

統合循環器講義 2007年4月3日

心臓核医学検査

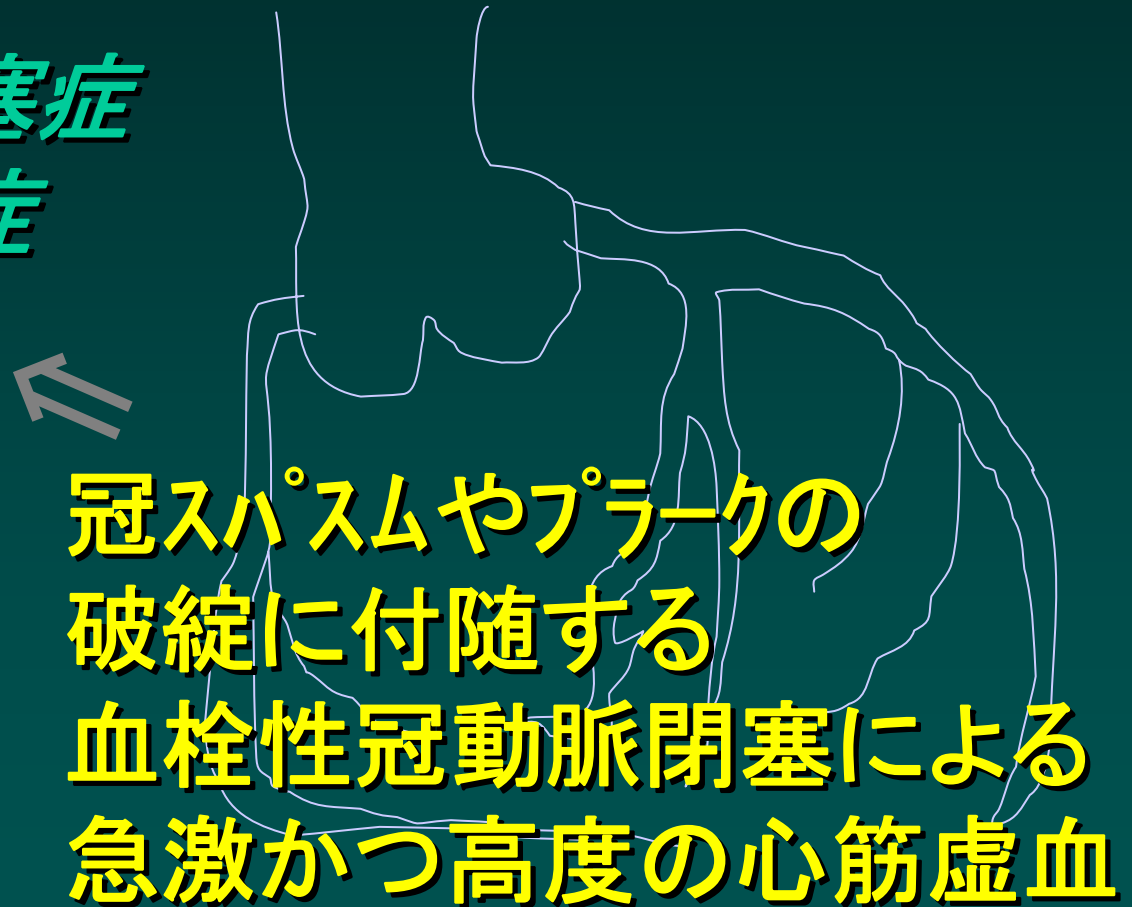
北海道大学大学院医学研究科

核医学

玉木 長良

急性冠症候群 acute coronary syndrome

急性心筋梗塞症
不安定狭心症
突然死



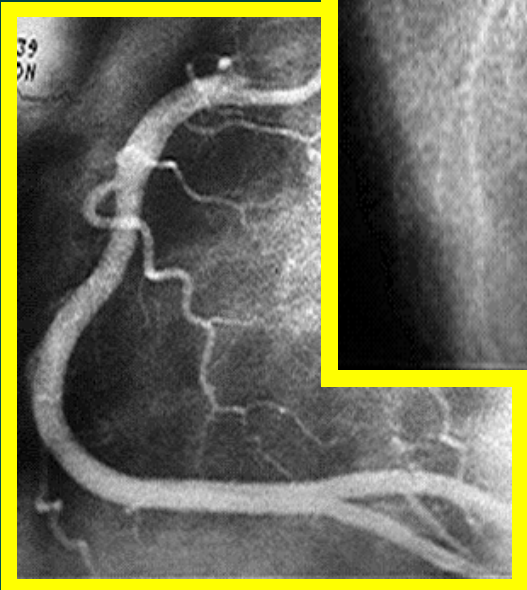
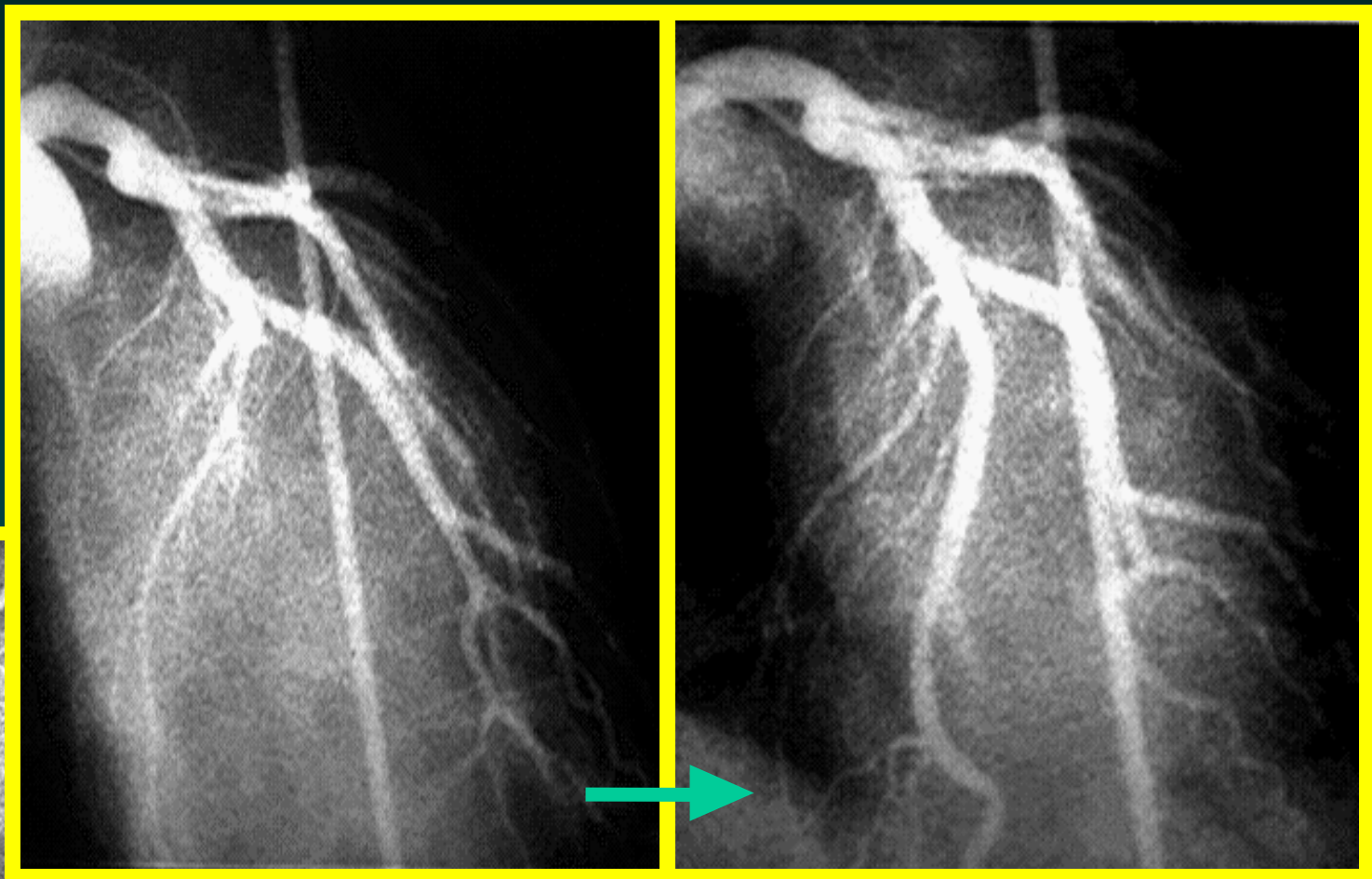
急性心筋梗塞の診断

- 持続する胸痛
 - 30分以上の持続、冷汗を伴う, NTGが無効
 - 20-60%が無症状(糖尿病、高齢者、小児)
- 心電図変化
 - T波の増高、ST上昇、異常Q波、陰性T波
- 心筋逸脱酵素の上昇
 - CK(CK-MB), Myoglobin, Troponin T, (GOT,LDH)

急性心筋虚血の際の画像診断

- 胸部X線写真
 - 左心不全の有無（肺うっ血、心拡大）
- 心エコー図検査
 - 壁運動の低下、心機能評価
 - 解離性大動脈瘤の鑑別
- 心臓核医学検査
 - 心筋血流低下、虚血の有無、心機能評価
- 心臓カテーテル検査
 - 責任血管の同定、血行再建術の適用判定

AMI ant.



PCI for LAD
CPK 1092 IU/l

67M

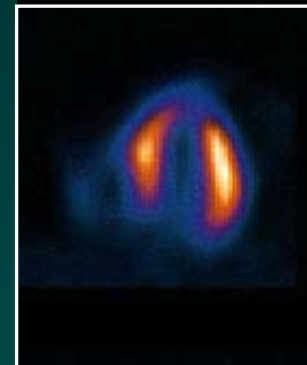
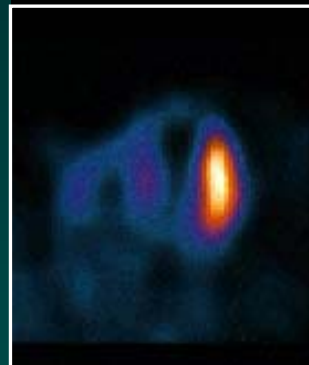
AMI ant.

^{99m}Tc -tetrofosmin
SPECT

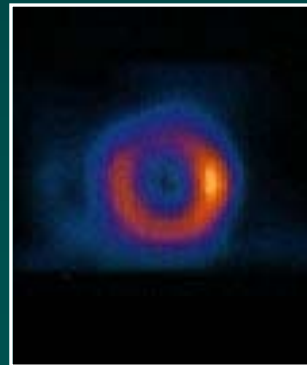
V-long Ax.



H-long Ax.



Short Ax.



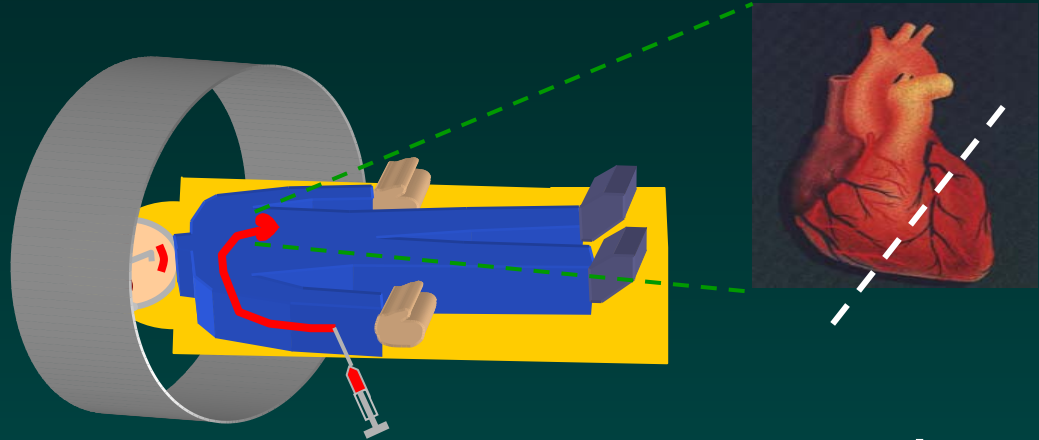
67M

心肌血流SPECT

Multi Head Camera

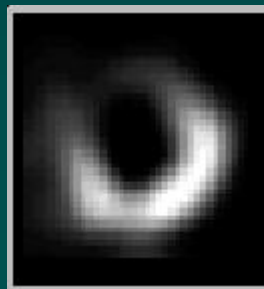
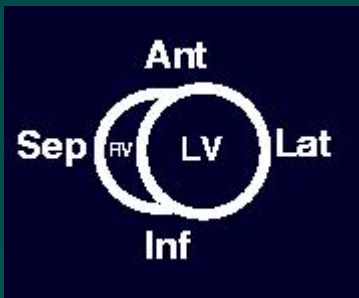


Gated Acquisition

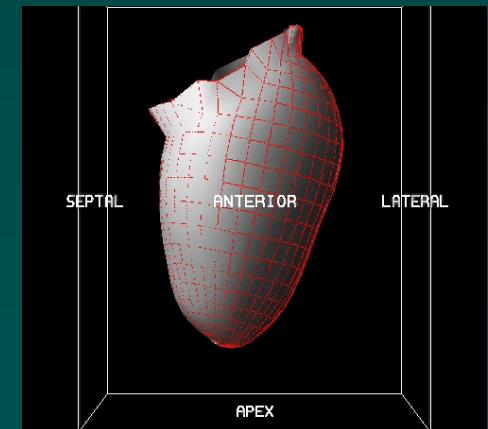
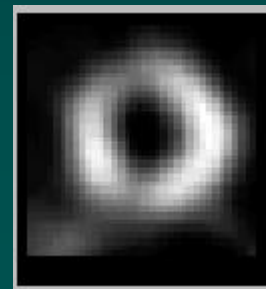


3D Cine
Ejection Fraction
ED / ES volumes

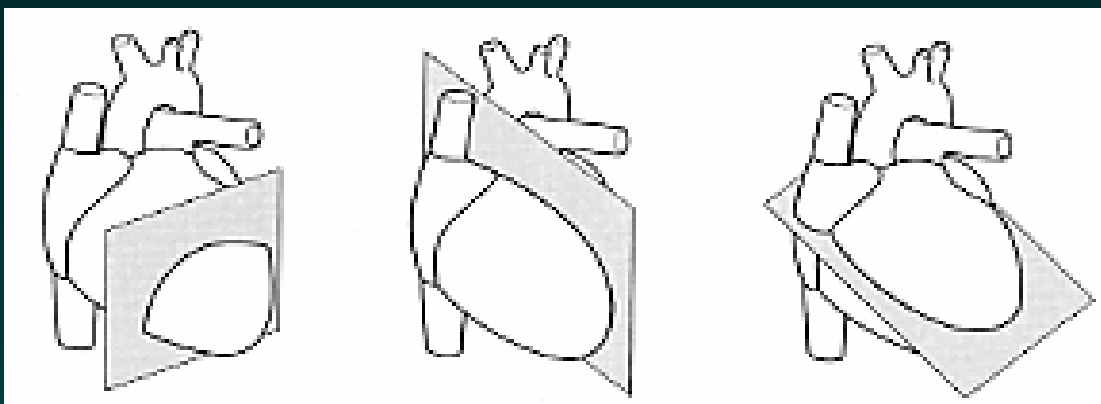
Tc-99m flow tracer Stress



Rest



心筋SPECTの区域と冠動脈支配



短軸断層像

Short-axis

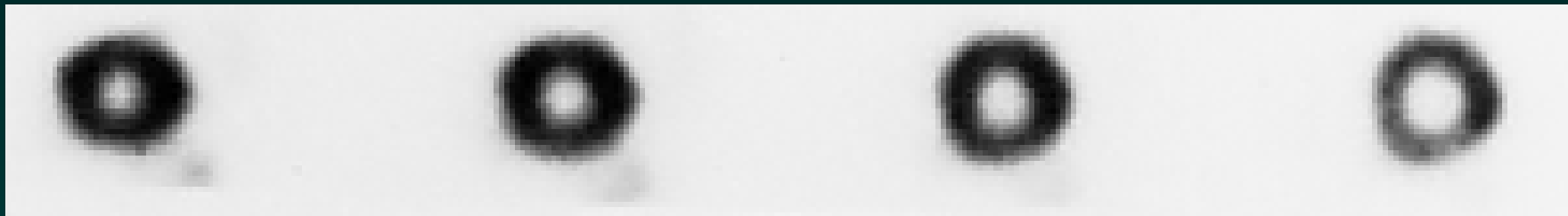
長軸垂直断層像

Vertical long-axis

長軸水平断層像

Horizontal long-axis

心筋血流SPECT(正常例)



短軸断層像 (short-axis slices)

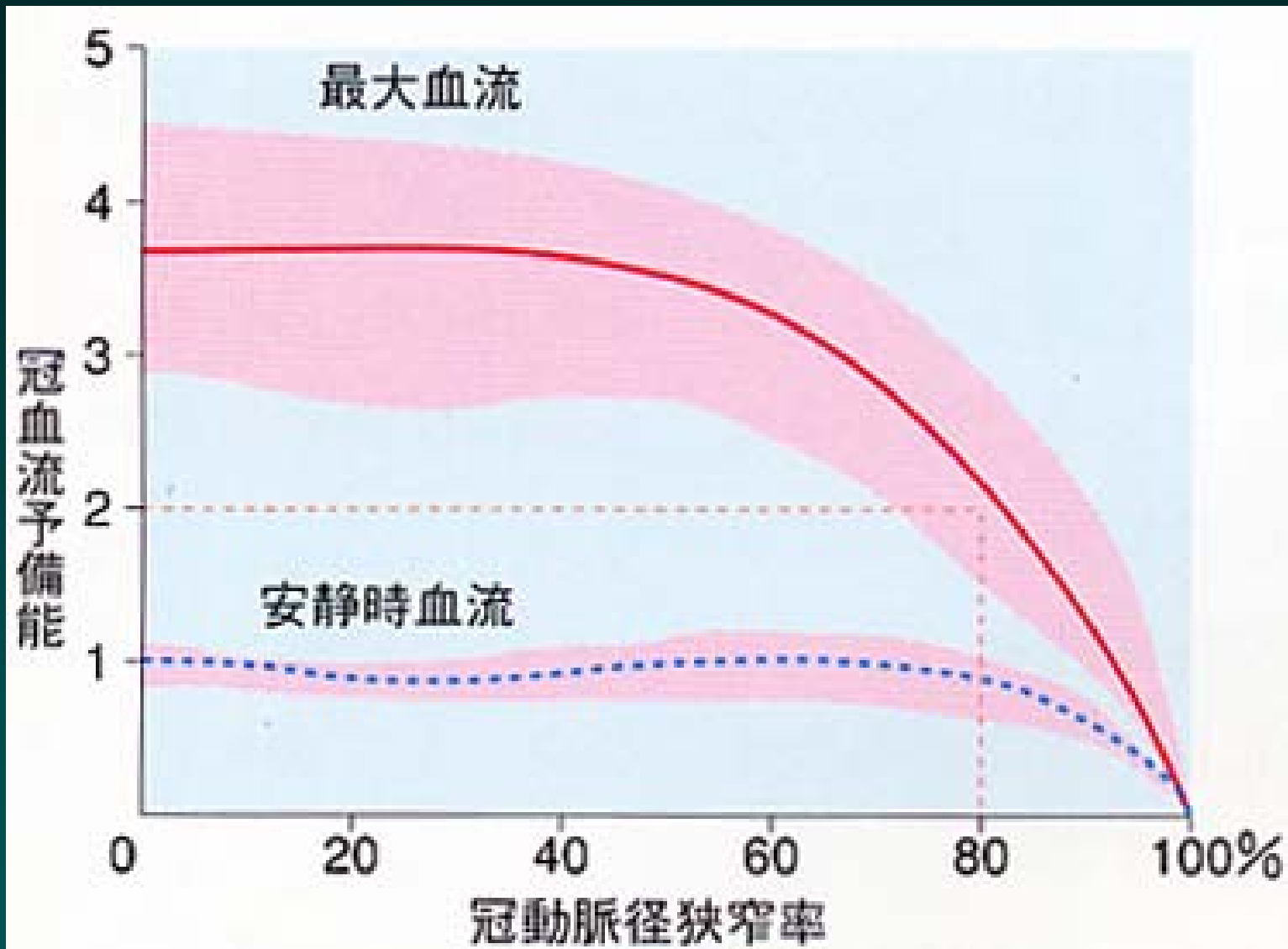


長軸垂直断層像 (Vertical long-axis slices)

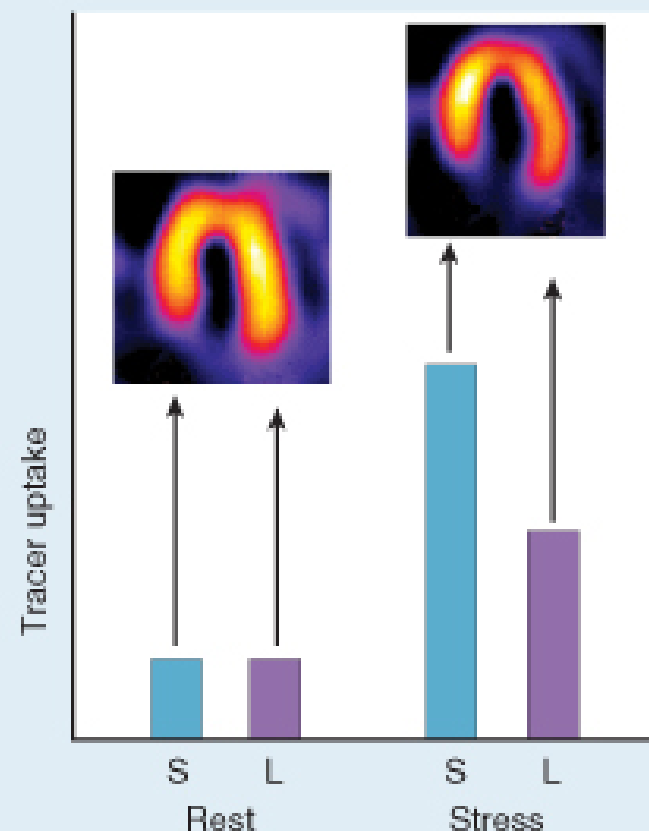
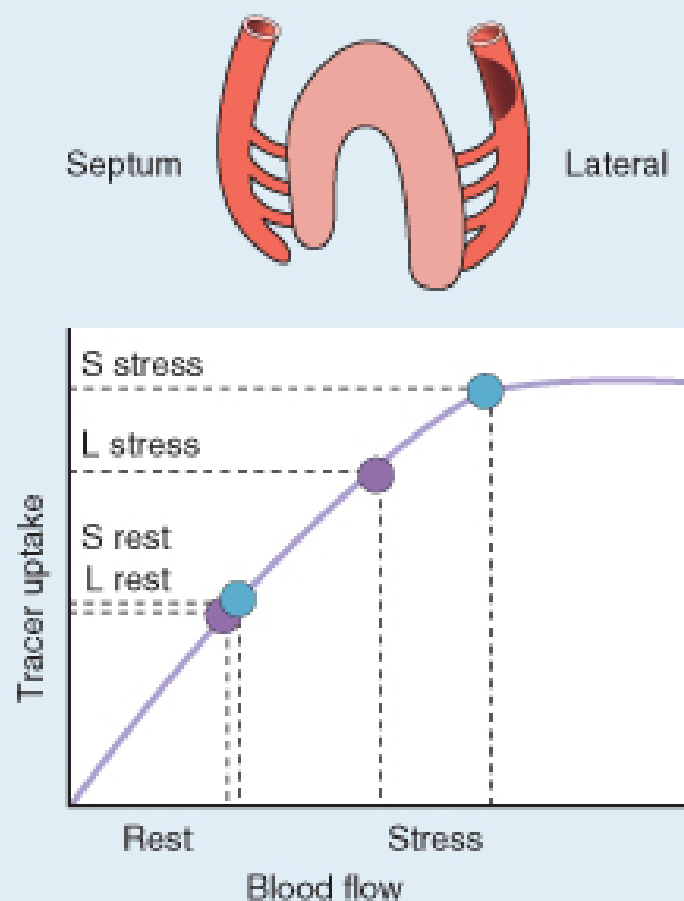


長軸水平断層像 (Horizontal long-axis slices)

冠動脈狭窄と心筋血流量・予備能との関係



負荷を用いた心筋血流異常の検出



種々の負荷の方法

- 運動負荷
 - 仕事量を増加→実際の虚血を誘発
 - 負荷達成度は予後やQOLにも関係
 - 運動が十分かけられない例には不適當
- 薬剤負荷
 - ATP, Adenosine, dipyridamoleなど
 - 冠血流量を最大に増加
 - 血流の増加の不均等から虚血部位を同定
 - 喘息には禁忌
 - Dobutamine
 - 仕事量を増加→実際の虚血を誘発
 - 不整脈を誘発する可能性
 - 高血圧には禁忌

運動負荷心筋シンチグラフィ



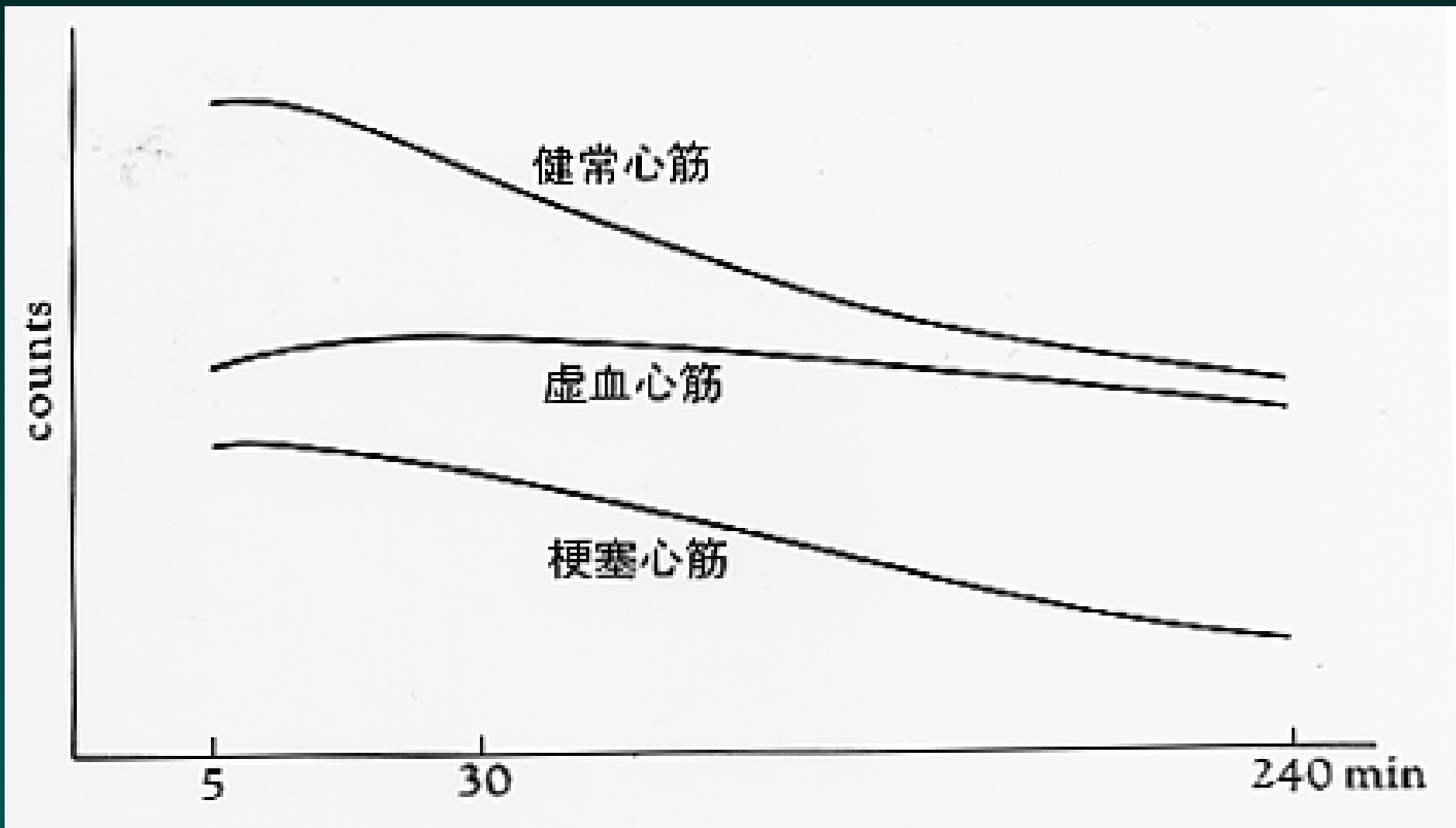
モニター

血圧
心電図
自覚症状
運動対応能

血管確保

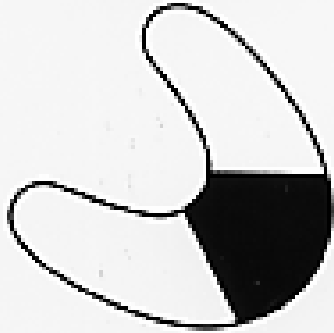
アイソトープの注射
緊急時の対応

タリウムの心筋からの洗い出しと再分布

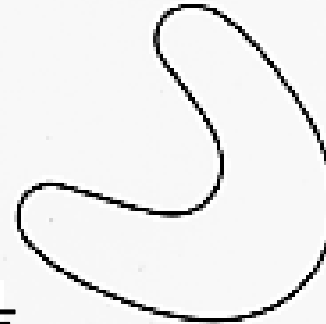


タリウムの再分布所見

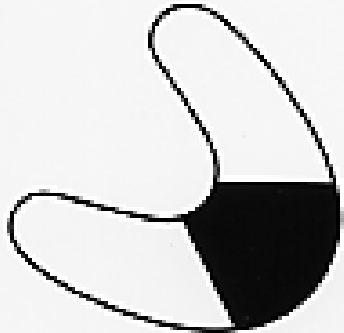
初期像



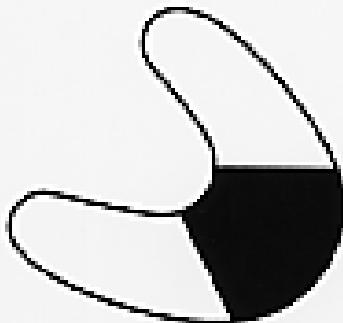
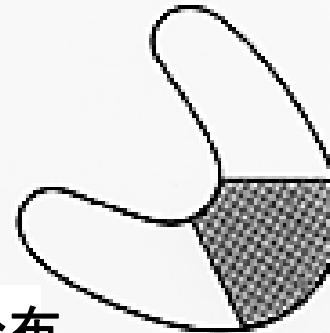
完全再分布



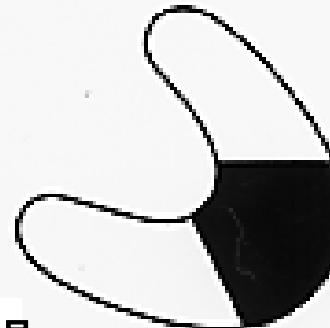
後期像



不完全再分布



固定性欠損



心筋血流SPECTの読み方

- 各断面のオリエンテーションをつける
- まず短軸断層像で血流低下をみる
- 心尖部は長軸断層像でみる
- 血流低下が後期像（または安静時像）で分布の変化（再分布）があるかどうかを判定する

初期像	後期像	判定
低下	改善	虚血
低下	低下のまま	梗塞

症例 1

64歳 女性。

糖尿病、高血圧にて治療中。約1ヶ月前から、労作時の胸部症状が出現するようになった。

運動負荷Tl-201 SPECTを呈示する。

症例 1 心筋血流SPECT

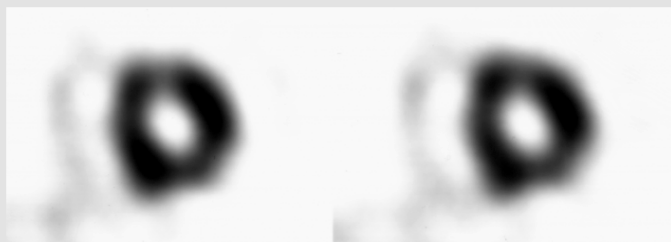
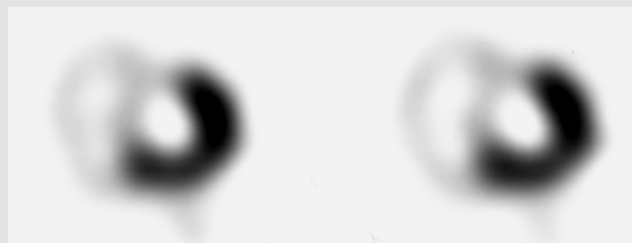
運動負荷

遅延像

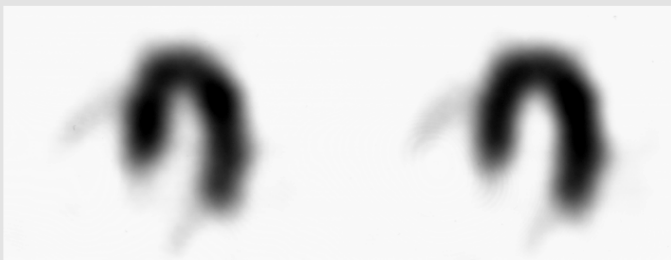
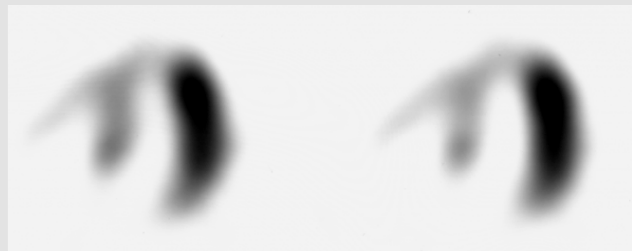
長軸垂直断像



短軸像



長軸水平断像



症例 2

1998年健診で下行大動脈瘤を指摘された。

その後、1999年急性心筋梗塞を発症しステントを挿入された。以後、胸痛なく経過し、1ヶ月に1回のfollowを受けていた。

大動脈瘤の増大を認めたため手術目的に当院循環器外科入院となり、腎盂腫瘍も認めたため、2006年7月28日泌尿器科と合同で左腎摘出ならびに腹部大動脈瘤切除、人工血管置換術を施行。

- ・術前心機能精査目的にアデノシンを用いた薬剤負荷心筋シンチグラフィを施行。

- アデノシン0.12mg/kg/min 持続投与を開始し、
- 3分でMIBI静注、6分でアデノシン注入終了。
- HR : 57bpm → 72bpm
- BP : 126/73mmHg → 115/69mmHg
- ST : 変化なし。
- 症状 : 胸痛（一）。

SAX SUM EX



SAX SUM REST



VLA SUM EX



Rest、Stress image とともに、anterior (mid level)、apex(の狭い範囲)に局所的な分布低下を示す。固定性欠損であり、心筋障害を示唆する所見。



HLA SUM EX



185.00 MBq

10:43:44

HLA SUM REST



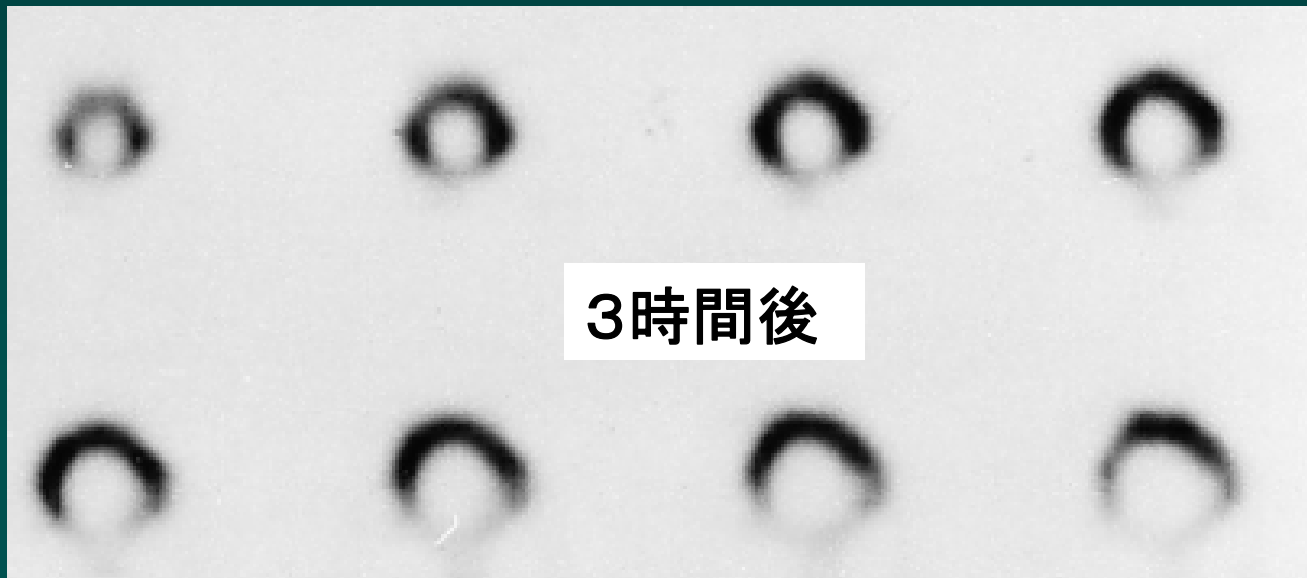
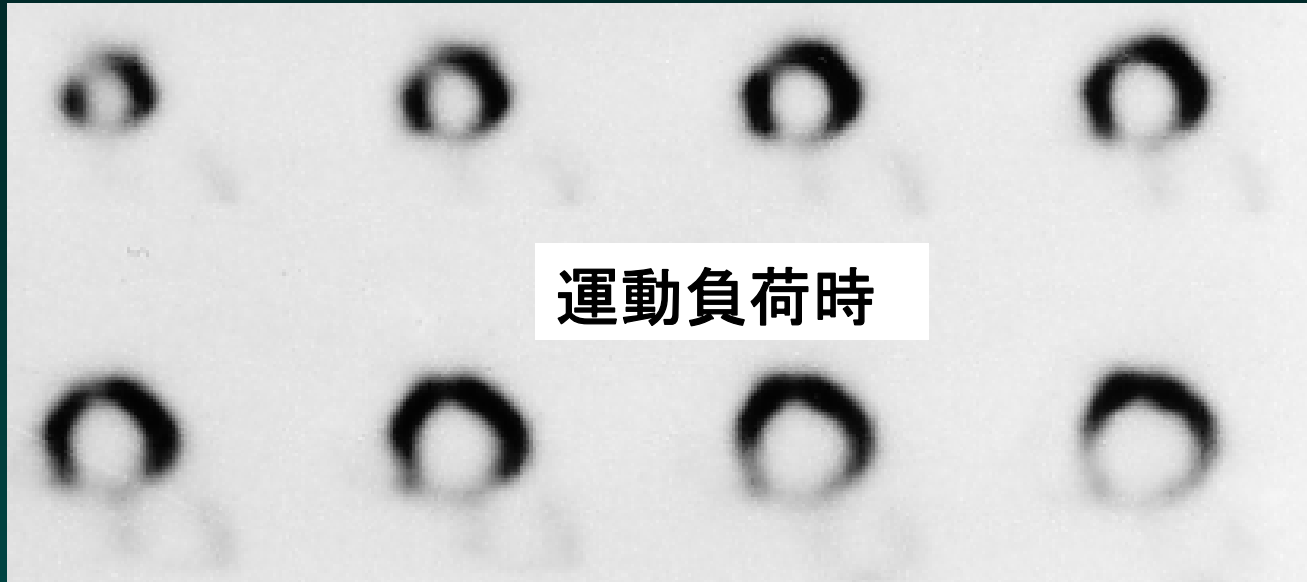
555.00 MBq

13:57:51

Adenosine負荷^{99m}Tc-MIBI SPECT

胸部下行大動脈瘤については
今後2期的に手術する予定。

下壁心筋梗塞（タリウムSPECT）



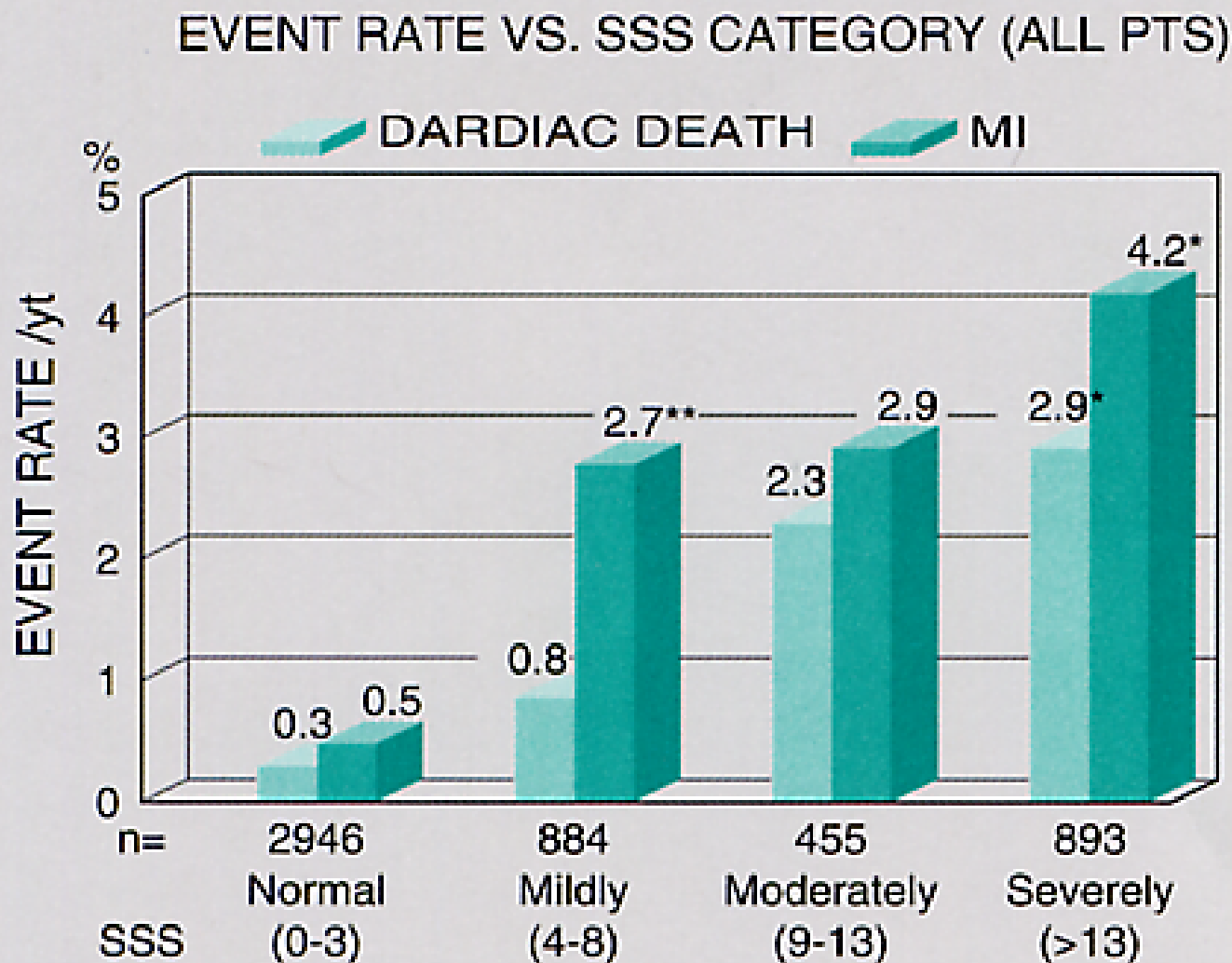
短軸断層像

各検査法の診断精度 (Meta-analysis)

検査	感度 (sensitivity)	特異度 (specificity)	不確定率
負荷心電図	68%	77%	18%
負荷心筋シンチ	84%	87%	9%
冠動脈造影	100%	100%	0.5%

Patterson RE, et al. Semin Nucl Med 24: 286, 1994

負荷心筋血流SPECTの所見と心事故の予測

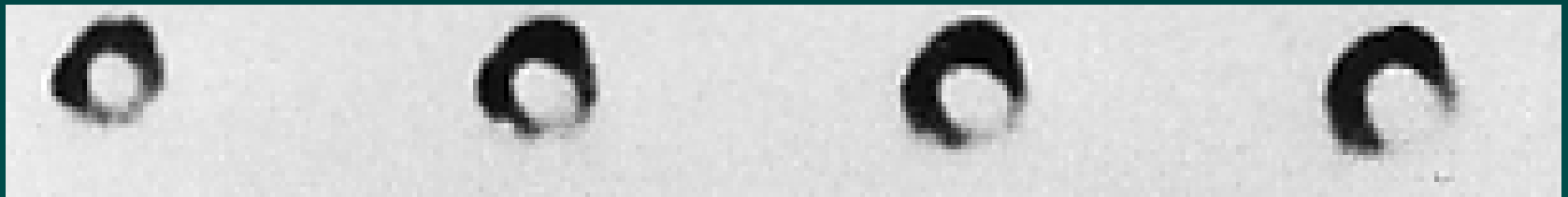


Hachamovitch et al. Circulation 1998;97:535-543

下壁心筋梗塞（バイパス術前）



運動負荷時

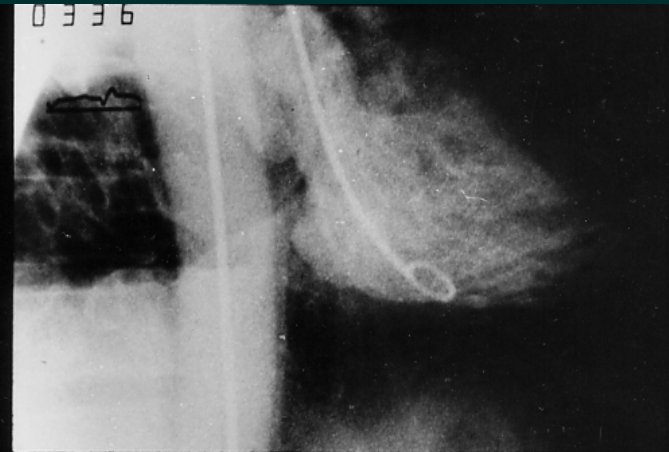
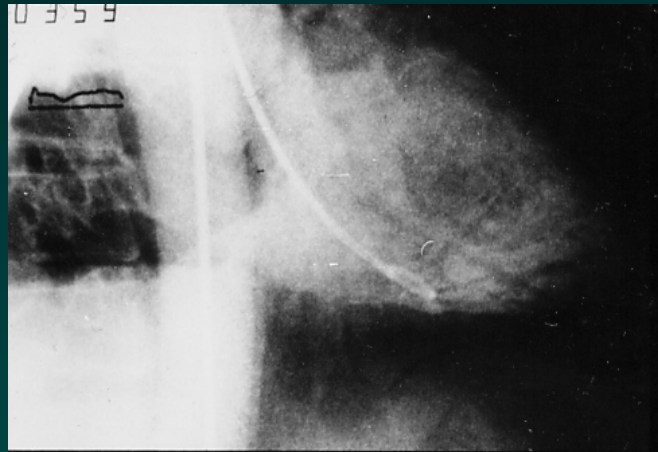


3時間後

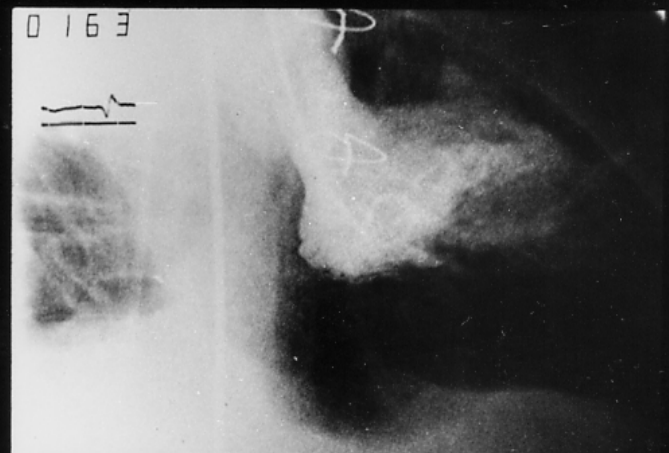
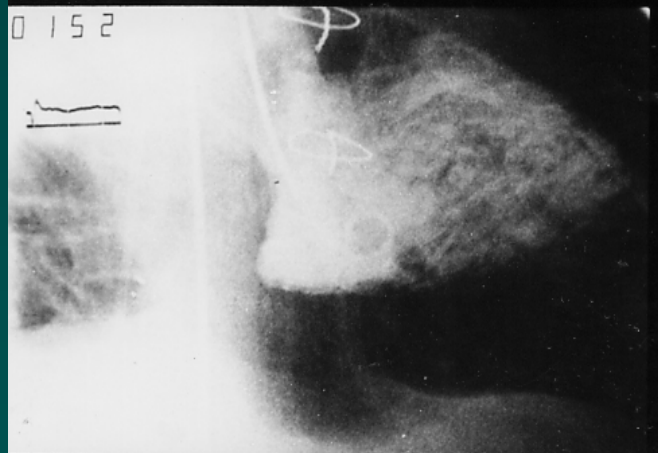
短軸断層像

バイパス術前後のX線左室造影

術前



3カ月後



拡張末期

収縮末期

タリウムの判定による心機能の回復予測

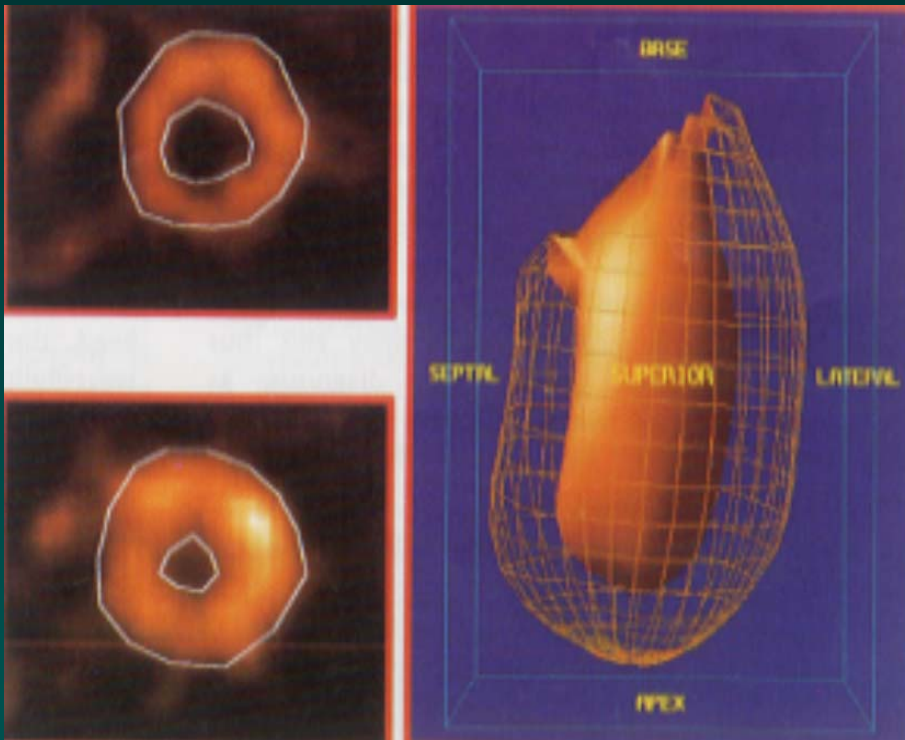
術前タリウム所見	血流回復	機能回復
----------	------	------

虚血	46/58 (78%)	33/45 (73%)
----	-------------	-------------

梗塞	3/17 (18%)	4/16 (25%)
----	------------	------------

心電図同期心筋血流SPECT

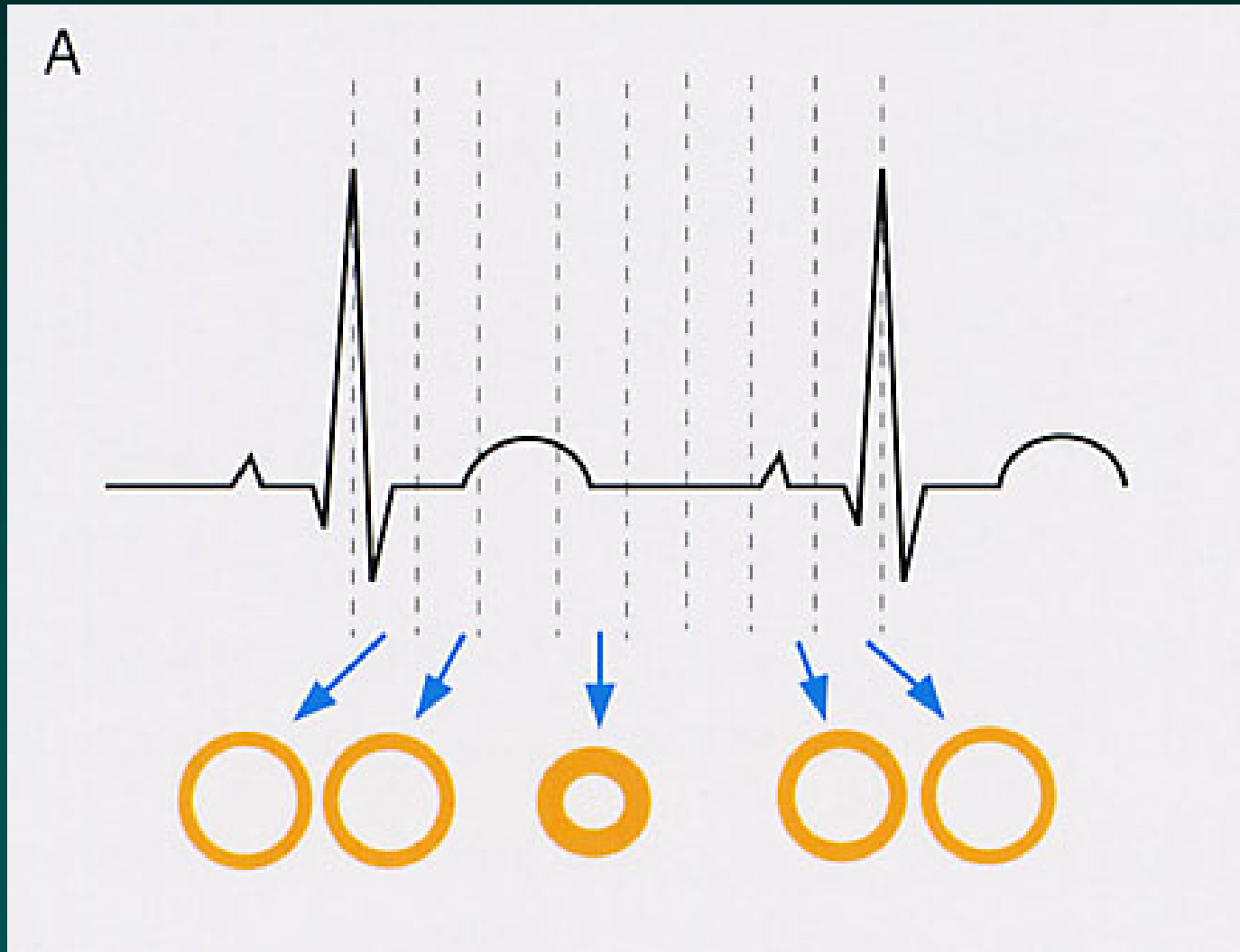
Quantitative gated SPECT



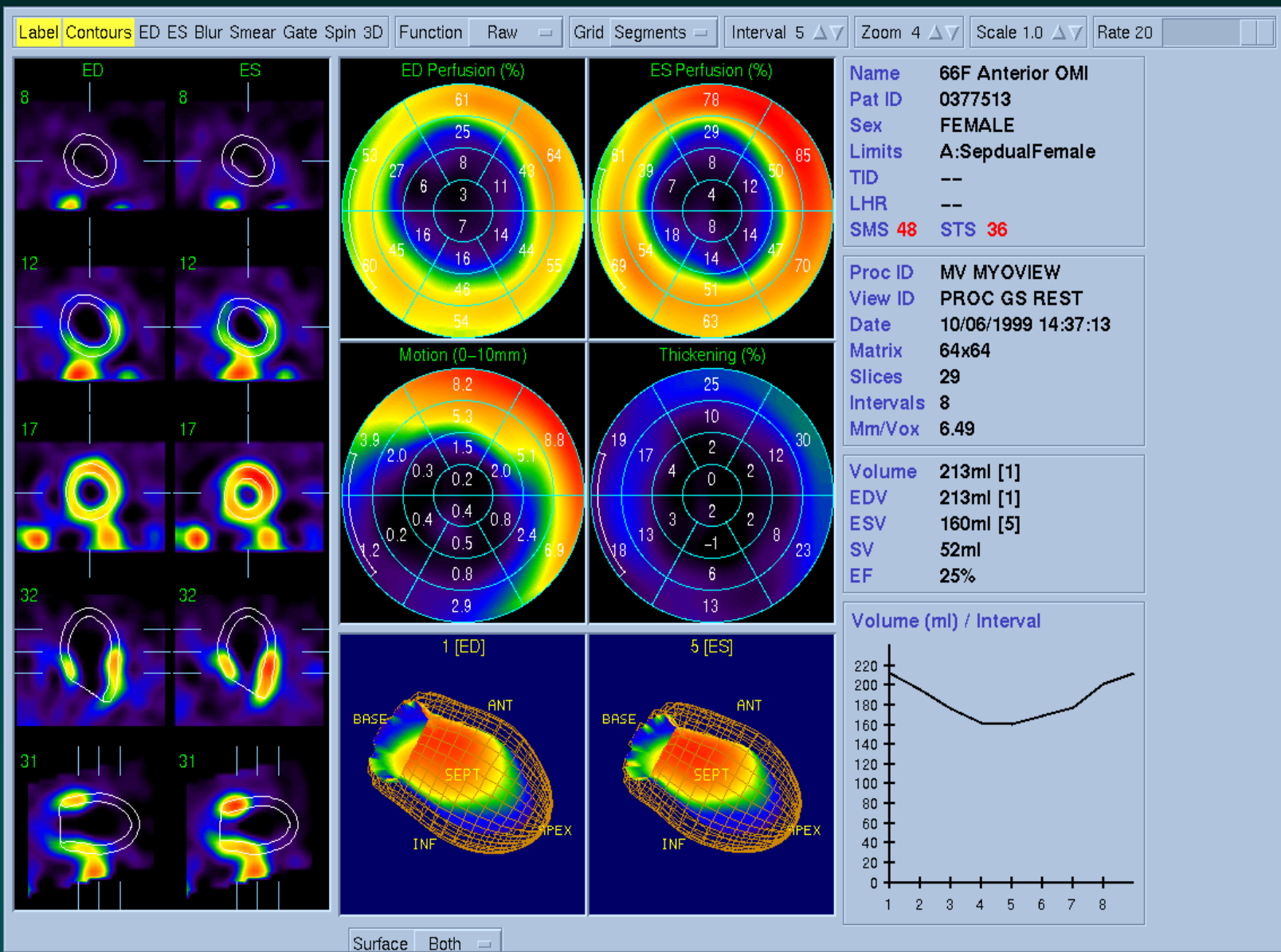
**The LANCET Vol 354
Aug 21, 1999**

Nuclear Medicine Sextet

心電図同期収集法



前壁梗塞



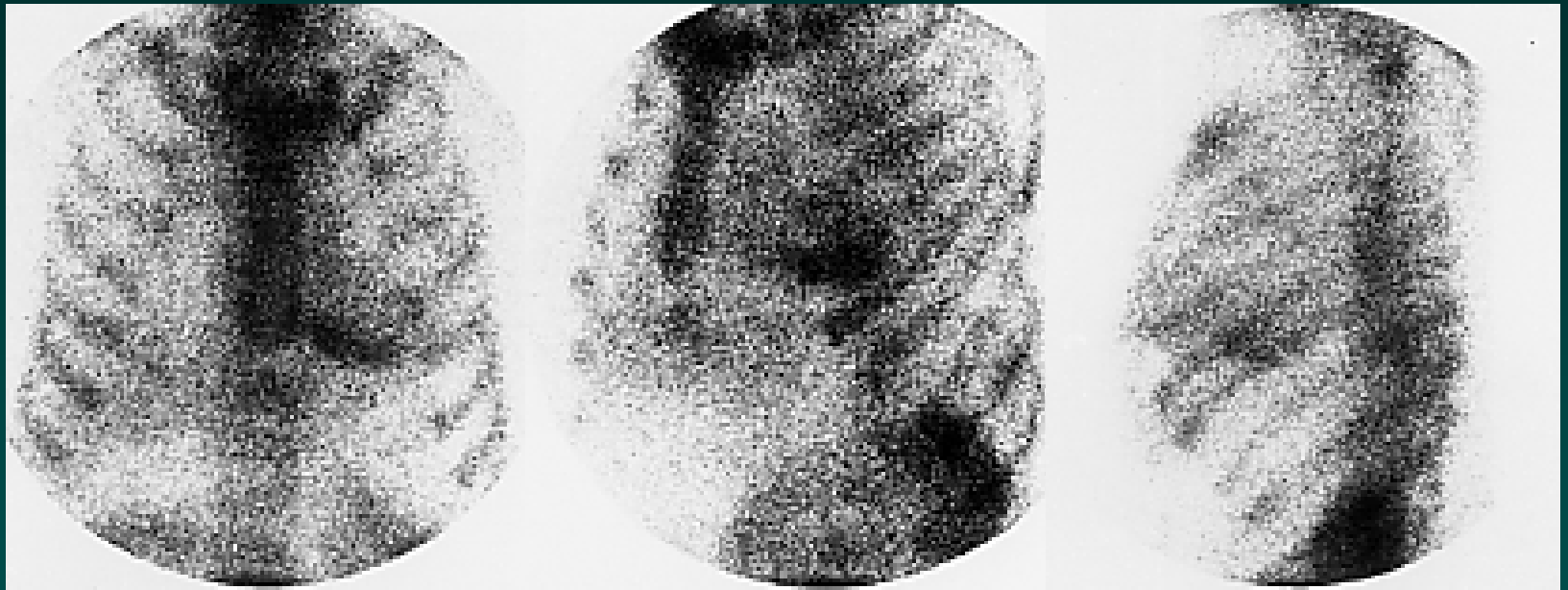
心筋血流シンチグラフィのまとめ

- 心筋血流分布を画像化できる
- 虚血の診断、心筋バイアビリティの判定に有効
 - 虚血性心疾患のスクリーニング検査
 - 重症度判定（負荷血流検査正常例は予後はよい）
 - 血行再建術の適用の判断
 - 治療効果判定

心臓核医学検査の役割

- 心筋血流分布の映像化
 - 安静時虚血、梗塞病変の同定
 - 負荷による虚血の判定
 - 重症度判定(虚血の広がり)
- 急性心筋梗塞病変の同定
- 心機能の定量評価
 - (心RIアンギオグラフィ、心電図同期心筋SPECT)
 - 心ポンプ機能(LVEF)
 - 局所壁運動評価
- 心筋代謝、交換神経機能による病態診断

急性下壁心筋梗塞 (^{99m}Tc -ピロリン酸)



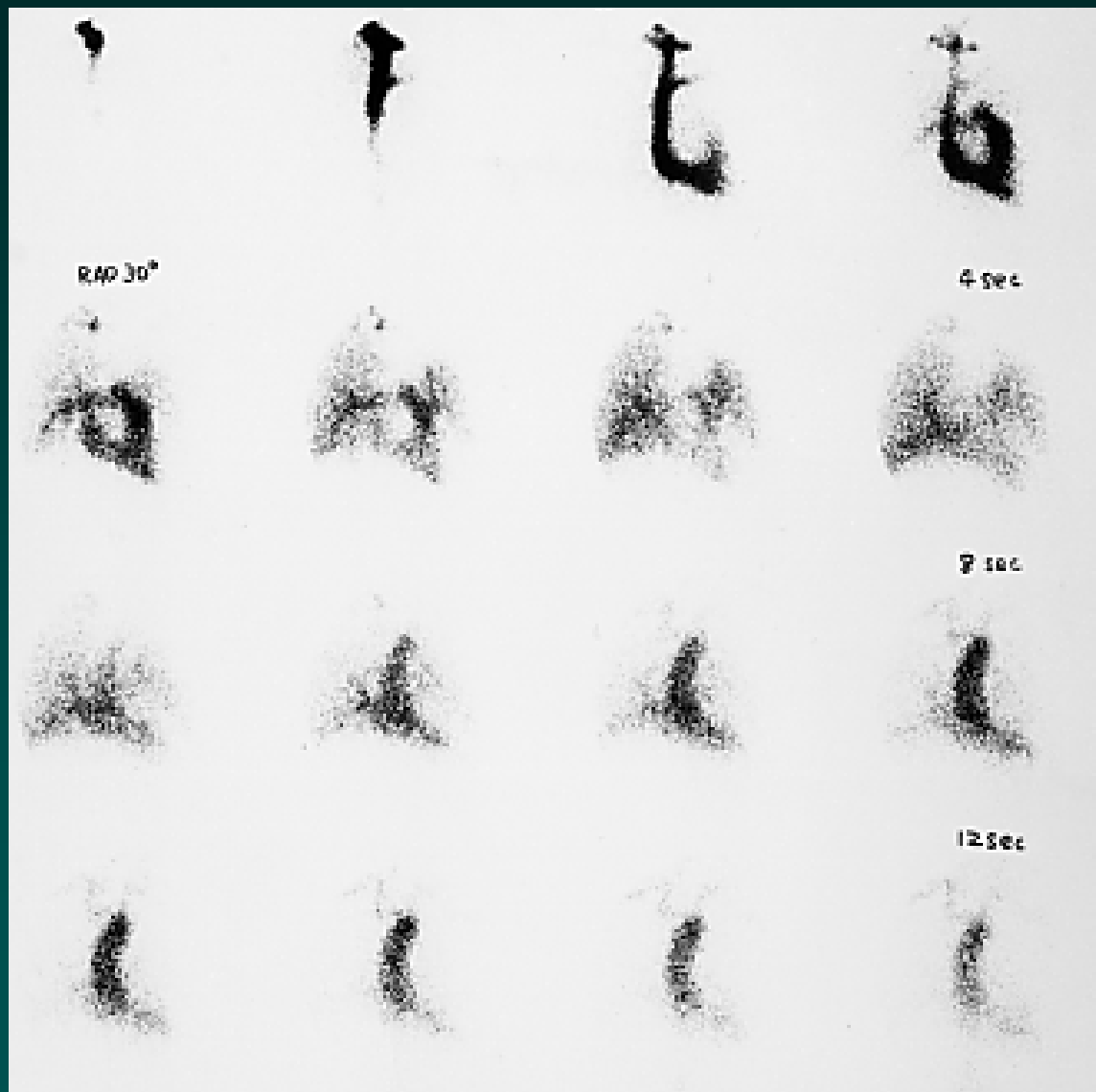
前面像

左前斜位像

左側面像

ファーストパス法で得られた画像

外頸静脈より
ボース投与
(RAOより撮
像)



1-4秒

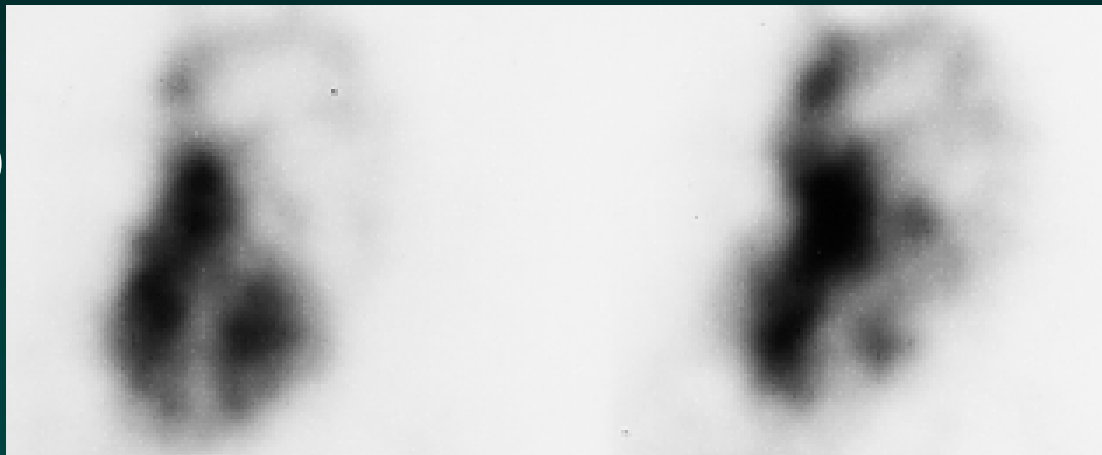
5-8秒

9-12秒

13-16秒

平衡時マルチゲート法

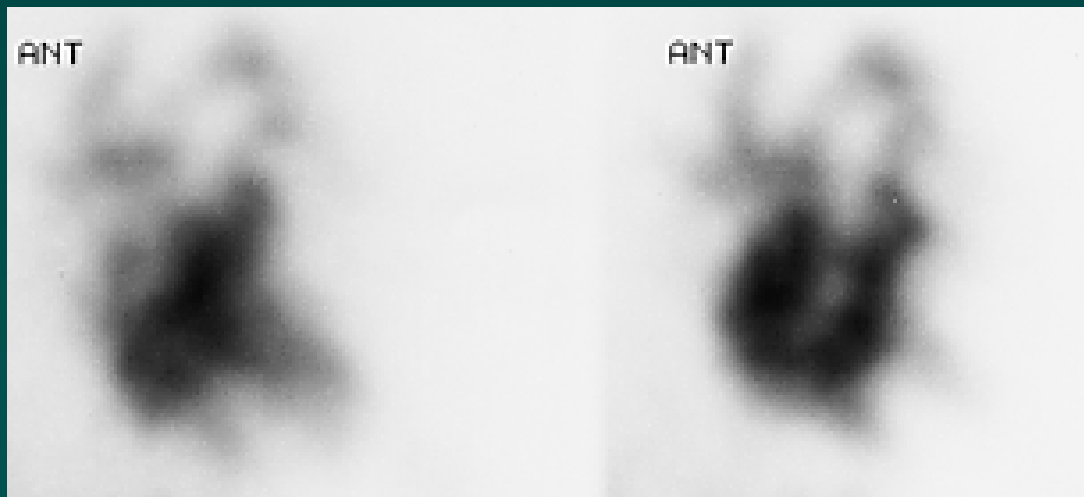
LAO



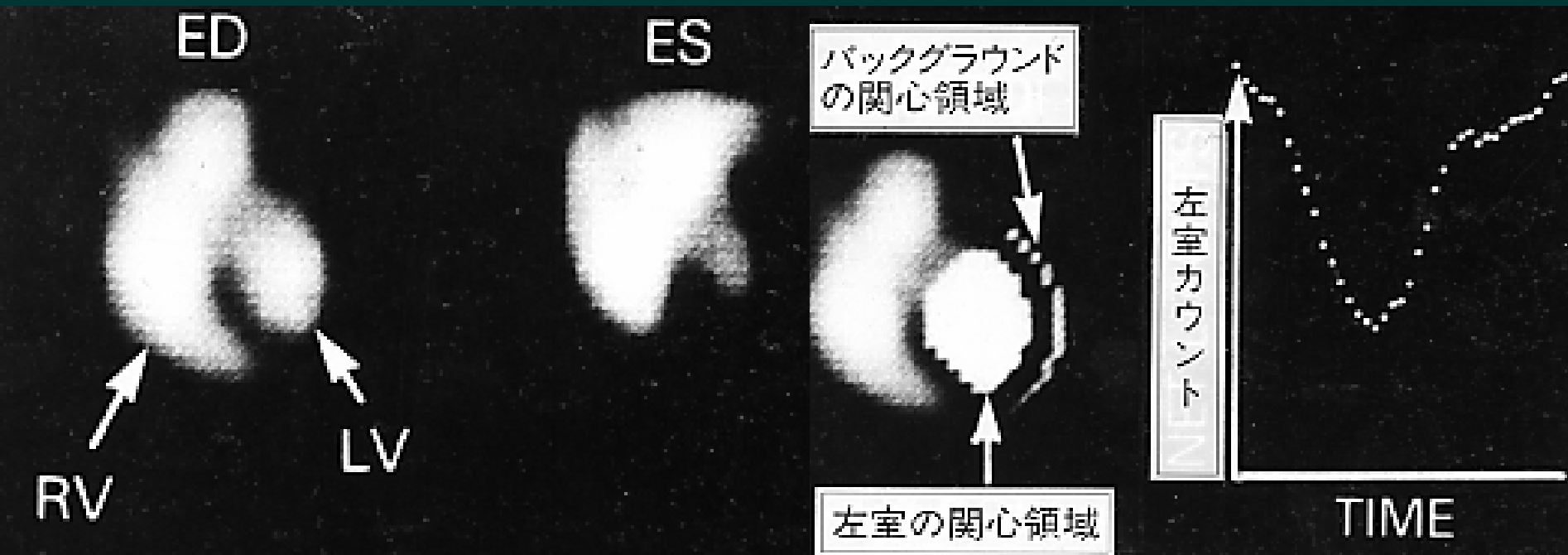
End-diastole

End-systole

ANT



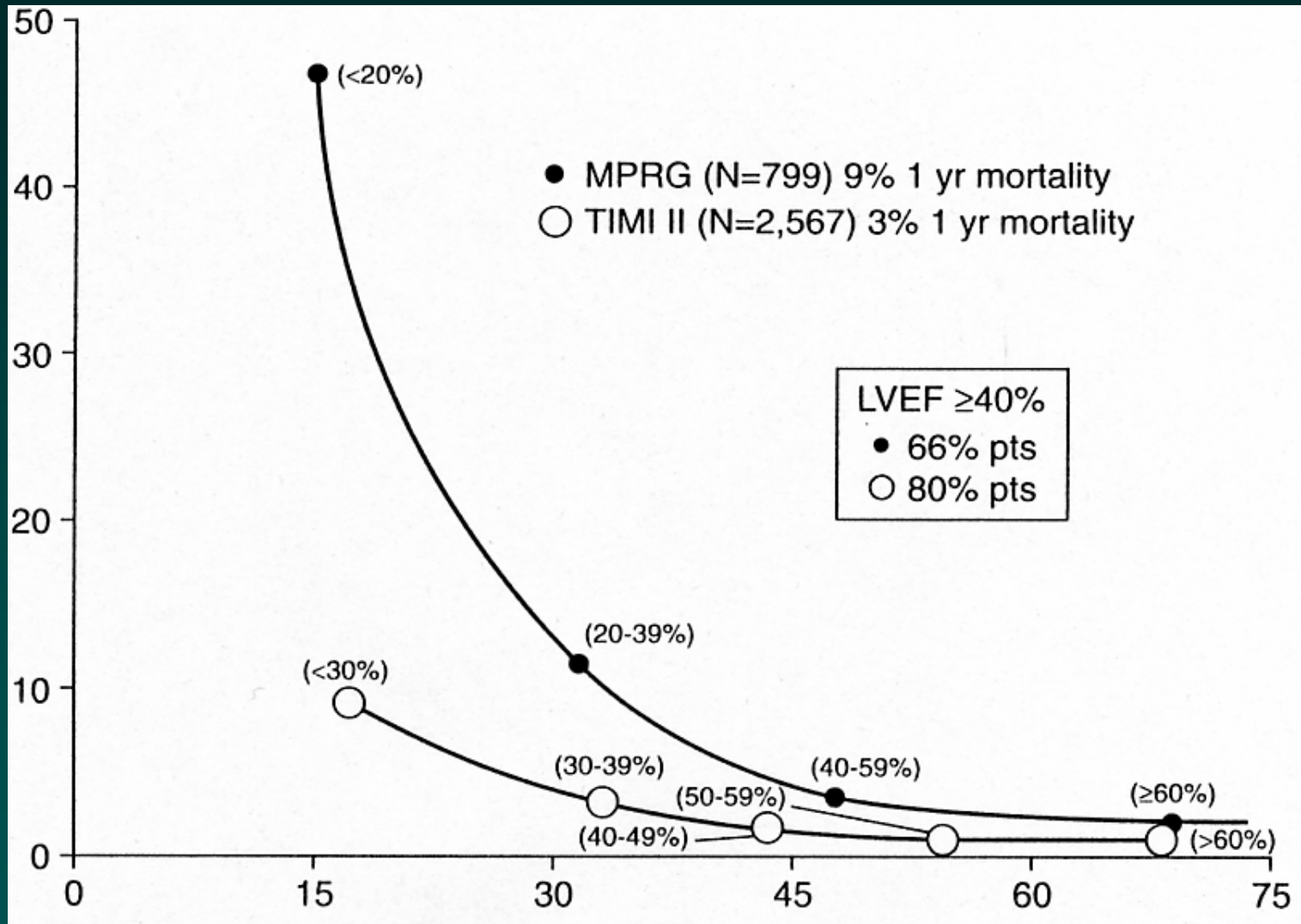
平衡時マルチゲート法より得られる左室容量曲線



左室内の放射能のカウントの変化は容量の変化に対応する

LVEFと心筋梗塞後の死亡率

心筋梗塞発症一年後の死亡率



RI angiographyから算出されたLVEF

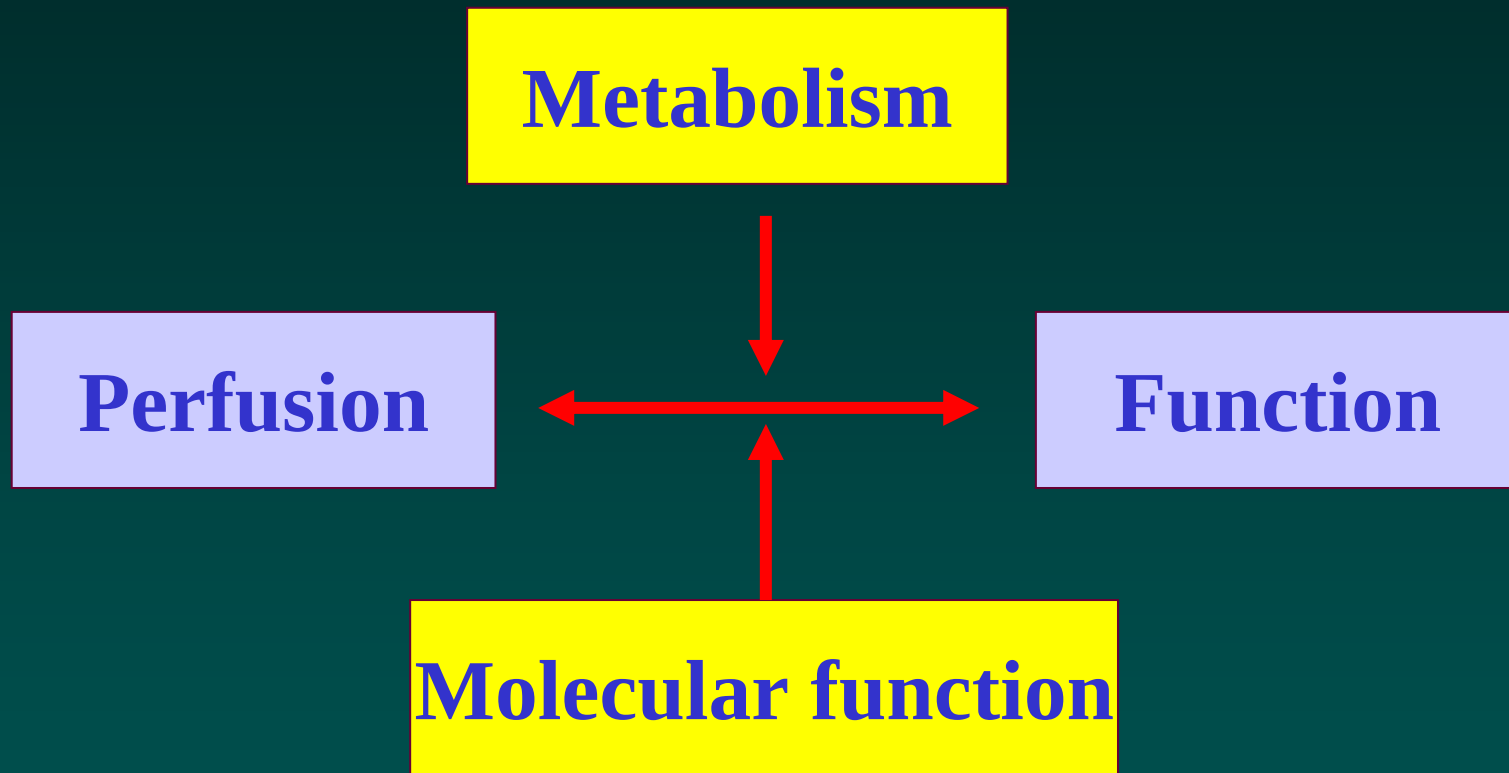
NEJM 1983;309:331

JACC 1995;26:73

左室駆出率と急性心筋梗塞の予後

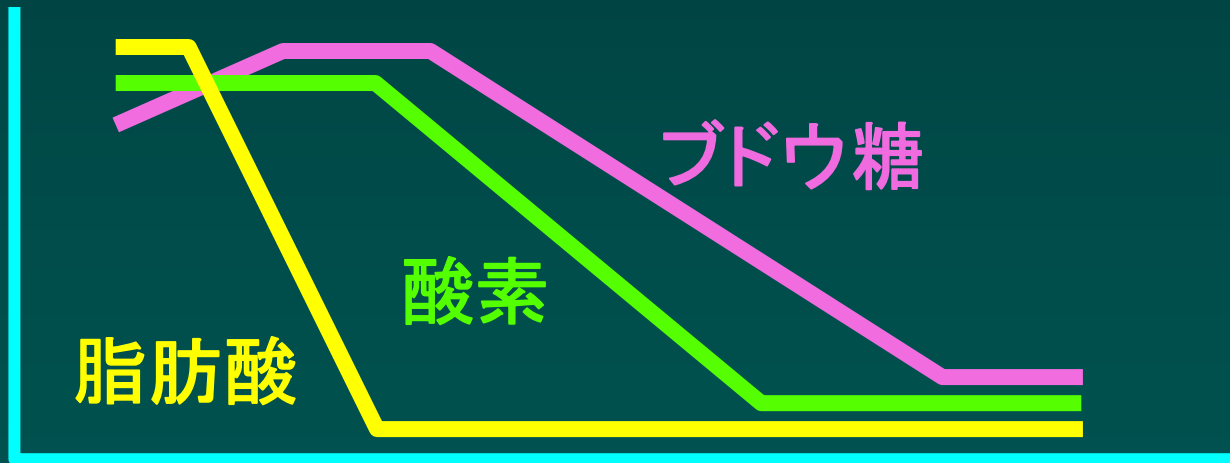
報告者	症例数	追跡期間	LVEF	5年死亡率
White (1987)	605	78月	>50%	5%
			40-50%	17%
			<40%	35%
Simoons (1989)	422		≥40%	保存的治療 14%
				PCTR 治療 17%
			<40%	保存的治療 43%
				PCTR 治療 35%
木全 (1992)	605	5.5年	≥40%	5%
			<40%	16%

Roles of New Imaging



Neuronal function
Apoptosis, Plaque
Gene transfer

心筋虚血と心筋代謝



心筋代謝情報の有用性

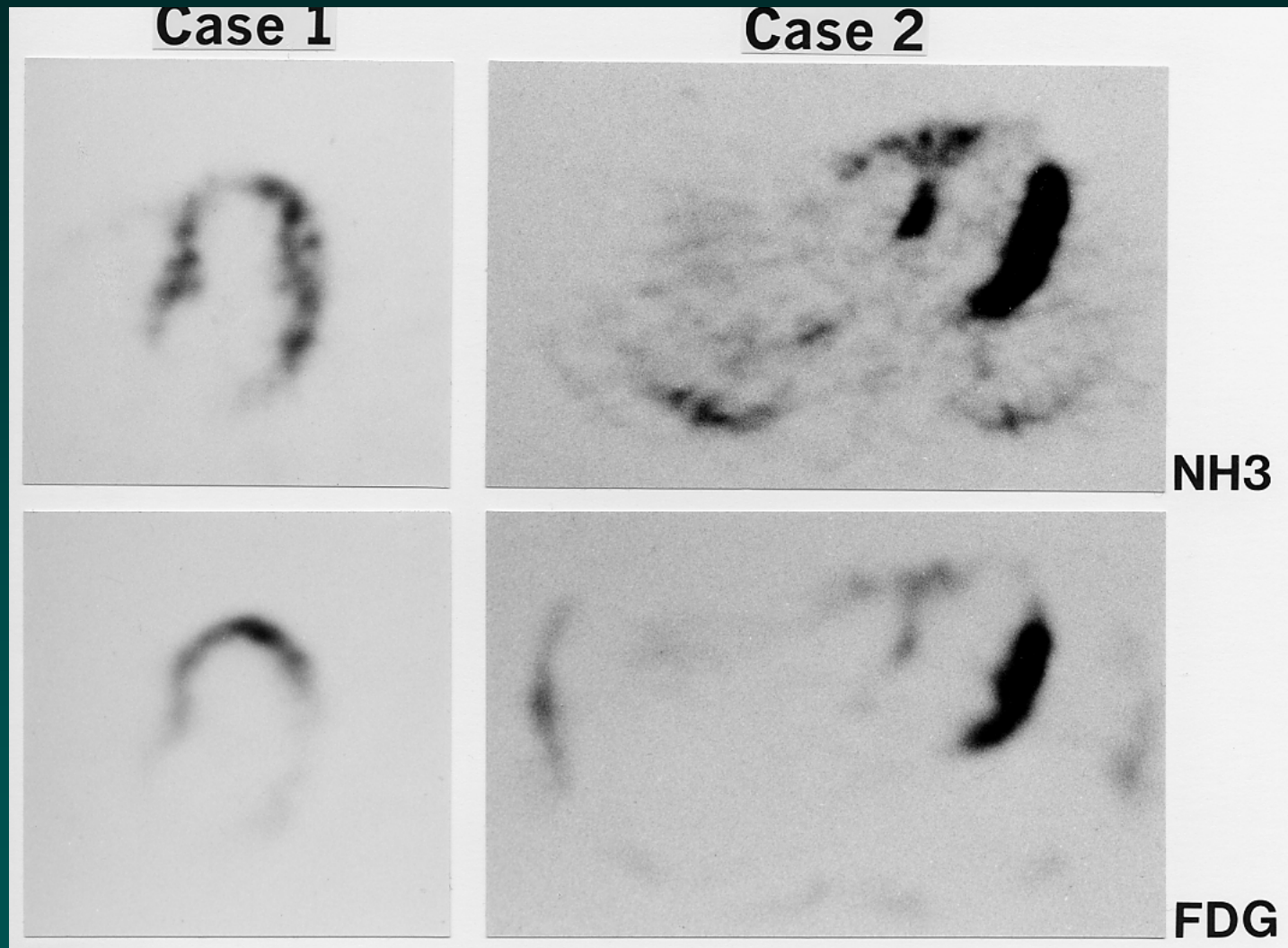
- 虚血時に脂肪酸代謝が抑制
 - 脂肪酸代謝イメージングによる早期診断
- 高度虚血でもブドウ糖代謝は維持
 - ブドウ糖代謝イメージングによる心筋viability判定
- 虚血回復後も脂肪酸代謝から糖代謝にスイッチ
 - 代謝イメージングによる虚血の既往の診断
- 心筋症では高頻度に代謝異常
 - 代謝イメージングによる心筋症の病態評価

心筋生存能の評価

- 血流と代謝の所見から機能異常領域を判定する

血流所見	代謝所見	判定
正常	正常	正常心筋
低下	糖代謝亢進	虚血心筋
低下	糖代謝低下	梗塞心筋

心筋梗塞の血流(NH3)と代謝像(FDG)



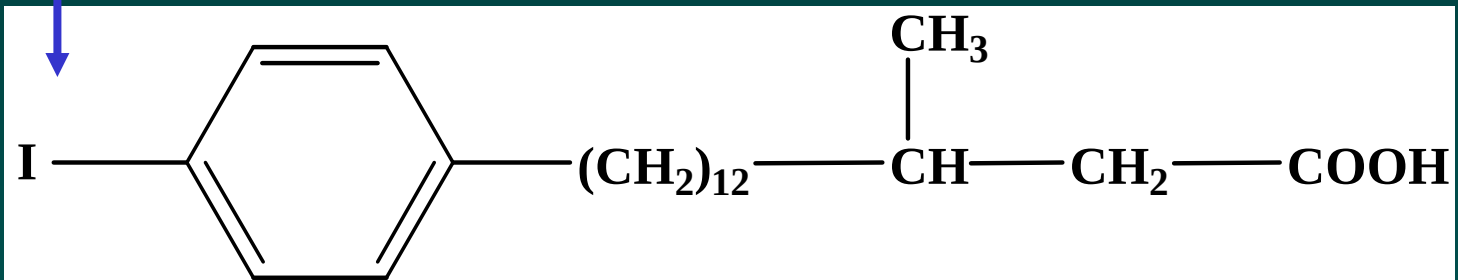
FDG-PET検査の保険適用

- 2002年よりFDG-PET検査の保険適用(6,000点)
(紹介率>20%の施設で7,500点)
- 適用疾患(12疾患)
 - 難治性てんかん、虚血性心疾患
 - 悪性腫瘍(肺癌、頭頸部癌、乳癌、脳腫瘍、膵癌、大腸癌、悪性リンパ腫、悪性黒色腫、転移性肝癌、原因不明癌)
- 虚血性心疾患への適用:
 - 心不全患者で、バイアビリティ診断が必要な場合。
通常の心筋血流シンチで判定困難な場合に限る。

BMIPP

Iodophenyl:
metabolically
stable

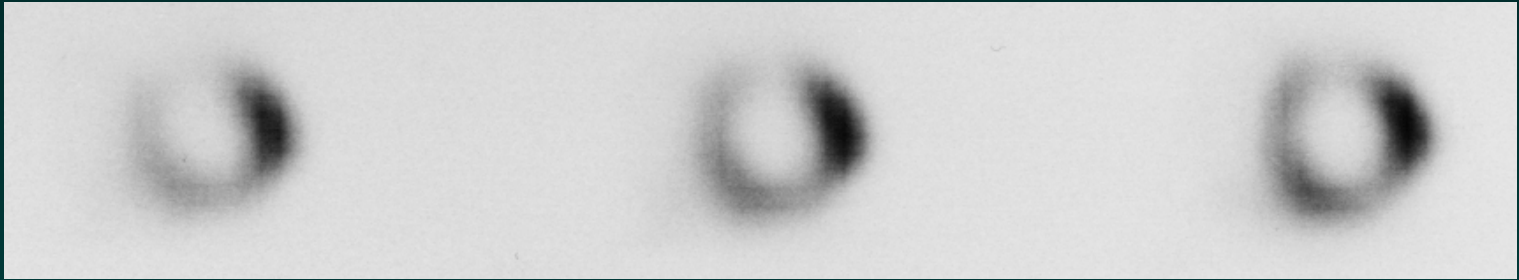
β -methyl:
inhibits β -oxidation



15-(*p*-Iodo-phenyl)-3-R,S-methylpentadecanoic acid (BMIPP)

β -methyl iodophenyl pentadecanoic acid (BMIPP)

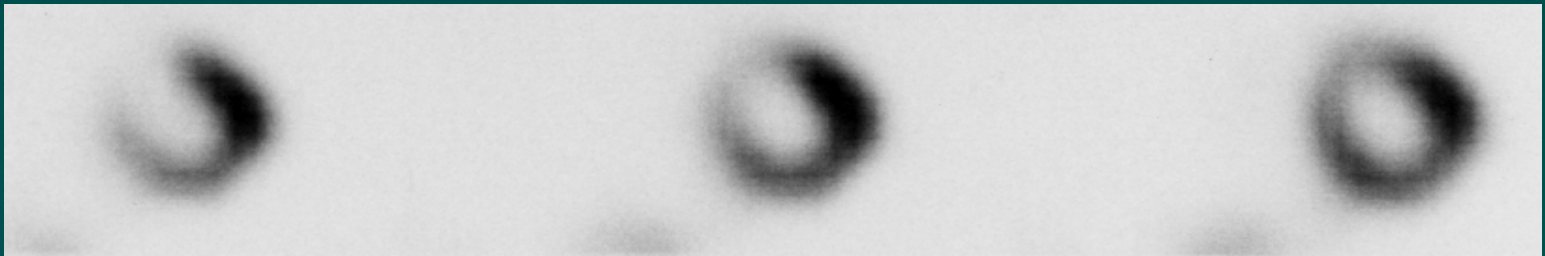
Unstable Angina



Stress Tl-SPECT



Delayed Tl-SPECT



BMIPP-SPECT

心筋代謝イメージングの役割

ブドウ糖代謝: FDG-PET

脂肪酸代謝: BMIPP-SPECT

虚血心筋ではブドウ糖代謝が維持される

→FDGによる心筋viabilityの判定

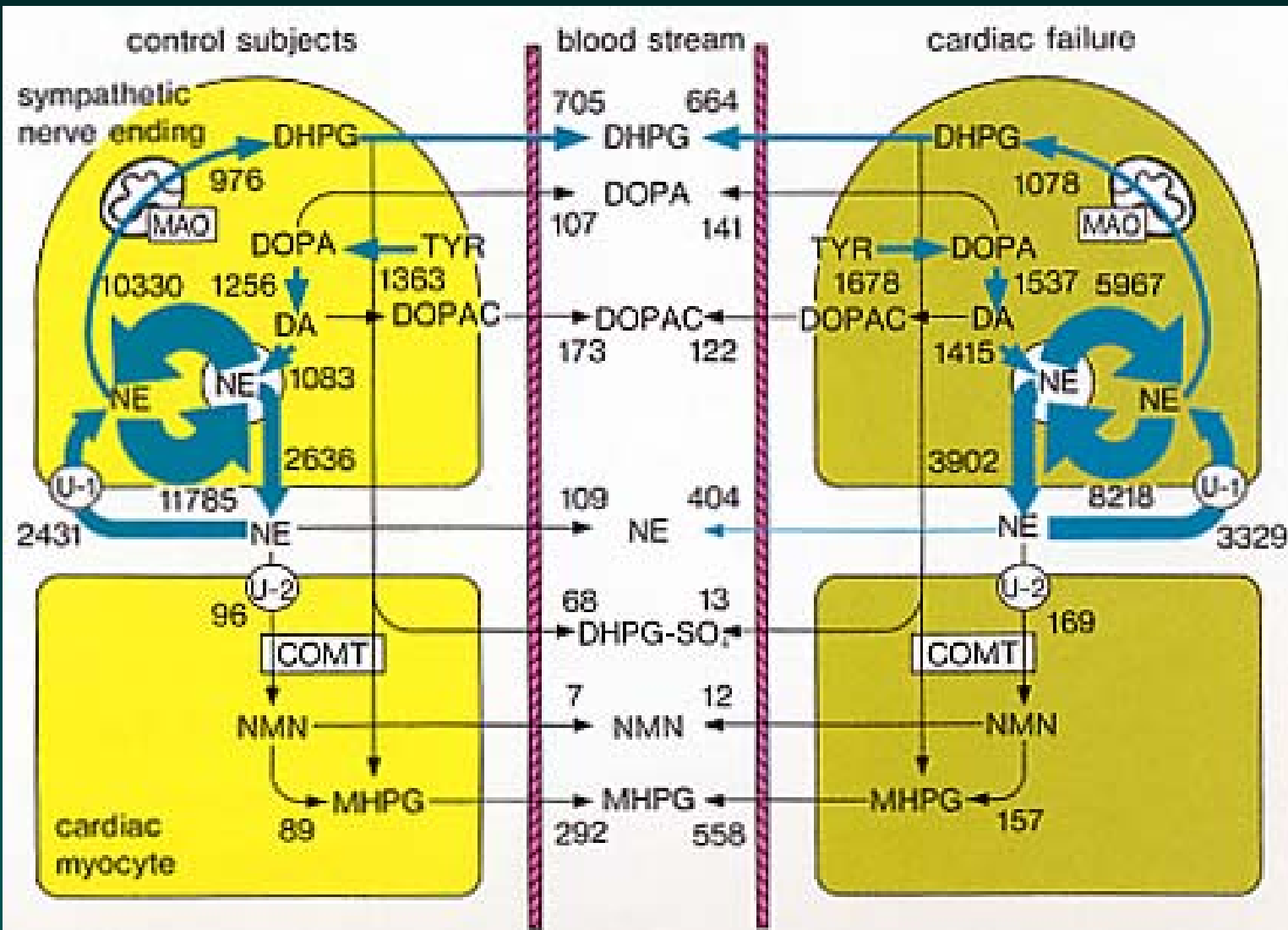
虚血回復後代謝異常は持続する

→FDG, BMIPPによる虚血心筋の同定

心筋症では代謝異常を伴う

→FDG, BMIPPによる心筋症の病態評価

慢性心不全における交感神経でのNEの動態

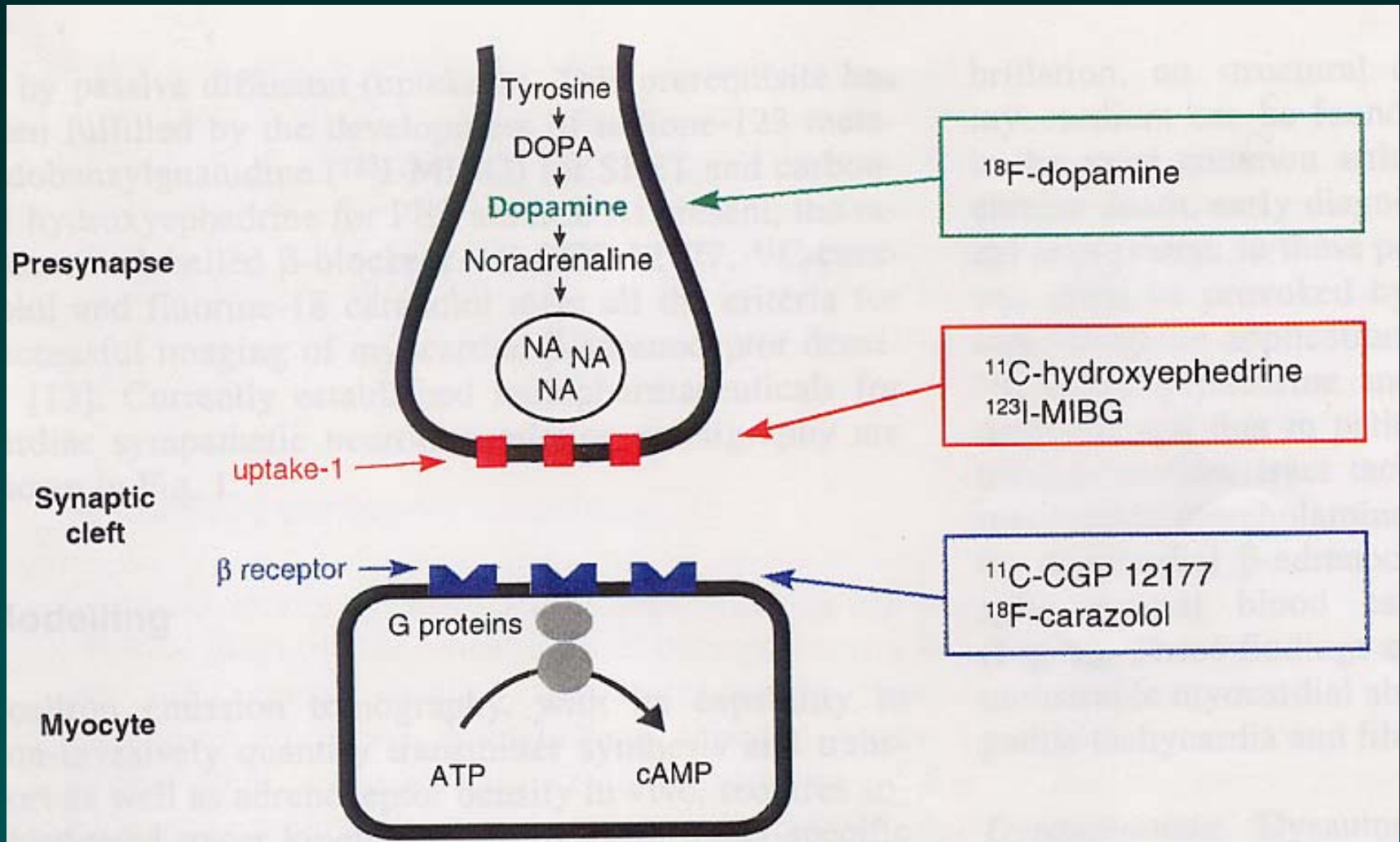


Release: x1.5

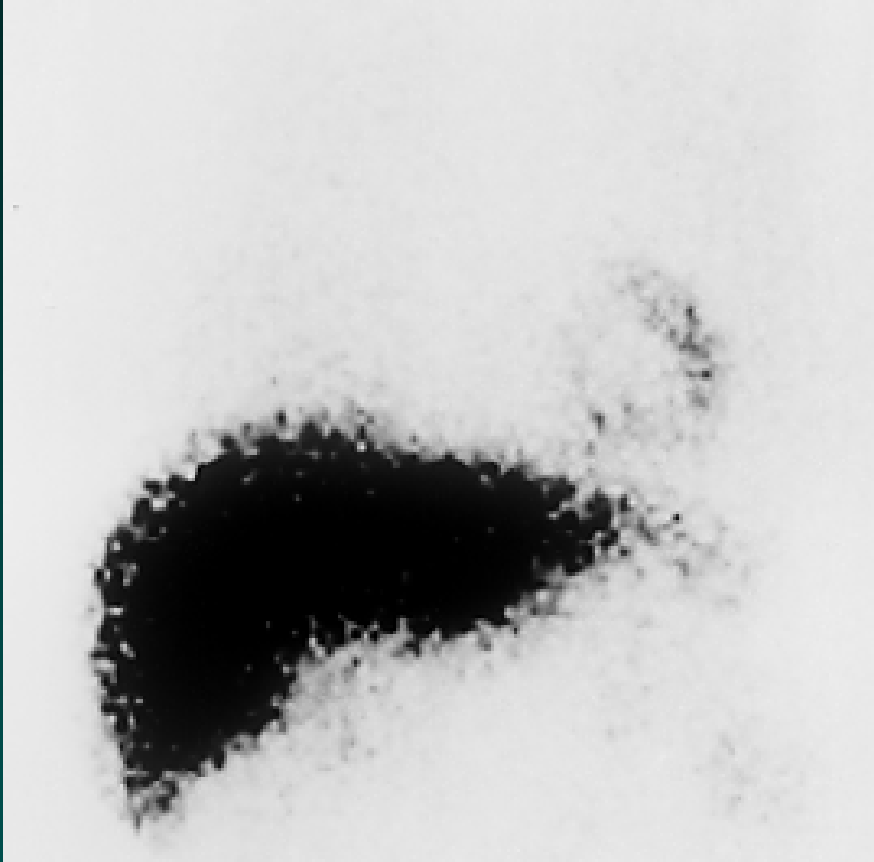
Spillover: x3.7

Turnover: x1.

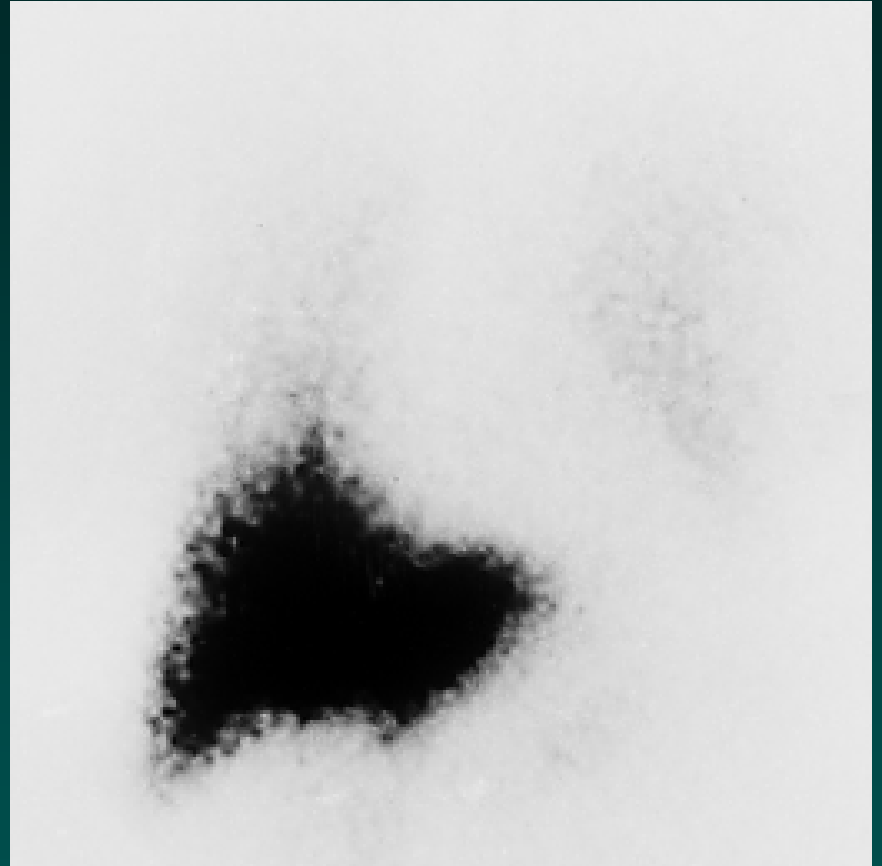
Sympathetic Neurotransmission Imaging



MIBG images



健常例



心不全例

MIBG投与4時間後