

2014.2.1 第61回北陸循環器核医学研究会特別講演

今こそ見直される
心臓核医学の
唯一無二なる意義

市立秋田総合病院循環器内科
中川正康

BMIPP 心筋SPECTによる
心筋虚血の
メモリーイメージング

心筋虚血の履歴を診る

- 残存する壁運動障害の検出→しばしば困難
- 収縮および拡張のタイミングのずれを検出：
post systolic shortening、diastolic stunning
- BMIPP心筋SPECTによる評価
- ^{99m}Tc 心筋SPECTによる評価

【 ^{99m}Tc -tetrofosmin: 狭心症疑い】

垂直
長軸像

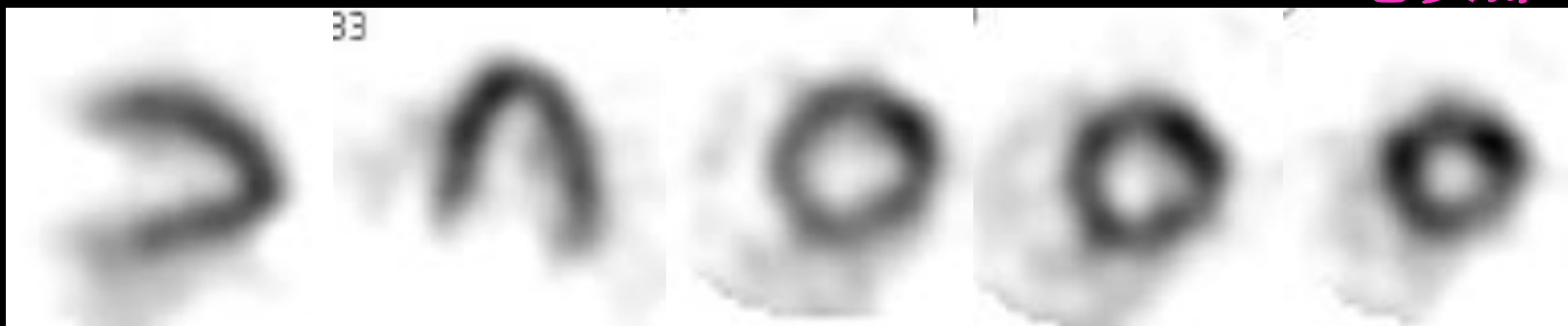
水平
長軸像

短軸像
心基部

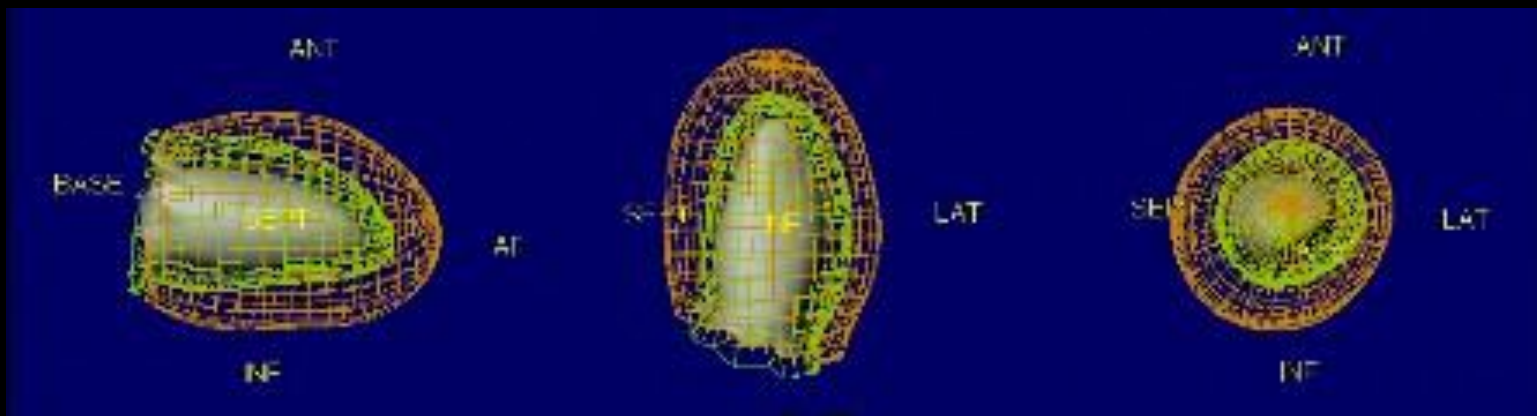
短軸像
中間部

短軸像
心尖部

早期像



QGS



【 ^{99m}Tc -tetrafosmin: 狭心症疑い】

垂直
長軸像

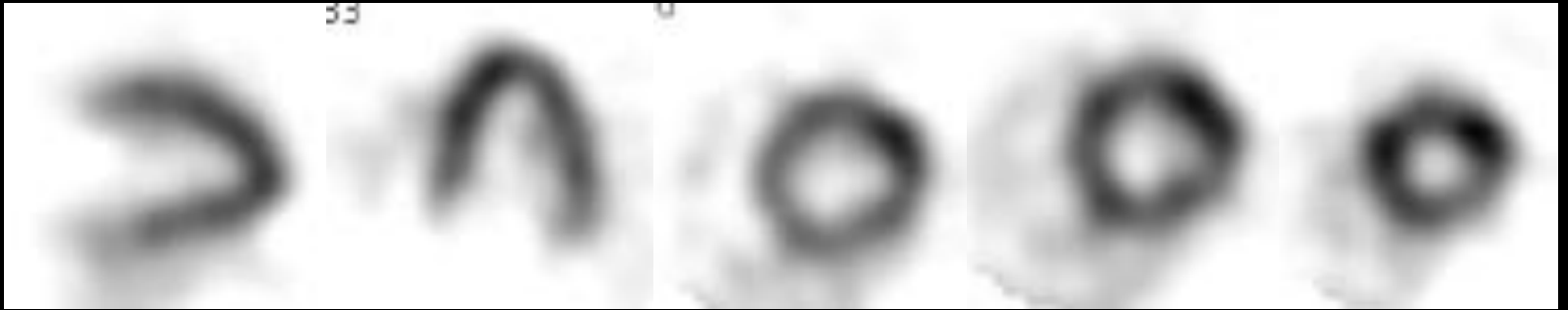
水平
長軸像

心基部

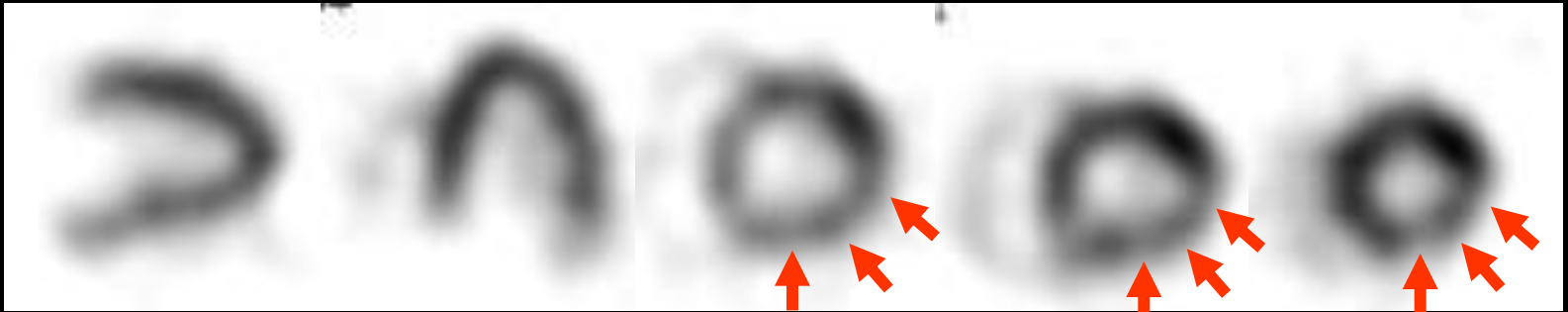
短軸像
中間部

心尖部

早期像

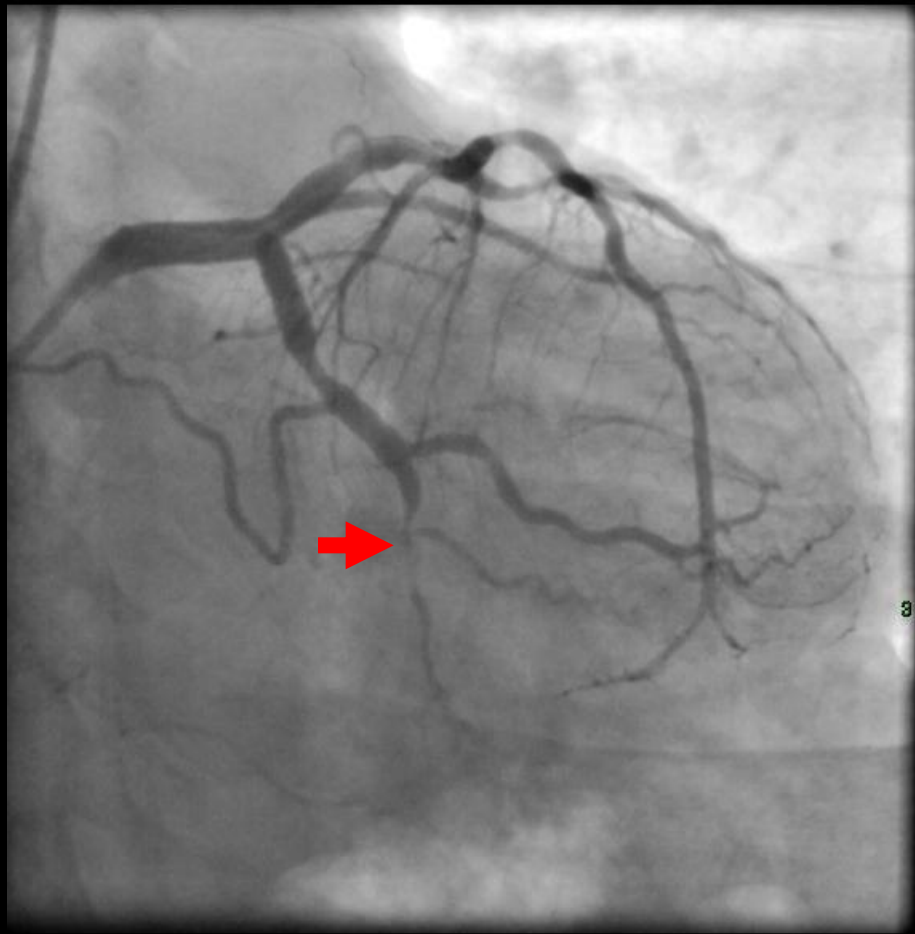


後期像

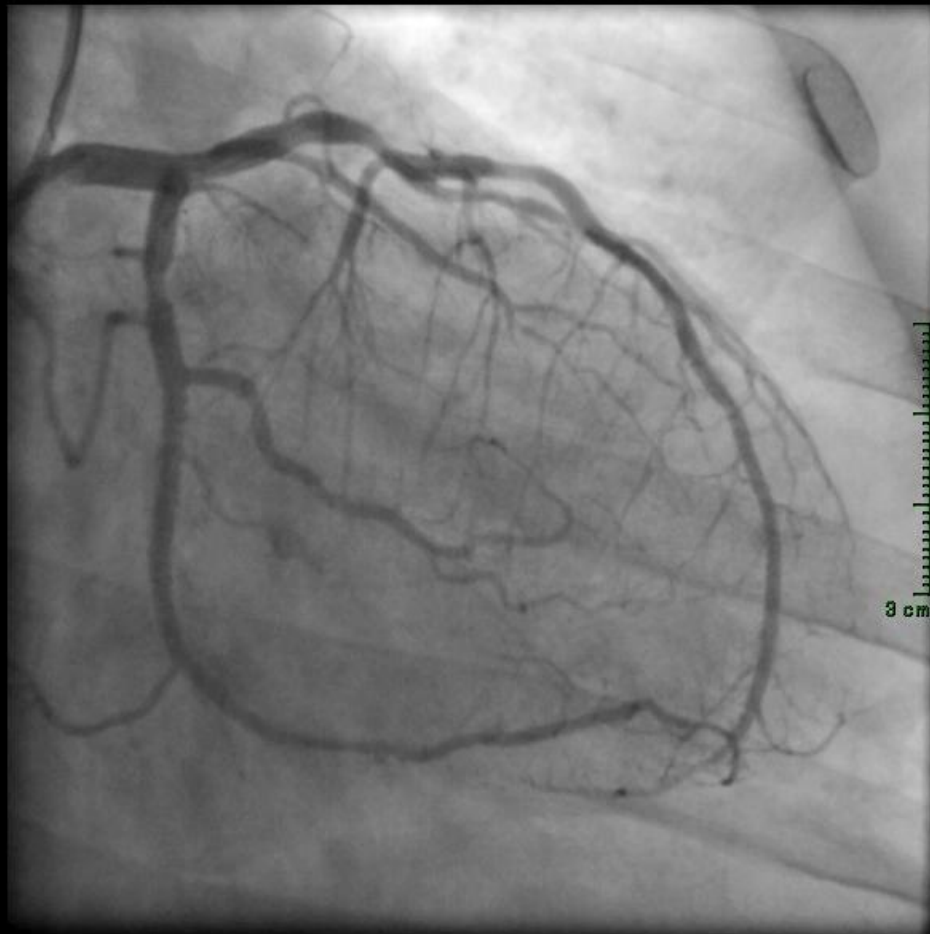


【症例：左冠動脈造影】

PCI前



PCI後



【虚血性心疾患におけるBMIPP】

＜心筋梗塞＞

虚血危険域の描出、血行再建の効果、
壁運動障害改善の予測・・・

＜狭心症＞

気絶心筋の描出
⇨心筋虚血の履歴を検出

【BMIPPの陽性所見】

1) 血流製剤 > BMIPP型のミスマッチ

* 血流製剤 < BMIPP型のミスマッチは
血流製剤のアーチファクトか。

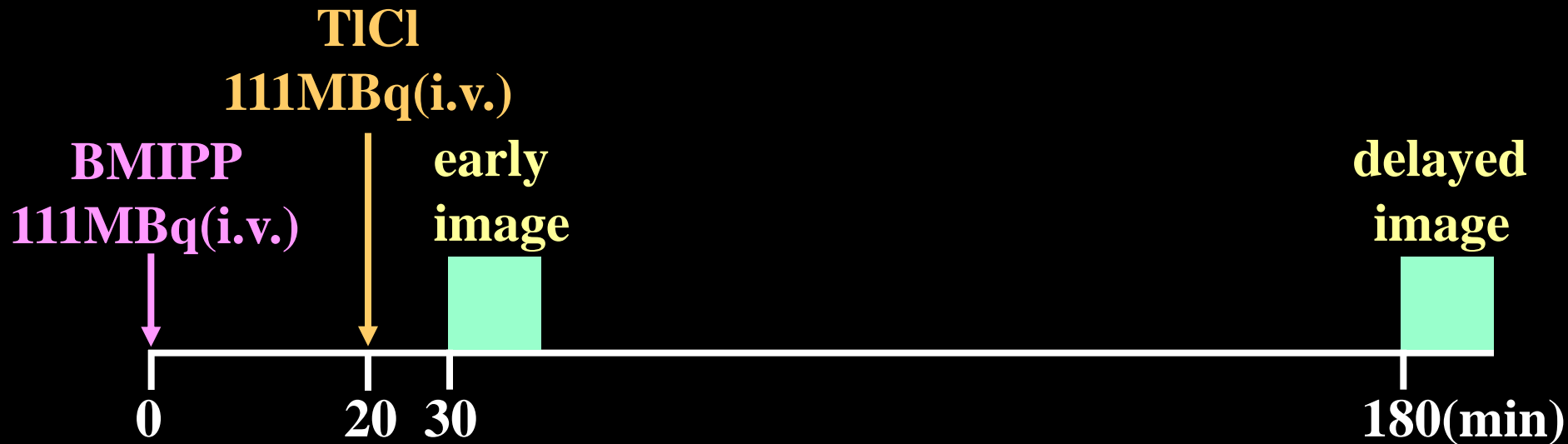
2) BMIPPの早期像から後期像への
逆再分布 (washout)

3) BMIPPの早期像から後期像への
再分布 (fill-in)

当科における不安定狭心症例の診断と管理



【TICI/BMIPP dual SPECT】



入院後平均2日で施行

＜診断基準＞

- 1) TICI>BMIPPのミスマッチ
- 2) BMIPP washout
- 3) BMIPP fill-in

【症例1:50歳代女性】

労作時の前胸部圧迫感

UCG:壁運動障害(-)

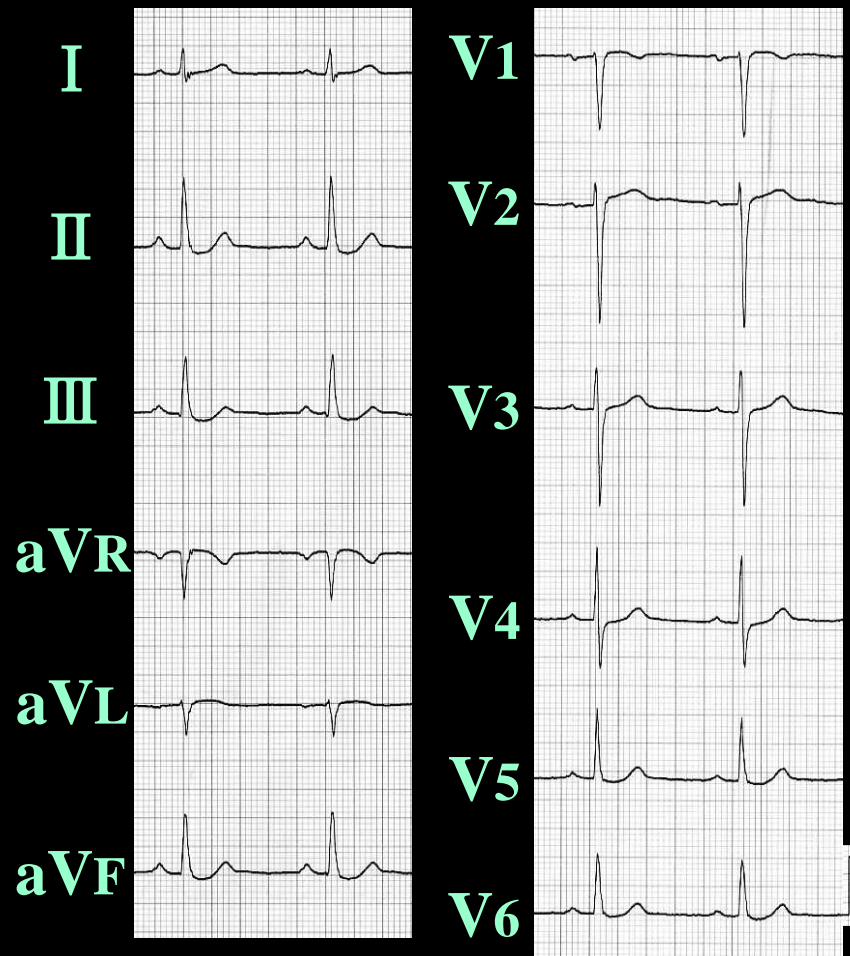
トロポニン-I:<0.01ng/ml

BNP:84.2pg/ml

<冠危険因子>

高血圧、糖尿病

脂質異常症、喫煙



【症例1:dual SPECT】

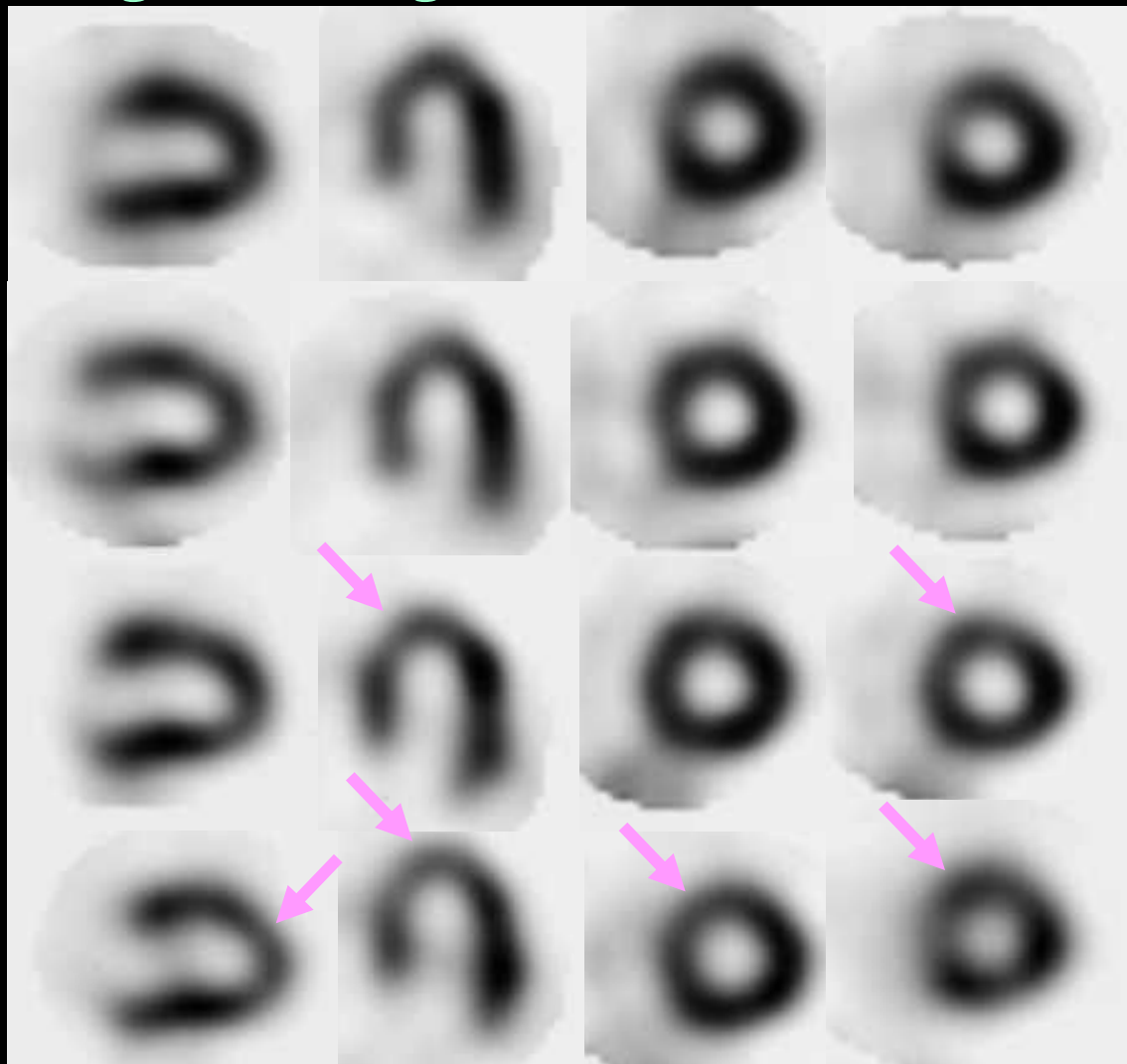
vertical horizontal short axis
long axis long axis base middle

TICI早期像

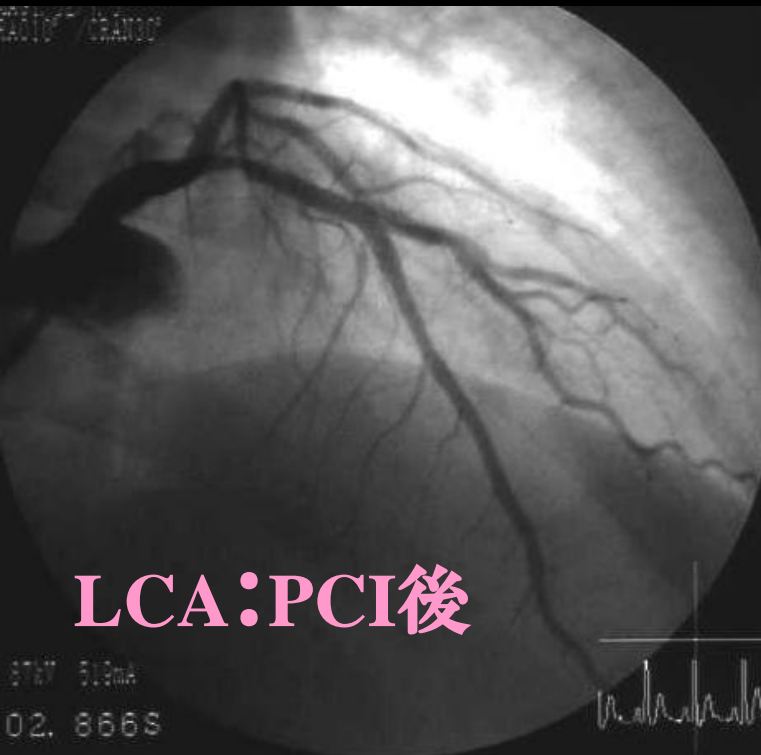
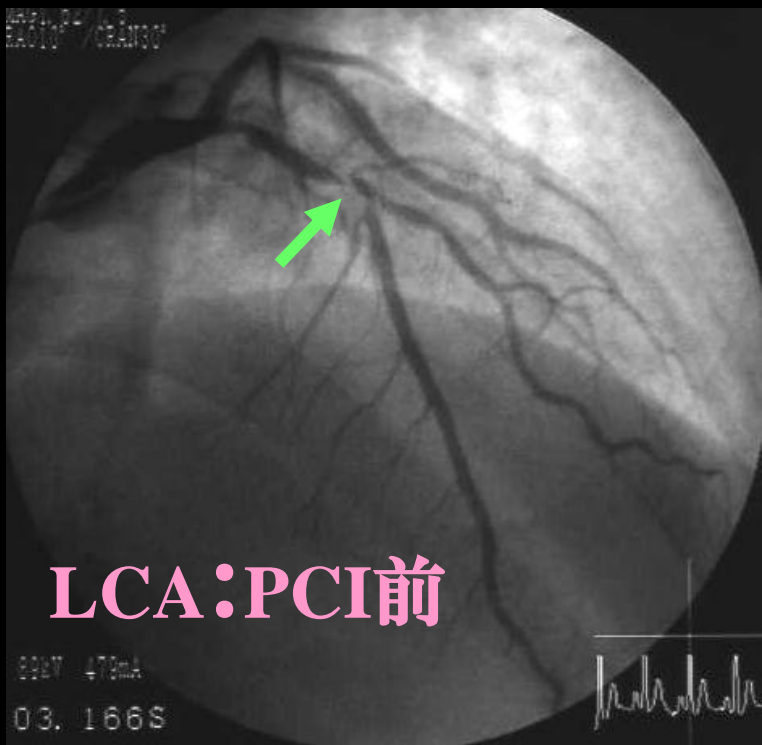
TICI後期像

BMIPP早期像

BMIPP後期像



【症例1:CAG】



RCA



【症例2:50歳代男性】

胸痛

(+)

(-)

胸痛

(+)

(-)

安静時の強い前胸部痛

UCG:壁運動障害(-)

Tn-I:<0.01ng/ml

BNP:6.9pg/ml

<冠危険因子>

脂質異常症、喫煙

耐糖能障害

I

II

III

aVR

aVL

aVF

V1

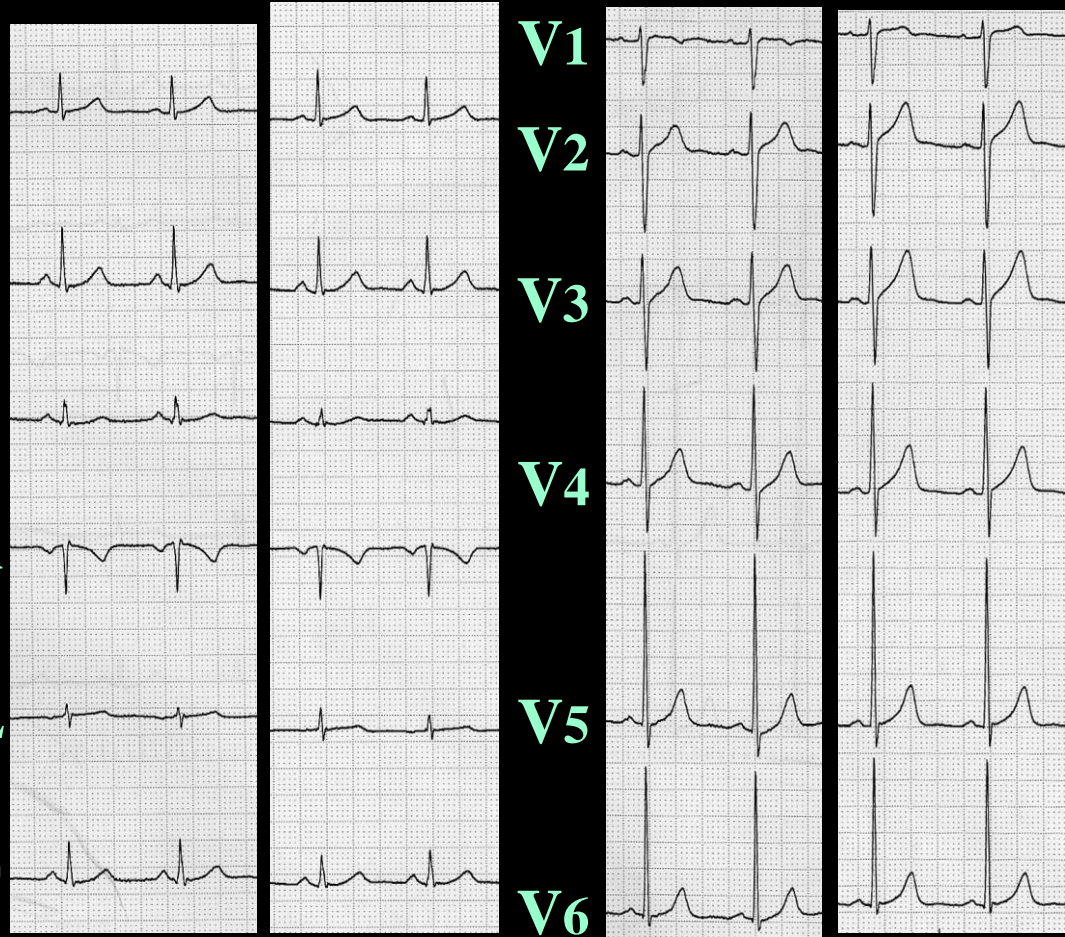
V2

V3

V4

V5

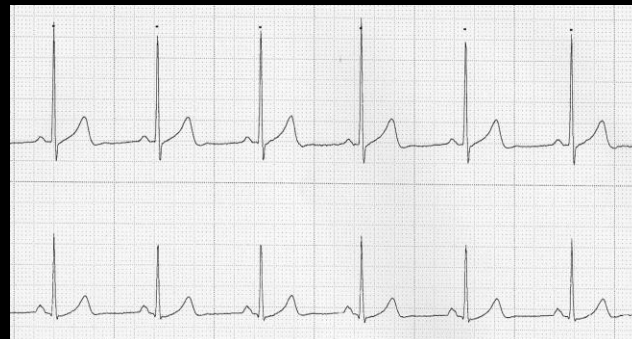
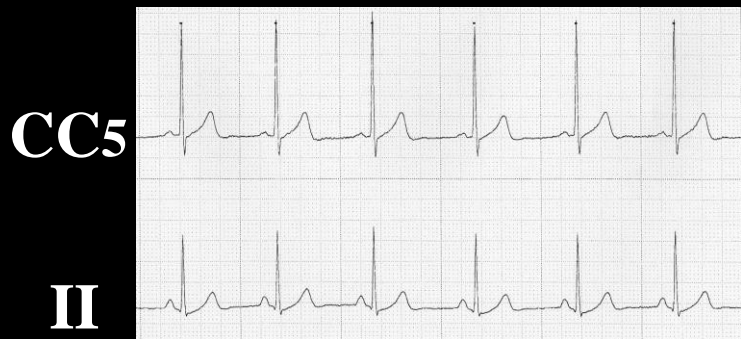
V6



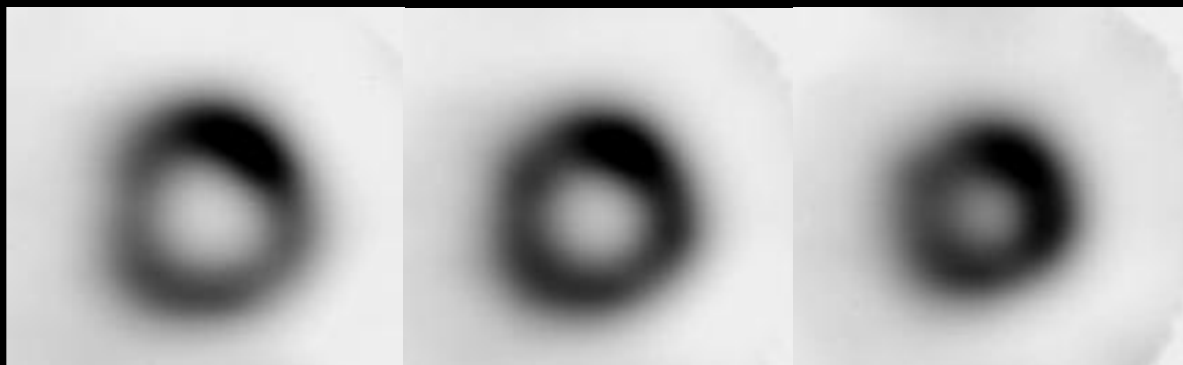
【症例2】

胸痛(+)

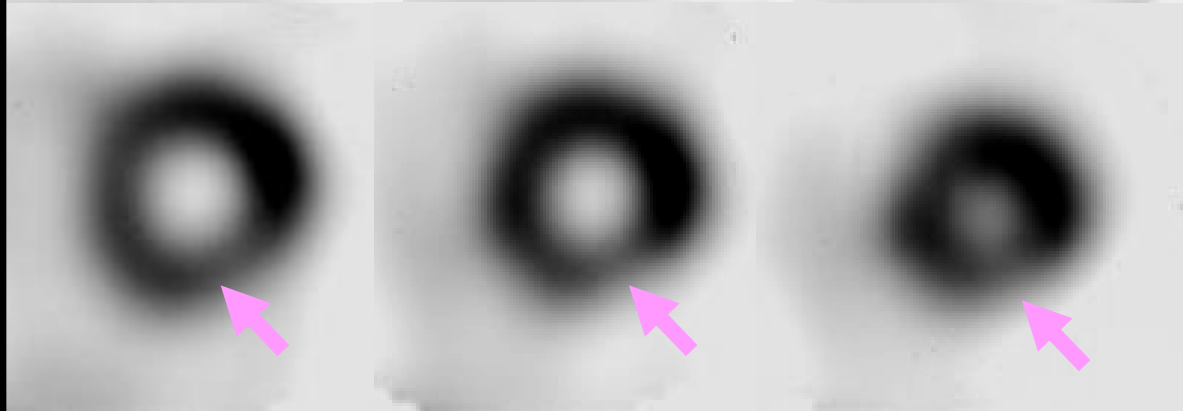
胸痛(-)



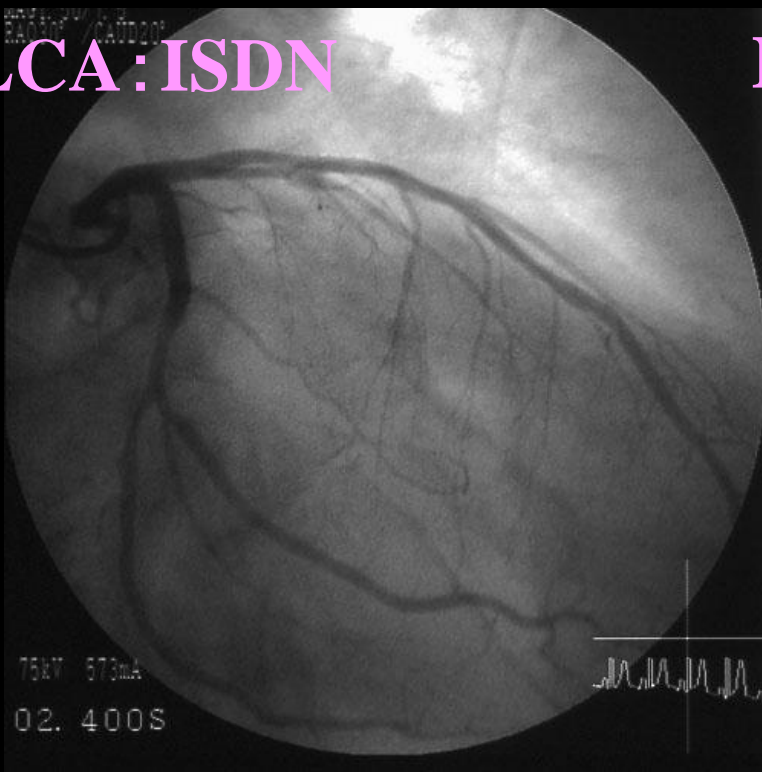
TICI 後期像



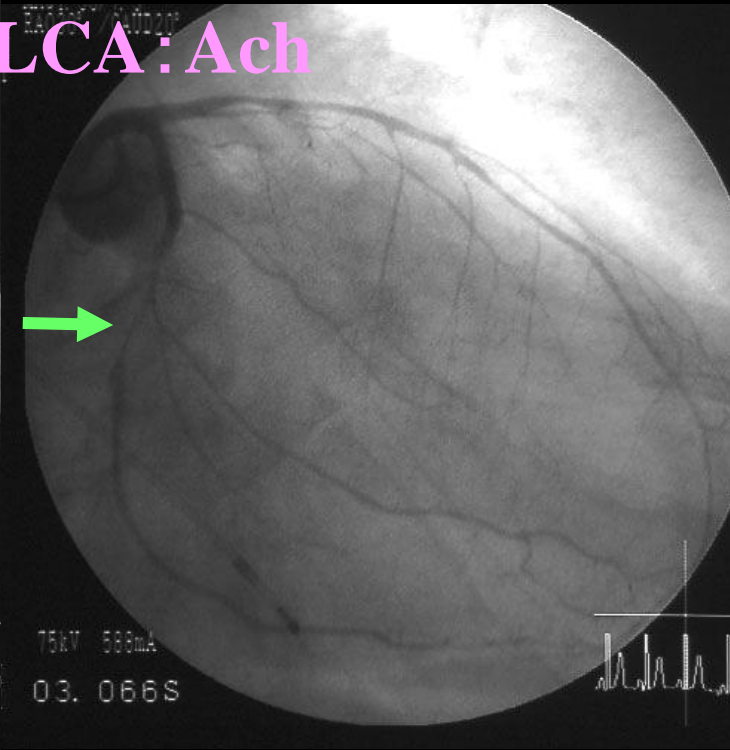
BMIPP 後期像



LCA: ISDN



LCA: Ach

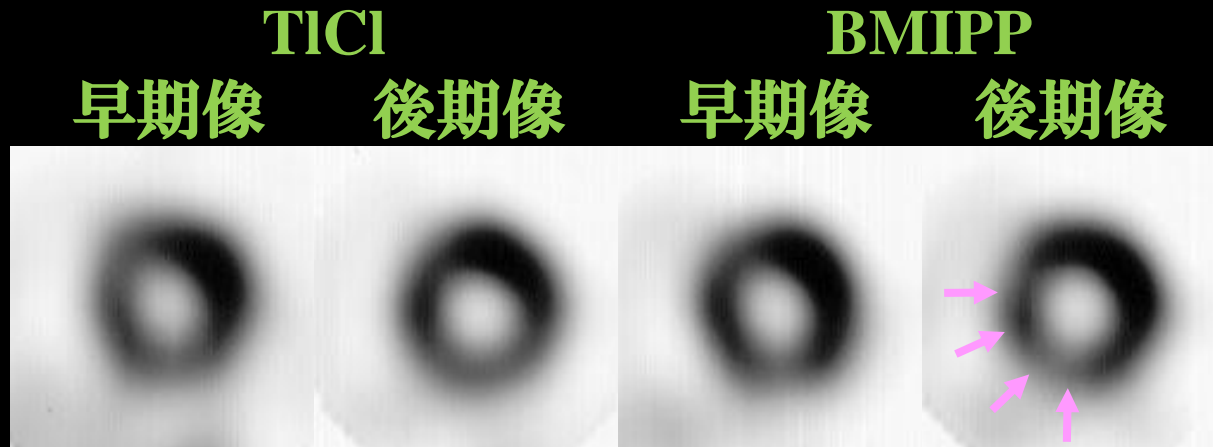


RCA

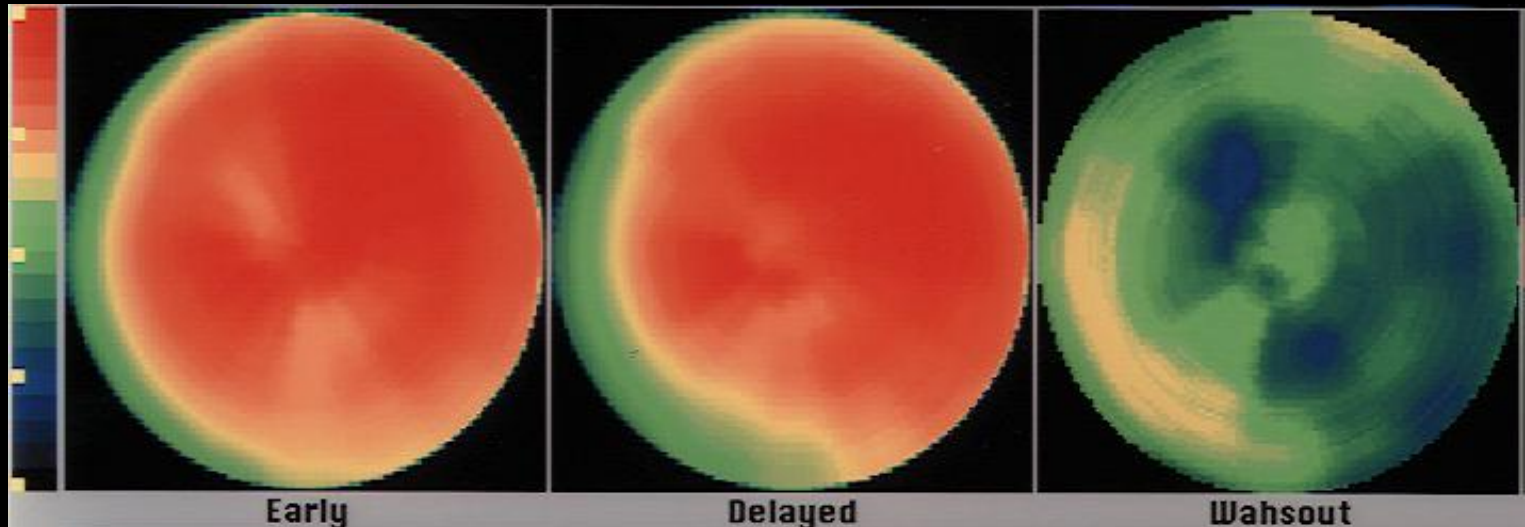


【病例2:CAG】

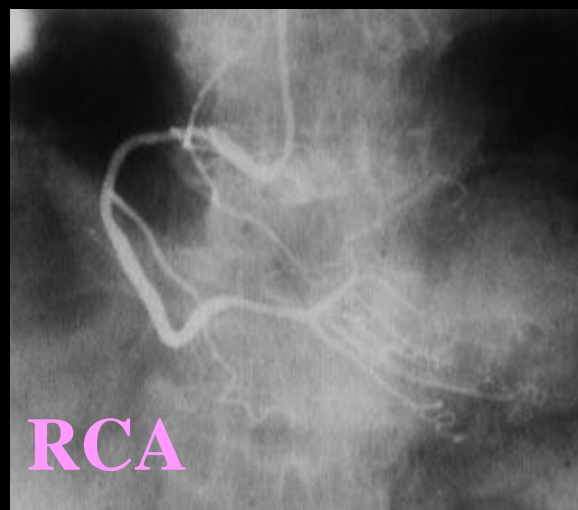
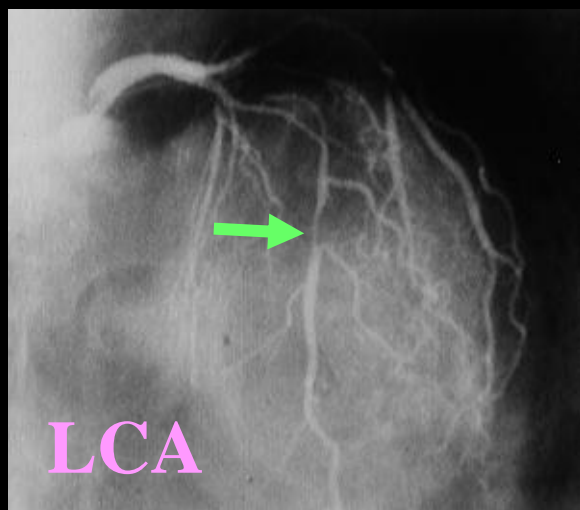
【症例3: BMIPP washout】



BMIPP %uptake(早期像) %uptake(後期像) washout rate



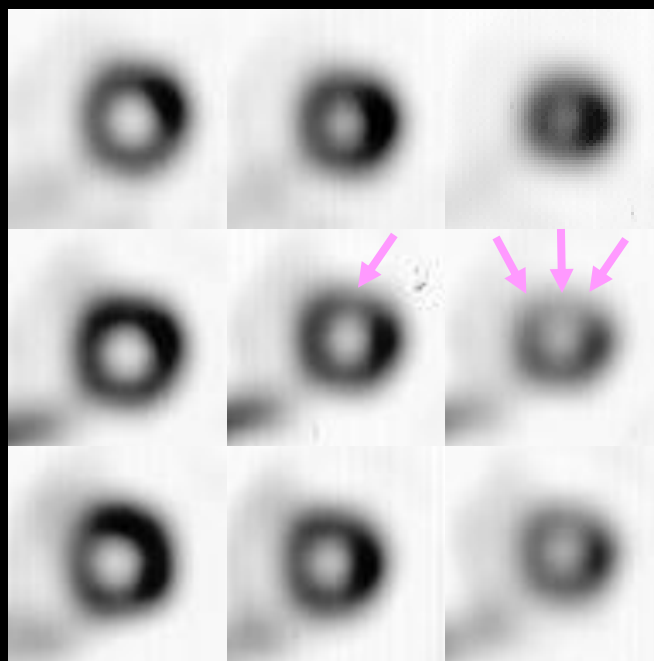
【症例4: BMIPP fill-in】



TICI早期像

BMIPP 早期像

BMIPP 後期像



【対象】

2002年4月から2004年1月までに不安定狭心症にて入院し、dual SPECTを施行した連続50例
(梗塞後狭心症は除外)

【検出感度】

1) 心電図 : 32%

2) 心エコー : 26%

3) トロポニンI (>0.01ng/ml) : 33%

4) BNP (>40pg/ml) : 56%

5) dual SPECT : 早期像66%、後期像88%

【TICI/BMIPP dual SPECT】

利点

- 1) 心筋虚血のメモリーイメージング
- 2) 検出感度
- 3) 非侵襲的
- 4) 罹患冠動脈の推定
- 5) エビデンス

問題点

- 1) 設備
- 2) アイソトープのdelivery
- 3) 費用

【背景】

我々はこれまで不安定狭心症における²⁰¹TlCl/¹²³I-BMIPP(BMIPP) dual SPECTの有用性を報告してきた。しかし2核種の使用はcostの面では問題が多い。

また従来のprotocolでは、BMIPP投与後3～4時間後の後期像を撮像しており、入院や緊急冠動脈造影の適応決定の手段としては大きな制約となっている。

【目的】

不安定狭心症例の診断における
BMIPP心筋SPECT超早期像の有用性に
ついて検討すること。

【BMIPP超早期像】



BMIPP (超早期像) ≒ TICl?

【対象】

不安定狭心症の疑いにて入院しBMIPP
心筋SPECTを施行、その後冠動脈造影を施
行し診断が確定した連続48症例
(梗塞後狭心症は除外)

男性:35例、女性:13例、平均年齢65±12歳

狭窄病変:19例

冠攣縮:29例

新規:22例

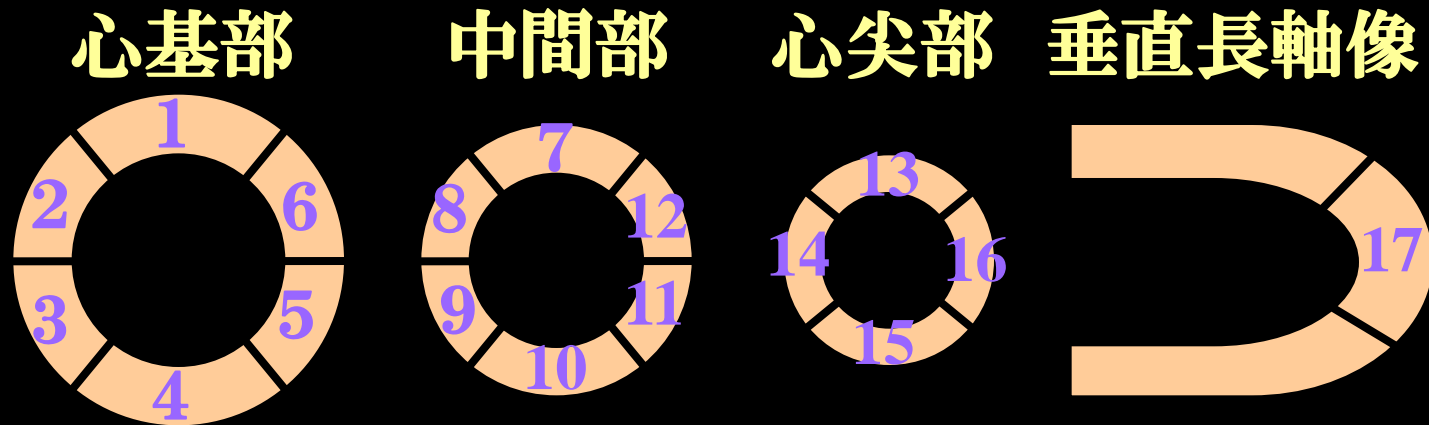
増悪:26例

トロポニン-I陽性:9例

【方法】

安静空腹時にBMIPP 111MBqを静注し、5分(超早期像)、35分(早期像)、180分(後期像)後に心筋SPECTを撮像した。

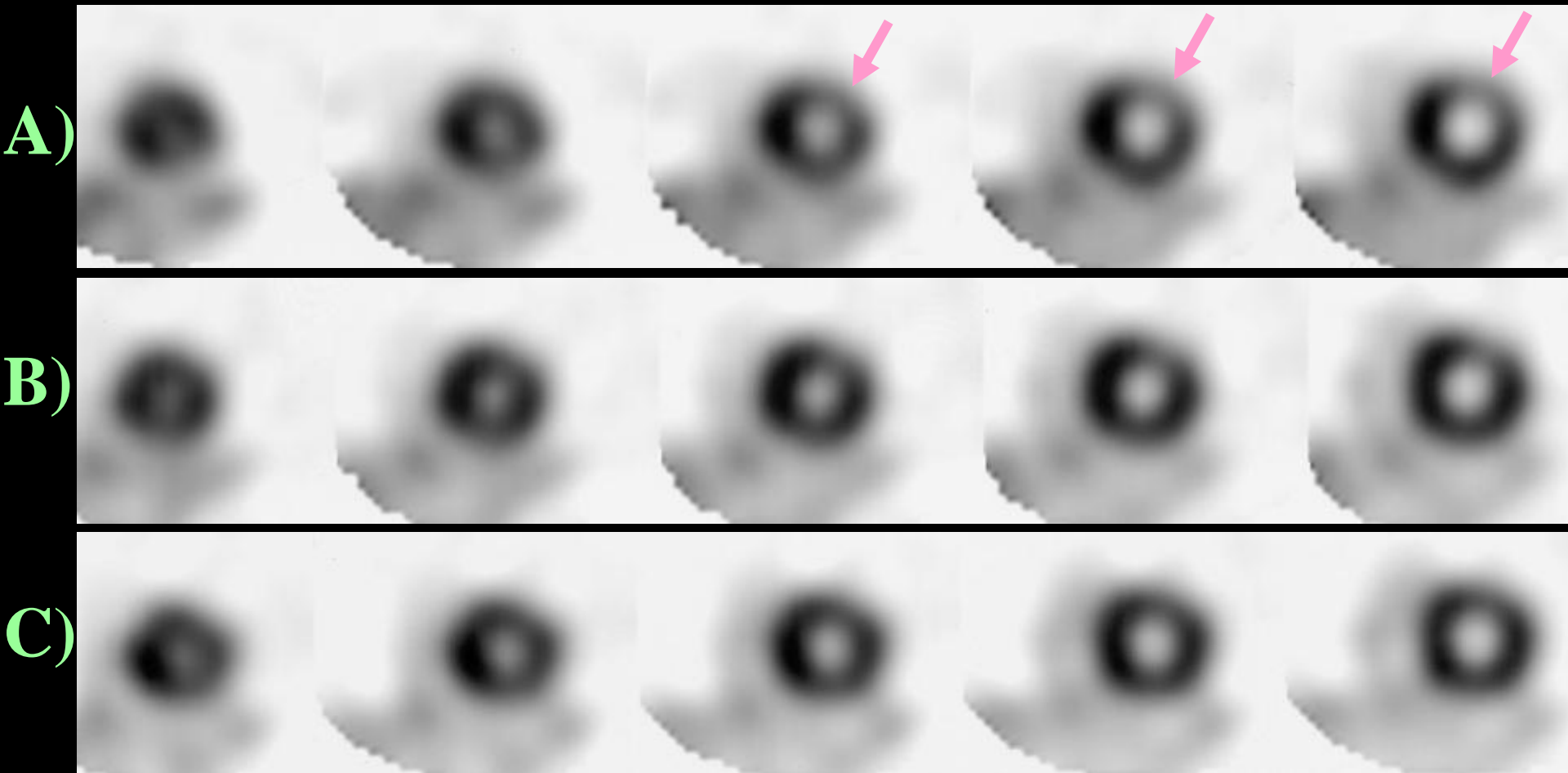
各SPECT像を17領域に分けて視覚的に集積異常を定量評価した。



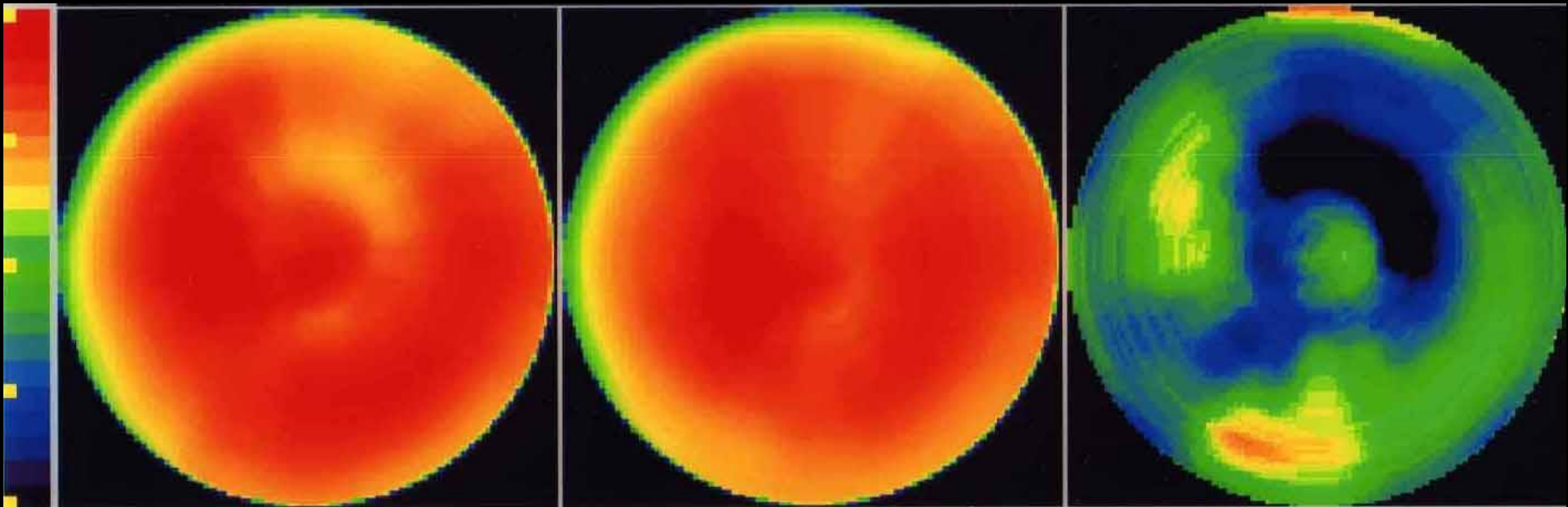
0:正常 1:軽度集積低下 2:高度集積低下 3:欠損

【症例5】

前側壁の集積低下(矢印)が超早期像(A)、
早期像(B)、後期像(C)と徐々に再分布。



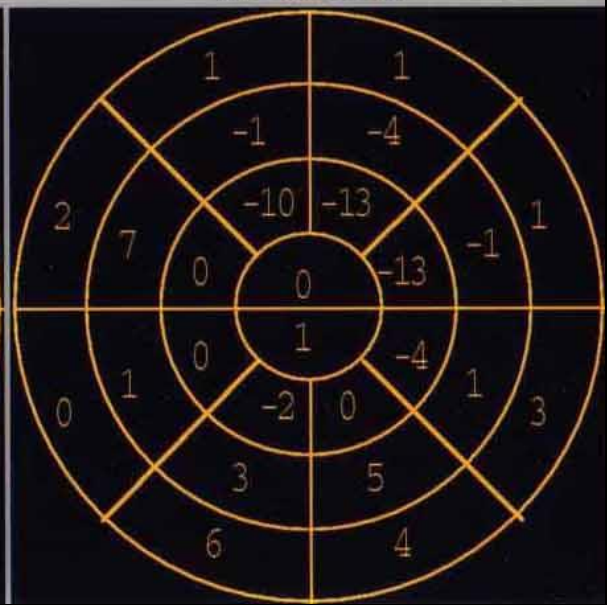
【病例5】



Early

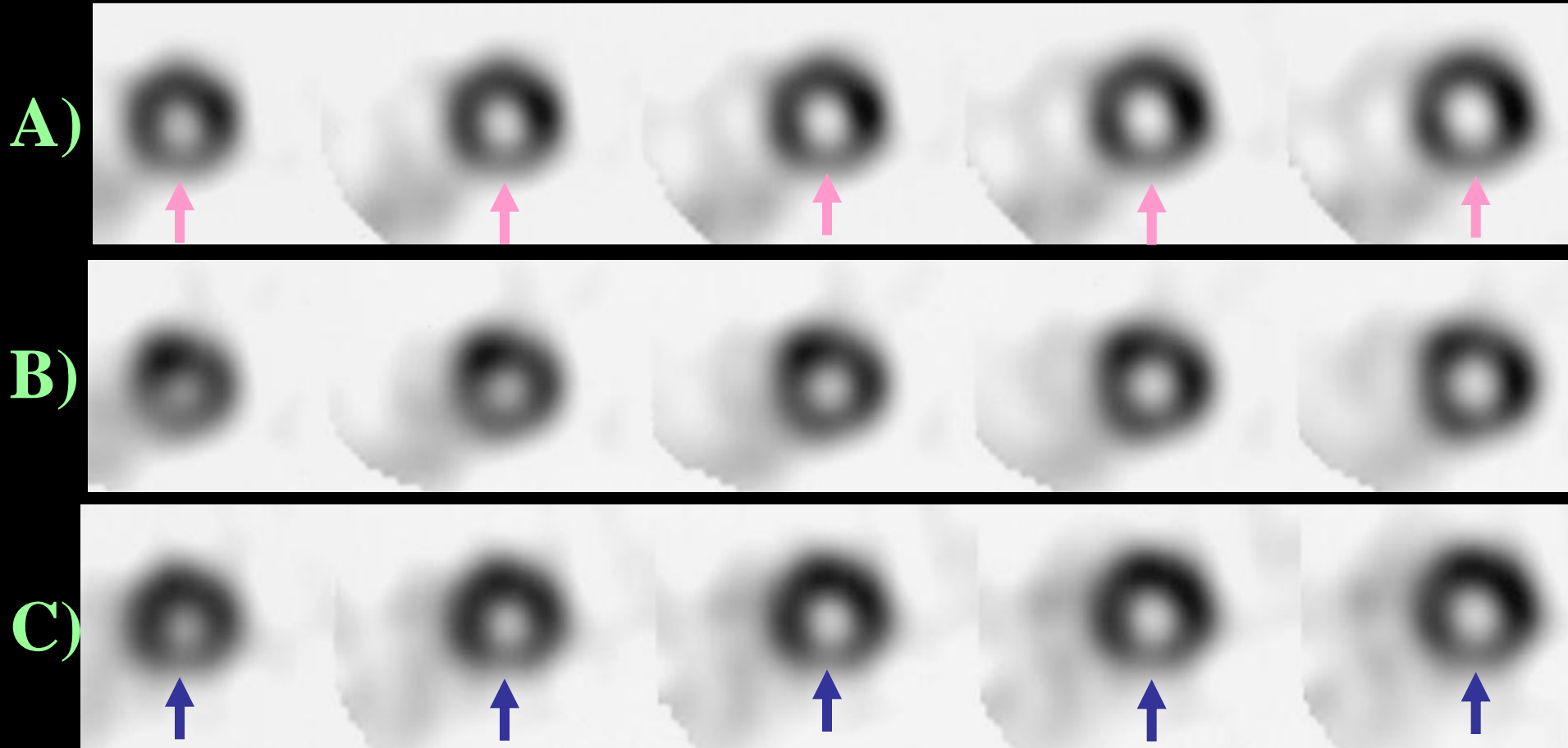
Delayed

Wahsout



【症例6】

下壁の集積低下(矢印)は早期像(B)で再分布し、後期像(C)では逆再分布。



【症例7:40歳代女性】

安静時の前胸部圧迫感、
背部痛、両腕のだるさ、冷汗。
約10分間持続し、来院時は
軽快していた。

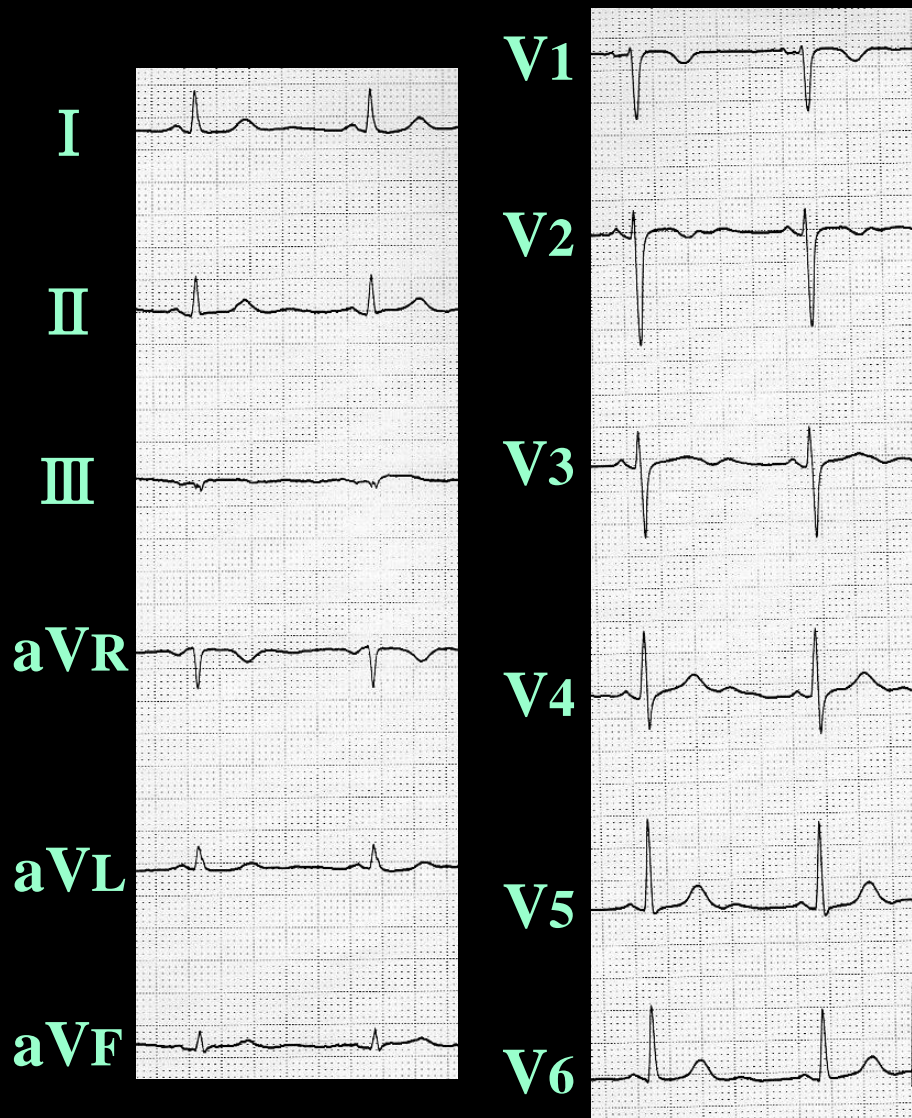
UCG:壁運動障害(-)

Tn-I:<0.01ng/ml

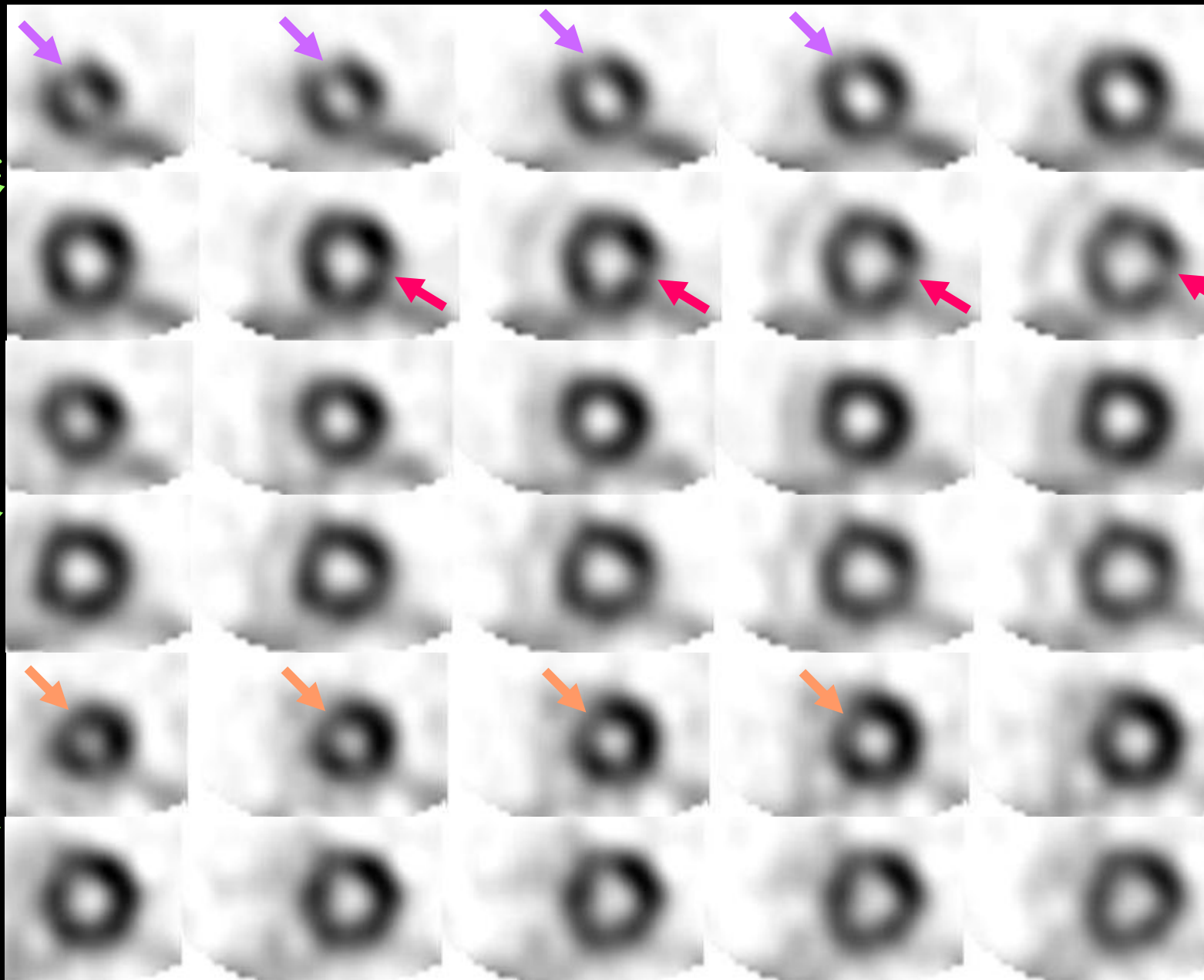
BNP:50.7pg/ml

<冠危険因子>

高血圧、脂質異常症
家族歴(母がCABG)



【症例7:BMIPP SPECT】

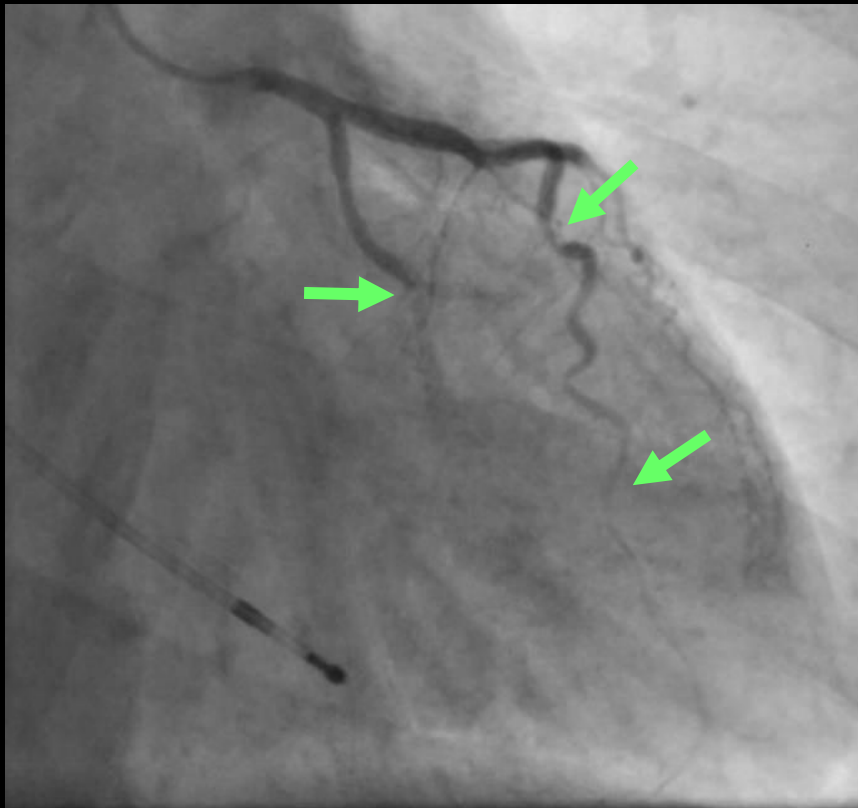


超早期像

早期像

後期像

LCA: Ach



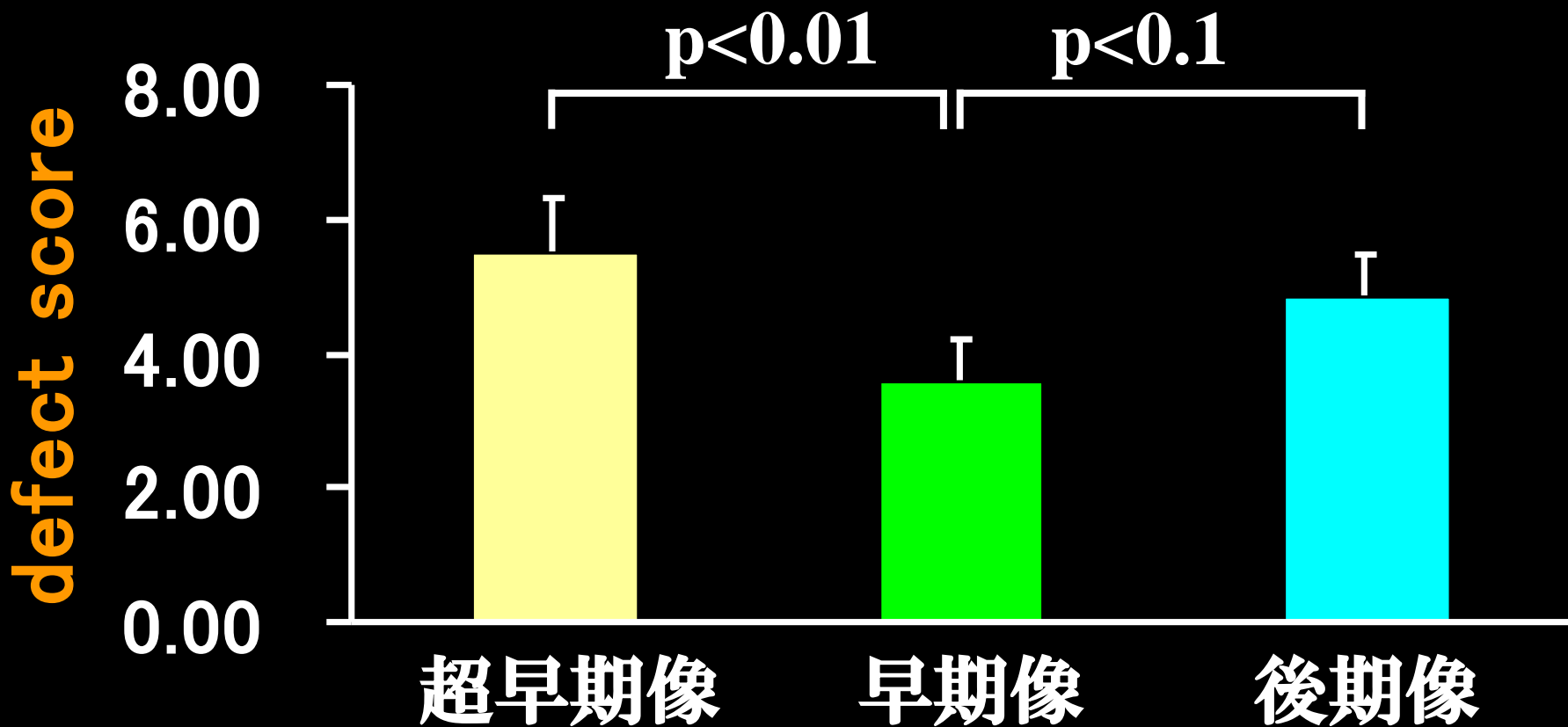
LCA: ISDN



【症例7:CAG】

RCA



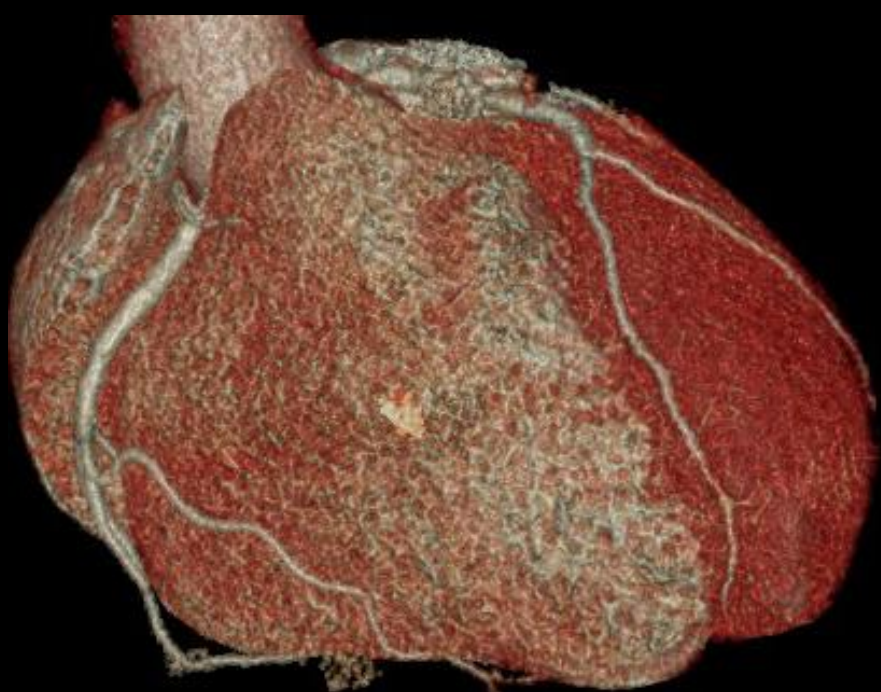


【検出感度】

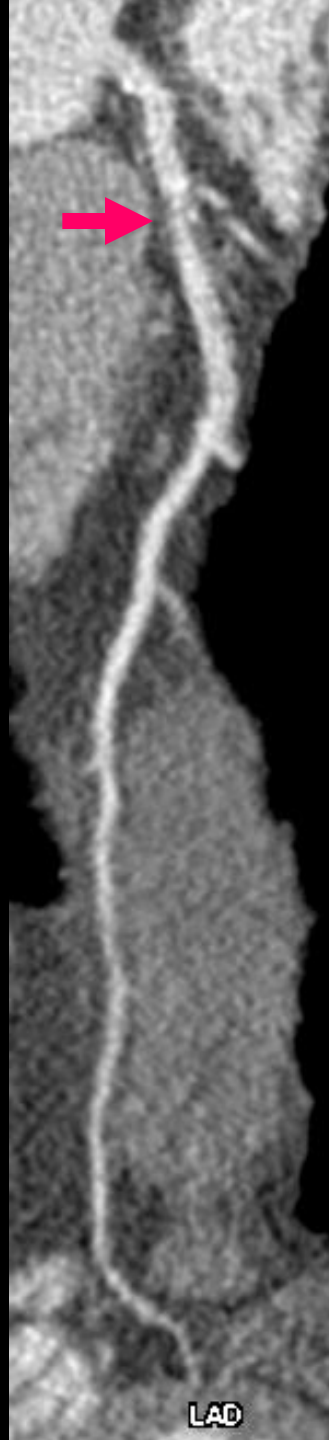
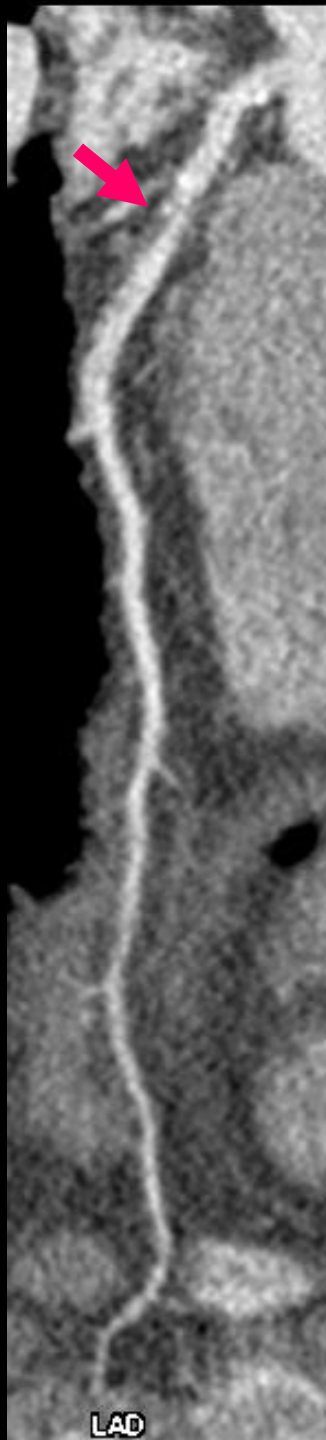
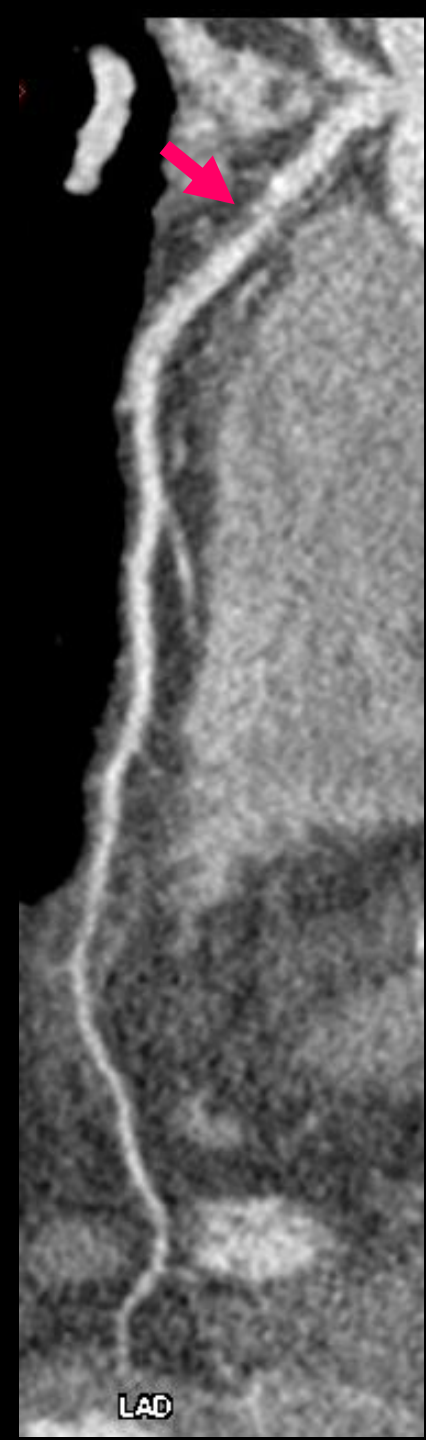
- 1) 超早期像: 40 / 48 (83%)
- 2) 早期像: 34 / 48 (71%)
- 3) 後期像: 41 / 48 (85%)

- 4) 超早期像 + 早期像: 44 / 48 (92%)
- 5) 早期像 + 後期像: 47 / 48 (98%)
- 6) 超早期像 + 後期像: 47 / 48 (98%)

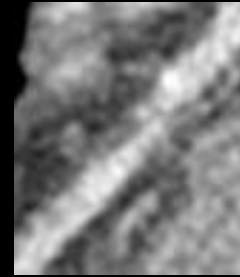
- 7) 全て: 48 / 48 (100%)



【冠動脈CT】



【CT:左前下行枝】



- 点状の石灰化
- 等～低吸収プラーク
- 50～75%の狭窄

【 ^{123}I -BMIPP心筋SPECT】

心基部

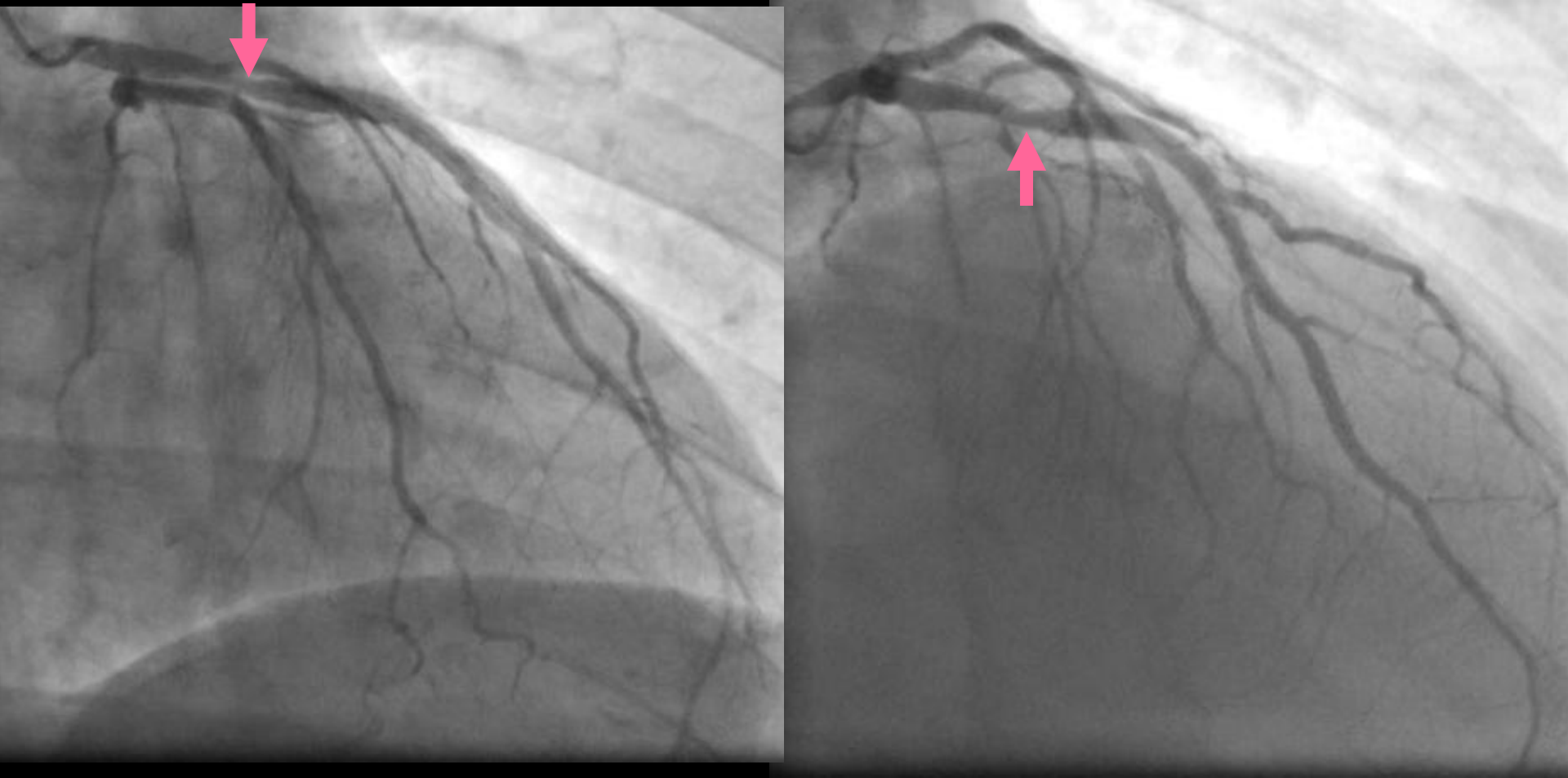
中間部

心尖部



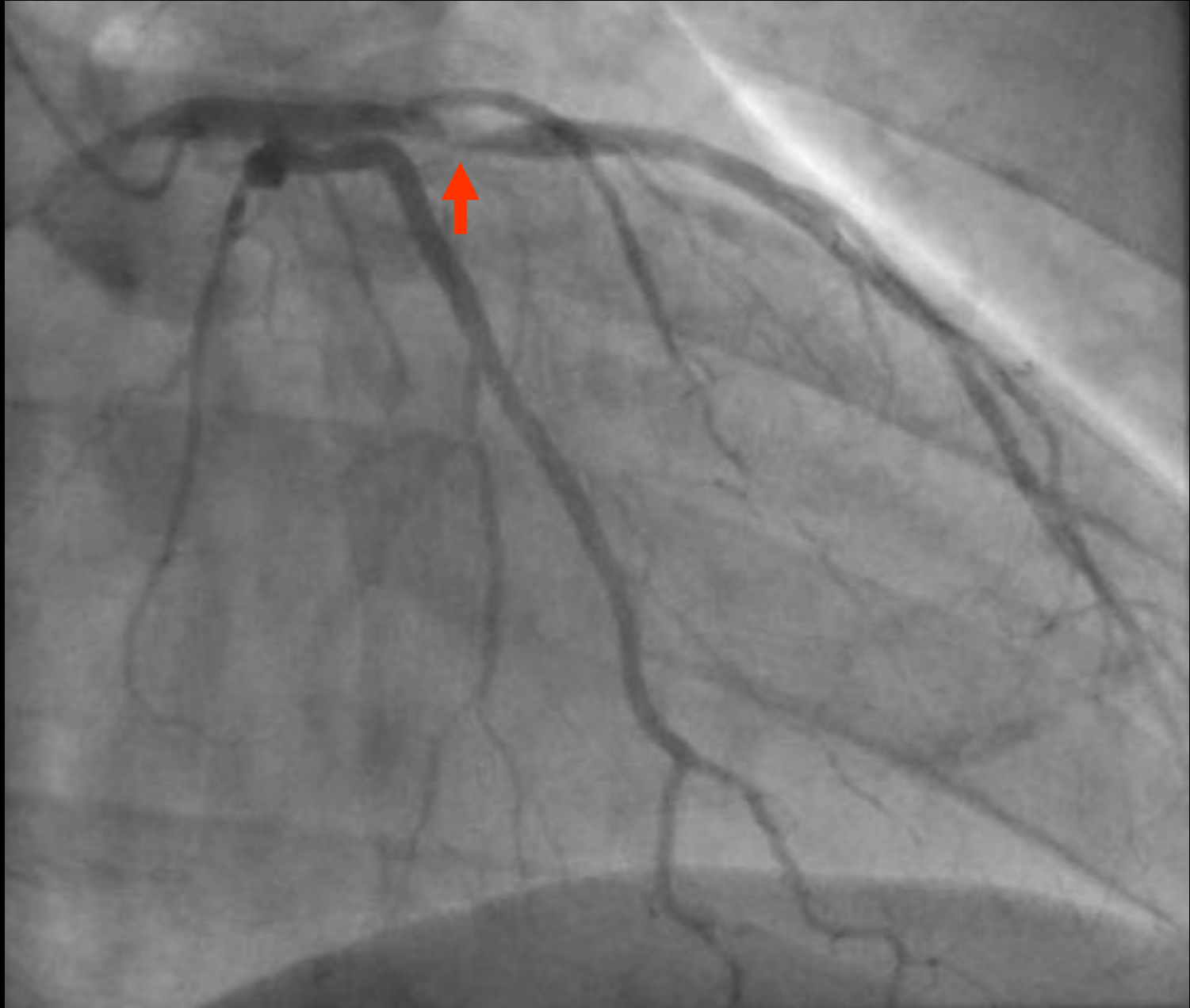
左室中間部から心尖部の
前壁～中隔で集積低下あり。

【冠動脈造影】



* 冠動脈狭窄は軽度で、冠攣縮も誘発されず。
内科的治療にてfollowとなった。

2年後心筋梗塞を発症・・・



**不安定狭心症例の診断において、BMIPP
心筋SPECT超早期像の撮像により診断感度
は向上することが示唆された。**

**これによりBMIPP 1核種の心筋SPECTでも
充分診断可能であり、またBMIPP投与後約1
時間で終了する短時間protocol(超早期像、
早期像のみ)の有用性も示唆された。**

**CT等の他のmodalityの
発展は目覚ましいですが、**

**冠攣縮例も含めた「心筋
虚血の履歴」の検出には、**

**やはりBMIPP SPECTが
一番！と思います。**

*MIBG*心筋シンチグラフィで
神経・精神疾患の診断ができる？

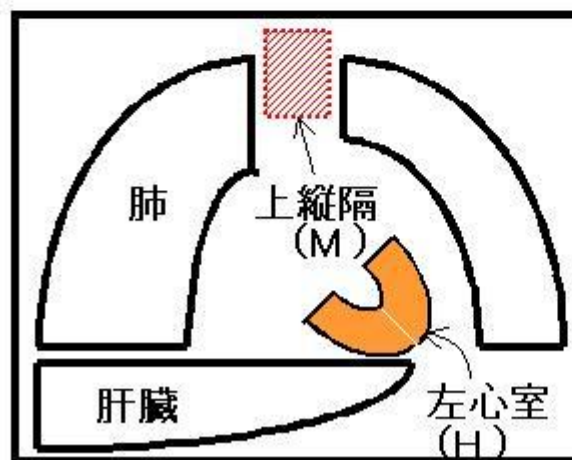
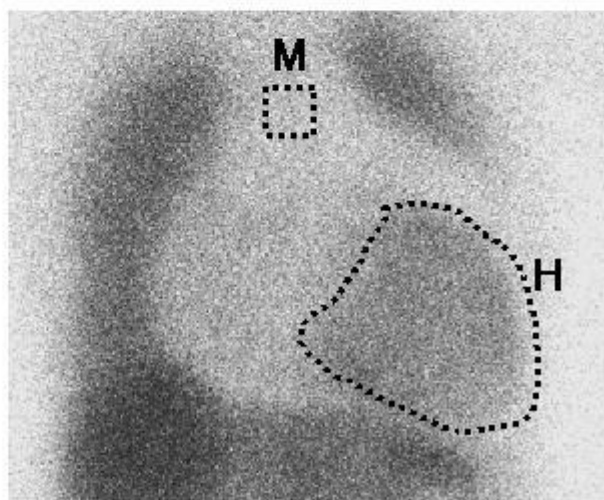
Anterior Planar Imaging 画像評価

心／縦隔比 = 心筋カウント(H) / 上縦隔カウント(M)
(H/M比)

心臓からの洗い出し率
(Washout Rate)

$$= \frac{\text{初期像 H} - \text{初期像 M} - (\text{後期像 H} - \text{後期像 M})}{(\text{初期像 H} - \text{初期像 M})} \times 100 (\%)$$

※ 心筋、上縦隔カウントはそれぞれ単位面積あたりの平均カウント



臨床応用(4):パーキンソン病

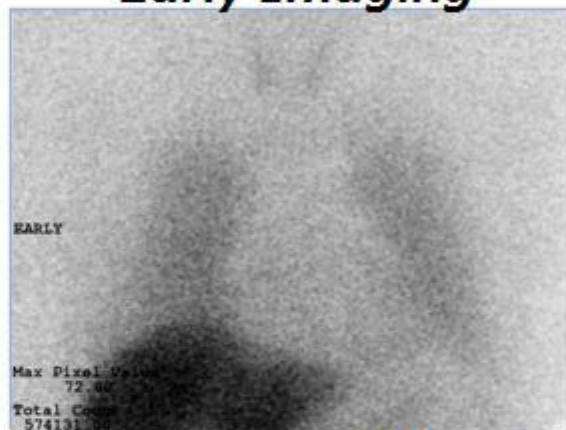
▶後神経節ニューロンへ波及する神経障害によって、心臓交感神経も広範囲に障害され、 ^{123}I -MIBGの心臓集積は無集積状態となると推定されている。

Group A

パーキンソン病

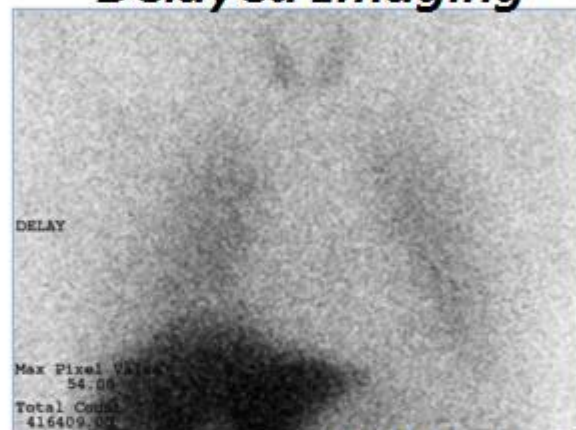
76才 男性

Early Imaging



H/M=1.4

Delayed Imaging

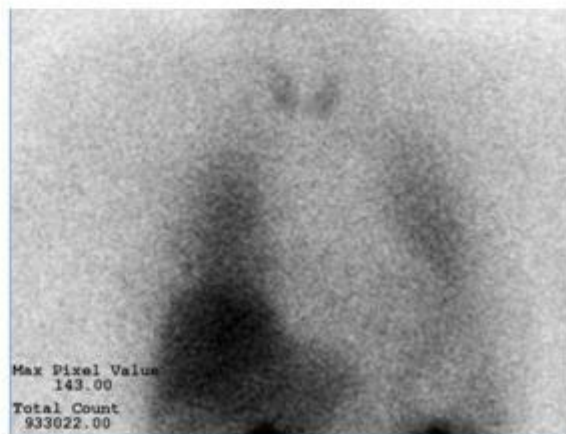


H/M=1.2

Group B

瀰漫性
レビー小体病

80才 女性



H/M=1.4



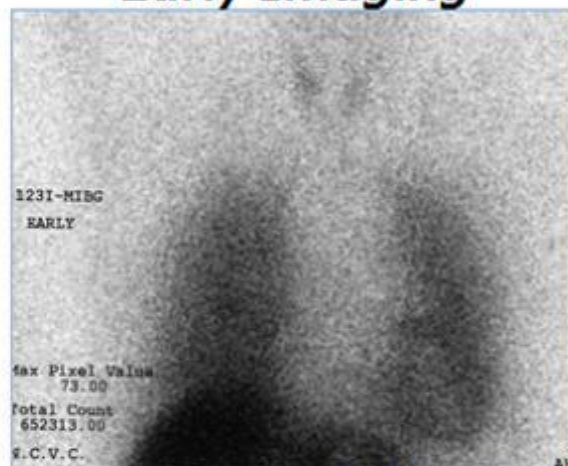
H/M=1.2

Group C

パーキンソン症候群
(多系統萎縮症)

66才 男性

Early Imaging



H/M=2.4

Delayed Imaging

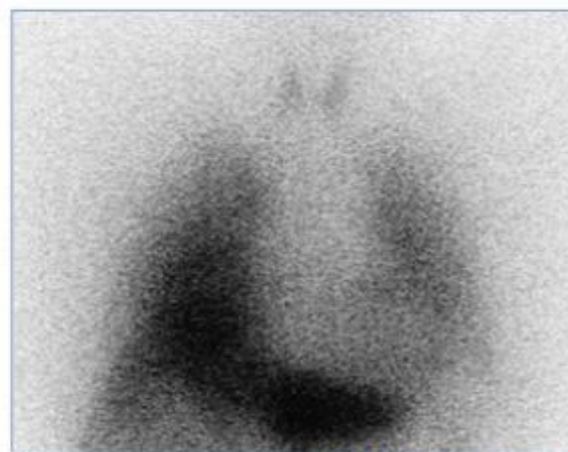


H/M=2.0

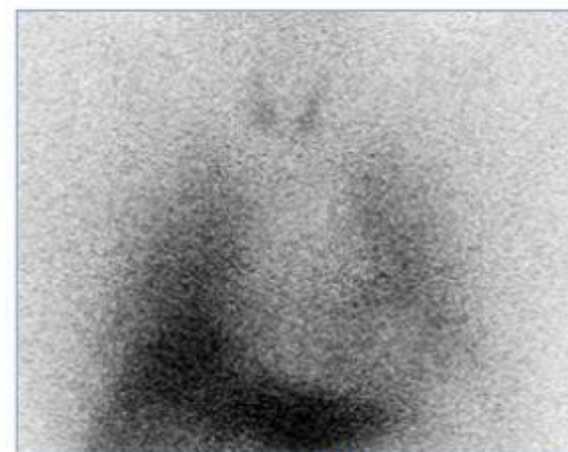
Group D

脳血管障害性
パーキンソン症候群

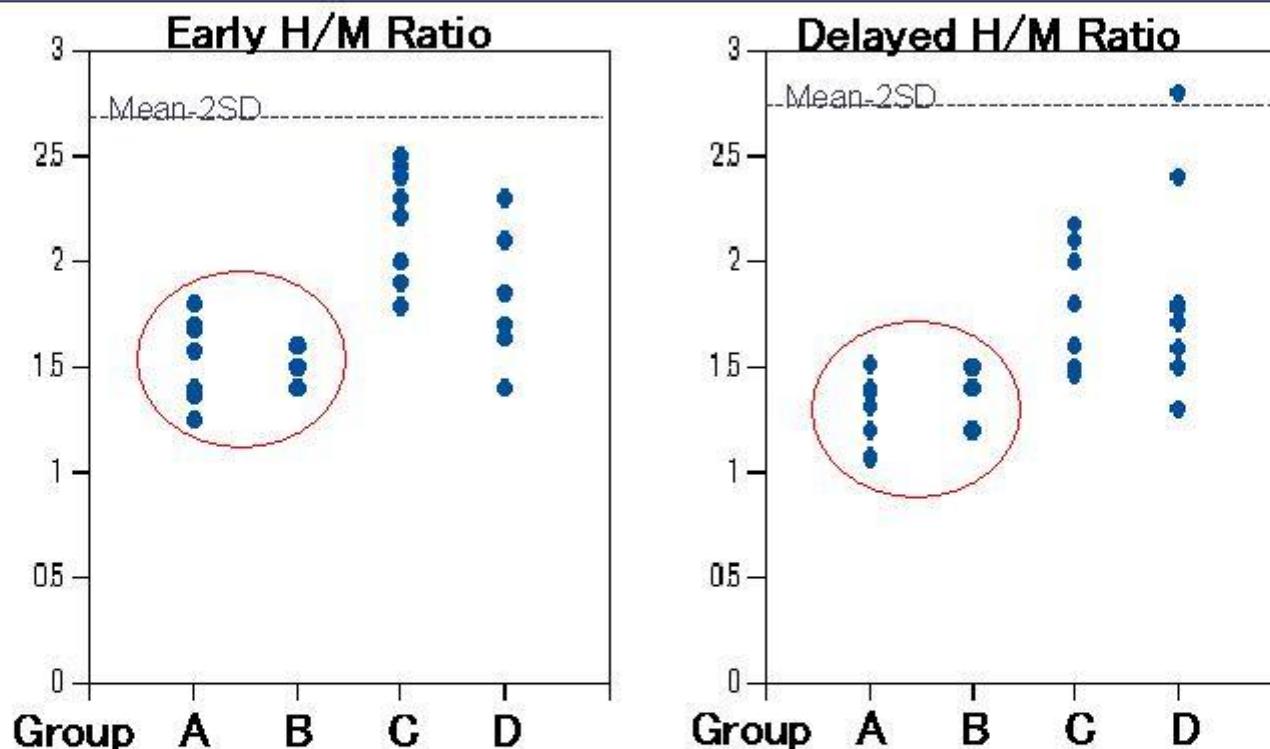
68才 男性



H/M=1.85



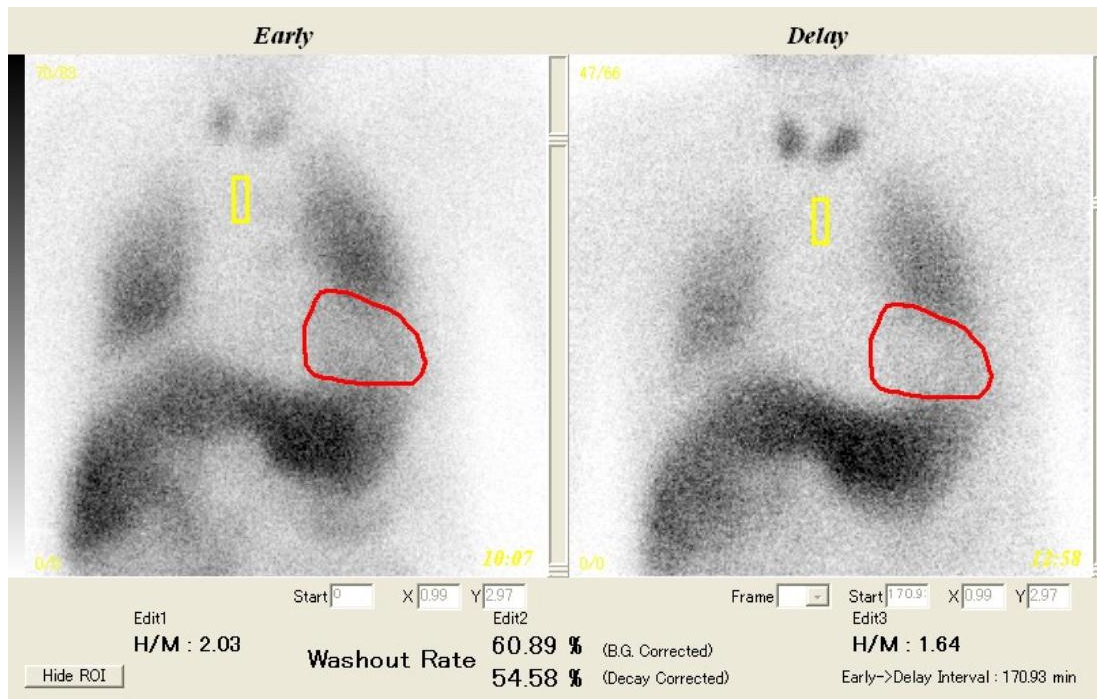
H/M=1.58



Group A : パーキンソン病 (n=9)
 Group B : 瀰漫性レビー小体病 (n=3)
 Group C : パーキンソン症候群 (n=9)
 Group D : 脳血管障害性パーキンソン症候群 (n=8)

(国立循環器病研究センター)

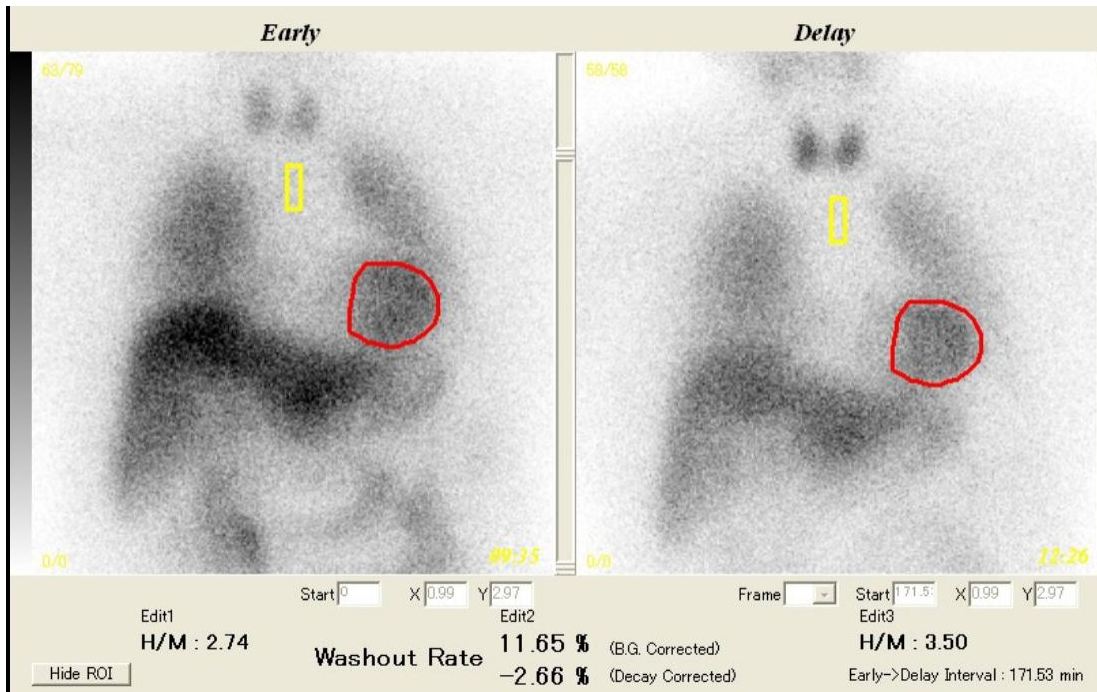
- Clinical Lewy小体病 (Parkinson病、Lewy小体型痴呆、純粹自律神経不全症) では心臓MIBG集積の高度な低下があり、疾患鑑別に有効である。
- 多系統萎縮症とパーキンソン病の鑑別におけるspecificityは94.6%と報告されている。
 (Braune S. Clin Auton Res 2001;11:351-355)



**心臓交感神経機能
障害あり**



**Lewy小体型認知症が
強く疑われる**

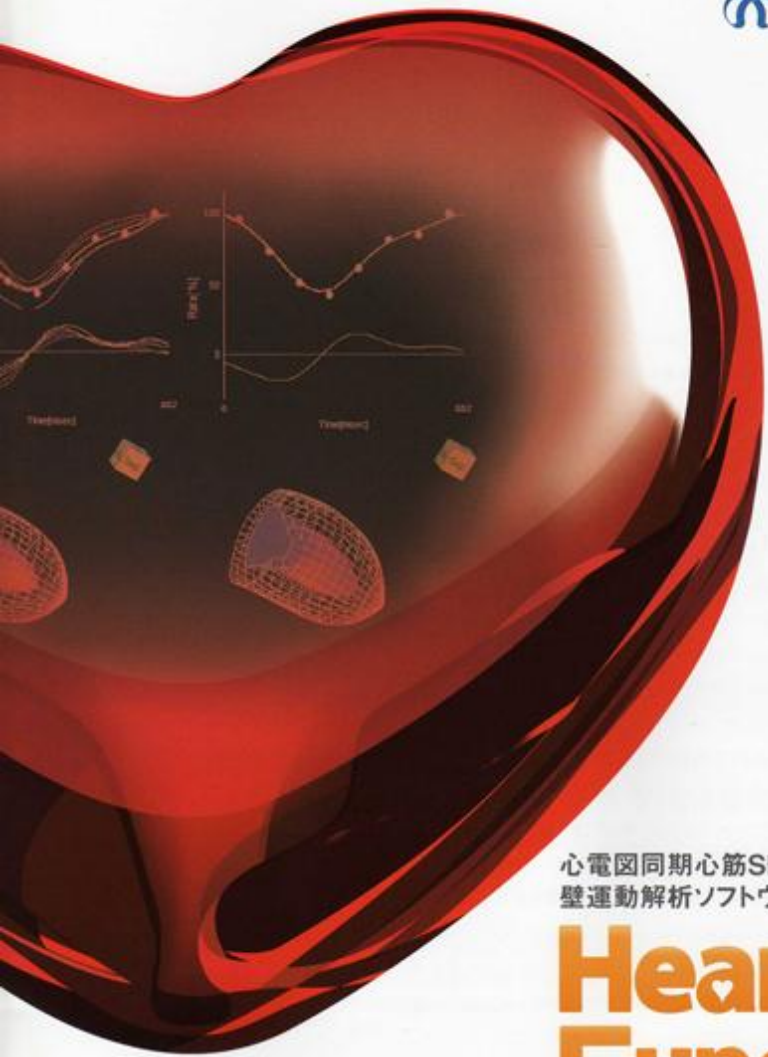


**心臓交感神経機能
障害なし**



**Lewy小体型認知症
らしくない...**

***^{99m}Tc 心筋SPECTによる
左室同期不全の評価***



心電図同期心筋SPECT
壁運動解析ソフトウェア

Heart Function View

Version 1.0
Handbook

心電図同期SPECT
再構成データを
DICOM出力



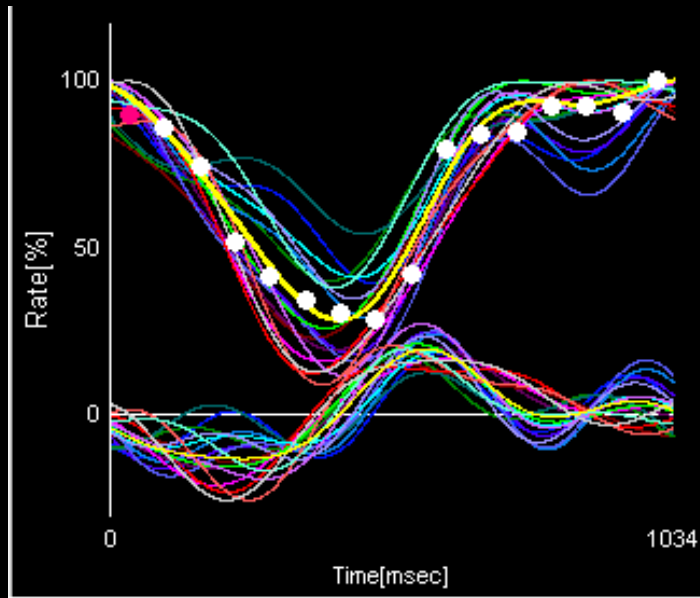
Windows PCへ



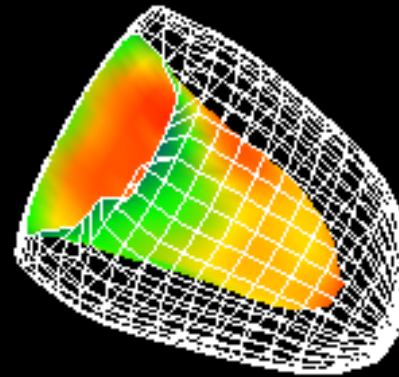
Heart Function View

5分足らずで
解析可能！

Heart Function View (HFV)



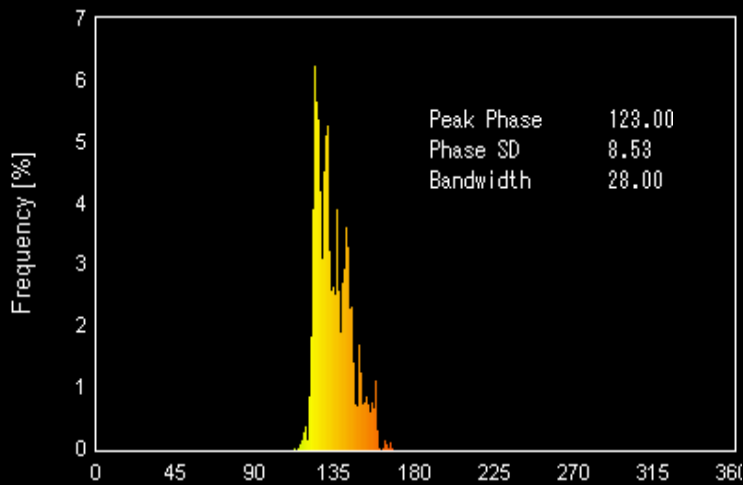
左室容量曲線と微分曲線



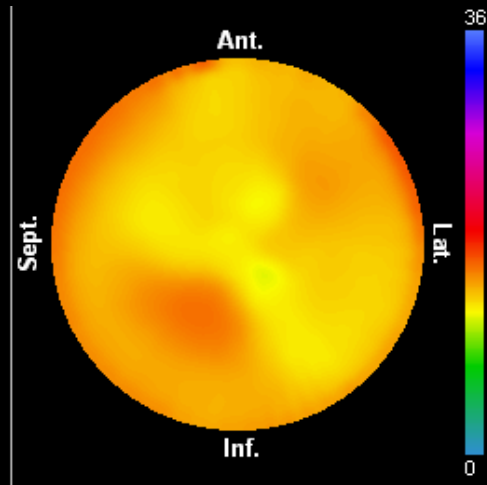
左室壁運動三次元表示

Vol. (8) [mL]	13.2	Early
EDV [mL]	45.4	
ESV [mL]	12.7	
SV [mL]	32.7	
EF [%]	72.1	
CO [mL/min]	1896.1	

1/3EF [%]	22.9
1/3FF [%]	63.1
TES [msec]	417.7
TPE [msec]	241.2
1/3ER [EDV/sec]	2.0
PER [EDV/sec]	2.2
TPF [msec]	158.4
TPF [msec/(R-R)]	0.15
1/3FR [EDV/sec]	2.9
PFR [EDV/sec]	3.2
R-R [msec]	1034.5
HR [bpm]	58
EDtoES [msec]	418.3
SD	3.38
MDSV	10.88



ヒストグラム



Phase Map

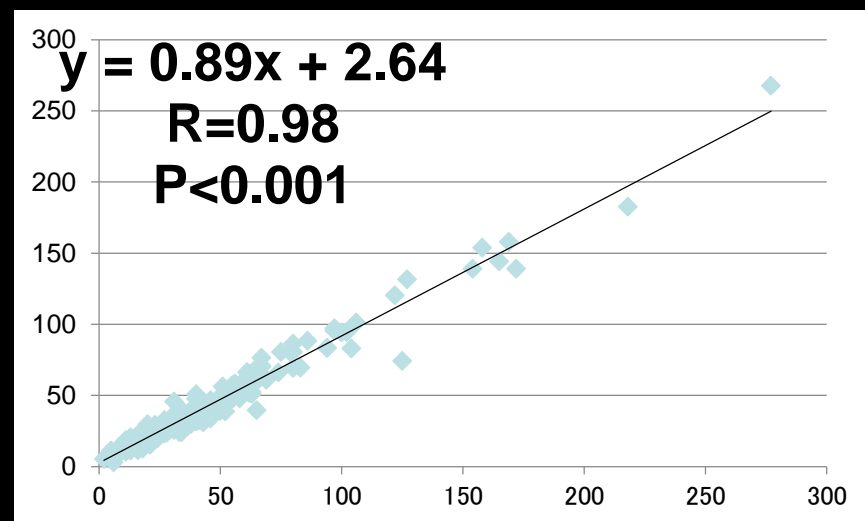
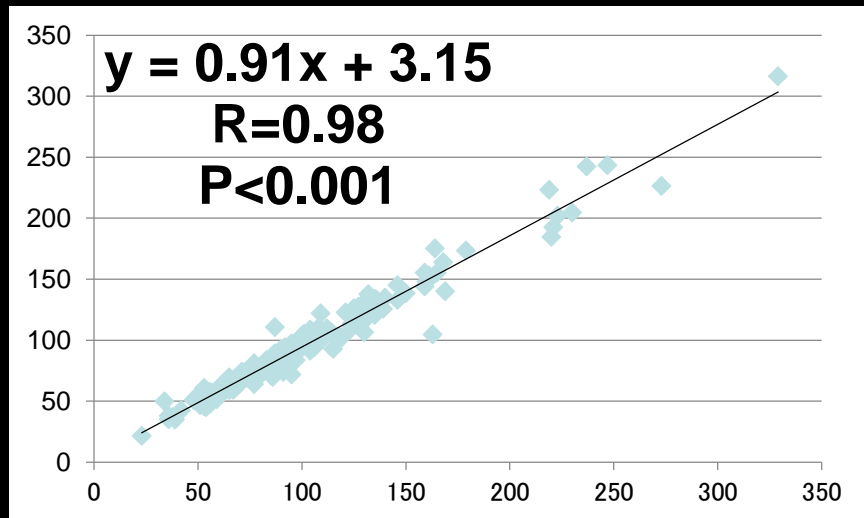
心機能指標

【QGS vs HFV】

n=203

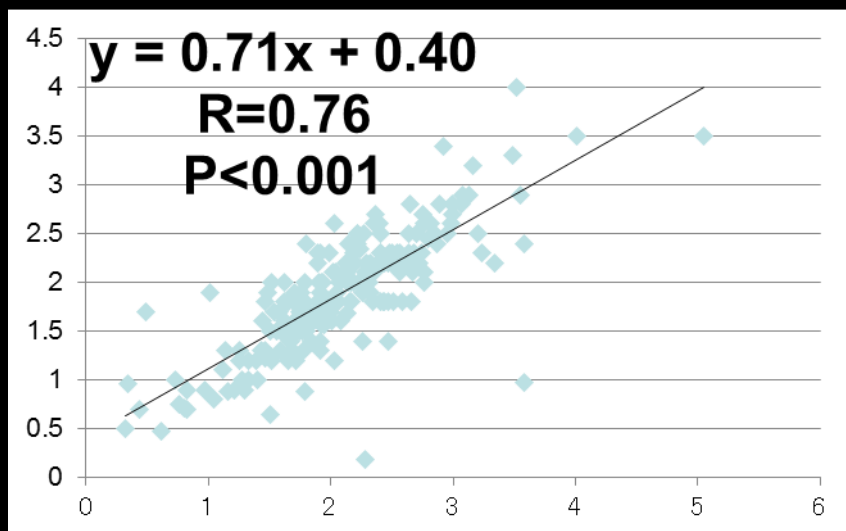
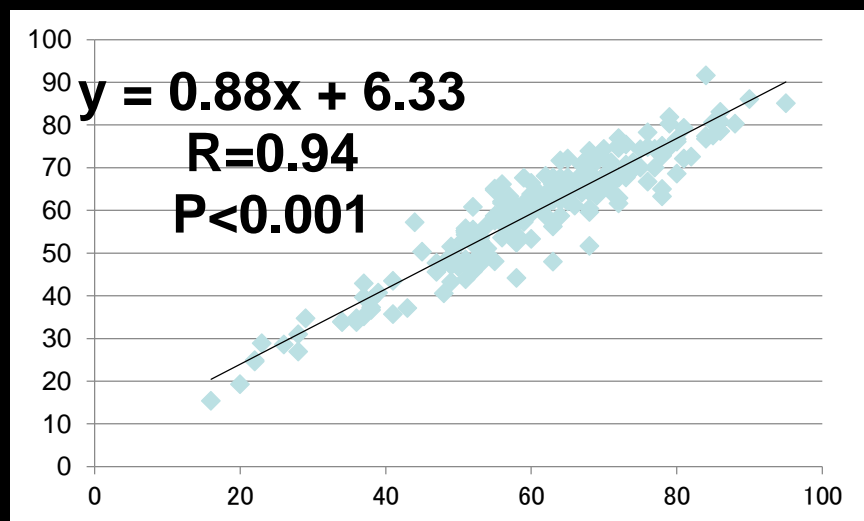
EDV

ESV



EF

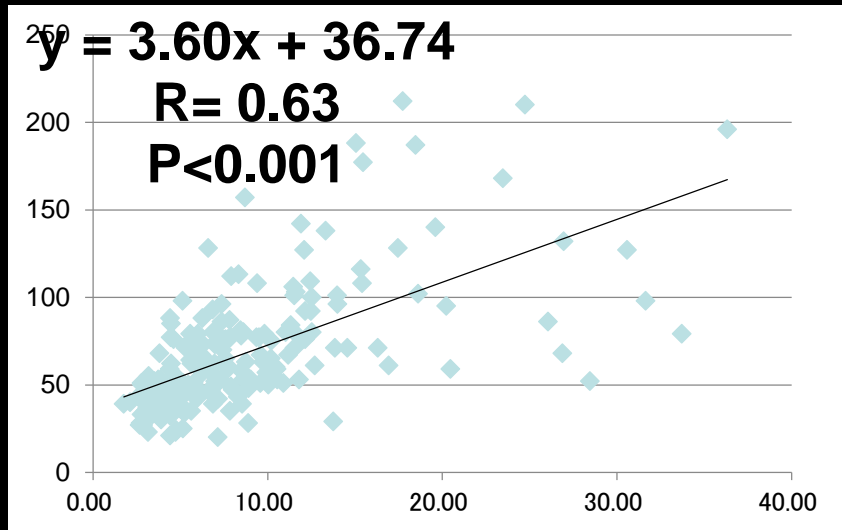
PFR



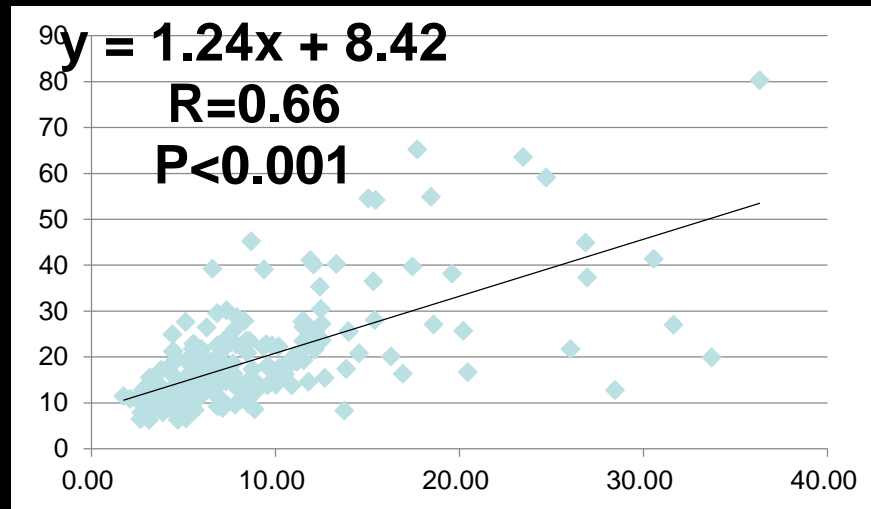
【QGS vs HFV】

Bandwidth vs %CV

n=203



Phase SD vs %CV



左室同期不全の評価は エコーじゃないの？

確かに時間分解能では圧倒的に不利。

反面、左室全体の同時評価や
高い再現性では心筋SPECTが優位。

やってみたら、極めて有用！

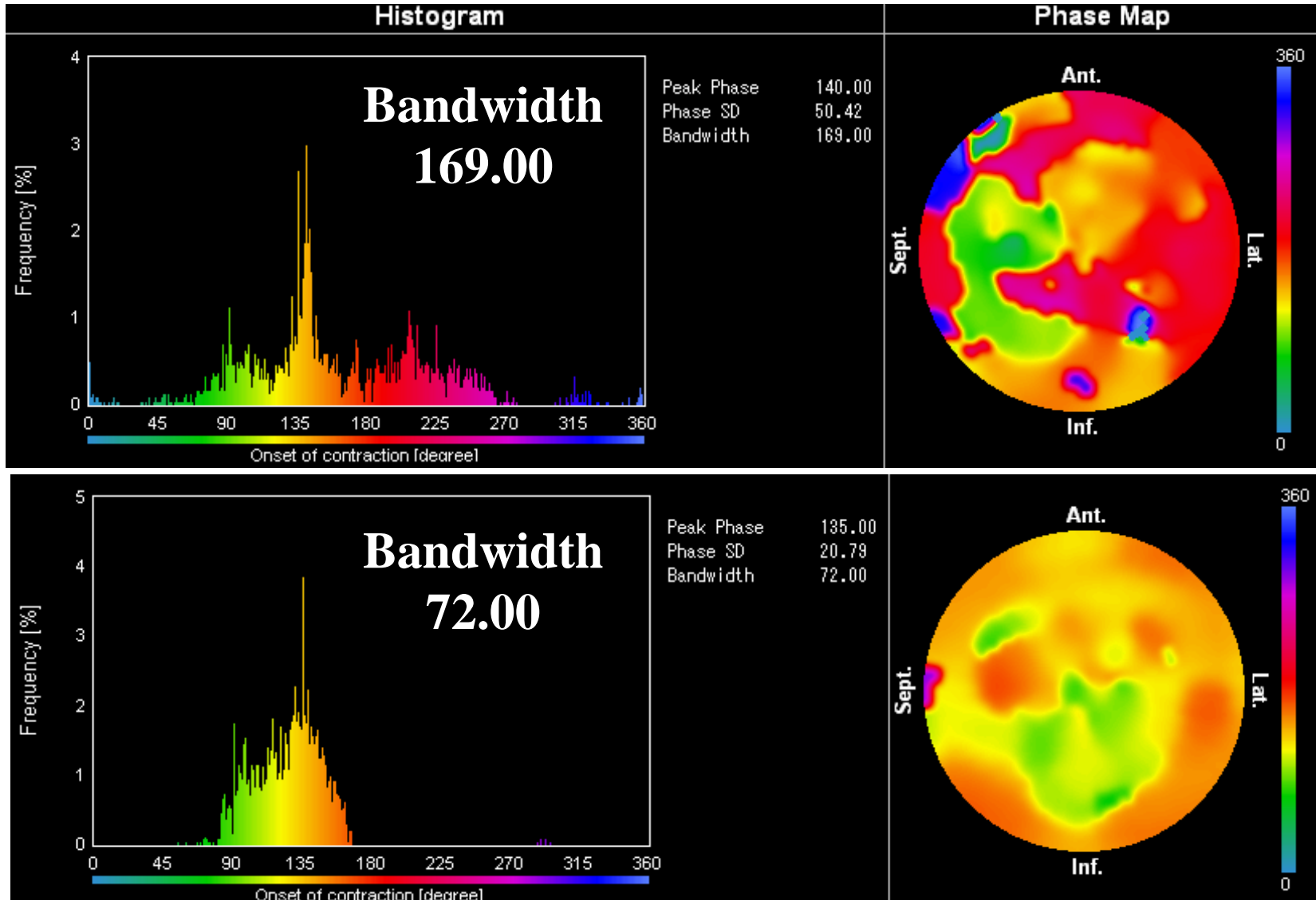
うれしい誤算・・・

左室同期不全の評価をどう活かす？

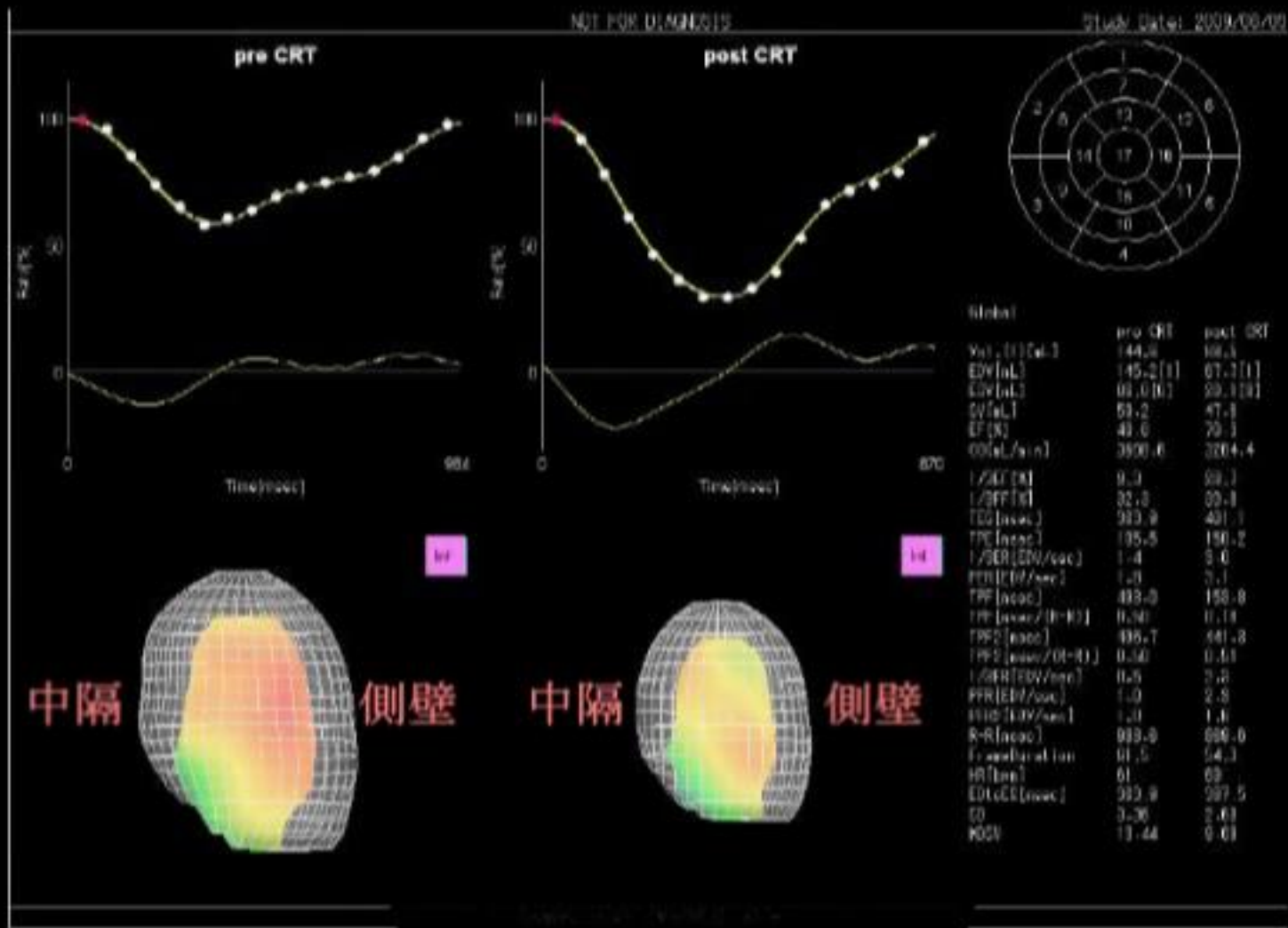
- 心臓再同期療法への適応決定と効果判定
- 左室肥大例における左室同期不全
- 狭心症例における一過性左室同期不全

心臓再同期療法の適応決定と効果判定

心電図上は同じような完全左脚ブロックでも…



左室同期不全の程度は様々



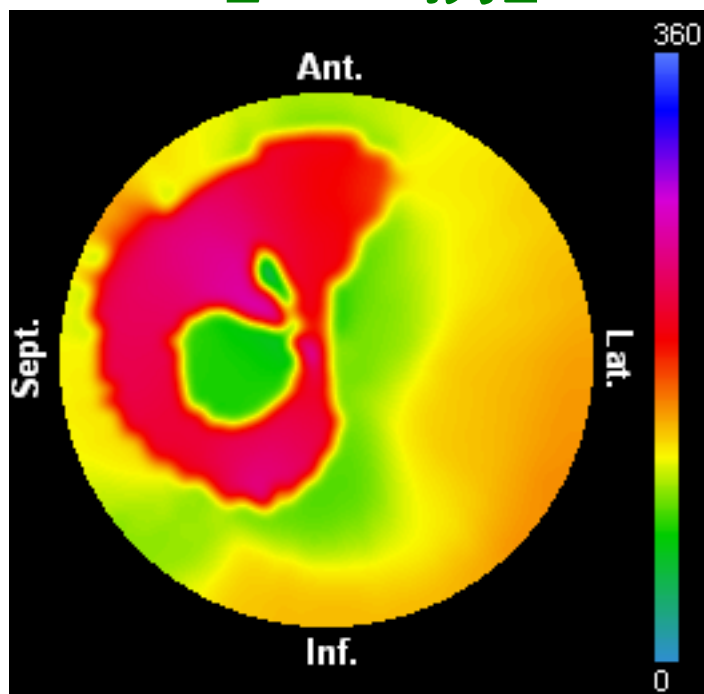
【CRT前】

EDV:131.9ml EDV:49.6ml
EF:37.6% PFR:0.6 EDV/sec

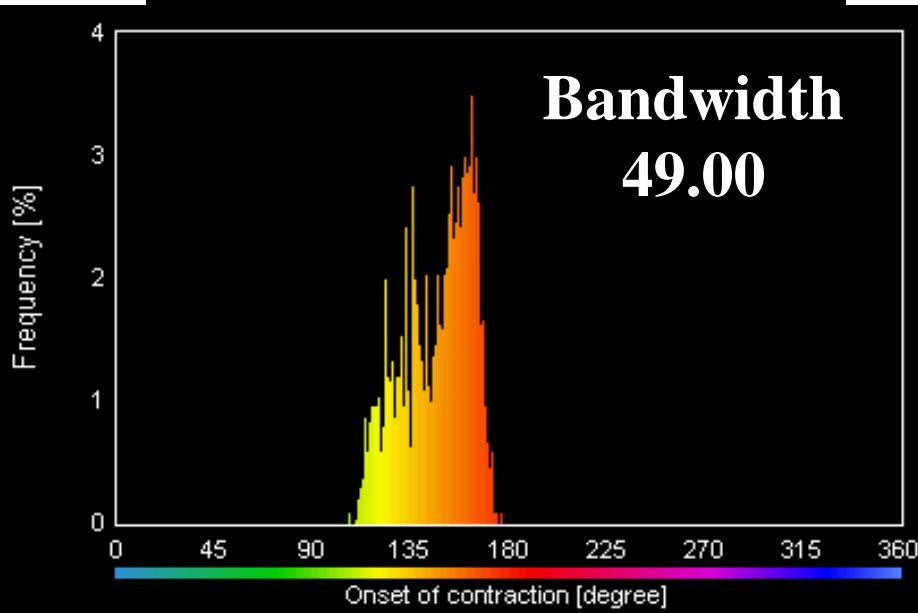
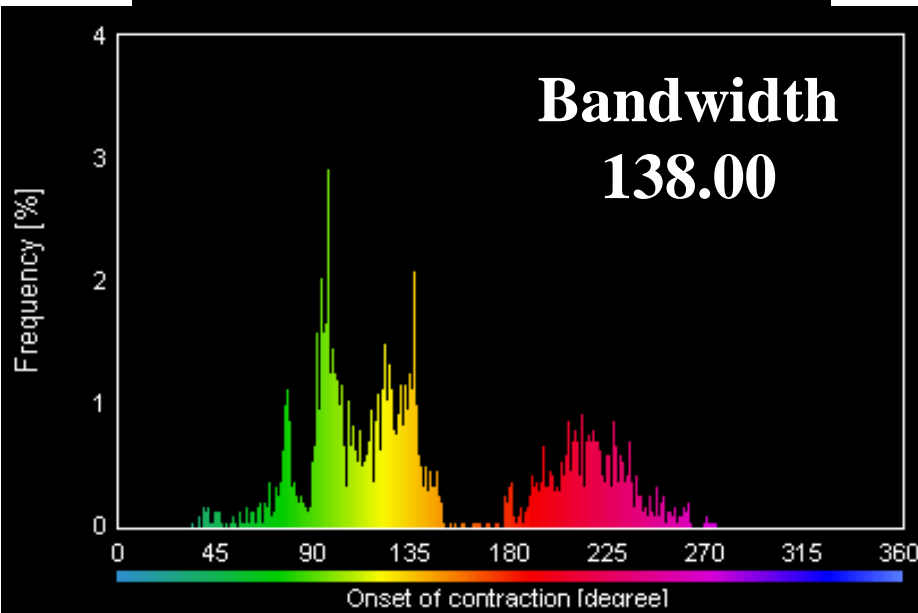
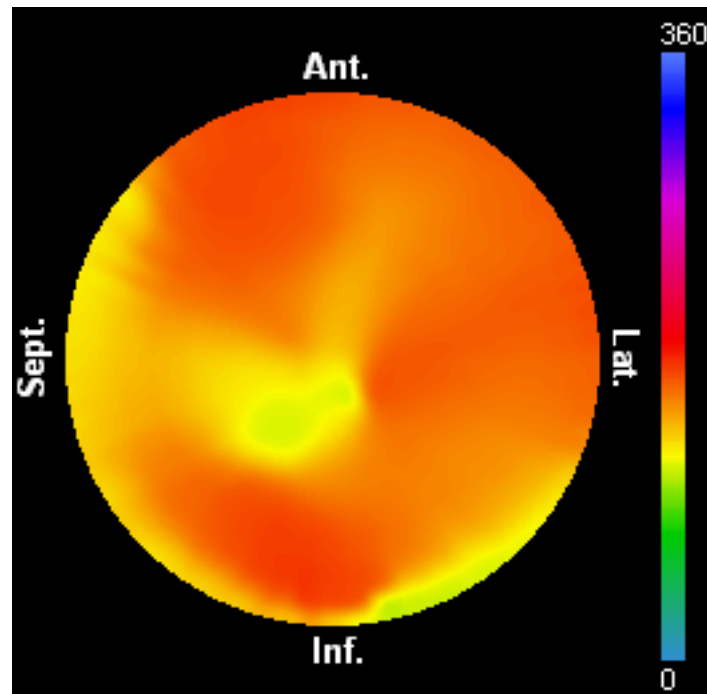
【CRT後】

EDV:70.7ml EDV:25.2ml
EF:64.3% PFR:1.9 EDV/sec

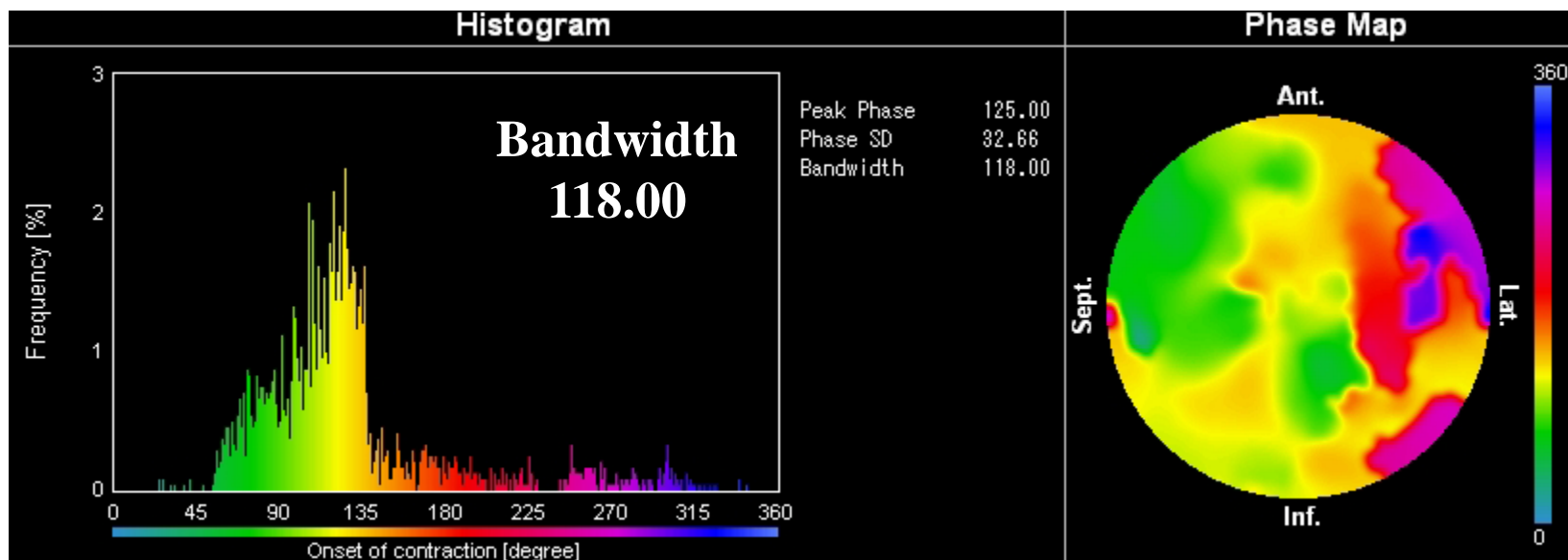
【CRT前】



【CRT後】



【拡張相肥大大型心筋症：CRT non-responder】



垂直長軸像 水平長軸像

心基部

短軸像
中間部

心尖部



心臓再同期療法の適応決定と効果判定

- 左室同期不全が存在することが大前提。
- さらに不可逆的な心筋障害の程度・範囲・分布も考慮した上で適応を決定すべき。



心電図同期心筋SPECTではその両者の評価が可能であり、術前検査としては不可欠。

- また心電図同期心筋SPECTでは左室容積、収縮能、拡張能、同期不全の評価が可能であり、治療効果の判定にも有用。

左室肥大例における左室同期不全

心電図上narrow QRSの左室肥大例において、心電図同期SPECTを用いた左室同期不全評価の意義について検討した。

【方法 I】

対象

心電図上 narrow QRS で壁運動障害を認めない洞調律の左室肥大65例。

(肥大型心筋症20例、高血圧性心疾患45例)

男性30例、女性35例、年齢70±11歳

(虚血性心疾患、弁膜症合併例は除外した)

心不全の既往の有無で2群に分けた。

(既往あり:20例、既往なし:45例)

【方法Ⅱ】

心電図同期SPECT

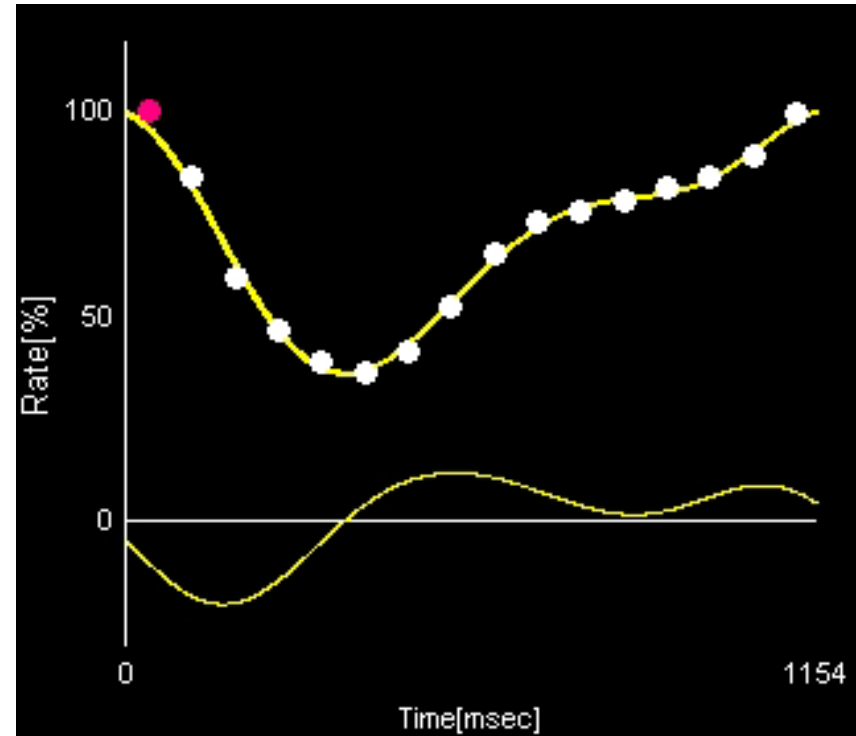
安静時に ^{99m}Tc -tetrofosmin 15MBq/kgを静注し、60分後に心電図同期下にR-R16分割でSPECT撮像を行なった。Heart Function Viewを用いて左室駆出率(EF)、peak filling rate(PFR)を算出した。さらに左室を20分割し、左室同期不全の指標とした。またHistogramのBandwidthを算出し、同様に左室同期不全の指標とした。

60歳代女性
高血圧性心疾患
心不全既往なし

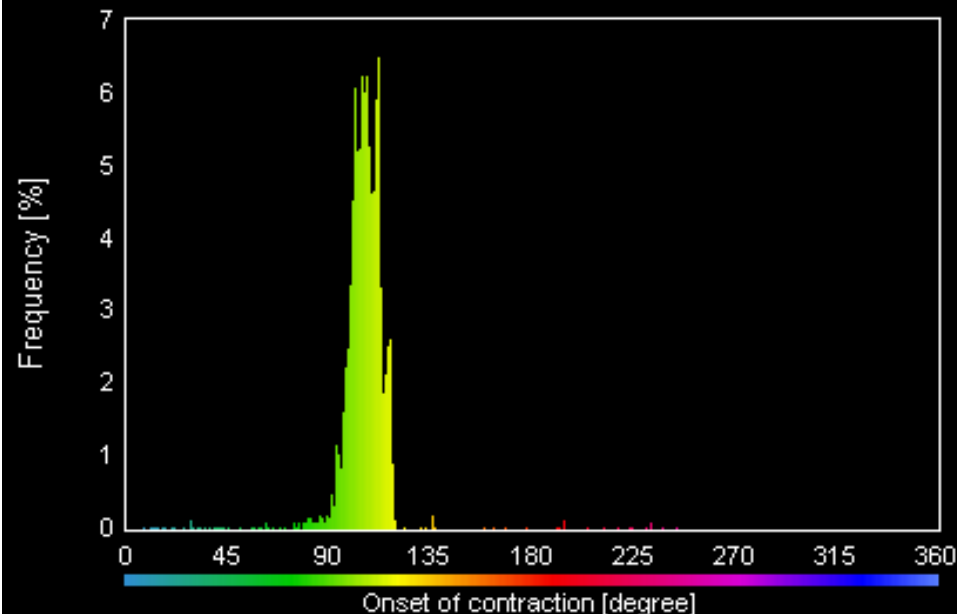
EF:64.8% PFR:1.5

Bandwidth:23.0

Phase SD:6.4

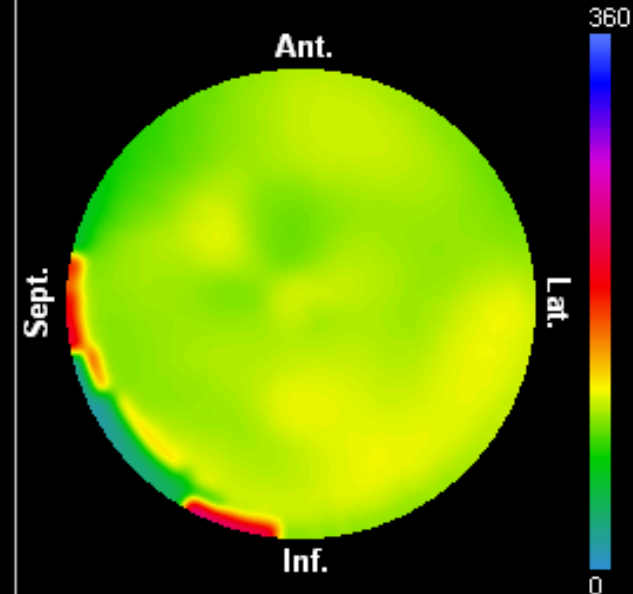


Histogram



Peak Phase 111.00
SD 6.40
Bandwidth 23.00

Phase Map

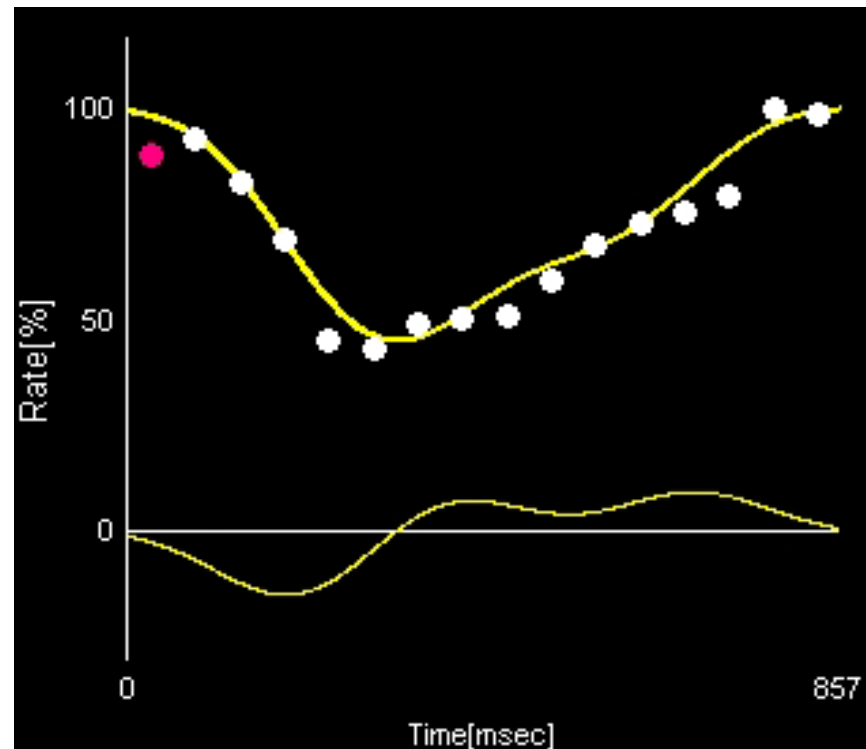


60歳代男性
肥大型心筋症
心不全既往あり

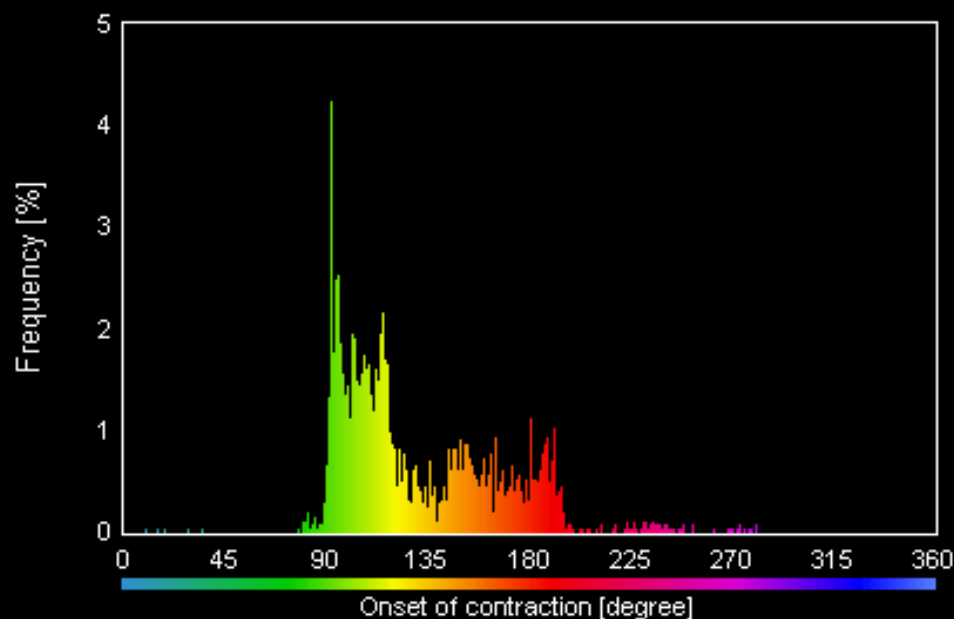
EF:58.0% PFR:1.2

Bandwidth:95.0

Phase SD:32.2

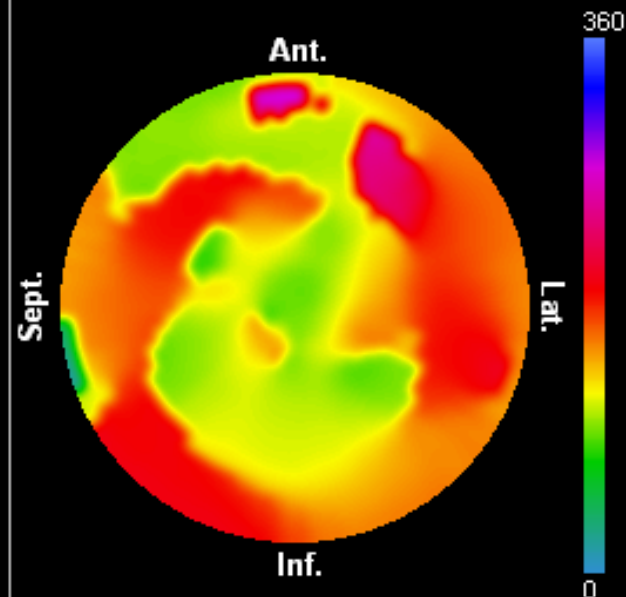


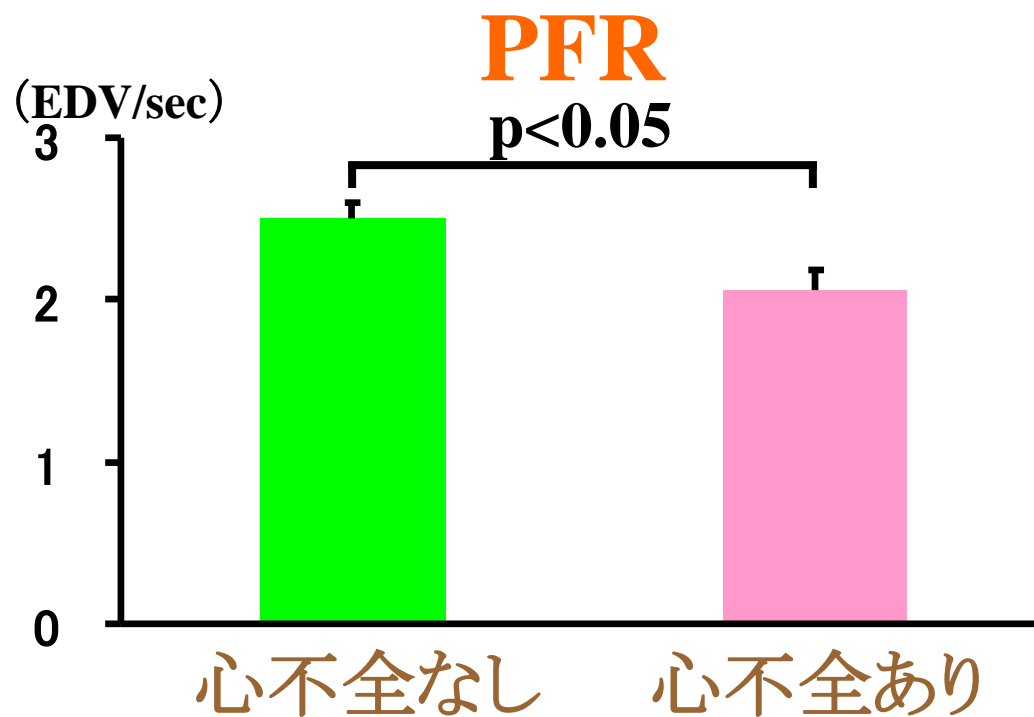
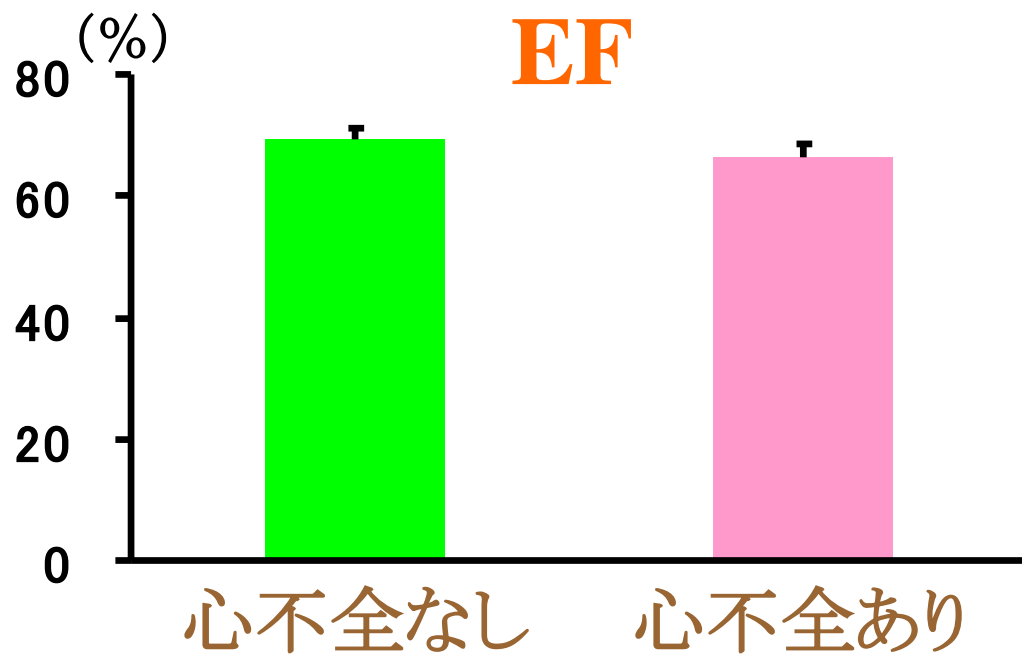
Histogram

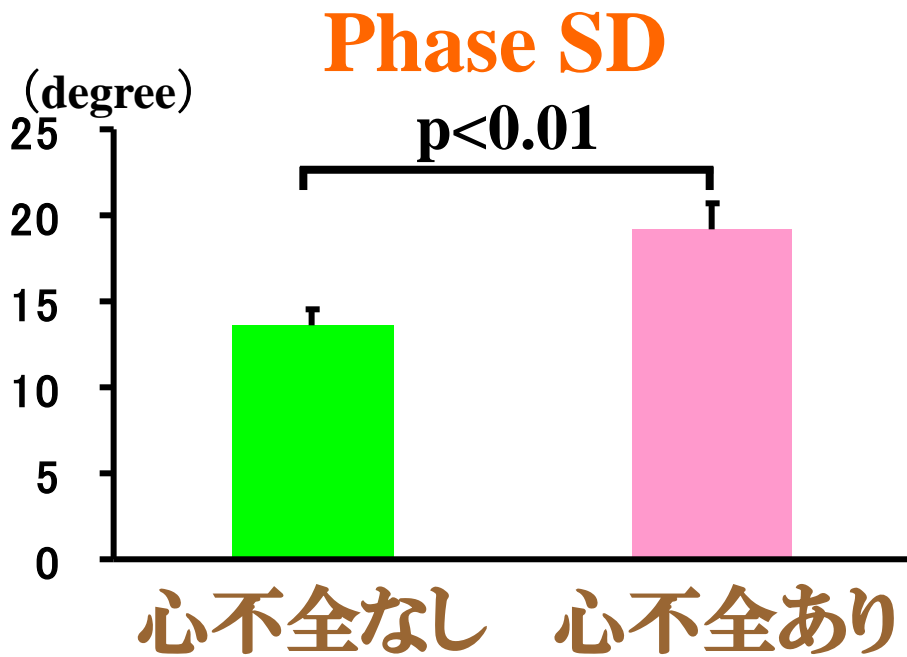
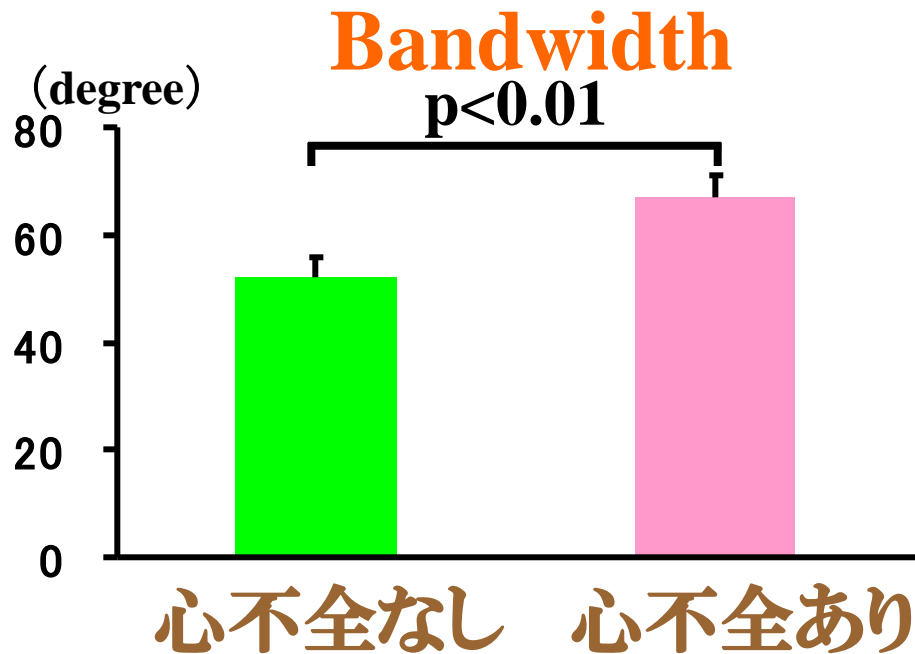


Peak Phase	91.00
Phase SD	32.16
Bandwidth	95.00

Phase Map







【左室肥大例における左室同期不全】

壁運動障害や心室内伝導障害のない左室肥大例においても、左室拡張障害や左室同期不全は存在し、心不全の発症に関与している可能性が示唆された。

多枝病変における心筋血流SPECT

集積異常だけでは判定困難なことも多い。
(balanced ischemia)

$^{201}\text{TlCl}$ ならば洗い出し率で検出可能。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 製剤ならば心機能解析で検出したい。

一過性の左室内腔拡大

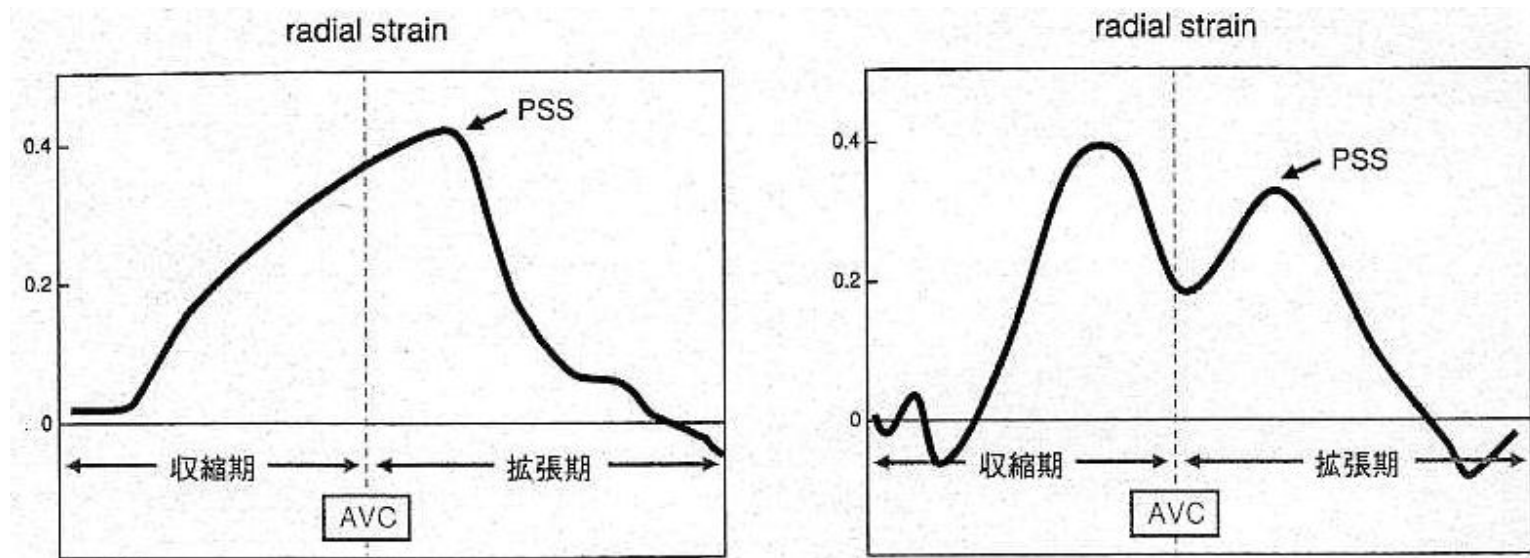
左室駆出率の低下

左室拡張不全の出現or悪化

左室同期不全の出現or悪化

心筋虚血と左室同期不全

【PSS:post systolic shortening】



虚血心筋はPSSを呈することが知られており、局所的な左室同期不全として検出しうる可能性がある。

【薬剤・運動負荷Tc心筋血流SPECT】

70歳代男性。糖尿病、高血圧にて治療中。

垂直
長軸像

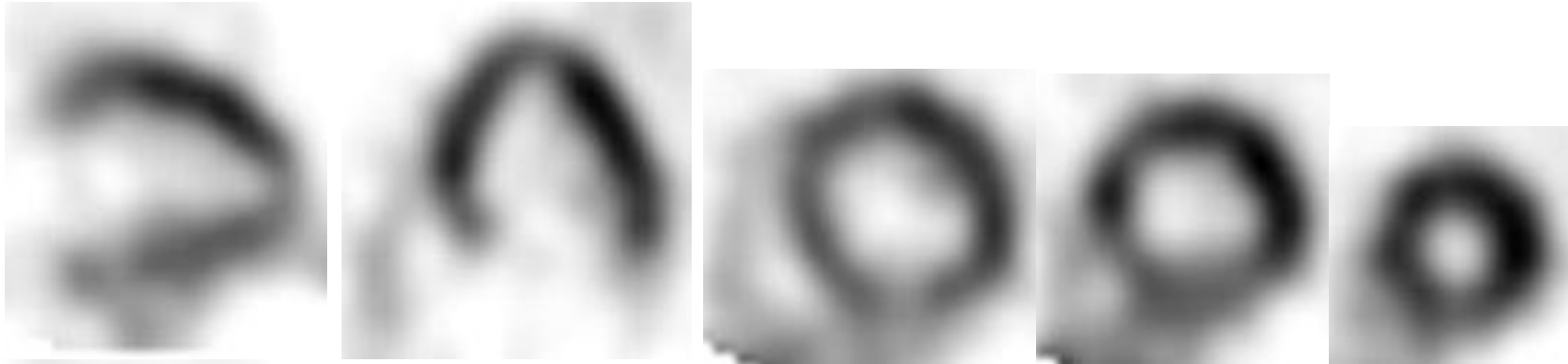
水平
長軸像

心基部

短軸像
中間部

心尖部

負荷像



安静像

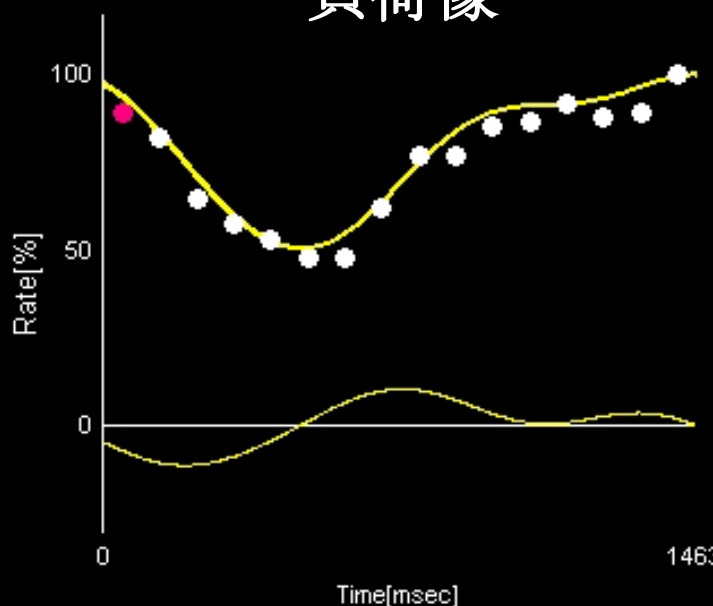
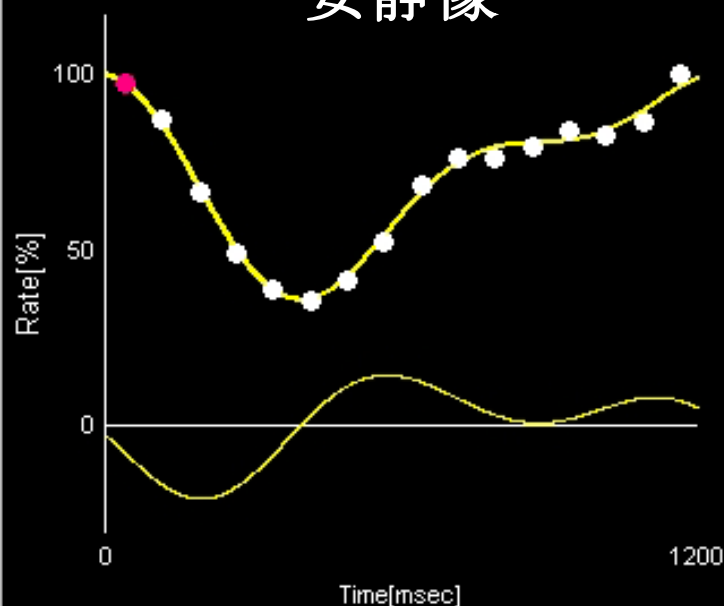
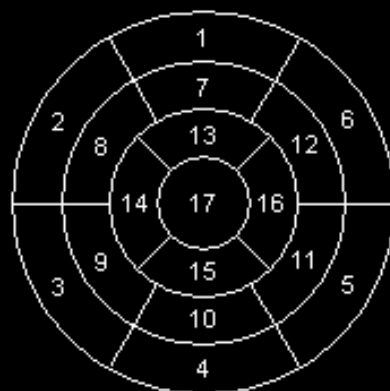


症状はなく、心電図変化も有意な変化なし。

* SPECT上は心基部の下壁に虚血あり？

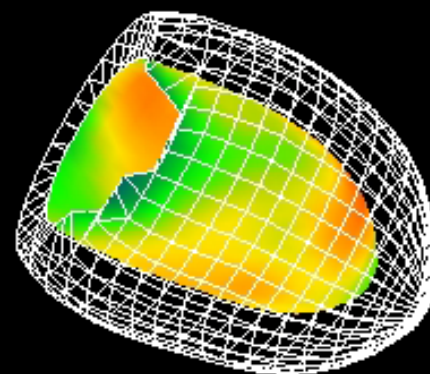
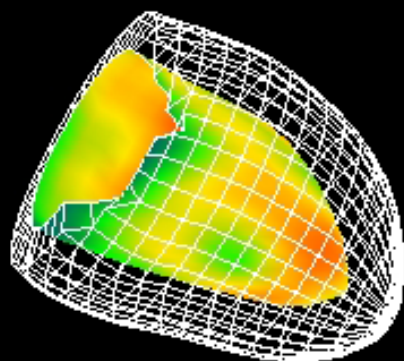
安静像

负荷像



Global

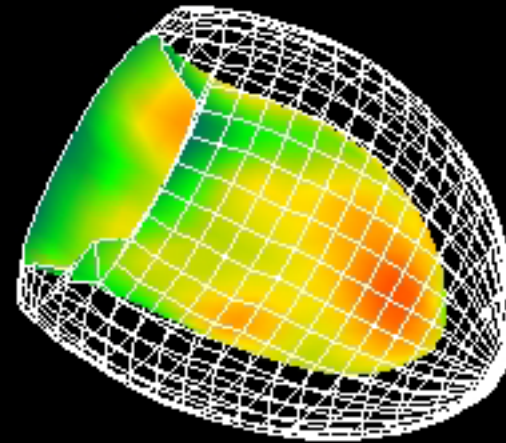
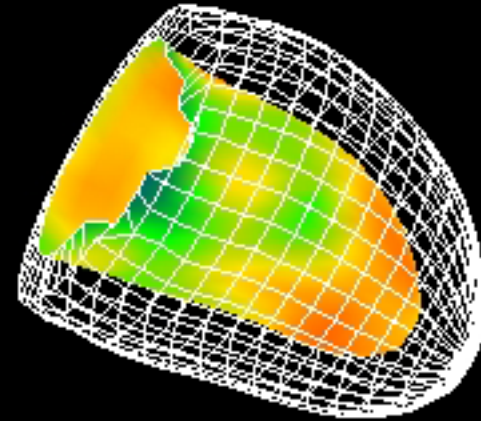
	rest	stress
Vol. (1) [mL]	101.2	120.7
EDV [mL]	103.1	129.4
ESV [mL]	36.9	65.2
SV [mL]	66.8	64.2
EF [%]	64.2	49.6
CO [mL/min]	3313.3	2632.1
1/3EF [%]	18.2	19.7
1/3FF [%]	52.6	56.2
TES [msec]	393.0	485.7
TPE [msec]	190.5	197.6
1/3ER [EDV/sec]	2.3	1.4
PER [EDV/sec]	2.5	1.4
TPF [msec]	174.0	250.6
TPF [msec/(R-R)]	0.14	0.17
1/3FR [EDV/sec]	1.3	1.1
PFR [EDV/sec]	1.7	1.2
R-R [msec]	1200.0	1463.4
HR [bpm]	50	41
EDtoES [msec]	393.0	490.2
SD	6.08	7.01
MDSV	21.06	26.44



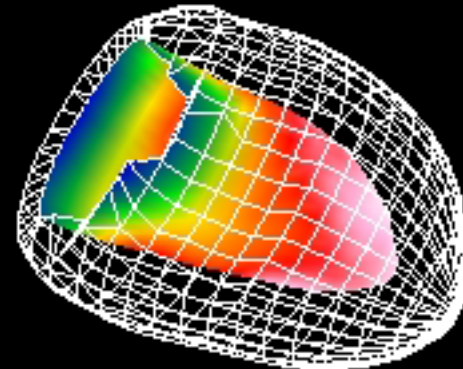
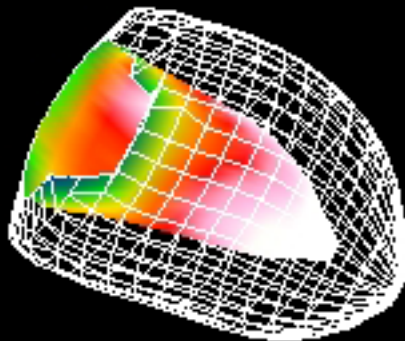
安静時

負荷時

拡張期



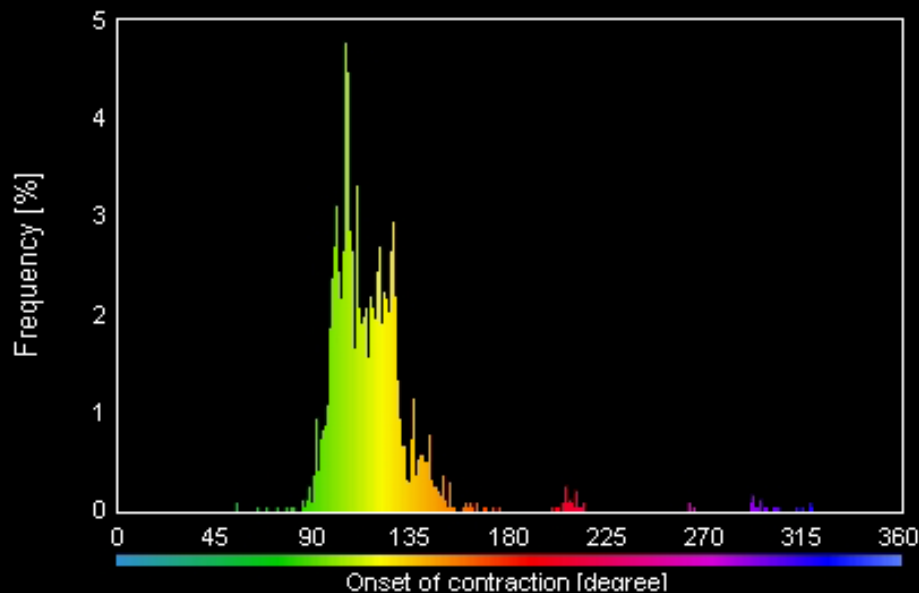
収縮期



EDV: 103→129ml EF: 64.2→49.6%
peak filling rate: 1.7→1.2EDV/sec

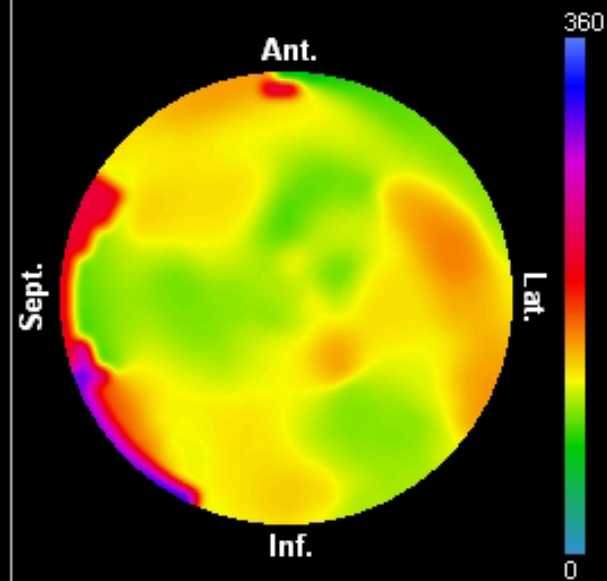
REST

Histogram



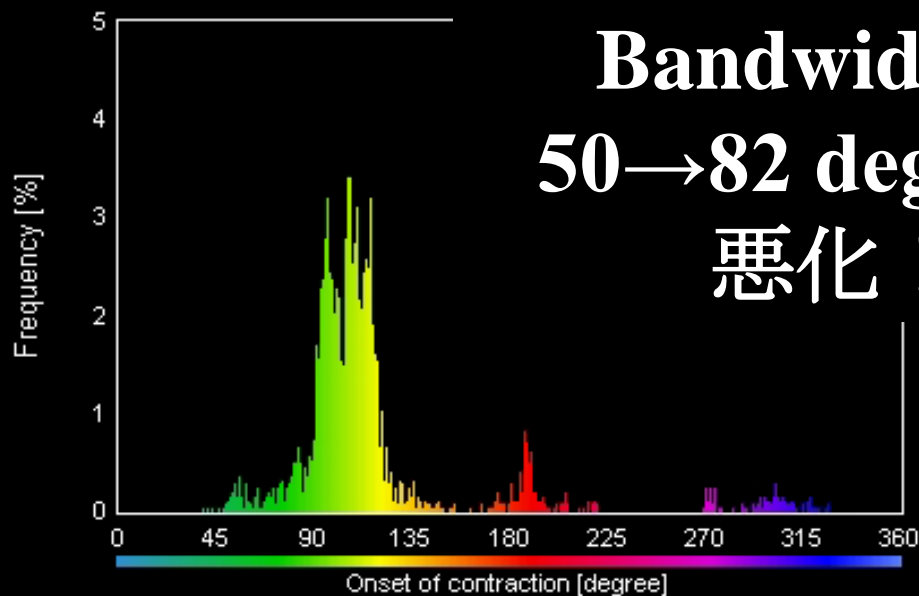
安静像

Phase Map

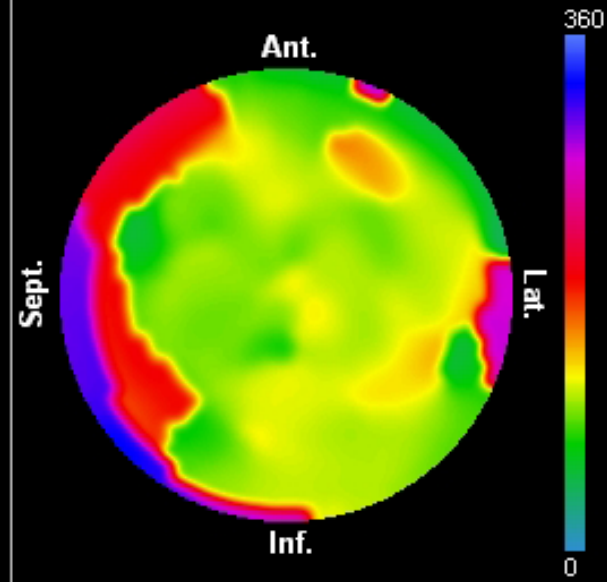


STRESS

**Bandwidthは
50→82 degreeへ
悪化！**



負荷像



【冠動脈造影】



3枝病変！

【薬剤負荷Tc心筋血流SPECT】

70歳代男性。心不全にて入院。

垂直
長軸像

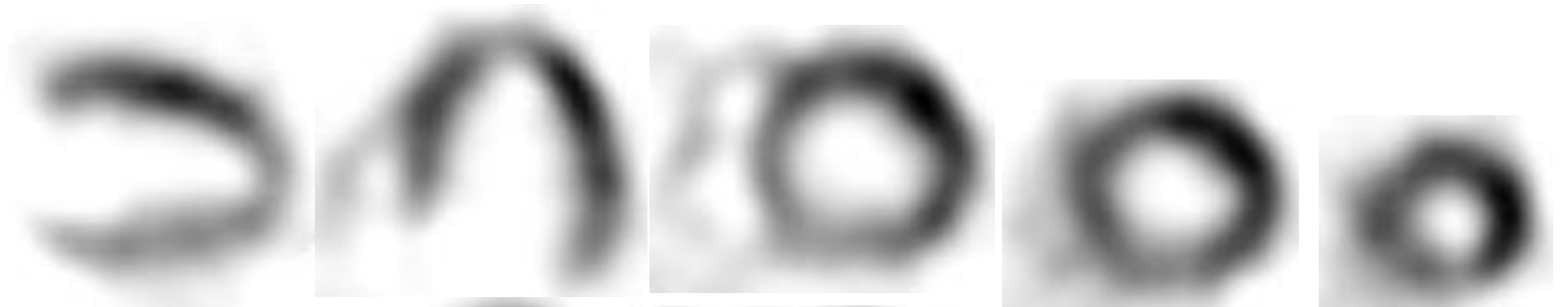
水平
長軸像

心基部

短軸像
中間部

心尖部

負荷像



安静像

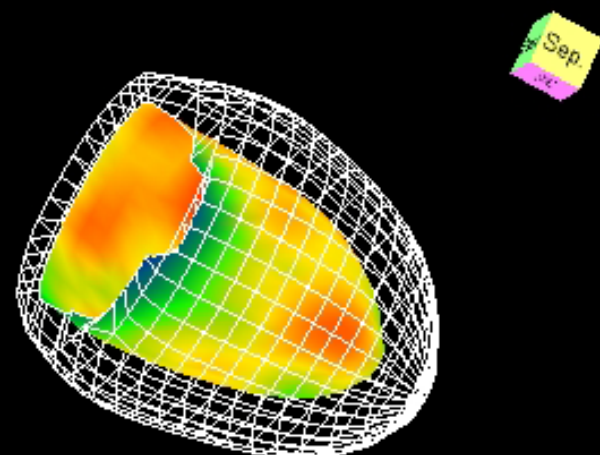
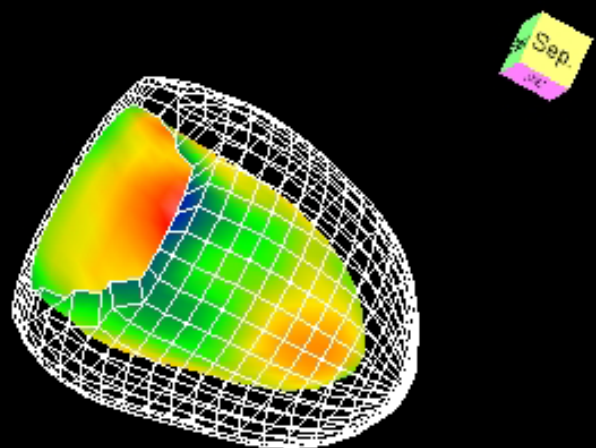
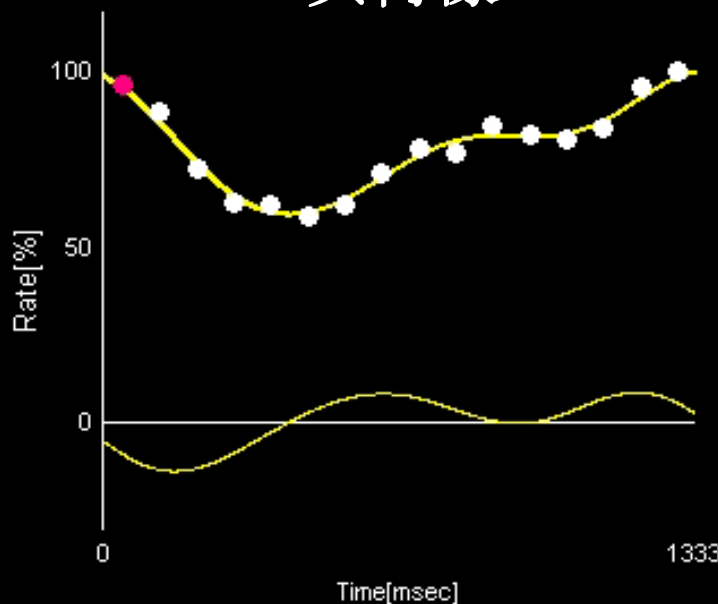
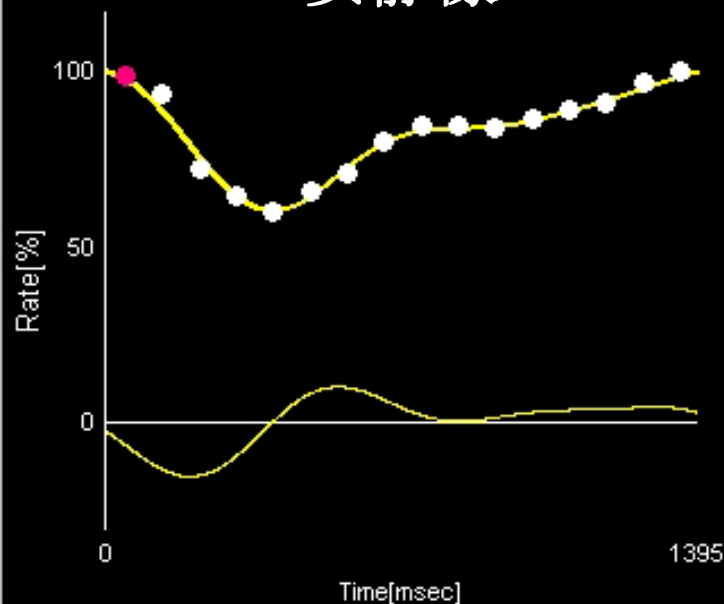
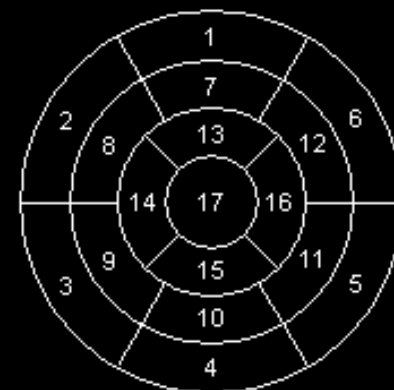


症状はなく、II、III、aVF、V5でST低下あり。

* 下壁と前壁中隔に虚血ありか？

安静像

负荷像

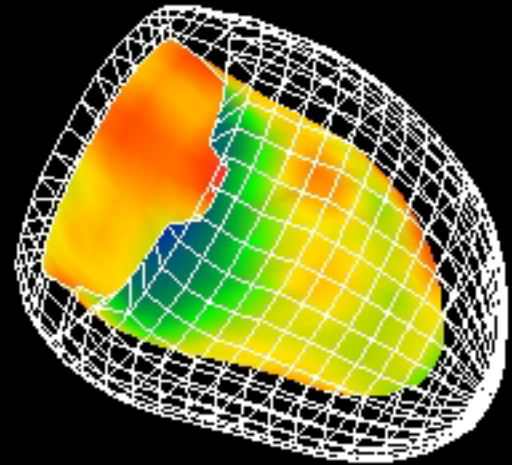
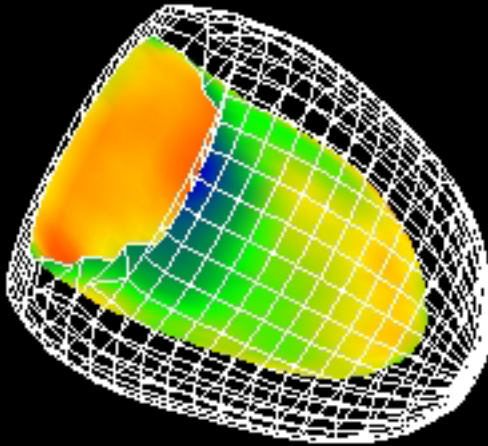


Global		
	rest	stress
Vol. (1) [mL]	136.1	149.2
EDV [mL]	138.8	155.6
ESV [mL]	83.5	92.0
SV [mL]	54.9	63.6
EF [%]	39.7	40.9
CO [mL/min]	2360.1	2863.2
1/3EF [%]	11.1	16.4
1/3FF [%]	56.3	43.3
TES [msec]	389.8	417.5
TPE [msec]	195.3	157.5
1/3ER [EDV/sec]	1.4	1.4
PER [EDV/sec]	1.6	1.4
TPF [msec]	154.4	782.5
TPF [msec/(R-R)]	0.11	0.59
1/3FR [EDV/sec]	0.3	0.6
PFR [EDV/sec]	1.0	0.8
R-R [msec]	1395.3	1333.3
HR [bpm]	43	45
EDtoES [msec]	389.8	418.3
SD	2.76	16.91
MDSV	12.37	75.25

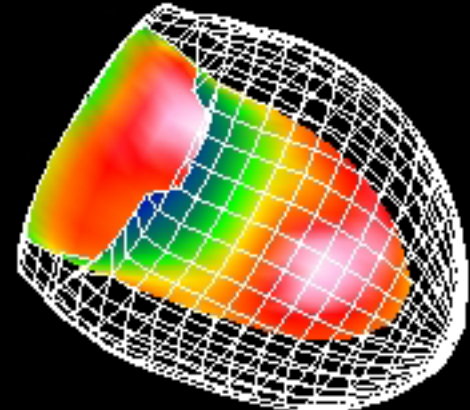
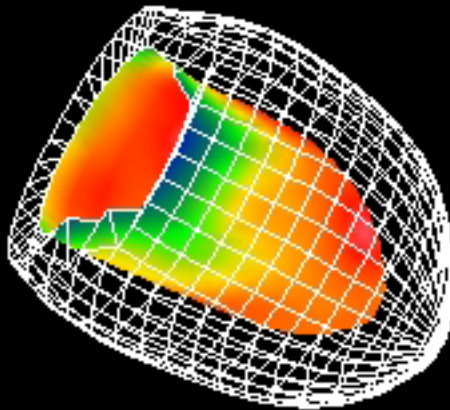
安静時

負荷時

拡張期



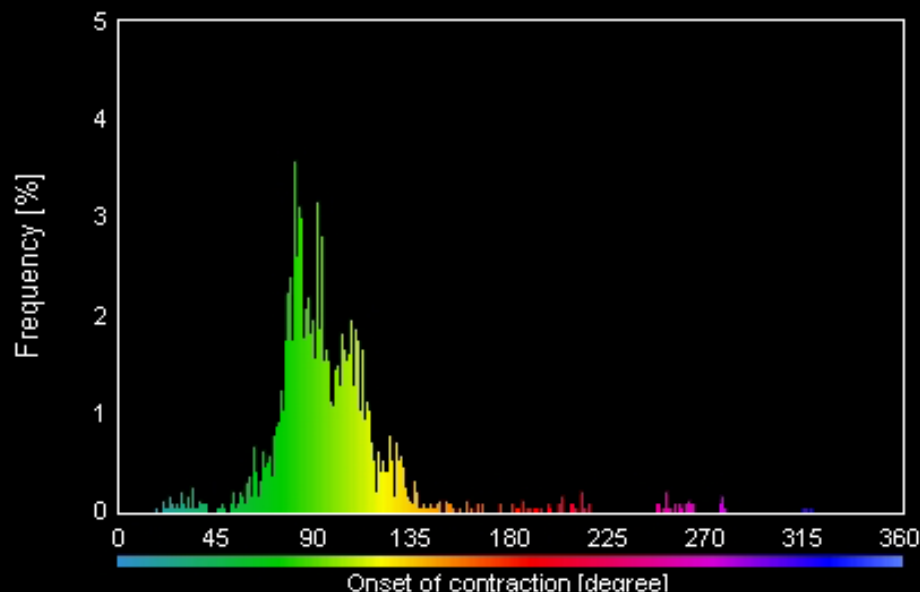
収縮期



EDV: 138→156ml EF: 39.7→40.9%
peak filling rate: 1.0→0.7EDV/sec

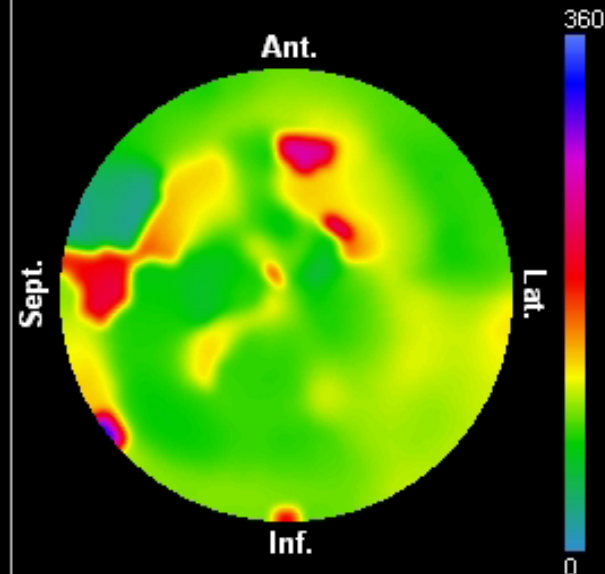
rest

Histogram

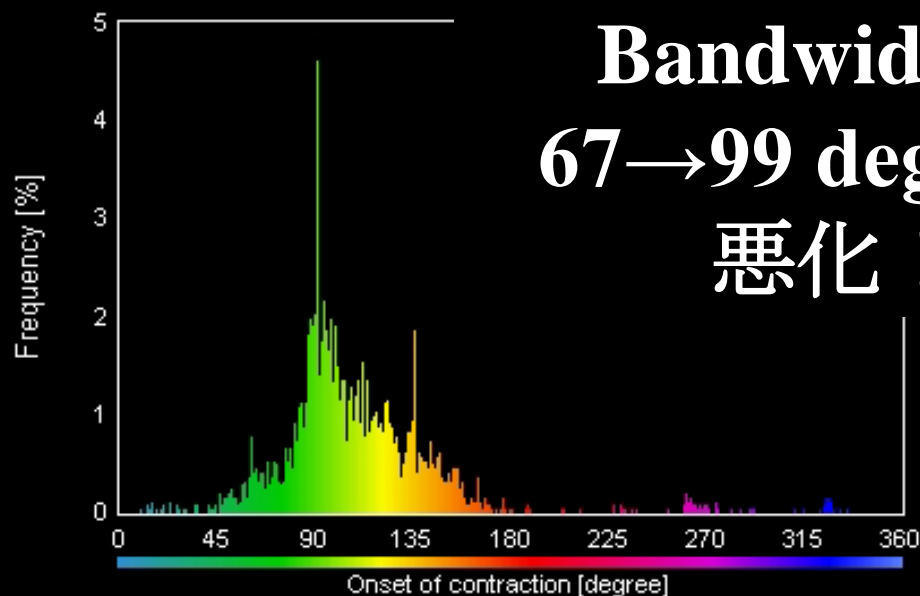


安静像

Phase Map

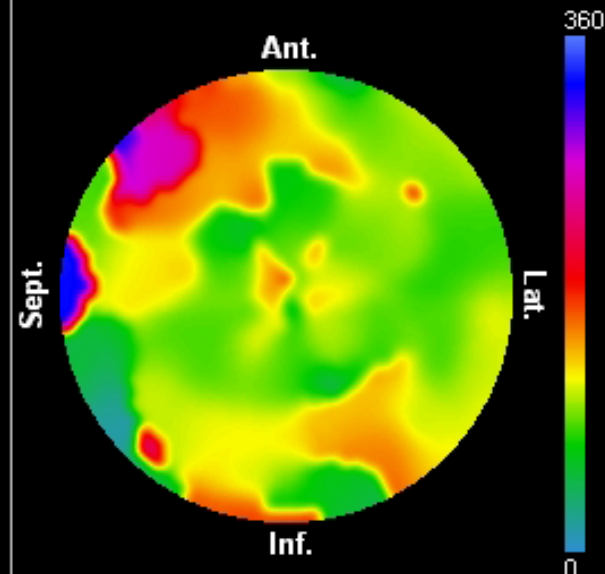


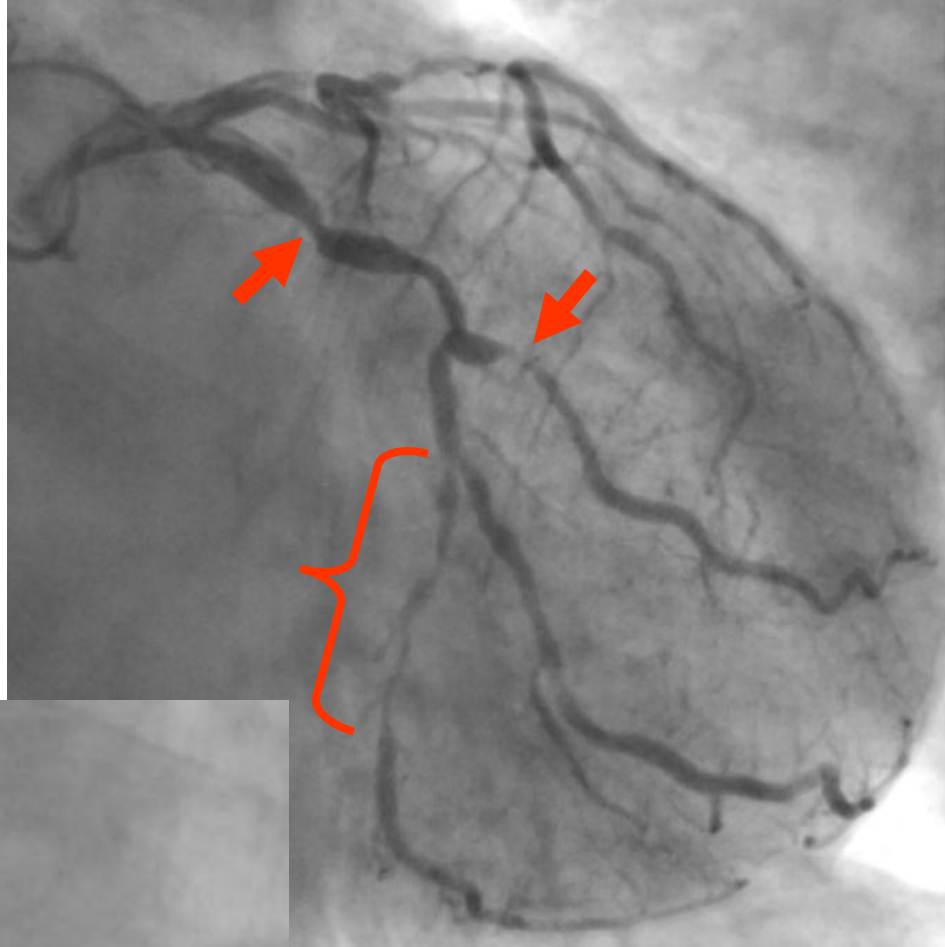
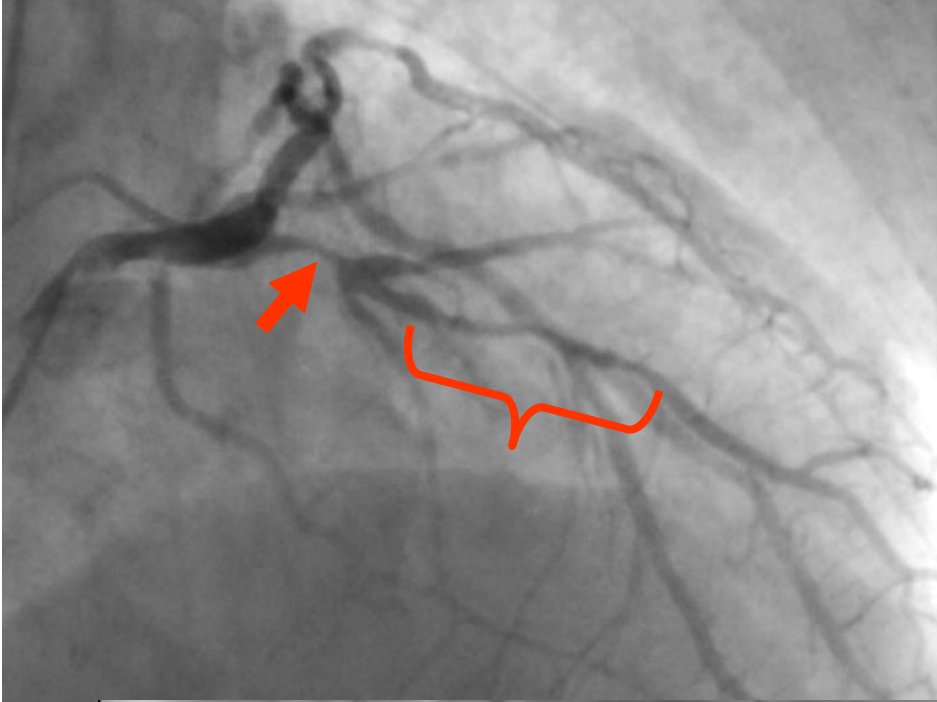
stress



**Bandwidthは
67→99 degreeへ
悪化!**

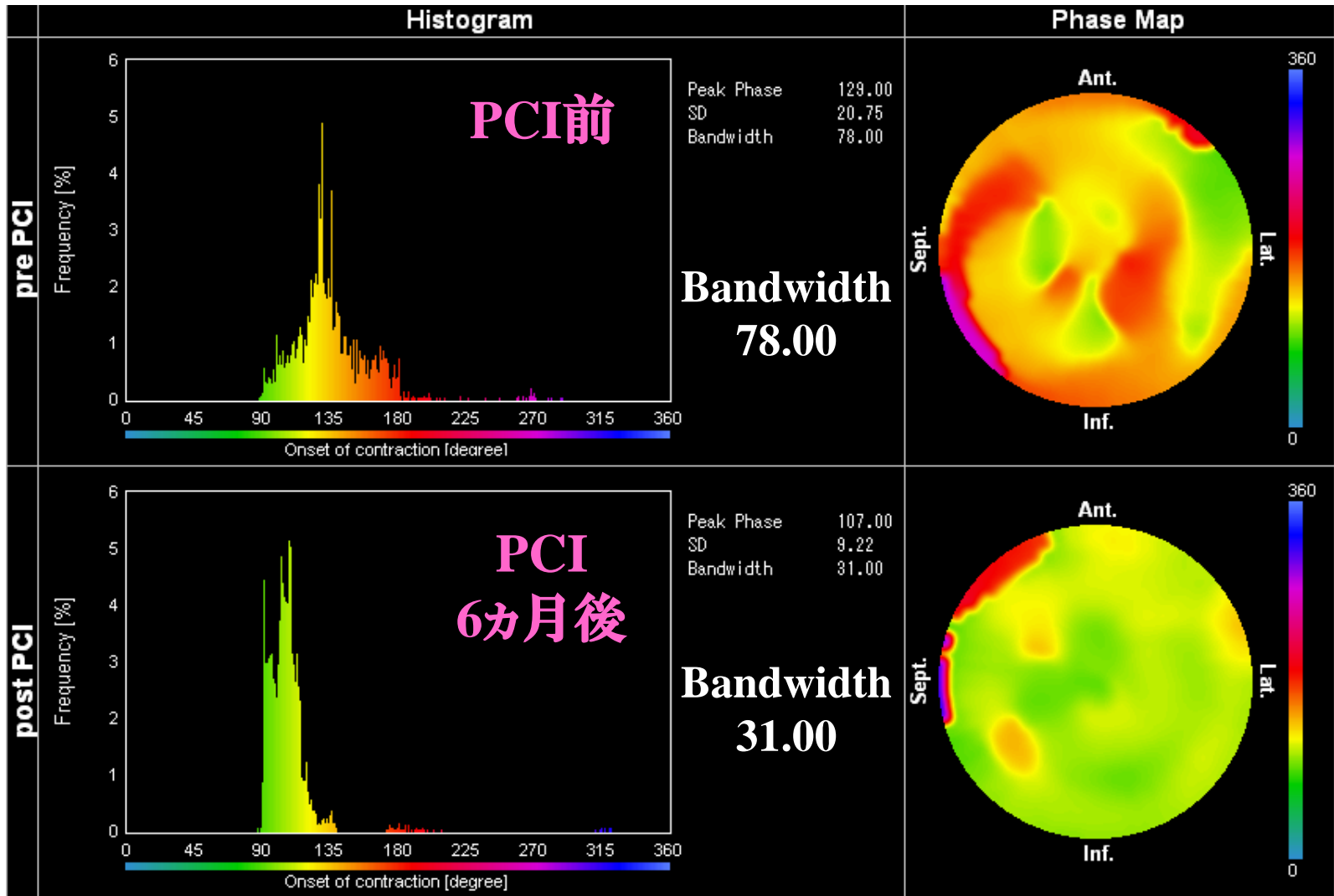
負荷像





3枝病変！

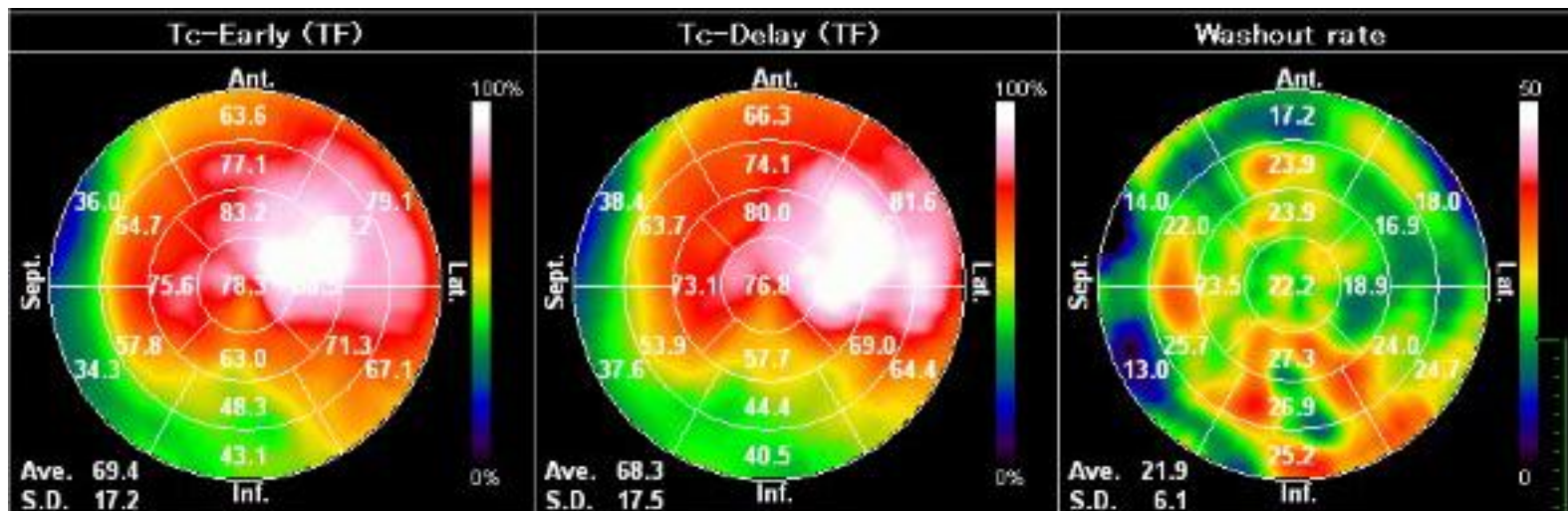
【PCI前後の安静心筋SPECT】



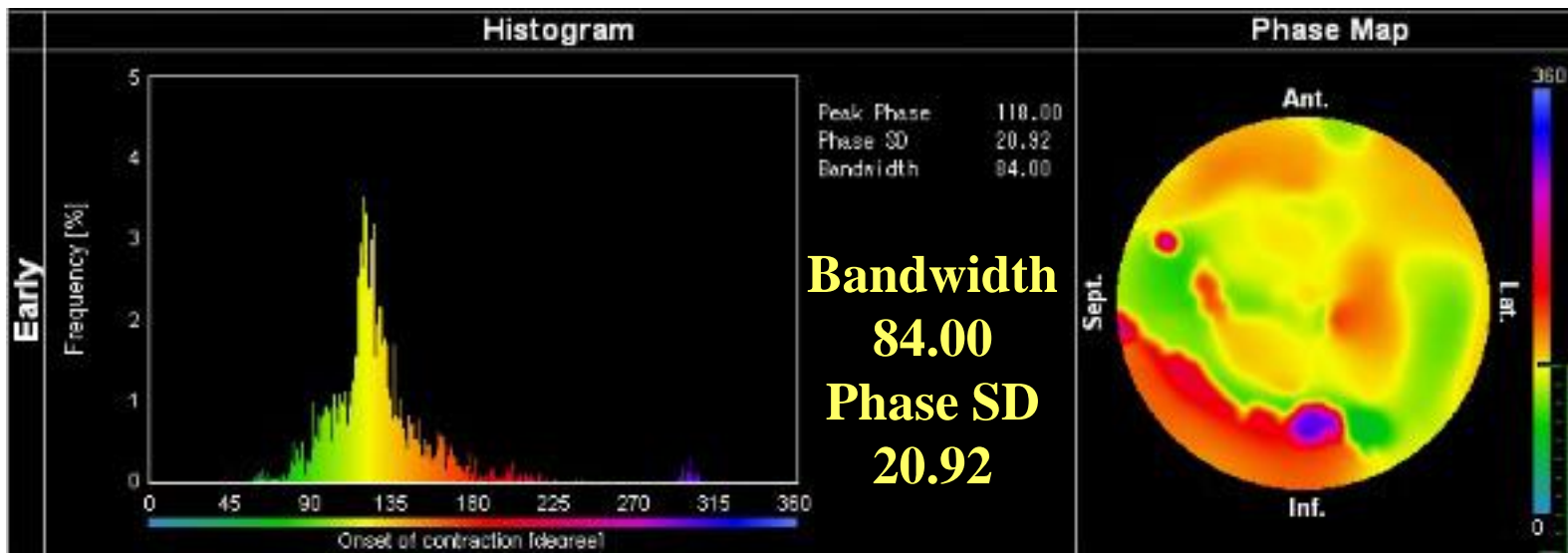
PCI前には安静時に左室同期不全を呈した。6ヶ月後のCAGでは再狭窄を認めず、左室同期不全は改善した。

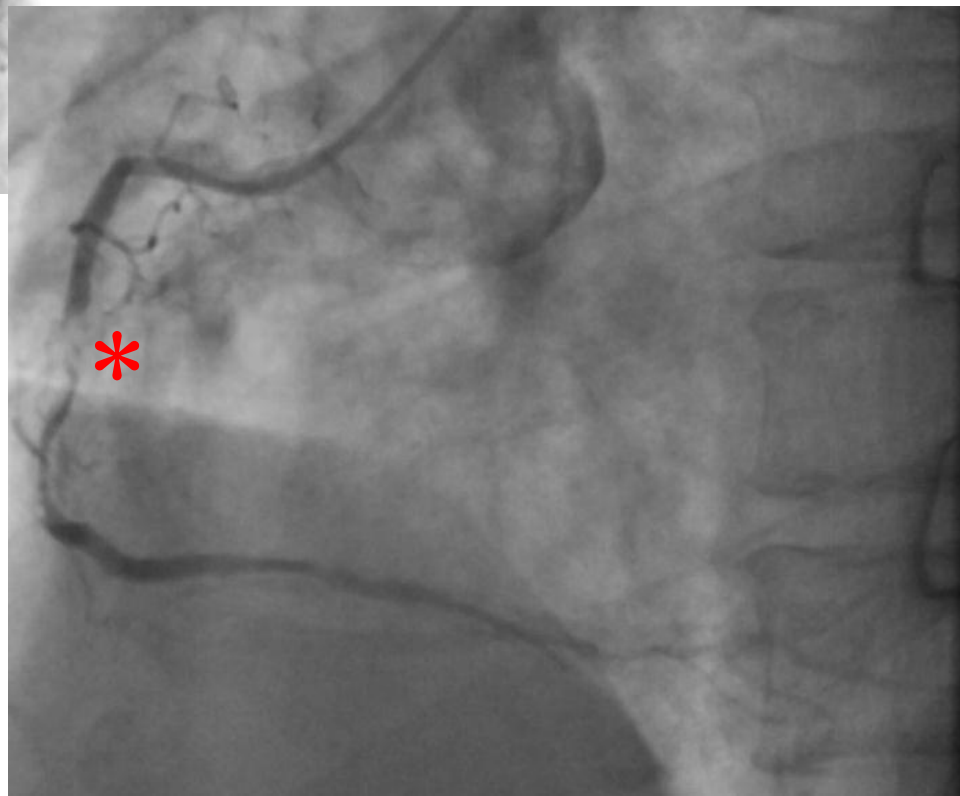
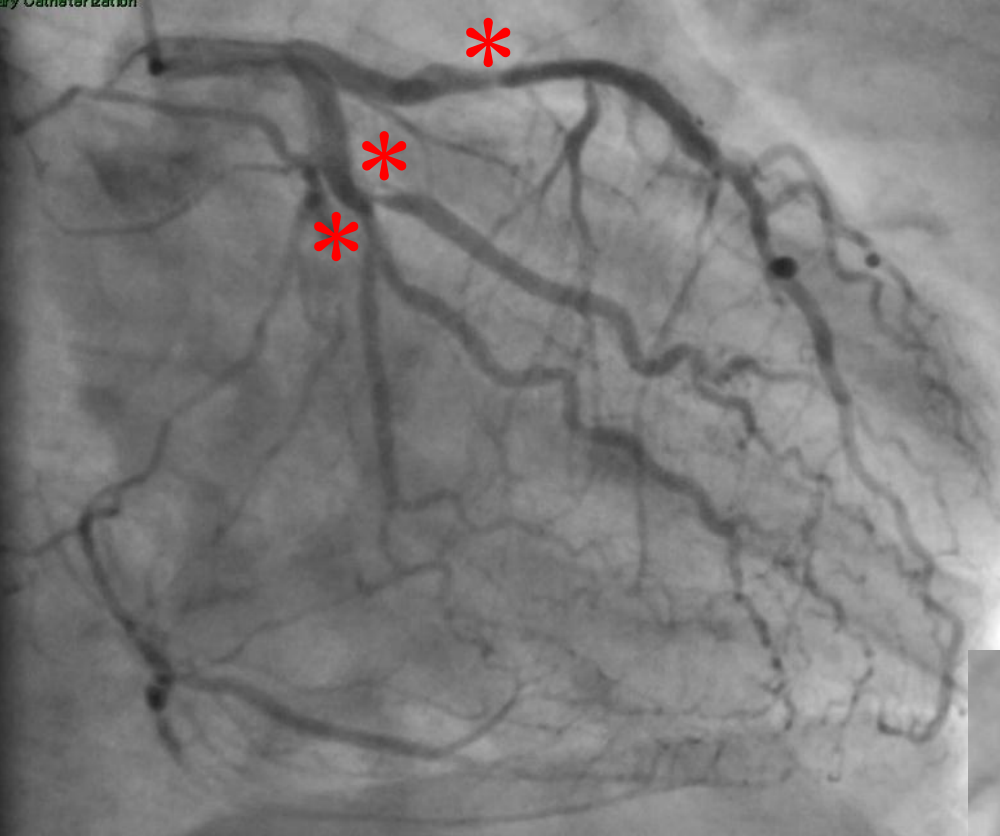
【60歳代、男性：狭心症疑い】

Heart Score View



Heart Function View





冠動脈造影

Seg.2:99% with delay

Seg.13:90%

Seg.14:90%

Seg.7:75%

心筋血流SPECTで心筋虚血を診る

心筋SPECTの読影は
必ずしも容易ではないが、

心電図同期SPECTを用いた
様々な心機能指標の同時評価により、

心筋虚血の検出感度を向上させ、

ピットフォールを克服できる可能性あり。

また心不全例における病態解明や
治療効果判定などにおける

心筋SPECTの新たな意義も期待される。

左室同期不全の評価を用いて 治療戦略を考える

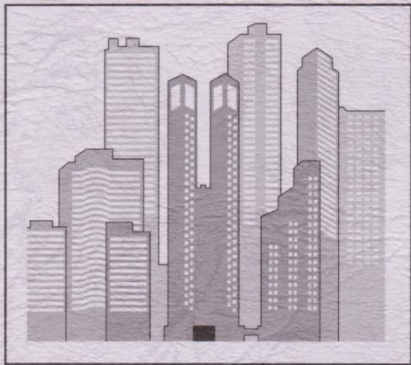
- 心臓再同期療法の適応決定や効果判定には、左室容積や収縮能、拡張能、左室同期不全の有無や程度と、心筋viabilityが同時に評価できる心筋血流SPECTは不可欠！
- narrow QRSの例でも、特に左室肥大例などでは心不全の発症に左室同期不全が関与している可能性あり！
- 左室同期不全の評価を加えることより、負荷心筋血流SPECTの検出感度の向上や安静SPECTのみでの虚血心筋の検出が可能！

Heart Function Viewは進歩しています。

第39回 New Town Conference

-Cardiovascular Nuclear Medicine-

プログラム・抄録集



2014年2月8日(土) 8:55 ~ 16:00

ポートピアホール

今日に懲りずに 来週もお付き合いください！

11:00 ~ 12:00

教育講演Ⅱ ◆ 心筋SPECT検査解析ソフトウェアの活用 ◆

座長：中嶋憲一 先生 (金沢大学)

〈各講演30分(質疑含む)〉

1. Heart Risk Viewによる心疾患患者における予後評価
- Heart Score Viewの自動スコアリングの応用を含めて-

坂谷知彦 先生 p. 7
(京都第二赤十字病院)

2. Heart Function Viewを用いた左室機能・同期不全の評価

中川正康 先生 p. 8
(市立秋田総合病院)



御清聴ありがとうございました