

総説

今日のSPECT(心筋)

福光延吉* 大島統男**

*大田原赤十字病院放射線科 **帝京大学放射線科

Today's SPECT(myocardium)

Fukumitsu Nobuyoshi*, Oshima Motoo**

*Department of Radiology, Ootawara Red Cross Hospital

**Department of Radiology, Teikyo University

Keywords:

myocardial SPECT, ^{201}Tl , $^{123}\text{I-BMIPP}$, $^{123}\text{I-MIBG}$, QGS

はじめに

今日の核医学診療のうち、最も検査数の多いSPECT検査は心臓のSPECT検査である。新しい薬剤やプロトコルの開発に伴い、その利用範囲は、さらに広がっている。今回は、心臓のSPECT検査について概説する。

1. 検査状況

日本アイソトープ協会が報告している、第4回全国核医学診療実態調査報告(調査期間1997年6月1日～30日)によると、インビボ検査のうち、心臓、血管の検査数は、骨、関節の検査数に次いで、第2位であり、第1位の骨、関節の検査数に肉薄している。放射性医薬品投与件数では、 $^{201}\text{Tl-chloride}$ が抜きんでており、 $^{123}\text{I-BMIPP}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc-Tetrofosmin}$ と続いている¹⁾。

2. 薬剤

心臓の核医学検査に保険適用になっている放射性医薬品のうち、SPECT検査に頻用されているものとしては $^{201}\text{Tl-chloride}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc-Tetrofosmin}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc-pyrophosphate}$ 、 $^{123}\text{I-BMIPP}$ 、 $^{123}\text{I-MIBG}$ があり、それぞれの薬剤の特性を活かして使い分けられている。

3. 心筋血流イメージング

上述したように、 $^{201}\text{Tl-chloride}$ が従来から多用され、現在に至っている。しかし、 ^{201}Tl を用いた心筋

SPECTでは、投与量の制限、および、低い γ 線エネルギーに伴う吸収などの欠点もあり、最近では、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 製剤($^{99\text{m}}\text{Tc-Tetrofosmin}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$)の使用頻度が増加している²⁾。心筋SPECTの検査方法には、安静時の撮像のみではなく、負荷試験も可能である。負荷試験には、運動負荷、薬物負荷がある。一般的なプロトコールは ^{201}Tl の場合は、運動負荷後、静注して早期像を撮像し、3～4時間後に後期像を撮像する。 ^{201}Tl の再分布は健常部と虚血部心筋からの洗い出し速度の相違から生じる見かけ上の変化である。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 製剤の場合は、運動負荷後、静注して数分後に早期像を撮像し、3～4時間後に再度静注して、後期像を撮像する。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 製剤は、 ^{201}Tl と違って心筋への停留性が高く、負荷時と安静時と静注を2回に分ける必要がある。安静時の画像に負荷時の画像が影響を与えるのを極力防ぐため、投与量に差をつける(1:2か1:3が一般的)。

4. 脂肪酸代謝イメージング

正常心筋のエネルギー源は主に脂肪酸代謝であるが、虚血心筋では糖代謝に移行する。 $^{123}\text{I-BMIPP}$ は側鎖脂肪酸のため、心筋に摂取された後、脂肪酸の代謝経路にはいるが、ミトコンドリア内での停留時間が長く、心筋の脂肪酸代謝を画像化することが可能となった。 $^{123}\text{I-BMIPP}$ SPECTは、心筋血流SPECTとの乖離からarea at riskの検出³⁾や、有意狭窄のない不安定狭心症や冠攣縮性狭心症の病態評価、心筋症

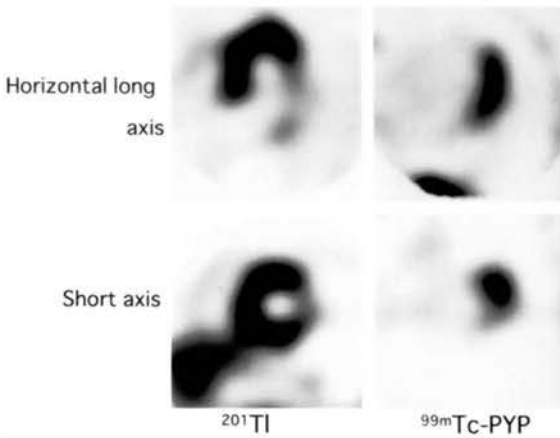


図1. ^{201}Tl と $^{99\text{m}}\text{Tc-PYP}$ の2核種同時収集 ^{201}Tl の欠損部位に一致して $^{99\text{m}}\text{Tc-PYP}$ の異常集積を認める。

の重症度判定などに応用されている。脂肪酸代謝イメージング製剤としては、他に $^{123}\text{I-9MPA}$ 、 $^{123}\text{I-IPPA}$ が治験中である。

5. 交感神経機能イメージング

心臓が正常に機能するためには、心筋に分布している交感神経の機能が保たれている必要がある。 $^{123}\text{I-MIBG}$ は、ノルエピネフリンと同様の挙動を示し、交感

神経末端に取り込まれ、心筋への集積は主として、 Na^+ 依存性の能動輸送(uptake-1)に依存する。 $^{123}\text{I-MIBG}$ は虚血性心疾患における除神経領域の評価、糖尿病性神経障害や自立神経失調症の重症度評価、心不全での治療効果判定などに応用されている⁴⁾。

6. 心筋梗塞イメージング

急性期の心筋梗塞を描出する薬剤として $^{99\text{m}}\text{Tc-pyrophosphate}$ (PYP)がある。心筋梗塞後、壊死に陥った心筋細胞のミトコンドリア内にカルシウムがヒドロキシアパタイトの形で沈着し、その辺縁部に $^{99\text{m}}\text{Tc-PYP}$ は集積する。 $^{99\text{m}}\text{Tc-PYP}$ の集積は急性心筋梗塞発症後、48-72時間後に最大となる。 $^{99\text{m}}\text{Tc-PYP}$ は ^{201}Tl と同時投与し、2核種同時収集を行うことで、梗塞領域のより正確な把握が可能になる(図1)。また、保険適用となっていないが、心筋のミオシンを抗原とした抗ミオシン抗体に ^{111}In を標識した ^{111}In -抗ミオシン抗体もある。

7. 心拍同期SPECT

近年、心拍同期法を併用した心筋SPECTにより、心筋血流と左心機能の同時評価が可能になった。心拍同期SPECTでは、通常R-R間隔を8-16等分に分割

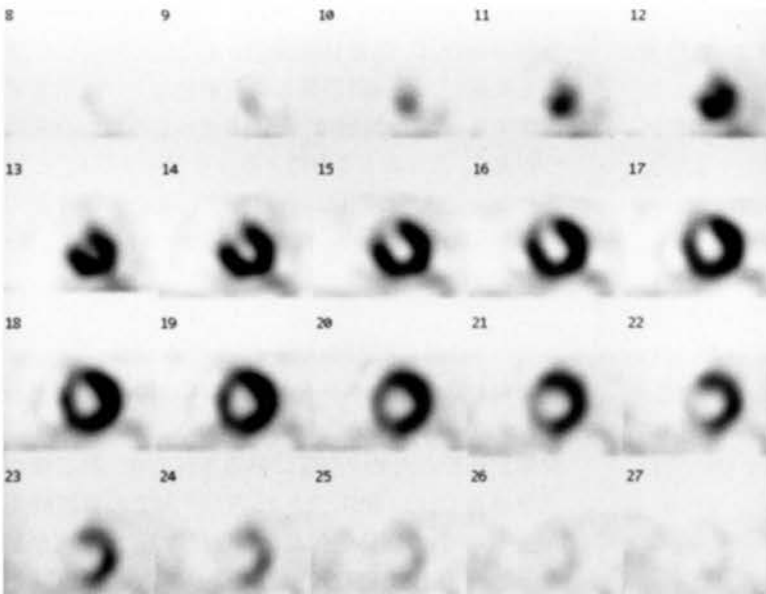


図2a)

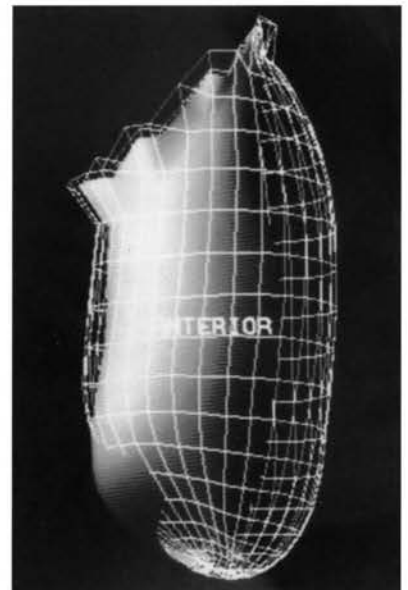


図2b)

図2.QGSプログラム

a)通常のSPECT画像：前壁中隔に欠損を認める。

b)quantitative gated SPECT(QGS)のソフトで画像処理した同一症例の心臓の立体表示画像。

してデータ収集を行う。Germanoらの開発したQGSプログラムでは、拡張期、収縮期のSPECT像で左室内腔辺縁を自動抽出し、心筋血流に加えて、局所左心機能の解析が可能である^{5, 6)}。局所左心機能の解析では、壁圧の変化から算出したwall thickening、心筋壁の内腔面の移動距離から算出したmodified centerline method、容積変化から算出したregional ejection fractionが指標となる。心拍同期SPECTを用いて局所左心機能を解析する際の問題点としては、梗塞が広範囲に及んだ場合の左室内腔辺縁の抽出の困難さがあげられる。心拍同期SPECTは、急速に普及し始めており、近い将来に、心筋SPECT検査の主流をなすものと考えられる。

参考文献

- 1 (社)日本アイソトープ協会医学・薬学部会全国核医学診療実態専門調査委員会：第4回全国核医学診療実態調査報告。核医学35：939-953, 1998
- 2 Ficaro EP, Fessler JA, Shreve PD, et al: Simultaneous transmission/emission myocardial perfusion tomography. Diagnostic accuracy of attenuation-corrected ^{99m}Tc-sestamibi single-photon emission computed tomography. *Circulation* 93: 463-473, 1996
- 3 Nakata T, Hashimoto A, Kobayashi H, et al: Outcome significance of Tl-201 and I-123 BMIPP perfusion-metabolism mismatch in pre-infarction angina. *J Nucl Med* 39: 1492-1499, 1998
- 4 Imamura Y, Ando H, Mitsuoka W, et al: Iodine-123 metaiodobenzylguanidine images reflect intense myocardial adrenergic nervous activity in congestive heart failure independent of underlying cause. *J Am Coll Cardiol* 26: 1594-1599, 1995
- 5 Germano G, Kavanagh PB, Su H, et al: Automatic reorientation of three-dimensional, transaxial myocardial perfusion SPECT images. *J Nucl Med* 36: 1107-1119, 1995
- 6 Germano G, Kiat H, Kavanagh PB, et al: Automatic quantification of ejection fraction from gated myocardial perfusion SPECT images. *J Nucl Med* 36: 2138-2147, 1995

ダウンロードされた論文は私的利用のみが許諾されています。公衆への再配布については下記をご覧ください。

複写をご希望の方へ

断層映像研究会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。

本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(社)学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター（(社)学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体）と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はございません（社外頒布目的の複写については、許諾が必要です）。

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会

〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル 3F FAX：03-3475-5619 E-mail：info@jaacc.jp

複写以外の許諾（著作物の引用、転載、翻訳等）に関しては、(社)学術著作権協会に委託致しておりません。

直接、断層映像研究会へお問い合わせください

Reprographic Reproduction outside Japan

One of the following procedures is required to copy this work.

1. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has concluded a bilateral agreement with an RRO (Reproduction Rights Organisation), please apply for the license to the RRO.

Please visit the following URL for the countries and regions in which JAACC has concluded bilateral agreements.

<http://www.jaacc.org/>

2. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has no bilateral agreement, please apply for the license to JAACC.

For the license for citation, reprint, and/or translation, etc., please contact the right holder directly.

JAACC (Japan Academic Association for Copyright Clearance) is an official member RRO of the IFRRO (International Federation of Reproduction Rights Organisations).

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC)

Address 9-6-41 Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan

E-mail info@jaacc.jp Fax: +81-33475-5619