

## ■ 特集-3 PET を用いた心筋血流および虚血の評価

アンモニア PET 血流イメージングの実際  
— 検査法・解析・評価法 —<sup>13</sup>N-ammonia PET imaging -Methodology and Quantitative analysis of myocardial blood flow-百瀬 満 福島賢慈 近藤千里 阿部光一郎 坂井修二  
Mitsuru Momose Kenji Fukushima Chisato Kondo  
Koichiro Abe Shuji Sakai

東京女子医科大学 画像診断学・核医学講座

Department of Diagnostic Imaging and Nuclear Medicine Tokyo Women's Medical University

## 1. アンモニア PET の特徴

<sup>13</sup>N-アンモニアによる PET 血流イメージングは 2012 年 4 月に国内で保険適用に収載された。本検査法は心筋血流を定量的に測定する方法として 20 年以上より確立しており、これまで虚血性心疾患を中心にその病態や治療効果などの評価が行われ、多くの成果が報告されている。本法の利点は、① <sup>13</sup>N-アンモニアの心筋集積が高い血流依存性を有し、定量性に優れる。② SPECT に比べ時間・空間分解能が高く、視覚的評価、心機能解析の精度が向上する。③ 短半減期核種（約 10 分）のため、高い投与量で短時間収集が可能。安静・負荷プロトコルを連続して施行し、総検査時間は約 70 分間で、SPECT 検査（4 時間）より短時間で施行できる。一方、欠点として、① サイクロトロンによる 1 日の生成は限定されるため、検査件数は限られる。② 短半減期核種のため準備を含め検査手技が煩雑で、負荷検査で定量する際は多くのスタッフによる分業が必要である。図 1 に検査中の概略を图示した。

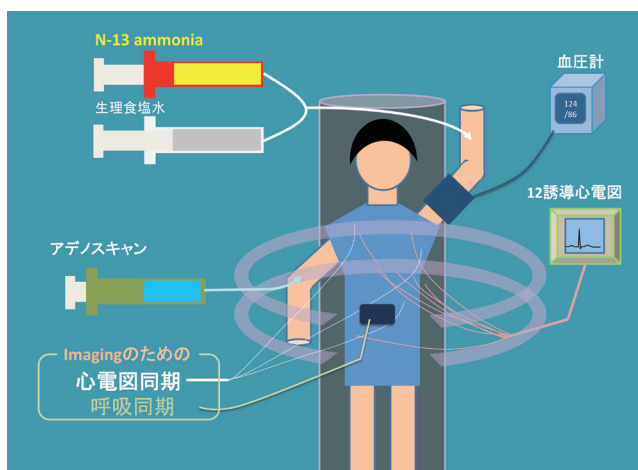


図 1 負荷心筋血流 PET のセッティング

## 2. 撮像法

近年の撮像機器の進歩はめざましく、time of flight (TOF) 法と呼ばれる新たな撮像技術を用いることで画質のさらなる向上が期待できる。当院の撮像法は、<sup>13</sup>N-アンモニア 370MBq を自動投与器で 30 秒間静注し、同時にリストモード収集を開始する。10 分間 PET スキャンを行い、静注後 2 分間を血流解析、3～8 分を局所心筋血流画像、心電図同期 PET 解析に用いる。吸収補正用の CT は PET スキャン前に撮像するが、PET 画像との呼吸変動による位置ずれを回避するために呼吸同期 CT スキャンや心電図同期 CT を低線量で撮像する。当院では 2 回の吸収補正 CT の撮像を避けるため、被検者は安静時スキャン後、そのまま検査台で 40 分間待って、引き続きアデノシン負荷 (0.12mg/kg/min) によるスキャンを行っている。

## 3. 解析法・評価法

1～3 コンパートメントモデルを用いた心筋血流定量ソフトを用い、心筋局所の血流量、血流予備能を測定する。現在、一般的なソフトウェアとして syngo MBF (Siemens)、Munich Heart (ミュンヘン工科大学)、QPET (Cedars-Sinai)、PMOD (PMOD Technologies) などがある。血流予備能 (MFR) は負荷血流 / 安静血流比として表されるが、安静血流は Rate Pressure product (HR x sBP) で補正することができる。

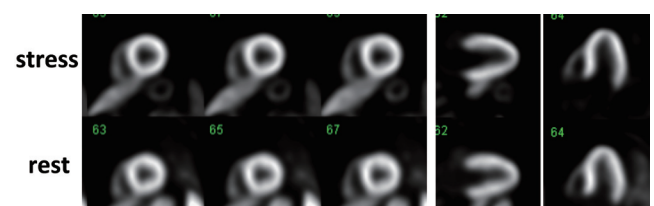


図 2 正常例における一過性左室拡大

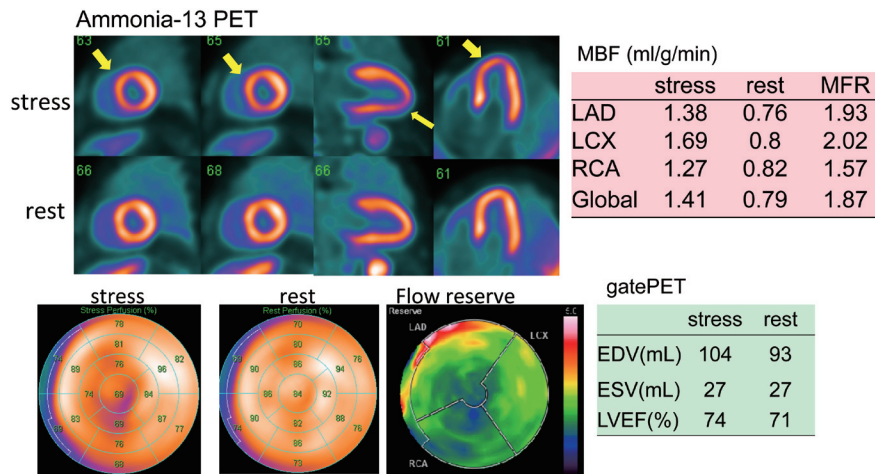


図3 軽度の冠動脈狭窄病変を伴う糖尿病症例

#### 4. 正常者の心筋血流、QGS 解析結果

当院の正常者 (n=5, age 41 ± 13 歳, 全例男性) の心筋血流は安静時 0.75 ± 0.15、負荷時 2.54 ± 0.28 ml/g/min、MFR は 3.47 ± 0.43 であった。QGS では安静時 EDV 92 ± 17、ESV 28 ± 10mL、EF 71 ± 6.5%; 負荷時 EDV 105 ± 18、ESV 30 ± 10mL、EF 72 ± 6.3% であった。TID ratio (一過性左室拡大率 = stressEDV/restEDV) は 1.15 ± 0.10 で、全例で EDV が負荷時に増加していた。図2に58歳男性ボランティアの負荷安静像の一例を示した。stressEDV 102mL、restEDV 78mL、TID ratio 1.31 であった。血流画像は正常、MFR は 3.25 で正常であり、心筋虚血による TID の可能性は低いと考えられた。アンモニア PET では正常でも TID を認めることから独自の基準を作る必要がある。

#### 5. 虚血性心疾患への応用

PET は分解能が高いため、軽症冠動脈疾患における血流分布の違いを描出できる可能性がある。図3に軽度の狭窄病変を有する糖尿病患者 (60 歳男性、HbA1c 7.5%) の PET 画像を示す。冠動脈 MRA で #7 50%、#2 50% の軽度の狭窄を示し、SPECT であれば虚血を検出できる病変ではないが、PET では LAD と RCA 領域に内膜側有意に壁厚の減少と軽度

の集積低下像を示した。定量的にも同領域の MFR は低下し、さらに左室全体の MFR も低下していた (1.87)。gatePET では TID を認めるも (TID ratio 1.12)、前述した正常者の TID と同程度であった。

MFR は高度の動脈硬化や血糖コントロールの不良例<sup>1)</sup>、脂質代謝異常などで低下することが知られており<sup>2)</sup>、冠動脈病変とは独立した指標であるが、PET 画像上の欠損スコアと組み合わせることにより予後の指標になり得ることが報告されている<sup>3)</sup>。

#### 〈参考文献〉

- 1) Yokoyama I, Yonekura K, Ohtake T, Yang W, Shin WS, Yamada N, *et al.* Coronary microangiopathy in type 2 diabetic patients: relation to glycemic control, sex, and microvascular angina rather than to coronary artery disease. *J Nucl Med* 2000;41(6):978-85.
- 2) Alexanderson E, Garcia-Rojas L, Jimenez M, Jacome R, Calleja R, Martinez A, *et al.* Effect of ezetimibe-simvastatine over endothelial dysfunction in dyslipidemic patients: assessment by 13N-ammonia positron emission tomography. *J Nucl Cardiol* 2010;17(6):1015-22.
- 3) Fiechter M, Ghadri JR, Gebhard C, Fuchs TA, Pazhenkottil AP, Nkoulou RN, *et al.* Diagnostic value of 13N-ammonia myocardial perfusion PET: added value of myocardial flow reserve. *J Nucl Med* 2012;53(8):1230-4.