心筋 viability 評価に FDG PET-CT が有用であった 1 例

中 島 智 博* 中 村 雅 則* 宇 塚 武 司* 川 原 田 修 義**

症例は 48 歳，男性．2011 年 10 月頃より労作時の呼吸困難感，体重増加があり近医を受診した．精査にて冠動脈重症 3 枝病変，低左心機能，僧帽弁閉鎖不全症，冠動脈前下行枝領域の壁運動が無運動であり左心室の拡大を認めた．左室形成術の必要があるか否かを手術前に評価することが必要であった．患者は慢性腎不全により血液透析を導入されていた．心筋 viability 評価にはガドリニウムを使用した遅延造影 MRI が一般的であるが，慢性腎不全患者においてガドリニウム使用により全身性線維症を発症する危険があり禁忌とされており，本症例でも該当した．われわれは心筋 viability 評価のために，FDG PET-CT を行った．その結果，前下行枝領域には心尖部の極一部を除き viability があると診断された．2012 年 1 月，左室形成を行わず，冠動脈バイパス術 5 枝による血行再建と僧帽弁輪形成術を行った．術後補助循環を要したが，離脱できその後の経過は良好であった．術後左室造影検査にて左室収縮能は改善し，左室容積は縮小した．本症例において FDG PET-CT が心筋 viability 評価に有用であった．文献的考察を踏まえて報告する．日心外会誌 47 巻 3 号：123-127 (2018)

キーワード：心筋 viability；血液透析；FDG PET-CT；左室形成術

FDG PET-CT Is Useful for Myocardial Viability Evaluation of Ischemic Cardiomyopathy

Tomohiro Nakajima*, Masanori Nakamura*, Takeshi Uzuka* and Nobuyoshi Kawaharada** (Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Sapporo General City Hospital*, Sapporo, Japan, and Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Sapporo Medical University**, Sapporo, Japan)

A 48-year old man consulted a doctor at a nearby medical clinic due to dyspnea and increased body mass which he began to experience in October, 2011. Further evaluation revealed the presence of three-vessel severe coronary artery disease, poor left ventricular function, and mitral valve regurgitation. Transthoracic echocardiography showed anterior wall asynergy and left ventricular enlargement. Reconstruction of the left ventricle was contemplated during the preoperative evaluation. The patient underwent hemodialysis for chronic renal failure prior to admission. Generally, delayed gadolinium-enhanced MRI is used for cardiac viability assessment. However, gadolinium is contraindicated in a patient with chronic renal failure owing to the risk of development of nephrogenic systemic fibrosis. Thus, gadolinium-enhanced MRI is contraindicated in the patient. Instead, we used fluorodeoxyglucose-positron emission tomography (FDG-PET) computed tomography (CT) to assess myocardial viability. Consequently, viability was assessed except for a part of the apical electrode in the left anterior descending artery territory. Subsequently, revascularization and mitral valve annuloplasty with coronary artery bypass grafting of five vessels were performed in January, 2012 without left ventricular reconstruction. A left ventricular assist device was used postoperatively, from which he was later weaned. The outcome was good because post-operative left ventriculography revealed improvement in left ventricular wall motion. This case is presented including bibliographical comments on the effectiveness of FDG PET-CT for assessment of myocardial viability. Jpn. J. Cardiovasc. Surg. 47: 123-127 (2018)

Keywords : myocardial viability ; hemodialysis ; FDG PET-CT ; left ventricular plasty

心筋 viability 評価にはガドリニウムを使用した遅延造影 MRI が一般的であるが，慢性腎不全患者においてガドリニウム使用により全身性線維症を発症する危険があり禁忌

とされている．虚血性心疾患のために低左心機能となった慢性腎不全患者において冠動脈血行再建術が必要となった．左心室の無運動領域が大きく，かつ左心室の拡大所見

2017 年 5 月 16 日受付，2018 年 2 月 1 日採用
Corresponding author : Tomohiro Nakajima
Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Sapporo General City Hospital, Sapporo, Japan
E-mail : t.nakajima@sapmed.ac.jp

* 市立札幌病院心臓血管外科

〒 060-8604 札幌市中央区北 11 条西 13-1-1

** 札幌医科大学心臓血管外科

本研究において一切の利益相反や研究資金の提供はない．
None of the authors of this manuscript has any financial or personal relationship with other people or organizations that could inappropriately influence their work.

があり左室形成術を施行するか否かを術前に決定する必要があった。そこで、心筋 viability 評価のために FDG PET-CT を行った。その結果、前下行枝領域には心尖部のごく一部を除き viability があると診断し、左室形成は施行しない方針とした。手術にて冠動脈バイパス術 5 枝による血行再建と僧帽弁輪形成、三尖弁輪形成術を行った。術後左室収縮能は改善し、左室容積は縮小した。経過は良好であり、本症例において FDG PET-CT が心筋 viability 評価に有用であった。

症 例

患者：48 歳，男性。

主訴：呼吸苦。

既往歴：糖尿病（インスリン）、慢性腎不全（血液透析）。

家族歴：父：糖尿病，母：糖尿病。

現病歴：2011 年 10 月頃より労作時の息苦しさをを感じるようになった。精査にて鬱血性心不全，冠動脈 3 枝病変，左室収縮能の低下，僧帽弁閉鎖不全症，三尖弁閉鎖不全症，慢性腎不全，糖尿病を指摘された。心不全治療により心不全は改善したが，心不全再発予防のために外科治療が必要と判断され当科に紹介となった。

入院時現症：身長 172.0 cm，体重 70.0 kg，BSA 1.78 m²，BMI 23.7 kg/m²。血圧 115/73 mmHg，脈拍 80/分，整。SpO₂ 95% (room air)，心音：僧帽弁閉鎖不全症による収縮期雑音 Levine III/VI，呼吸音：清，血液検査所見：Hb 10.2 g/dl，Cr 2.89 mg/dl，NT-pro BNP 67,905 pg/ml，HbA1c 7.2%。

単純胸部レントゲン写真：心胸郭比 0.60，肺鬱血像著明 (Fig. 1)。

心電図：正常洞調律，心拍数 80 回/分，心電図では II，III，aVf で small Q 波を認め，V1-6 で T 波の陰転化 V3-4 の r 波増高不良 (Fig. 2)。

経胸壁心エコー：EF 23% (M. Simpson 法)，LVDd 59.0 mm，LVDs 48.0 mm，IVS 9.0 mm，PW 9.8 mm，左心室前壁～心室中隔 心尖部寄り akinesis，基部寄り severe hypokinesis，AR mild，MR moderate，後尖 tethering，乳頭筋間距離 38.7 mm，TR severe RA-RV PG=61.0 mmHg。

冠動脈造影検査：#1 75%，#2 90%，#3 99%，#5 50%，#6 75%，#7 99%，#9 90%，#11 75%，#12 99%。

左室造影検査：EF 14.9%，左室前壁 akinesis，EDVI 116.8 ml/m²，ESVI 99.4 ml/m²，MR 2°。

左室形成術施行の有無が検討され心筋 viability 評価が必要であった。慢性腎不全による血液透析患者であり，ガドリニウムの使用は全身線維症の合併症報告があり，遅延造

Fig. 1

Chest X-ray. CTR 0.60, pulmonary congestion.

影 MRI は撮影不可能であった。FDG PET-CT による心筋 viability 評価を施行した。

FDG PET-CT：Apical lateral wall 高度集積低下し，viability なし (Fig. 3a)，Anterior wall and anteroseptum, inferior wall and inferoseptum 中等度集積低下であり viability あり (Fig. 3b)。

心尖部の一部のみ viability がないが，その他の前壁は viability があると診断した。完全冠血行再建術と僧帽弁輪形成術，三尖弁輪形成術を 2012 年 1 月に施行した。

手術術式：両側内胸動脈を剥離し，両側下腿から大伏在静脈を採取した。上行大動脈送血，右房脱血にて体外循環を確立し，順行性心筋保護にて心停止し，その後は持続性逆行性冠灌流にて心筋保護を行った。冠動脈バイパス術 5 枝 (LITA-LAD，RITA-PL，SVG-#4PD-#15，SVG-#10)，MAP Physio II 26 mm，TAP MC³ 28 mm を施行した。上行大動脈からの止血に難渋したため，大動脈遮断を再度行い，止血を行った。また，人工心肺離脱時に血圧低下があり，IABP を挿入してから人工心肺を離脱した。大動脈遮断時間 294+62 分，体外循環時間 628 分，手術時間 950 分であった。手術手技および人工心肺からの離脱に時間を要し手術時間は長くなった。カテコラミンは DOA 5γ，DOB 5γ，NAd 0.01γ 使用し離脱した。

術後経過：術後 ICU に入室した。カテコラミン使用下ではあるが血行動態は安定し，術後第 1 病日に IABP を抜去し，術後第 4 病日に抜管した。その後の経過は良好であり，リハビリに時間を要したが，独歩で術後 63 日目に自宅退院した。

術後左心室造影検査：EF 34.4%，EDVI 67.3 ml/m²，

(a)

(b)

Fig 2

ECG. NSR, HR 80 bpm, small Q wave in II, III, aVf, T wave inversion in V1-6, poor R wave progression in V3-4.

ESVI 44.1 ml/m², (術前 EF 14.9%, EDVI 116.8 ml/m², ESVI 99.4 ml/m²), 左室前壁運動は術前の akinesis から hypokinesis に改善した (Fig. 4a, b)

術後心エコー：EF 37.0%, LVDd 45.5 mm, LVDs 30.6 mm (術前：EF 23.0%, LVDd 52.4 mm, LVDs 33.5 mm), MR trivial, 前壁～心室中隔の動きは術前の akinesis から hypokinesis に改善した。乳頭筋間距離 28.5 mm (術前 38.7 mm)。

考 察

CABG や PCI などの血行再建術は虚血性心疾患における治療の柱である。虚血性心疾患において、血行再建を行う目的は、hibernation 冬眠心筋によって収縮能の低下した生存心筋組織へ冠血流を増加させ、局所心筋の酸素需給バランスを改善させることである。その結果、局所の心収縮、さらには左室全体の心機能が改善し、慢性期の生命予後が改善される。適切な血行再建を行うためには、心筋 viability 評価を行い、より適切な対象を選択することが重

(a)

(b)

Fig. 3

Preoperative PET-CT. (a) Apical lateral wall (thin arrow), highly concentrated decline, no viability. (b) Anterior wall and anteroseptum, inferior wall and inferoseptum (thick arrow), moderate concentrated decline, positive viability.

要である。

ACC/AHA/ASNC ガイドライン¹⁾, および日本循環器病学会ガイドライン²⁾では心筋 viability 評価として, ドプタミン負荷心エコー, 負荷心筋シンチ, 18F FDG PET-CT, ガドリニウムを用いた遅延造影 MRI による方法が推奨されている。それぞれの検査において感度, 特異度に関して報告されているが他と比較して FDG PET-CT がこれらの検査手法の中で最も感度が高い³⁾。

心筋虚血になるとブドウ糖が代謝される解糖系がおもなエネルギー源となることが知られている。18F FDG がブドウ糖と同様に摂取される特性を活かして, PET 検査を行うと, 18F FDG が集積している領域はブドウ糖代謝が進んでいる虚血心筋と判断でき, また, 集積が低下している領域はブドウ糖代謝が行えない梗塞心筋と判断できる。

(a)

(b)

Fig. 4

Preoperative LVG, post operative LVG. (a) Preoperative LVG (dilated phase). EF 14.9%, EDVI 116.8 ml/m², ESVI 99.4 ml/m², MR moderate. (b) Post operative LVG (dilated phase). EF 34.4%, EDVI 67.3 ml/m², ESVI 44.1 ml/m², No MR, improvement of contractility of left ventricular anterior wall.

一方, FDG-PET はその検査費用が他と比較して高額であるため, 現在の虚血性心疾患におけるその保険適応は, 虚血性心疾患による心不全患者における心筋組織の viability 診断 (他の検査で判断のつかない場合に限る.), または心サルコイドーシスにおける炎症部位の診断が必要とされる患者とされている。検査医師がおのおのの検査法の特徴を良く知り, 患者背景 (血液透析を施行しているか等), それぞれの施設が保有する検査機器, 読影に習熟した検査法を選択する等の事項を考慮して, どの modality を選択するか考えるのがよい。

重篤な腎障害のある患者に対して、ガドリニウムを使用した際に腎性全身性線維症 (Nephrogenic Systemic Fibrosis) を発症したとの報告があり、いったん発症するとその死亡率は 20~30% と推測されている。そのため、日本医学放射線学会、日本腎臓学会では腎機能障害のある患者に対してのガドリニウム使用は避けるべきであると明言している⁴⁾。本症例において、患者は血液透析をされており、ガドリニウム造影遅延 MRI は施行できなかったのに、FDG PET-CT を用いて心筋 viability の評価を行った。本症例では、心尖部の一部のみが viability がないが、他の前壁には viability が残存していると診断された。

その結果を踏まえ、われわれは完全血行再建術を行い、心筋血流を回復させることで心機能を改善できると判断した。手術により、左室収縮能は改善 (EF: 術前 14.9%→術後 34.4%) し、左室前壁運動は術前の akinesis から hypokinesis に改善し、また左室容量は減少した (ESVI: 術前 99.4 ml/m²→術後 44.1 ml/m²)。

また、虚血性心筋症に関して、僧帽弁逆流を伴う症例が僧帽弁逆流を伴わない症例と比較してその生命予後が不良であることが示されている⁵⁾。本症例において、僧帽弁輪形成術を施行し逆流を制御した。

LVESVI>100 ml/m² の症例では、左室形成術を行うことでその予後を改善したと報告がある⁶⁾。しかし STICH trial にて左室形成術は患者予後を改善しないと報告されたが、一方で STICH trial の左室形成による左室縮小率が不十分であることを指摘し、STICH trial の結果を否定する報告が多数なされている⁷⁾。議論の余地がある領域である。本症例では、akinesis を伴い LVEF 23%, LVESVI が

99.4 ml/m² と左室形成術を検討すべき症例であった。しかし、術前の viability 評価にて、前壁の一部のみが viability がないが他の部位は viability があると判断し、冠動脈血行再建を行い左室形成術は施行しなかった。

結 語

血液透析を施行されている低左心機能患者において、心筋 viability 評価に FDG PET-CT が有用であった 1 例を経験した。

文 献

- 1) Velazquez EJ, Lee KL, Jones RH et al. Coronary-artery bypass surgery in patients with ischemic cardiomyopathy. *N Engl J Med* 2016; 21: 1511-20
- 2) Guidelines for noninvasive diagnosis of coronary artery lesions. *Circ J* 2009; 73: 1020-89.
- 3) Schinkel AF, Bax JJ, Delgado V et al. Clinical relevance of hibernating myocardium in ischemic left ventricular dysfunction. *Am J Med* 2010; 123: 978-86.
- 4) Guidelines for the use of gadolinium contrast agents in patients with renal failure. Japan Radiological Society. Japanese Society of Nephrology, 2008.
- 5) Goldstein D1, Moskowitz AJ, Gelijs AC et al. Two-year outcomes of surgical treatment of severe ischemic mitral regurgitation. *N Engl J Med* 2016; 28: 344-53.
- 6) Yamazaki S, Doi K, Numata S et al. Ventricular volume and myocardial viability, evaluated using cardiac magnetic resonance imaging, affect long-term results after surgical ventricular reconstruction. *Eur J Cardiothorac Surg* 2016; 50: 704-12.
- 7) Prior DL, Stevens SR, Holly TA et al. Regional left ventricular function does not predict survival in ischaemic cardiomyopathy after cardiac surgery. *Heart* 2017; 103: 1359-67.