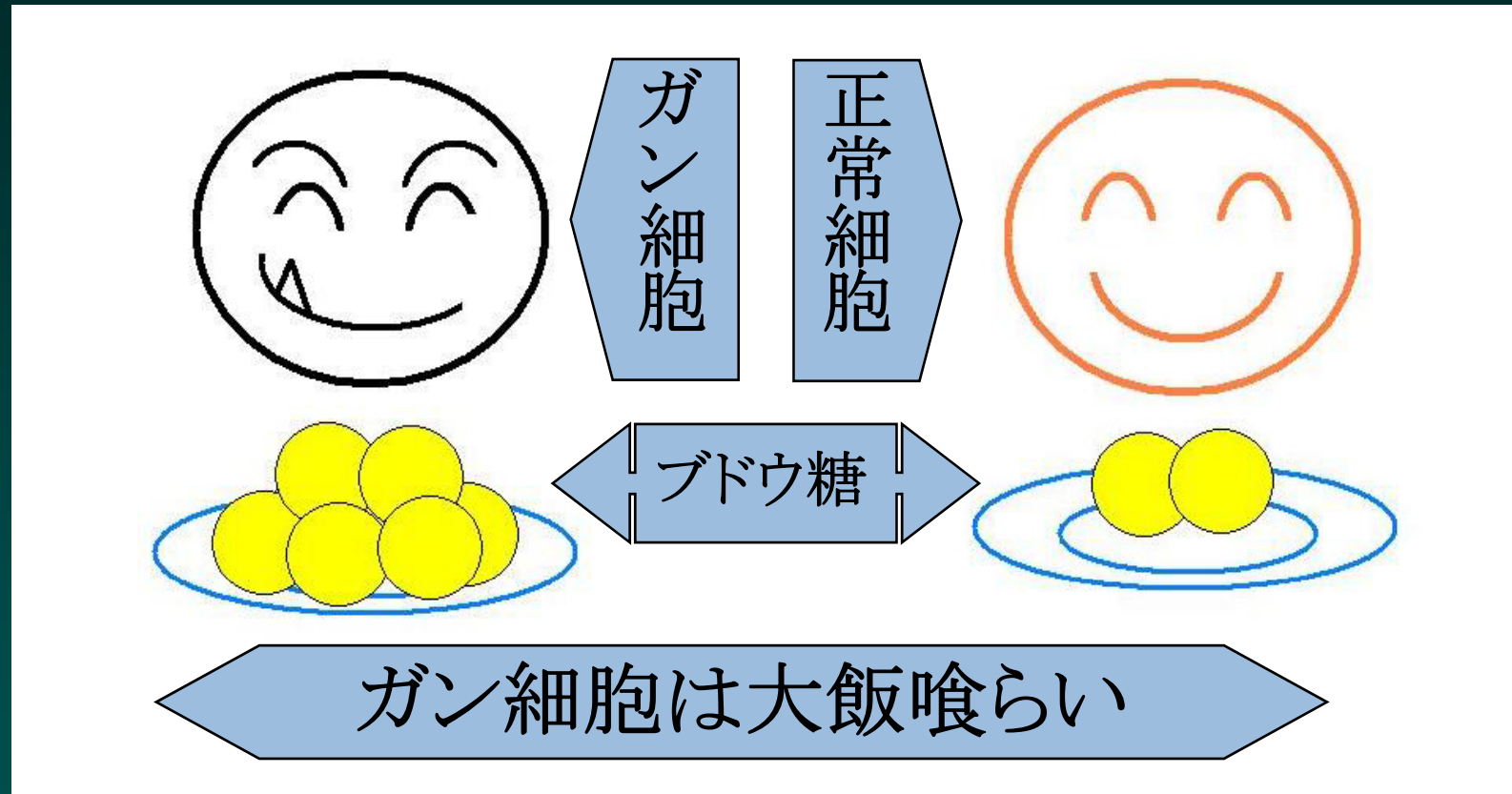
肺野型

Gaシンチで肺野にび慢性集積亢進



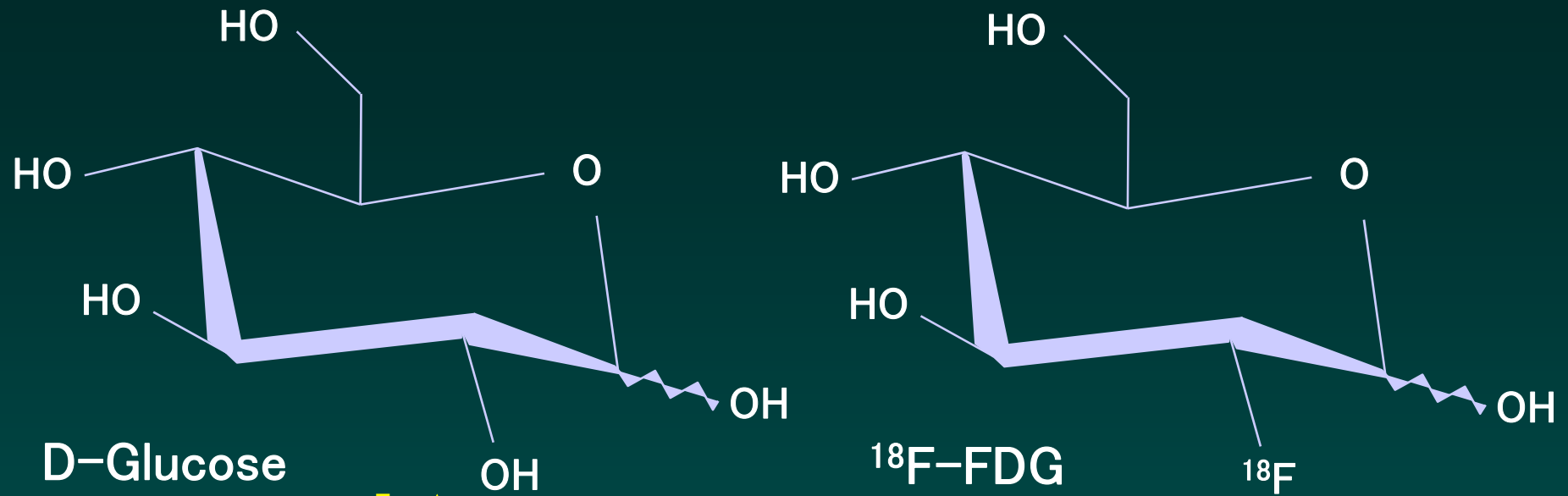
間質性肺炎(特発性、膠原病、化学療法後、カリニ肺炎等)
び慢性肺疾患(粟状結核、肺野型サルコイドーシス、塵肺症など)

悪性腫瘍のブドウ糖利用



ガン細胞は正常な細胞よりも多くのブドウ糖を消費します。
そのため、注射された **FDG** をたくさん取り込みます。

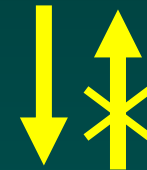
ブドウ糖とFDG



Glucose-6-リン酸



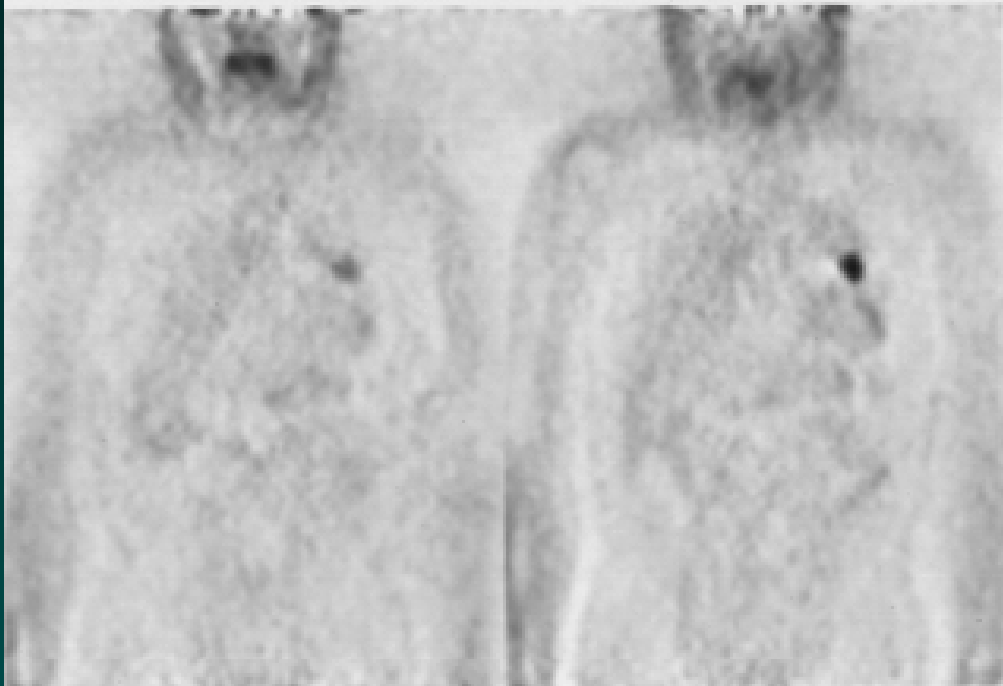
$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Energy(ATP)}$



FDG-6-リン酸



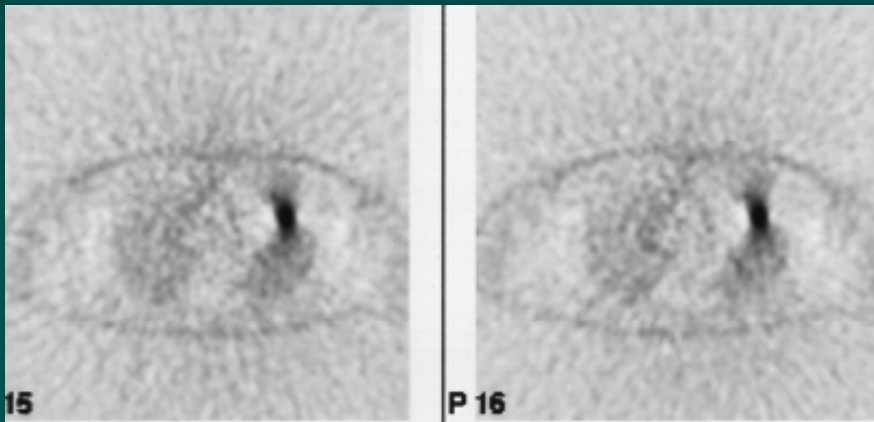
肺腺癌



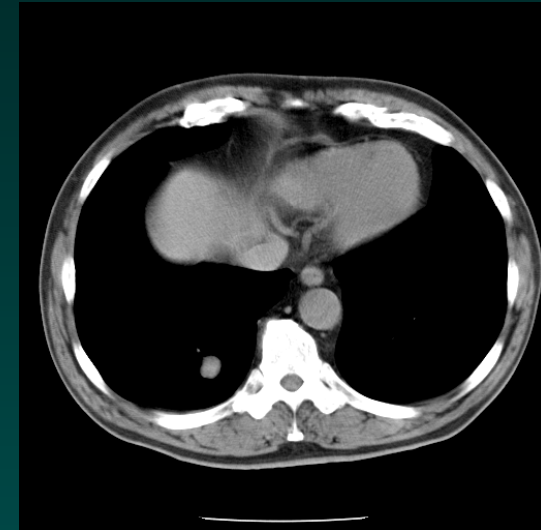
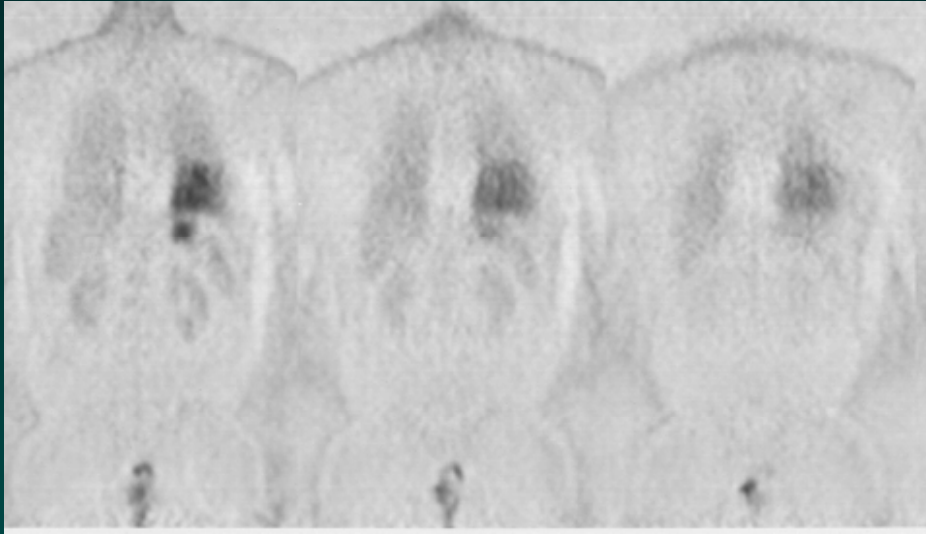
T2N0M0

20x20mm

SUV=6.8

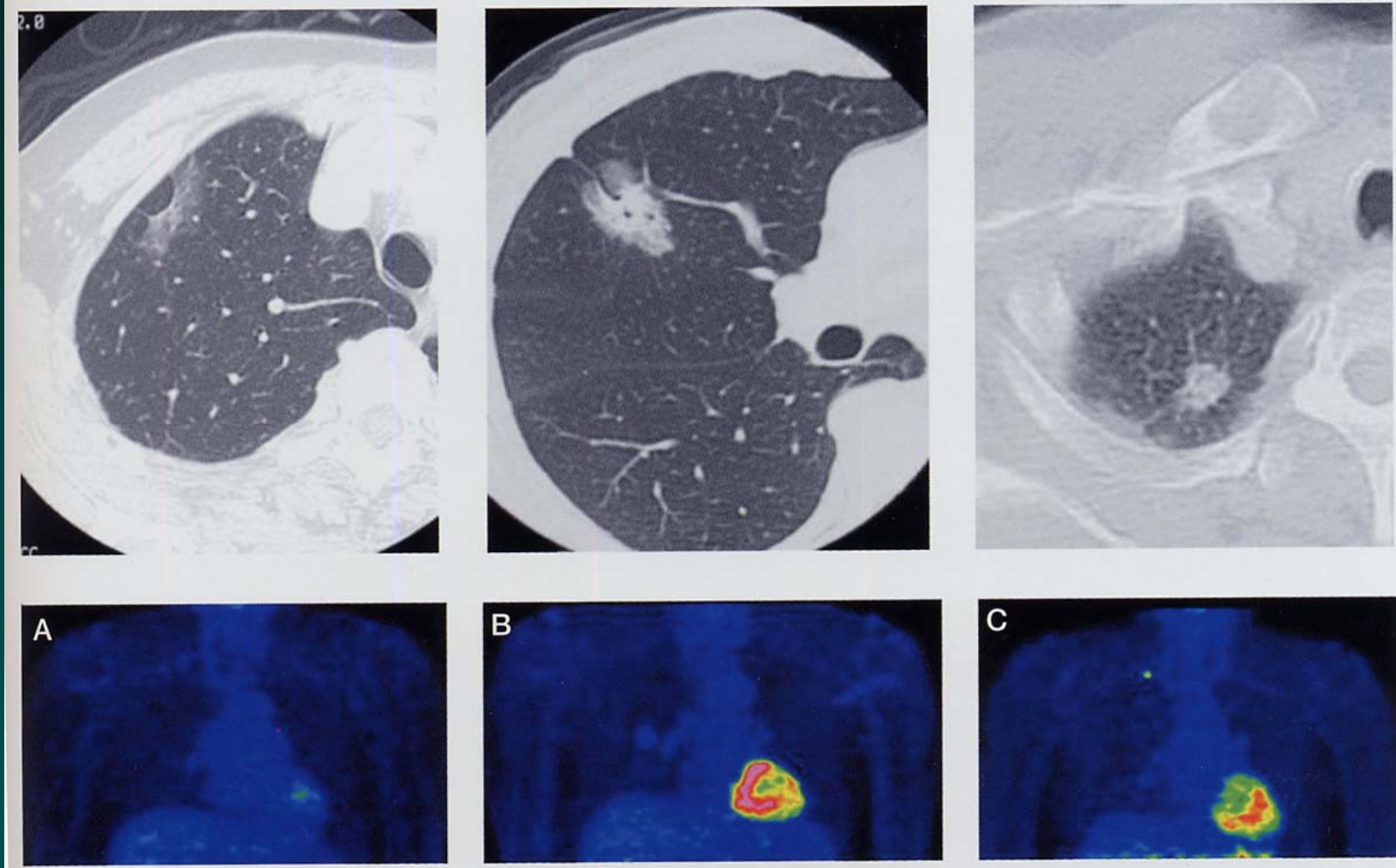


肺過誤腫



20x20mm

肺癌の組織系とFDGの集積



肺胞上皮癌

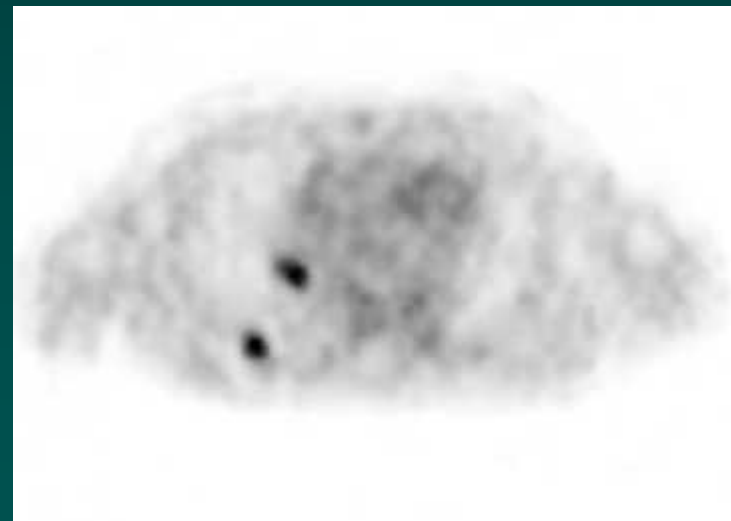
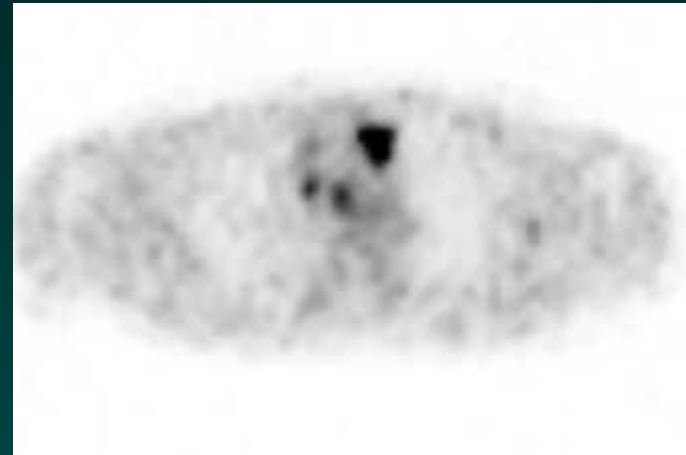
高分化癌(SUV 2.2) 中分化癌(SUV 4.5)

肺癌のFDG集積と組織との関係

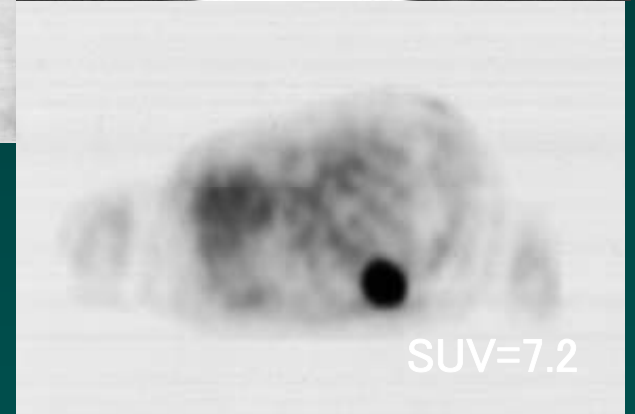
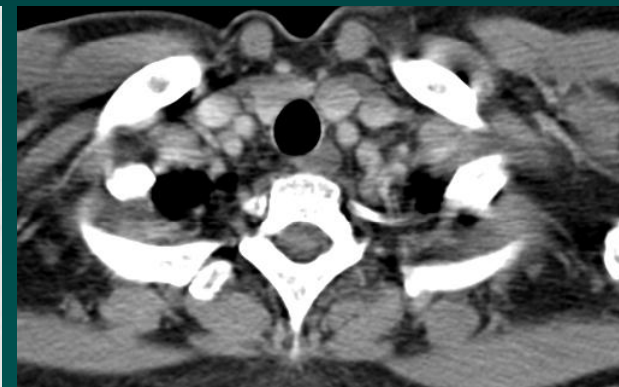
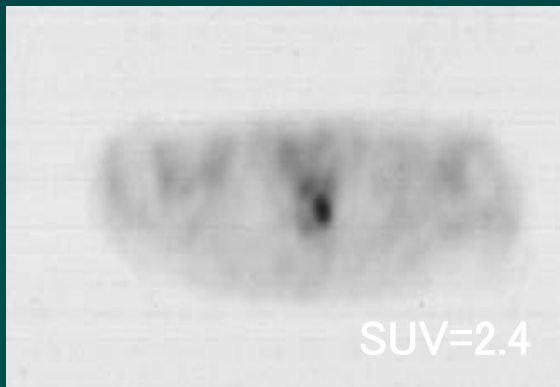
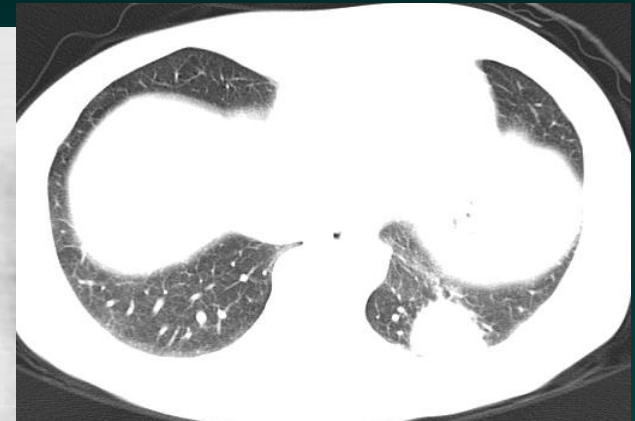
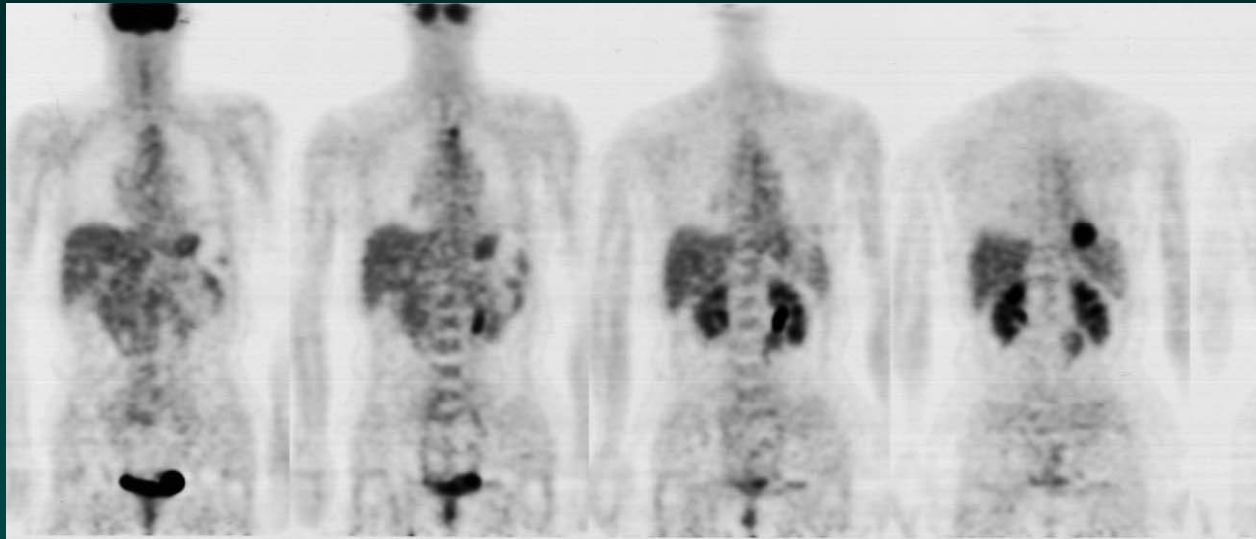
FDG集積	組織型			
	線癌	扁平上皮癌	大細胞癌	小細胞癌
高い	69	24	3	11
低い	50	1	0	0

(金沢医大: 東光太郎先生のデータより)

肺腺癌 Staging Stage IIIb



肺癌



- 54歳女性 左肺腺癌、縦隔リンパ節転移、胸膜播種

肺癌の病期診断

- 102例の肺癌での前向き臨床試験

- 縦隔病変の診断能

–	sensitivity	specificity
– FDG-PET	91%	86%
– X線CT	75%	66%

- 遠隔転移病変の診断能

- PETではCTで検出できない11病変を検出

- 病期分類

- 20例でステージの上昇

- 42例でステージの低下

肺癌におけるrandomized trial

肺癌188 pts

PLUS study (Amsterdam)
Lancet 359, 1388-1392, 2002

96
従来法

92
従来法+PET

18 (18%) 手術受けず

(2 PET拒否)
32 (35%) 手術受けず

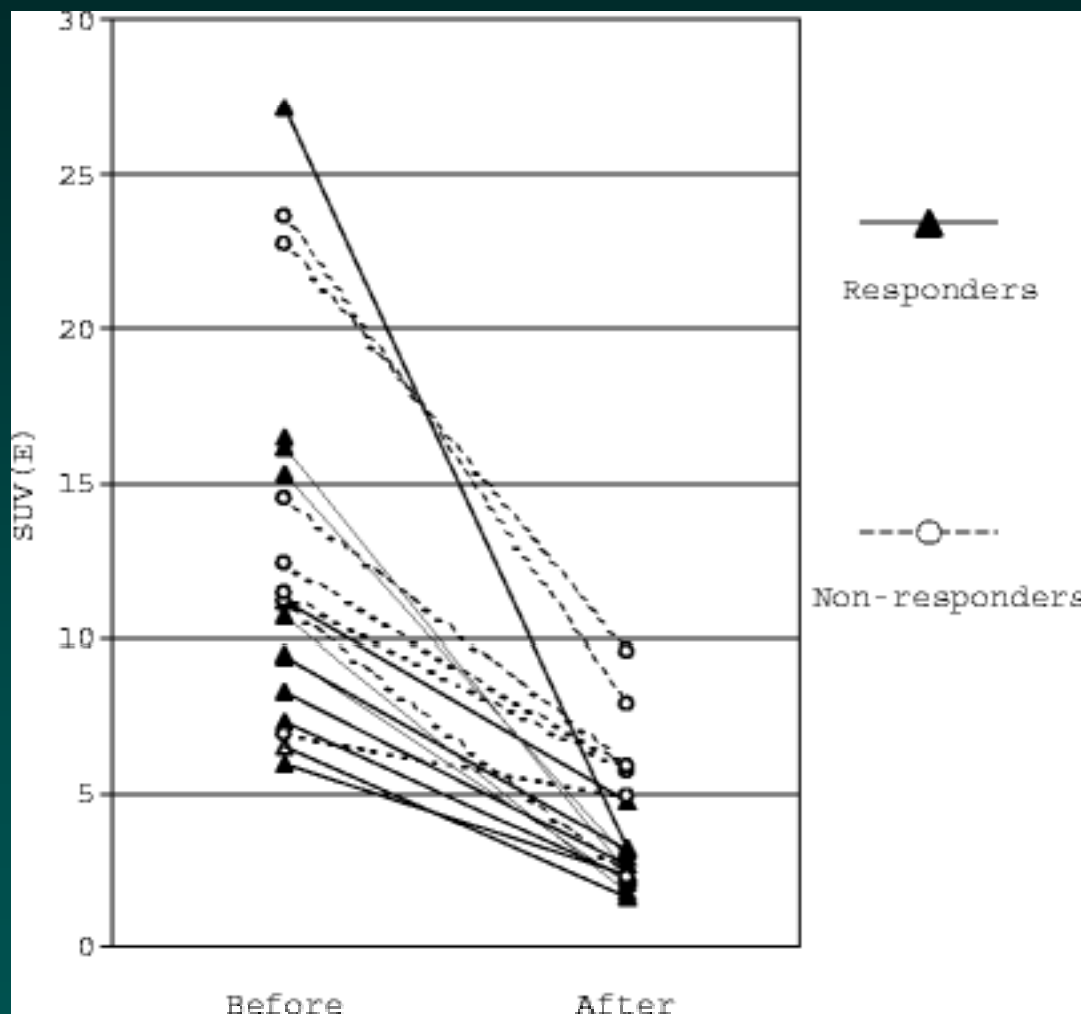
39 (41%)
無用な手術
(7 良性, 6 IIIA-N2, 6 IIIB)

19 (21%)
無用な手術
(2 良性, 4 IIIA-N2, 2 IIIB)

39 (41%)
有効な手術

39 (44%)
有効な手術

肺癌の放射線化学療法前後の集積の変化



26例の非小細胞肺癌における術前放射線化学療法後のFDG集積(SUV)の変化と病理組織学的治療効果との対比検討

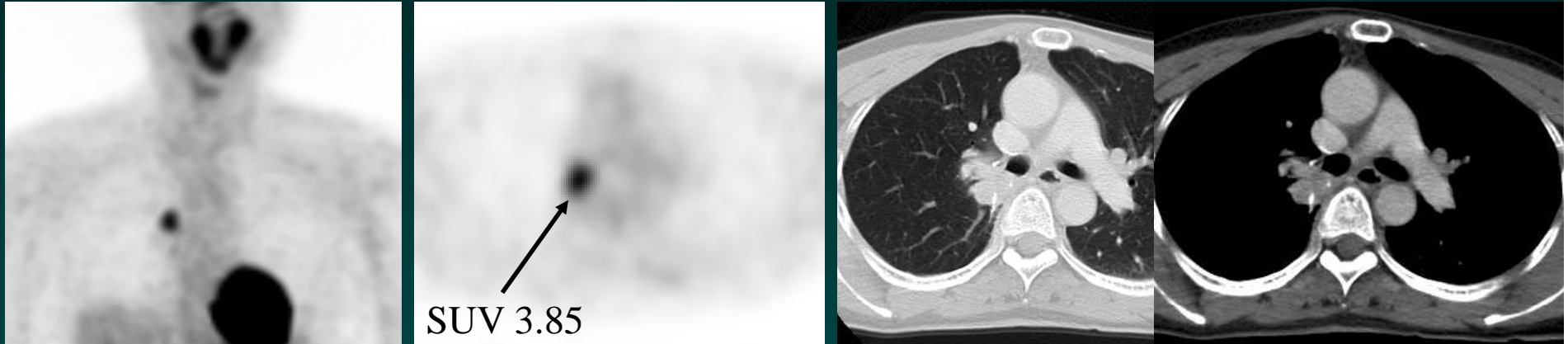
症例 (59歳女性 肺腺癌)

1997年 肺癌にて右上葉切除。

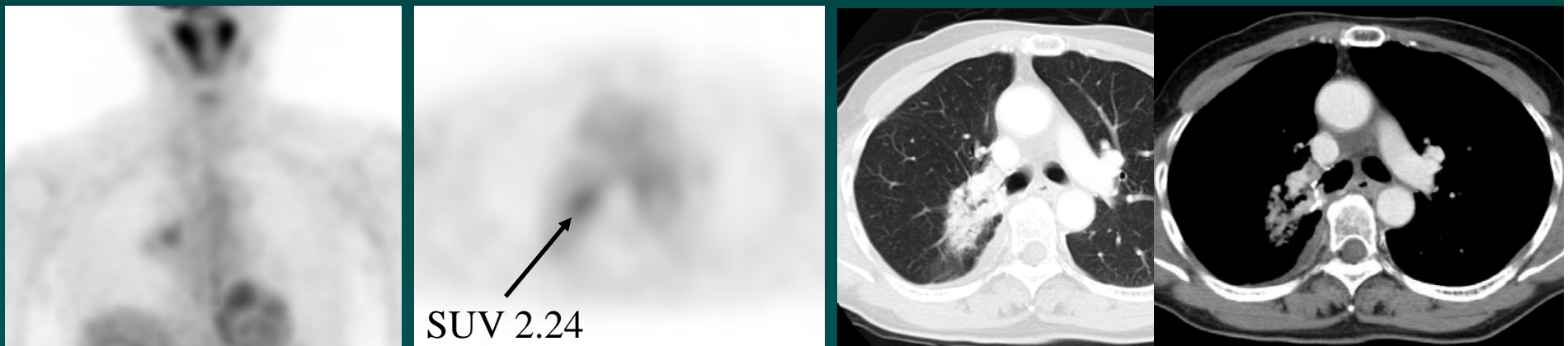
2001年 右S6再発にて、右下葉部分切除。

2004年 右肺門部再発にて、放射線照射。

症例 (59歲女性 肺腺癌)

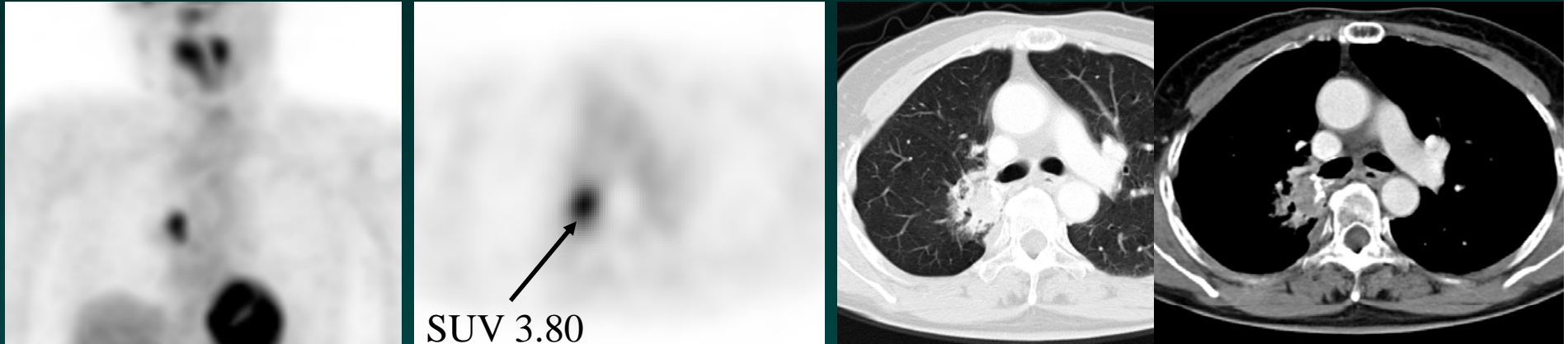


2004年 放射線照射前 (CEA 12.2)



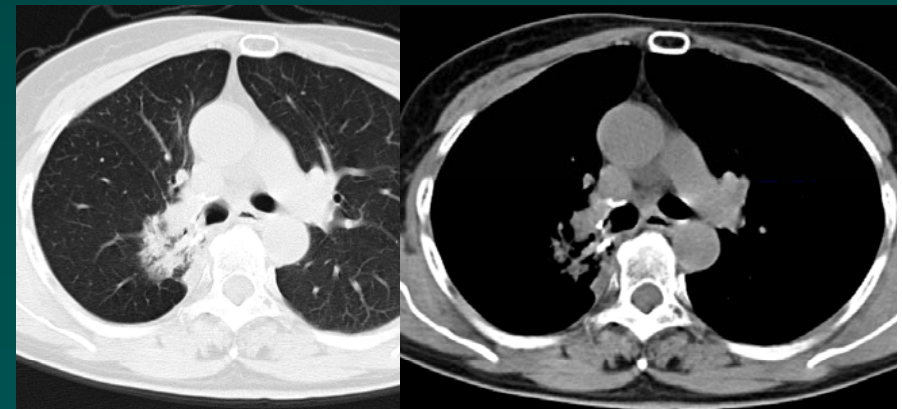
2005年 放射線照射後 (CEA 1.8)

症例 (59歳女性 肺腺癌)



2006年 CEA22.3

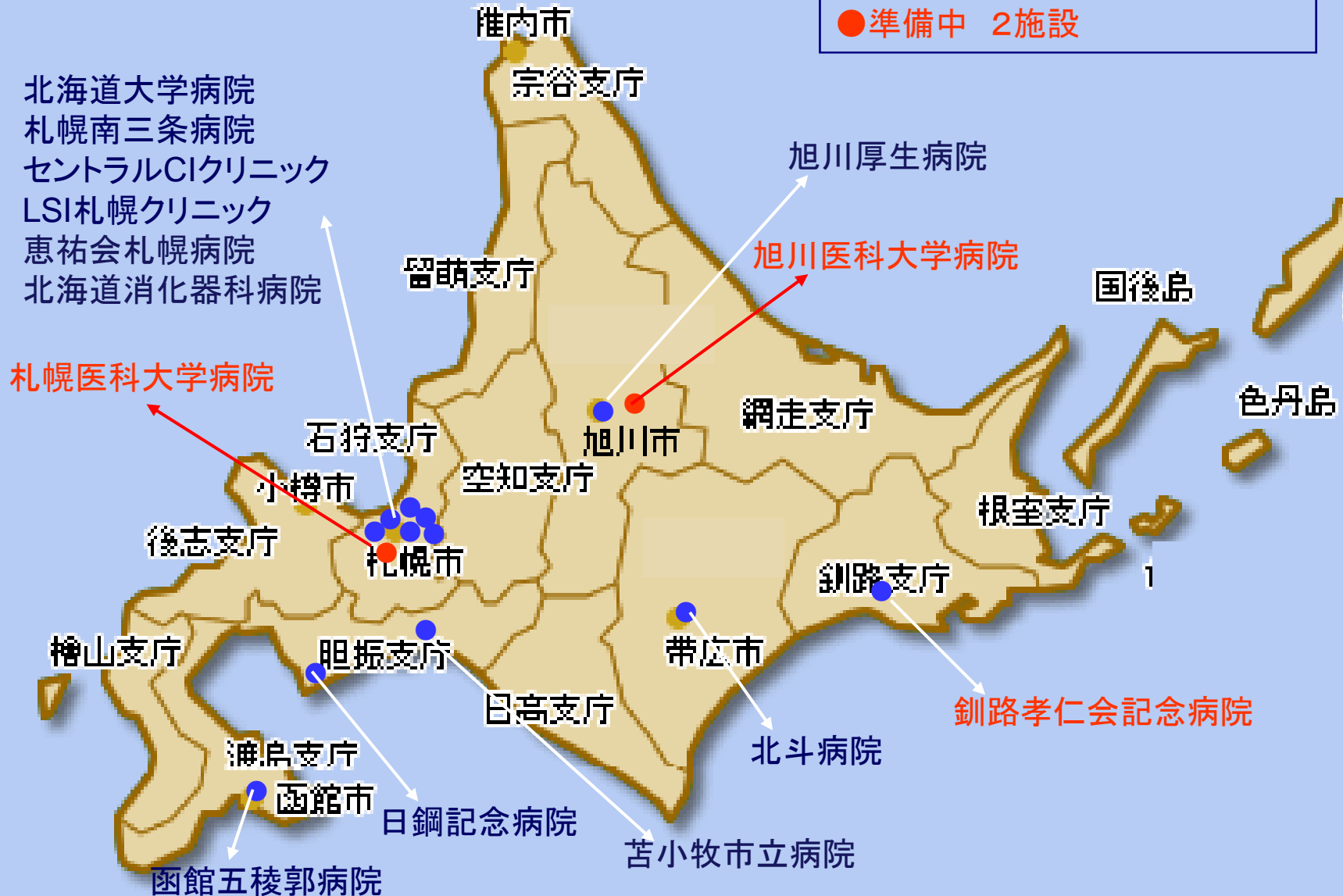
その後、TBLBにて
肺腺癌の再発と診断され、
イレッサ内服開始。



治療開始2ヵ月後

道内でPET検査を行っている施設

- 稼働中 12施設 (2008.2)
- 準備中 2施設



18F-FDG PETの保険診療の現状

適応疾患名	2006年件数	2005年件数	2004年件数	06年%	05年%	04年%
肺癌	3260	2715	1348	30.8	33.2	31.8
頭頸部癌	1183	863	418	11.2	10.5	9.9
悪性リンパ腫	1161	962	524	11.0	11.8	12.4
大腸癌	1103	911	510	10.4	11.1	12.0
乳癌	992	799	432	9.4	9.8	10.2
原発不明癌	815	819	430	7.7	10.0	10.2
膵癌	414	334	178	3.9	4.1	4.2
転移性肝癌	311	429	180	2.9	5.2	4.3
脳腫瘍	173	152	99	1.6	1.9	2.3
悪性黒色腫	122	96	48	1.2	1.2	1.1
てんかん	61	55	39	0.5	0.7	0.9
虚血性心疾患	32	50	28	0.3	0.6	0.7
食道癌	456	-	-	4.3	-	-
卵巣癌	269	-	-	2.5	-	-
子宮癌	237	-	-	1.1	-	-
合計	10589	8185	4234	100	100	100

種々の放射線の線量当量 (mSv)

