

心筋シンチグラフィ

2011年 学生実習用

検査

•血流

^{201}Tl 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 標識製剤

•脂肪酸代謝

^{123}I -BMIPP

•交感神経

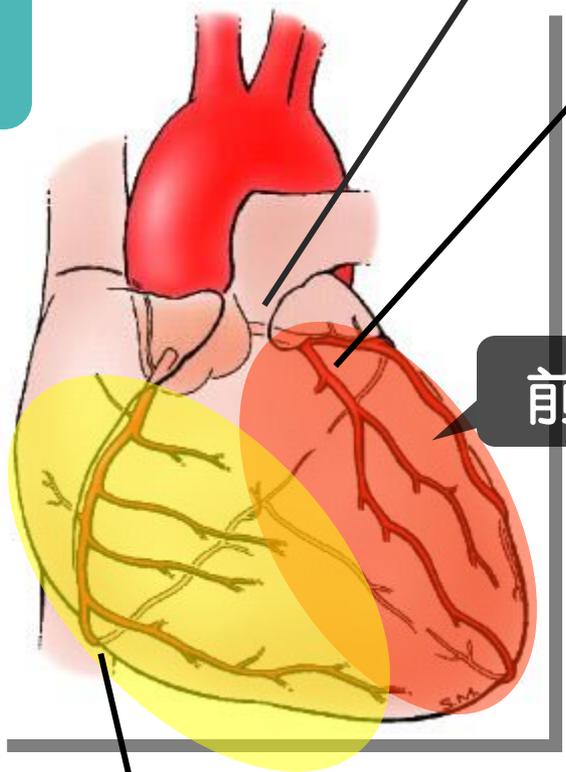
^{123}I -MIBG

•糖代謝

^{18}F FDG-PET

冠動脈

正面



前壁

左冠動脈(LCA)

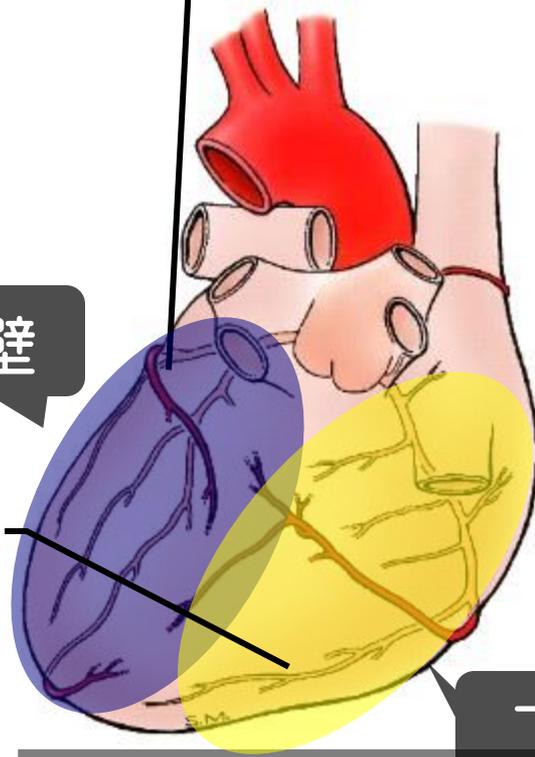
左前下行枝(LAD)

左回旋枝(LCX)

右冠動脈(RCA)

側壁

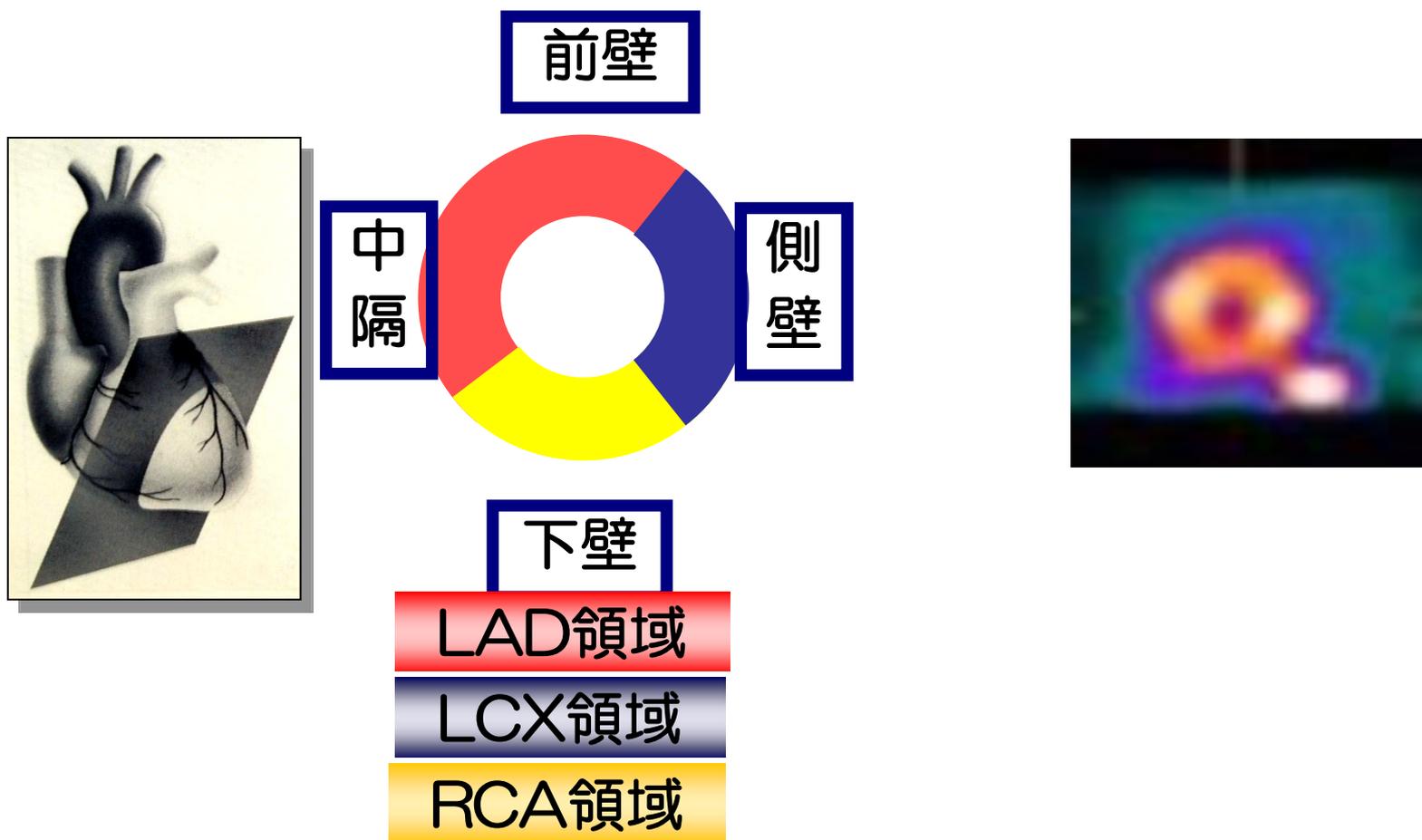
背面



下壁

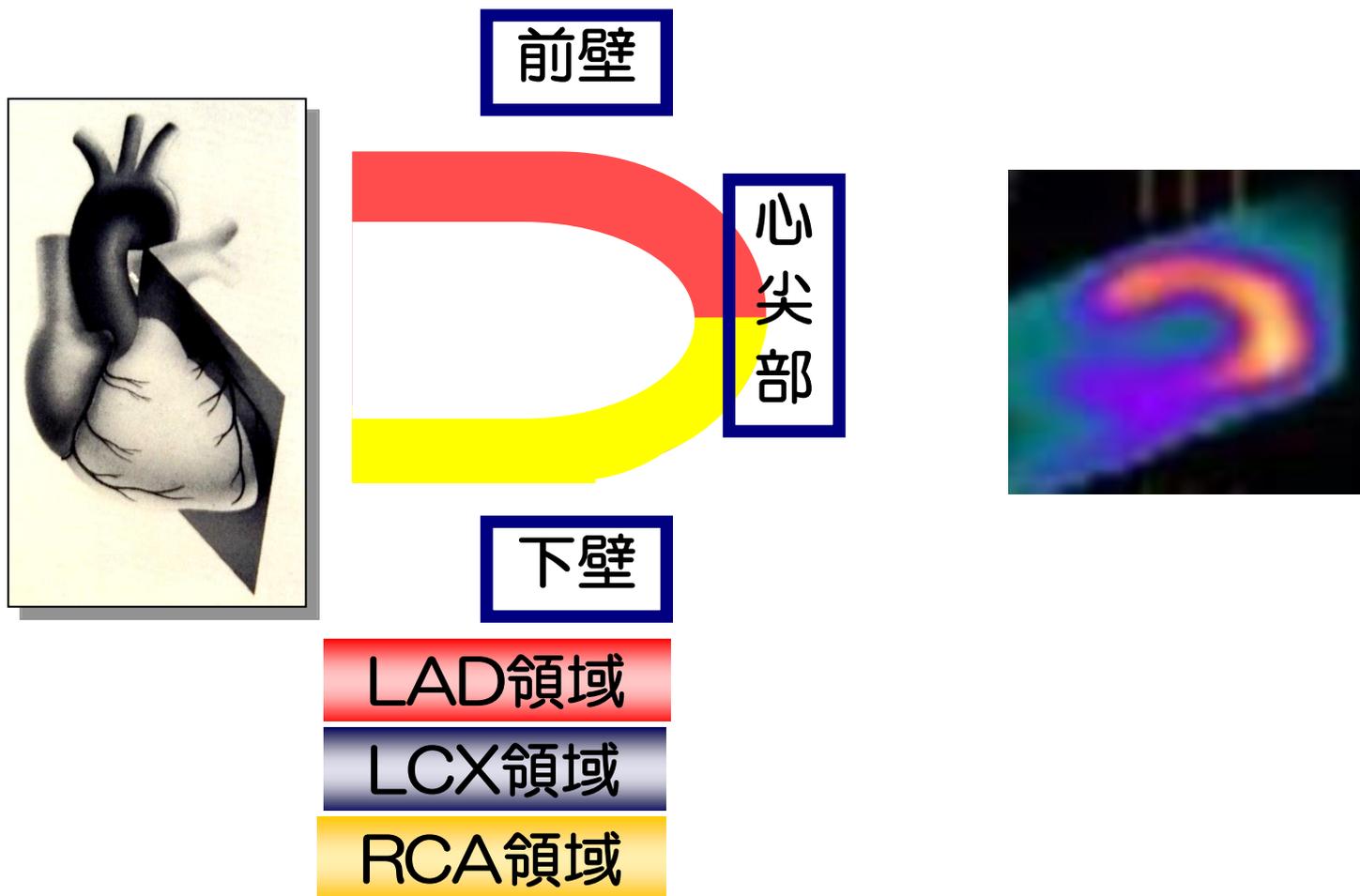
心筋SPECT各断層像

- 短軸断層像 Short Axial



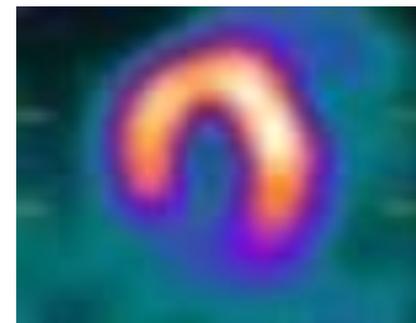
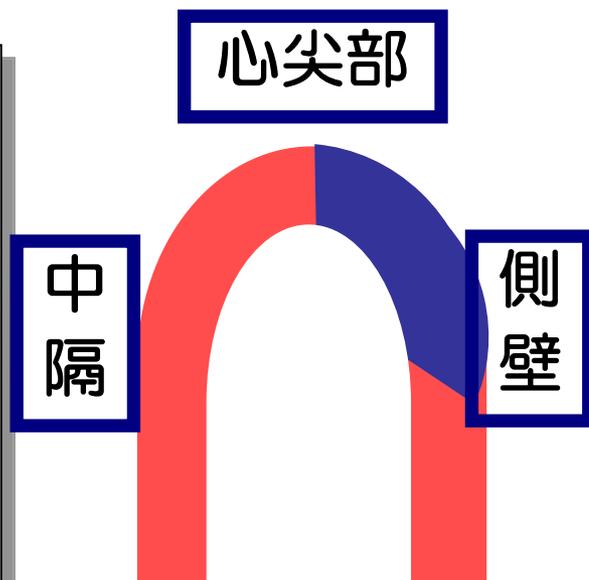
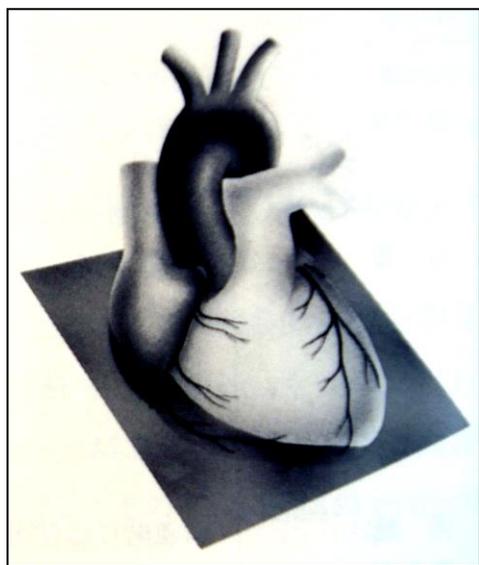
心筋SPECT各断層像

- 長軸垂直断層像 Vertical Long Axis



心筋SPECT各断層像

- 長軸水平断層像 Horizontal Long Axis



LAD領域

LCX領域

RCA領域

血流imaging

- $^{201}\text{TlCl}$

- $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 標識製剤

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

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

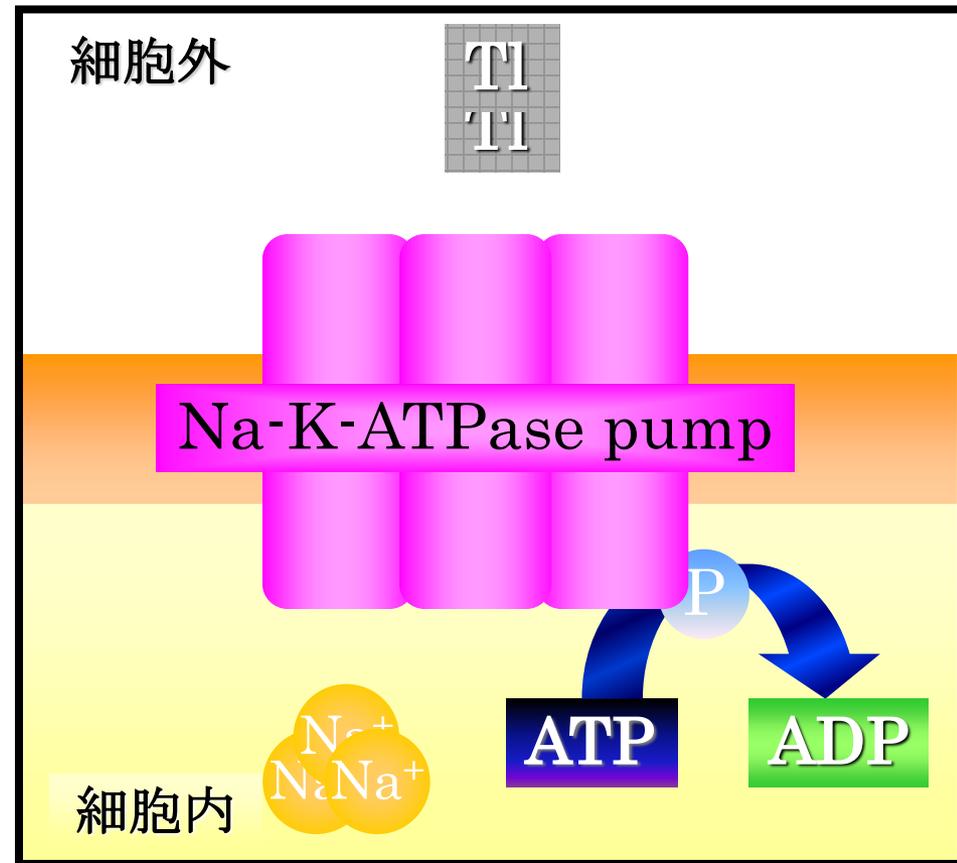
心筋血流、心筋生存能(viability)の評価

201TlCl

^{201}Tl

- 71keV 半減期 約73時間
- 投与量 111MBq

- 局所冠動脈血流量に依存して心筋へ
- Kに類似しており、大部分はNa-Kポンプにより心筋に取り込まれる
- 虚血、梗塞部位で欠損
- 心筋集積率 約3%
- 初回循環で88%が取り込まれる



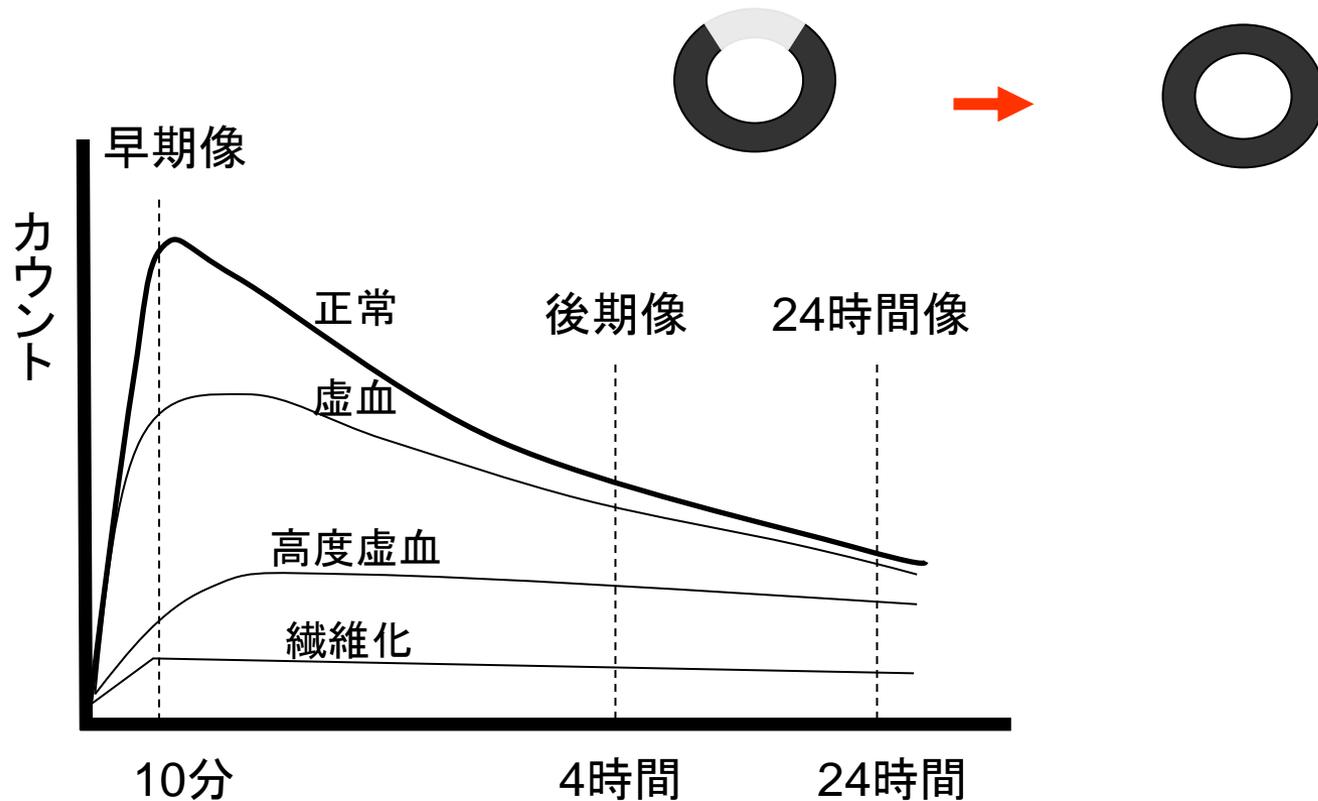
臨床での使用法 :²⁰¹TlCl

- 投与後短い時間で再分布が始まるので、運動後約10分で撮像を始める。
- 約3～4時間後に後期像(再分布)を評価する。



再分布

- ^{201}Tl の集積は正常部では速やかに低下,虚血部では緩やかに低下するため,両者の差がなくなり欠損が消失する。これを再分布という。



^{99m}Tc 標識製剤

^{99m}Tc

- 140keV
- 半減期 約6時間
- 投与量 555~740 MBq

• ^{99m}Tc - Tetrofosmin

• ^{99m}Tc – MIBI

拡散により心筋細胞内に移行する

心筋集積率 2%弱

臨床での使用法： ^{99m}Tc

- 2日法
- 1日法：負荷 ⇒ 安静
- 1日法：安静 ⇒ 負荷

投与後早期は腹部臓器への集積が高いため、30
～60分後に撮像を開始するのが望ましい。
安静と負荷の間は2～4時間おく必要がある。



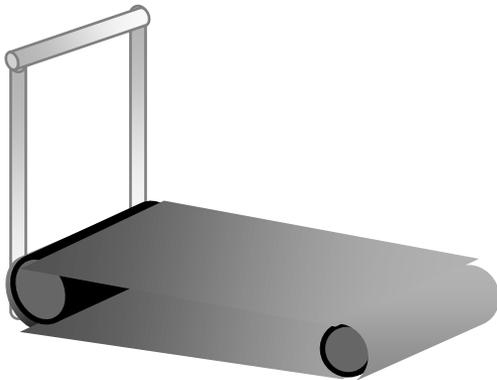
負荷試験

運動負荷

Bruce法

運動負荷により心筋酸素消費量および冠血流を増加させる。

心筋の酸素需要と供給の乖離を評価でき、労作時の症状や運動耐容能の評価も可能である。



トレッドミル



自転車エルゴメータ

負荷試験

薬剤負荷

血管拡張薬

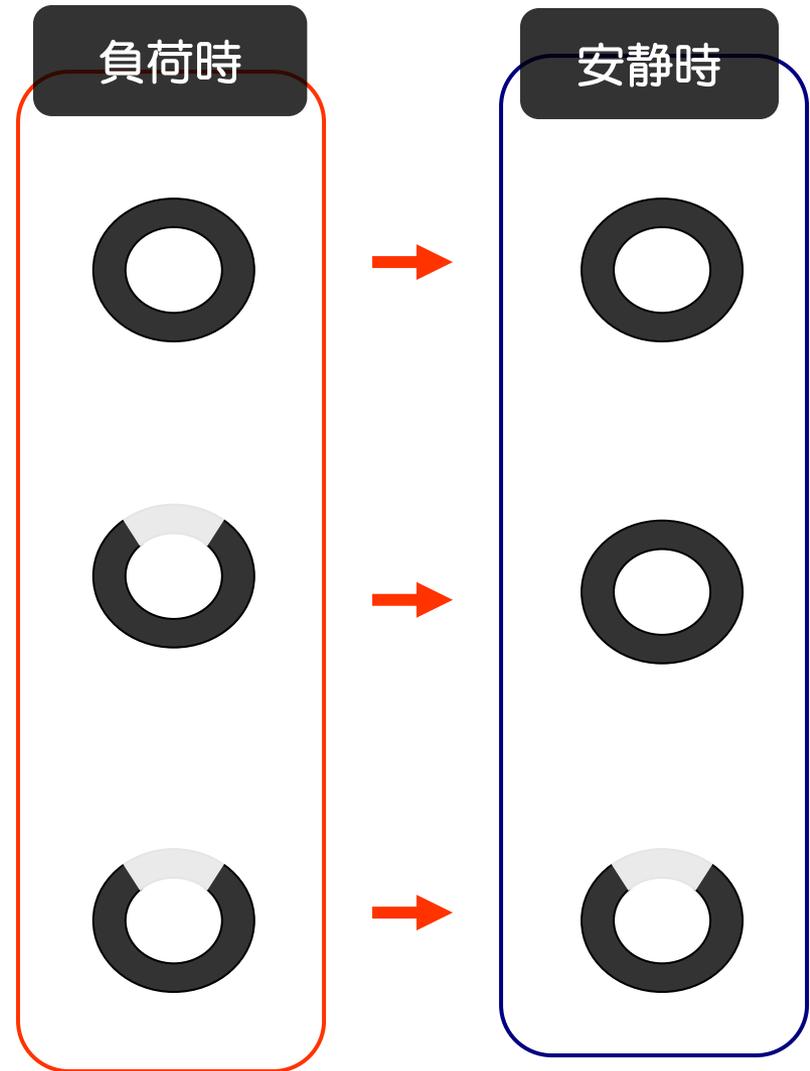
- アデノシン/ATP(アデノシン3リン酸)
 - ジピリダモール
- 冠血管拡張作用により血流増加を促す。
 - 冠動脈血流量4～5倍
 - 血流増加(=冠血流予備能)の低い虚血部位を検出する。

• ドブタミン

- β 受容体を刺激し,心拍数,血圧,心収縮能を増大させる。
- 冠動脈血流量2～3倍
- 増加量はやや低いが酸素消費量が増加し狭窄領域では虚血が誘発される

集積パターン

- 正常
- 完全再分布(fill-in)
負荷による虚血
心筋viability(+)
- 固定性欠損
梗塞
心筋viability(-)



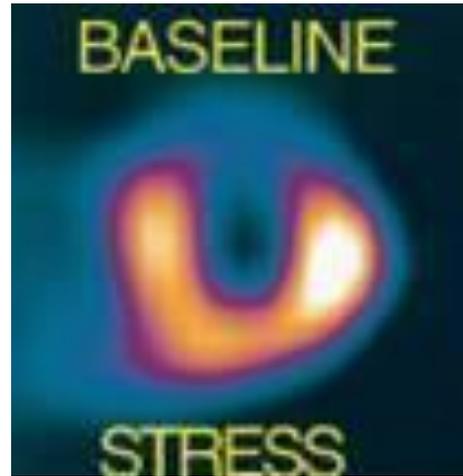
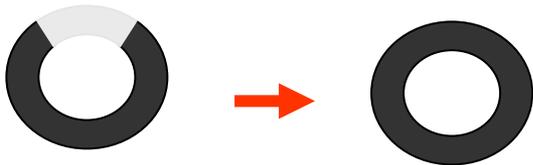
心筋血流画像

負荷時

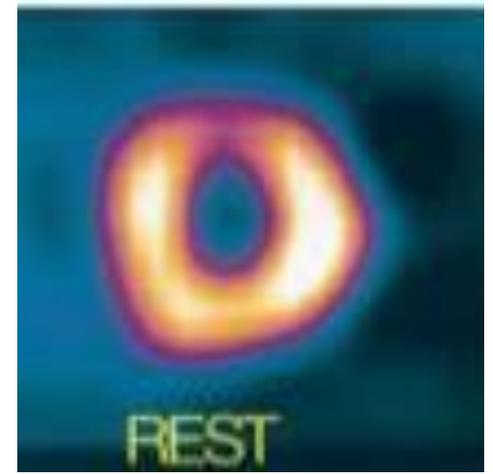
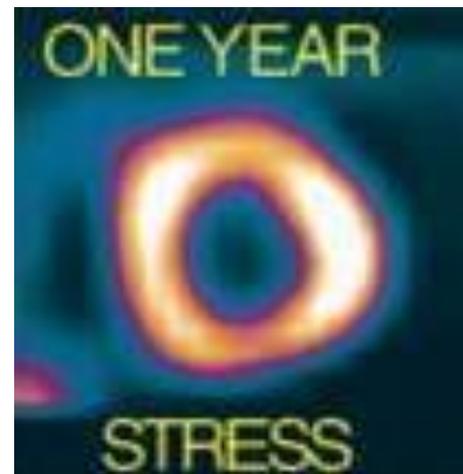
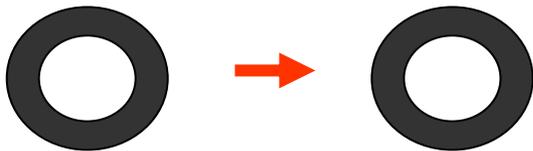
安静時

完全再分布

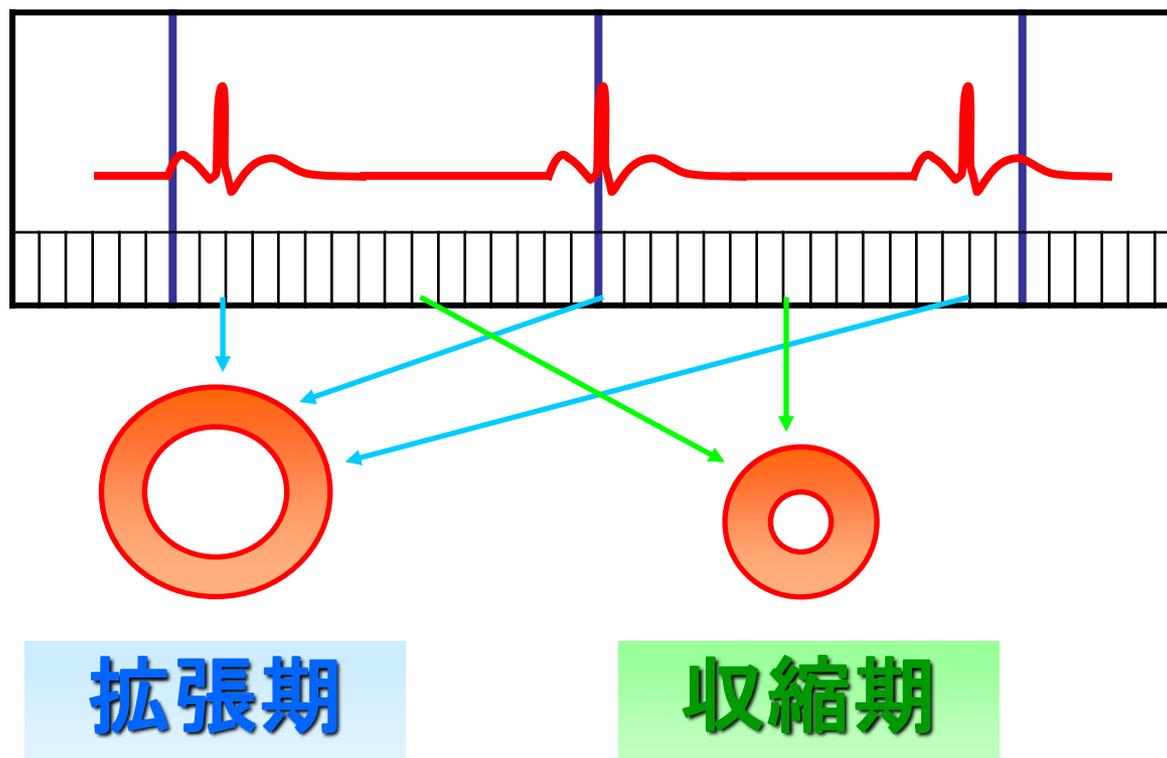
負荷による虚血
心筋viability(+)



正常



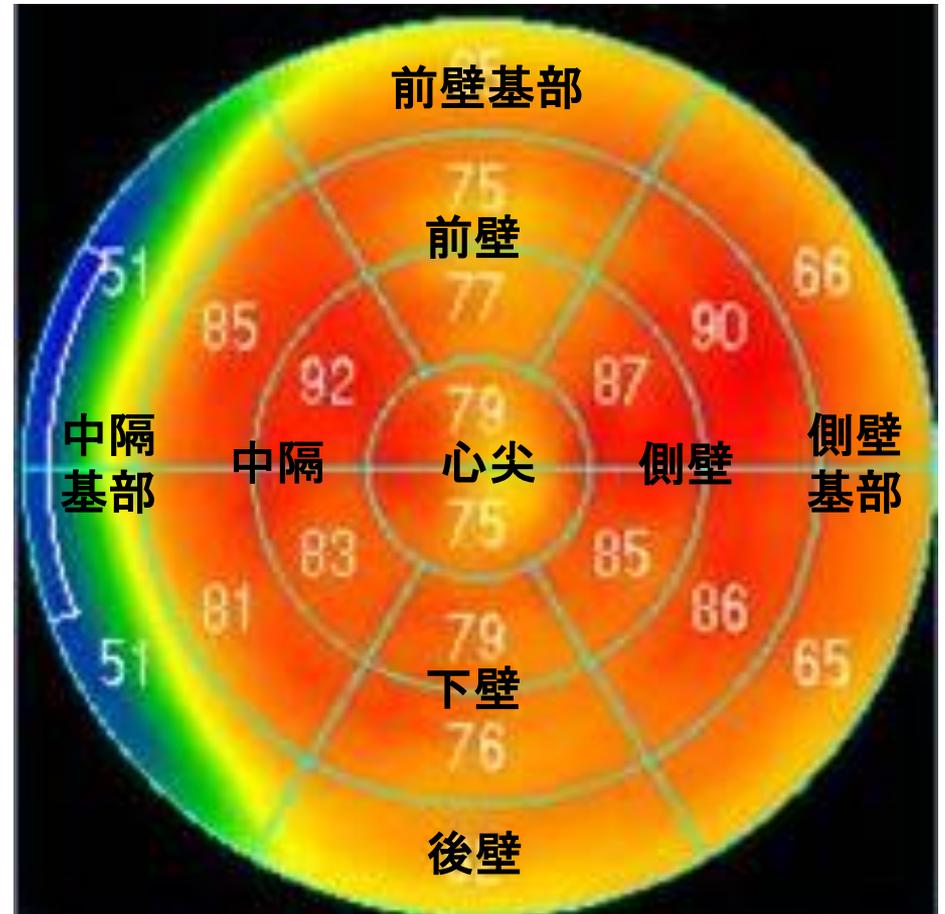
心電図同期の原理



R-R間隔を分割して収集する。

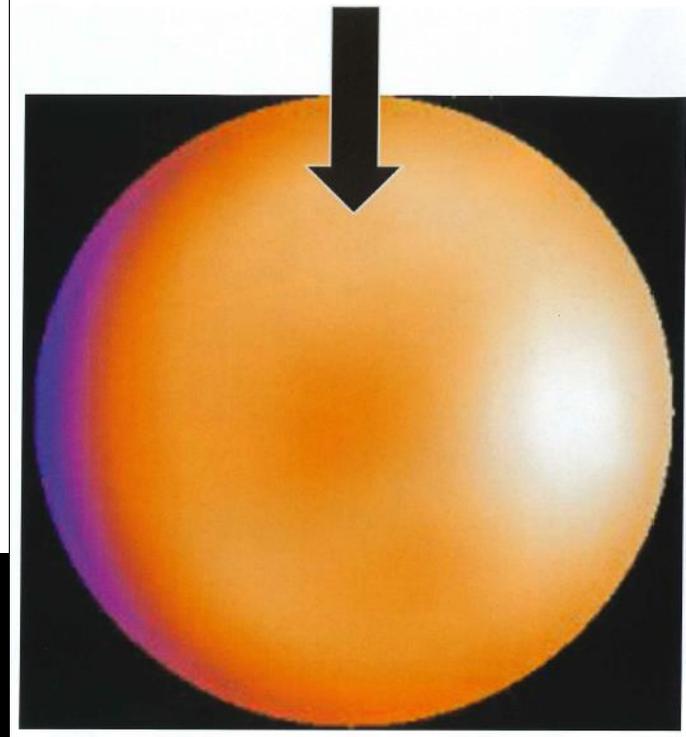
Bull`s eye (polar map)

- 心基部から心尖部までの心筋短軸像をcircumferential profile解析し, 心尖部からみた1枚のカラーマップとして表示したもの.



心筋シンチグラフィの極座標表示を示す。
矢印で示す心筋壁はどれか。

- 1. 下 壁
- 2. 前 壁
- 3. 側 壁
- 4. 中 隔
- 5. 心尖部



検査

- **血流**

^{99m}Tc 標識製剤、 ^{201}Tl

- **脂肪酸代謝**

^{123}I -BMIPP

- **交感神経**

^{123}I -MIBG

心筋エネルギー代謝

健常心筋の主なエネルギー源は**脂肪酸**。

安静空腹時ではエネルギー生産の2/3～3/4を脂肪酸のβ酸化に依存している。

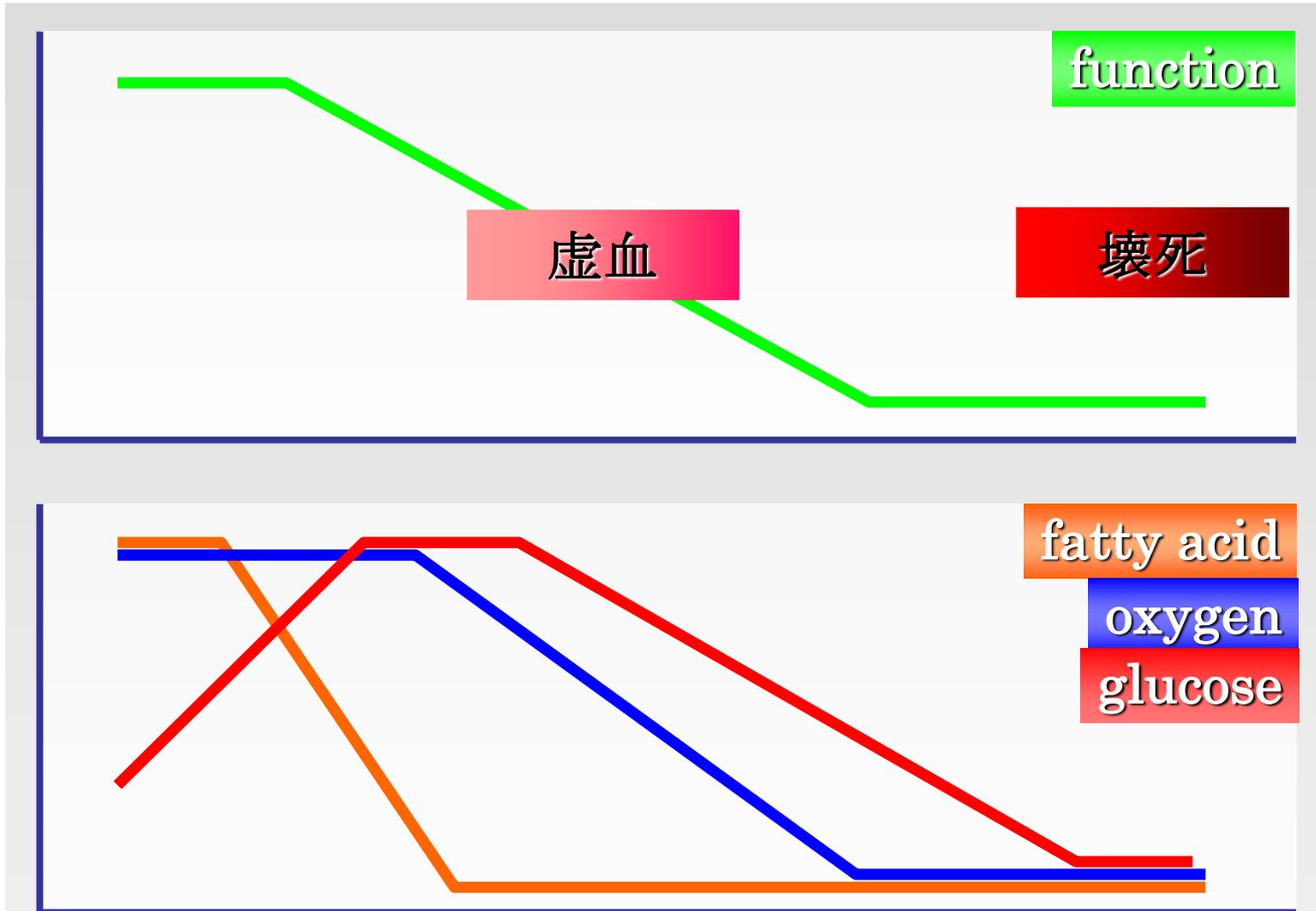
- **脂肪酸** 1mol + O₂ 23mol → ATP 5.65mol / O₂ 1mol

虚血の際には酸素消費量がより少ない解糖系へと代謝が移行する。

- **glucose** 1mol + O₂ 6mol → ATP 6.33mol / O₂ 1mol

更に虚血状態が進行すると糖代謝さえも障害されて心筋は壊死に至る。

虚血における機能と代謝の変化



脂肪酸imaging

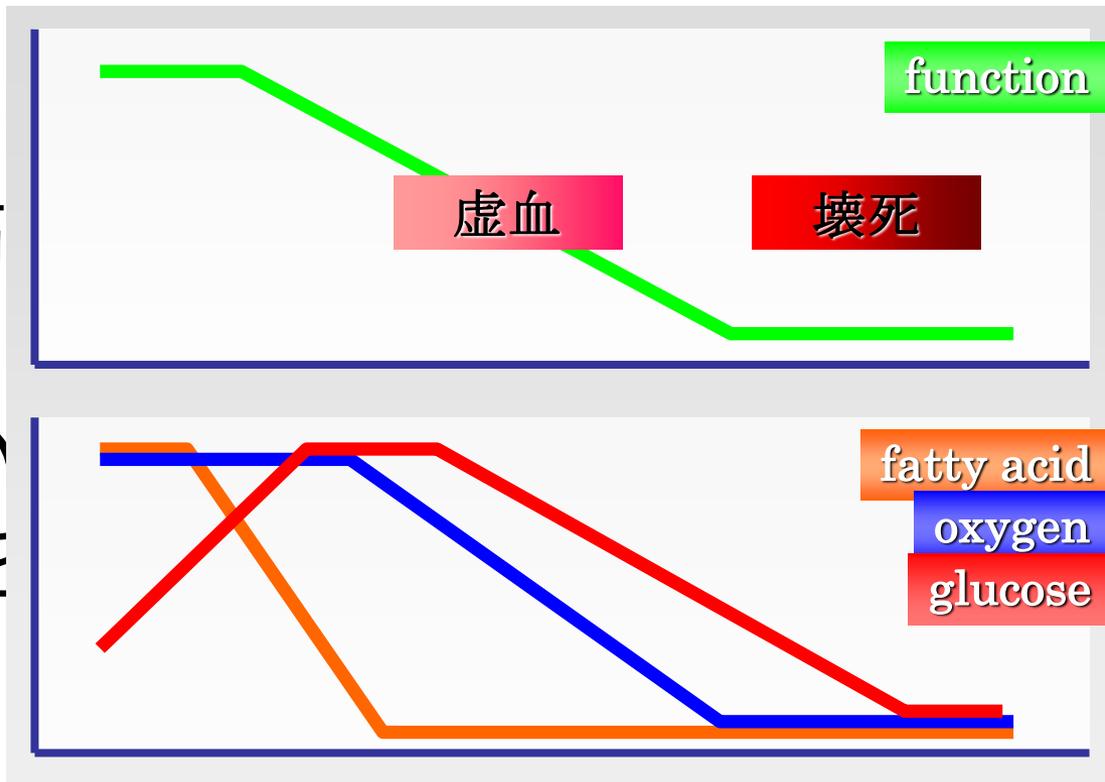
¹²³I

¹²³I-BMIPP

- 159keV 半減期13時間
- 111MBq 投与
- **脂質**であるため、血中、細胞内の移動には蛋白質やリポ蛋白との結合が必要
- β酸化を受けにくいように設計されており、**心筋停滞性が良い**。

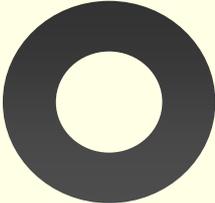
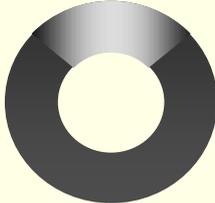
心筋脂肪酸代謝

- 心筋脂肪酸代謝不能するため、心筋障害される。
- そして効率の悪いエネルギー産生を働く。



^{123}I -BMIPP

- 虚血心筋では脂肪酸代謝は抑制され、糖代謝が優位となる。
- 血流が保たれているにも関わらず脂肪酸代謝が低下することがあり、血流tracerに比べて ^{123}I -BMIPP集積の低下している心筋は冠動脈血行再建術後に機能回復することが知られている。

血流・脂肪酸代謝mismatch	
血流tracer	^{123}I -BMIPP
	

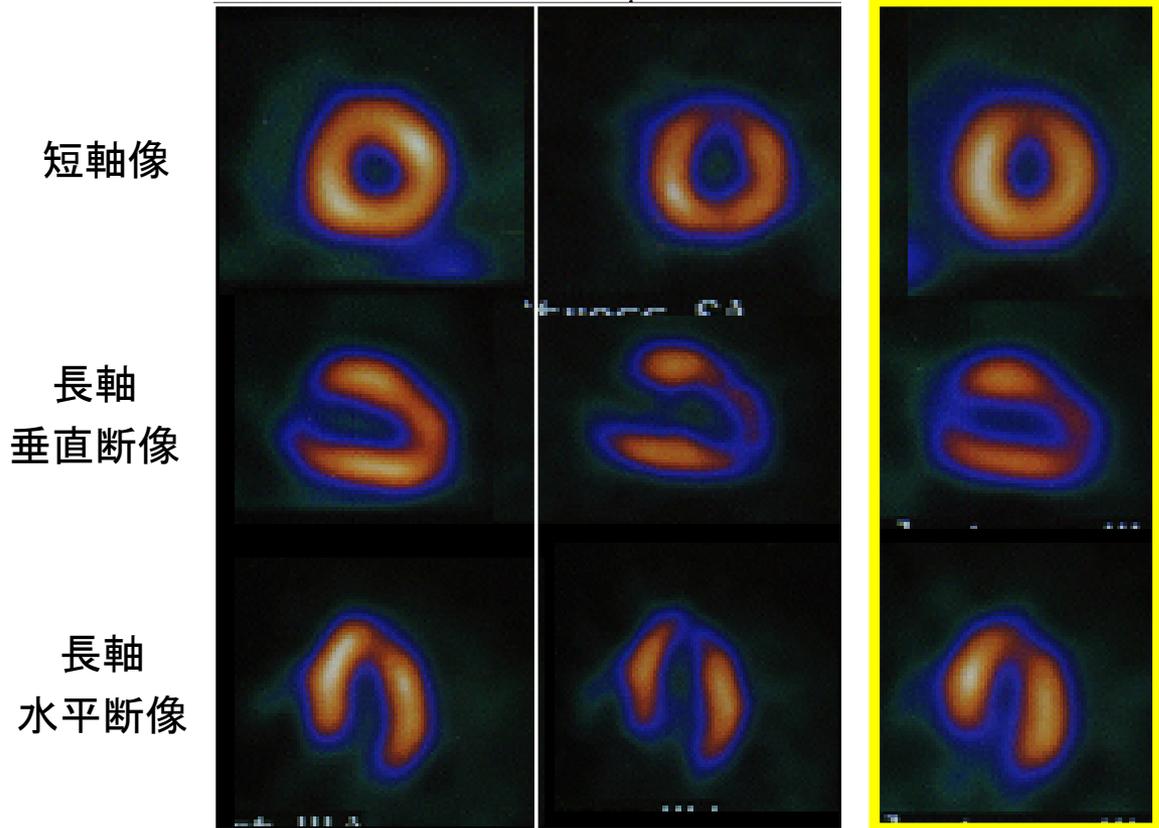
心筋血流

脂肪酸代謝

安静時

負荷時

^{123}I -BMIPP



80歲代、女性。急性冠症候群症例

検査

- **血流**

^{99m}Tc 標識製剤、 ^{201}Tl

- **脂肪酸代謝**

^{123}I -BMIPP

- **交感神経**

^{123}I -MIBG

交感神経imaging

^{123}I

^{123}I -MIBG

- 159keV
- 半減期13時間
- 111MBq 投与

- 静注後15～30分後に早期像、3～5時間後に後期像を撮像する。

心不全の重症度評価

集積欠損の観察から局所的な交感神経状態を検出
心臓からのクリアランスは、交感神経活動状態を反映

定量評価

• 心/縦隔比

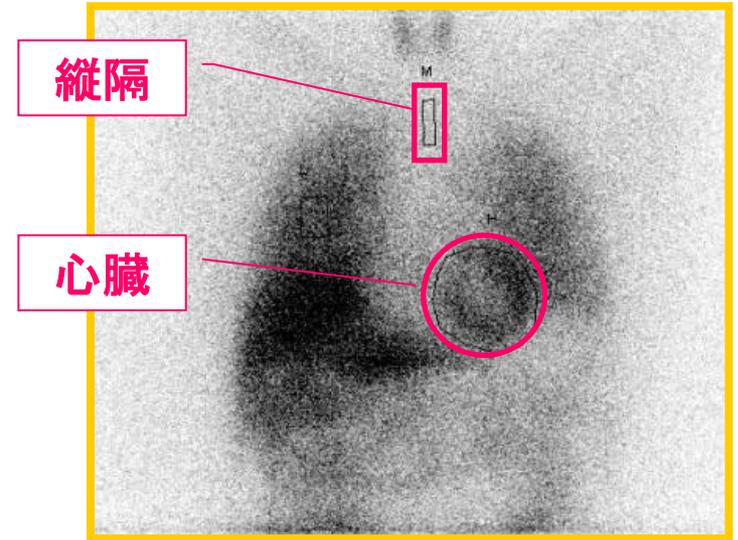
(heart/mediastinum ratio; H/M比)

➤ 心筋への取り込みを解析する。

- 心筋と縦隔にROIをとり、平均カウントを求める。
- 早期像(15分) : 2.34 ± 0.36
- 後期像(3時間) : 2.49 ± 0.40

• washout rate(%)

- $(\text{早期像count値} - \text{後期像count値}) \div (\text{早期像count値}) \times 100$
- 参考値 washout rate = 21 ~ 30%



集積低下を示す疾患

虚血性心疾患

心筋梗塞(急性・陳旧性)
労作性狭心症
冠攣縮性狭心症
不安定狭心症

心筋症・二次性心筋障害

拡張型心筋症
肥大型心筋症
糖尿病性心筋障害
高血圧性心筋障害
心筋炎

その他

心不全
起立性低血圧
Shy-Drager症候群
Parkinson病
オリーブ橋小脳萎縮症
自律神経失調症
アミロイドーシス
心室性頻拍症
洞不全症候群
QT延長症候群
心移植
心停止による蘇生後
三環系抗うつ薬

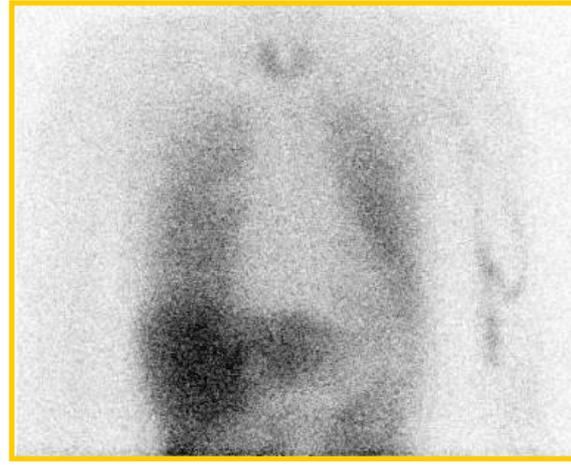
MIBG を用いた心筋scintigraphy

心不全や心筋症といった循環器疾患に応用されてきたが、**神経疾患の自律神経機能を評価する目的**でも利用されるようになった。

Parkinson病による集積低下



正常



パーキンソン病