

## 《研究速報》

## FDG ポジトロン CT を用いた心筋 viability の評価

——糖負荷と空腹時画像の比較——

庭山 博行\*    吉田 勝哉\*    加賀谷秋彦\*    氷見 寿治\*  
 増田 善昭\*    稲垣 義明\*    伊藤 裕\*\*    植松 貞夫\*\*  
 今関 恵子\*\*\*    有水 昇\*\*\*

**要旨** ブドウ糖 50 g 経口負荷前後で心筋 FDG 画像および FDG 局所取り込み率の変化を検討することにより、心筋 viability の評価を試みた。冠動脈に病変のない大動脈弁弁膜症では FDG 取り込みは、空腹・糖負荷時とも一様で、糖負荷による増加率も一様であった。急性前壁梗塞では、前壁部は空腹時、健常部より FDG 取り込みが多いが、糖負荷による増加率は健常部より小で画像上は鏡面像をなした。左室瘤を伴う陳旧性前壁梗塞では空腹・糖負荷時とも前壁部は FDG 取り込みが少なく、糖負荷による増加もほとんどなく、画像上は同様の像であった。以上により梗塞部位と健常部位でブドウ糖負荷による FDG 画像と FDG 局所取り込み率の変化を比較することで、心筋 viability の評価が可能と思われた。

## I. はじめに

近年 Positron Emission Tomography (PET) の開発に伴い、心筋 viability の評価に糖代謝の指標である  $^{18}\text{F}$ -fluorodeoxyglucose (FDG) の利用が注目されている。1983年に UCLA の Marshall らが  $^{13}\text{NH}_3$  と FDG の分布不一致<sup>1)</sup>を報告して以来いくつもの報告がなされ、血流低下部位であっても FDG の取り込みが相対的に亢進していれば、心筋 viability が存在するものと考えられてきた。これらの研究の多くは、空腹時の画像の検討のみであるが、今回われわれは、空腹時と糖負荷時の FDG の心筋への取り込みを比較することにより、心筋 viability の評価を試みた。

## II. 方 法

**薬品合成・撮像装置** FDG 合成には住友重機製小型サイクロトロン CYPRIS とトレーサー合成装置 CUPID を用い、撮像には島津社製 HEA-DTOME III を用いた。

**対象** 以下の3例である。(症例1) 63歳男性。前壁中隔心筋梗塞(発症後1年以上)。冠動脈造影上は左前下行枝中枢部病変で前壁の心室瘤を伴っている。(症例2) 69歳男性。広範囲前壁心筋梗塞(発症後40日)。左前下行枝中枢部病変で左室造影上前壁心尖部の運動低下あり。(症例3) 36歳男性。大動脈弁狭窄兼閉鎖不全症。冠動脈造影、左室造影とも異常なし。

**撮影方法** 検査は糖負荷の影響をみるため、日をかえて2回行った。絶食状態の検査は少なくとも朝5時間絶食後に行った。糖負荷検査は同じく5時間の絶食後、FDG 静注60分前に50 gのブドウ糖を経口負荷して行った。この負荷により血糖値は16%~77%増加した。撮影に際してはFDG 74~148 MBq (2~4 mCi) を上腕正中静脈より1分かけて静注し、静注開始と同時に連続データ収

\* 千葉大学医学部第三内科

\*\* 同 放射線科

\*\*\* 同 放射線科

受付：元年9月27日

最終稿受付：2年1月24日

別刷請求先：千葉市玄鼻1-8-1 (☎ 280)

千葉大学医学部第三内科

庭 山 博 行

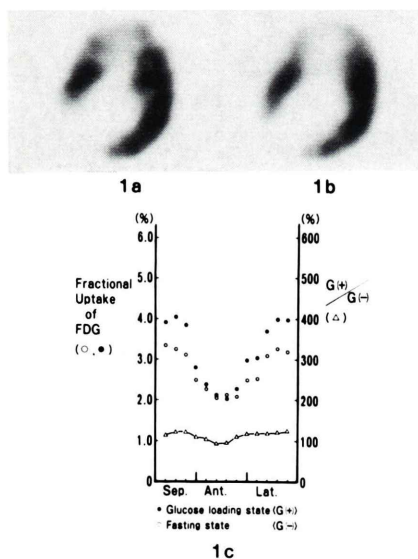
集 (Dynamic scan) を 57 分間 (1 分 × 3 + 2 分 × 5 + 4 分 × 11) 行った。その後同一部位で 6 分間のデータ収集 (Static scan) を追加した。

**PET 画像の解析** 心筋放射能濃度  $C_m$  は、左室中央部断面の心室中隔、前壁、側壁にそれぞれ数個の関心領域 (ROI) を設定して得た。動脈血時間放射能曲線  $Ca(t)$  は左房に ROI を設定して得た<sup>2)</sup>。心筋への FDG 摂取率 (Fractional Uptake; FU) を Camici ら<sup>3)</sup>の方法に準じて Dynamic scan 終了時 (T) までの動脈血放射能濃度とこの時点の心筋放射能濃度  $C_m(T)$  から次式より得て、糖負荷前後で比較検討した。

$$\text{FDG Fractional Uptake} = C_m(T) / \int_0^T Ca(t) dt$$

### III. 結 果

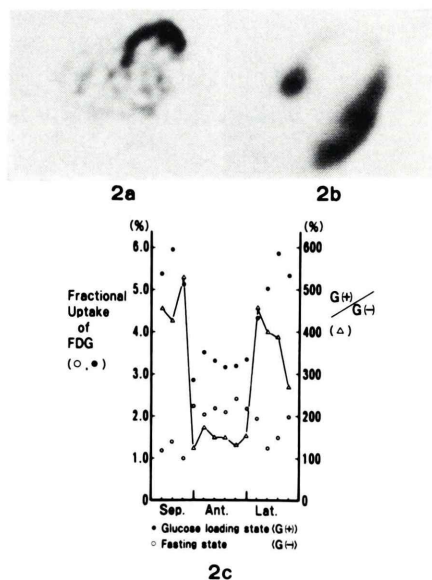
**症例 1 (Fig. 1)** 空腹時前壁部低カウントで、糖負荷にて健常部の FDG 取り込みが増加するの



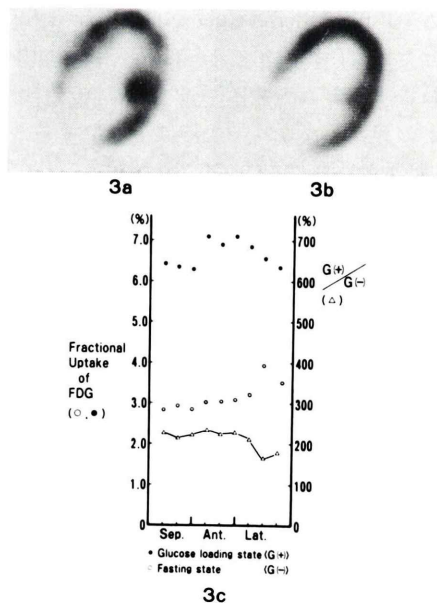
**Fig. 1** The upper panel displays the comparison between fasting (1a) and glucose loading (1b) FDG images at the same level of the left ventricle in case 1. The lower panel (1c) displays the regional fractional uptake of FDG in fasting state (open circle), in glucose loading state (closed circle) and the ratio of the both values (triangle).

に対し、前壁部ではその増加が全くみられなかった。

**症例 2 (Fig. 2)** 空腹時前壁部で FDG の取り



**Fig. 2** FDG images and fractional uptake of case 2. The explanation of the figure is same as Fig. 1.



**Fig. 3** FDG images and fractional uptake of case 3. The explanation of the figure is same as Fig. 1.

込みは健常部より多く、糖負荷により増加したが、健常部はさらに増加率が大で、画像上は糖負荷前後で鏡面像の形となった。

**症例 3 (Fig. 3)** FDG は空腹時左室心筋にびまん性に取り込まれ、糖負荷により FU はほぼ均等に 2 倍前後に増加した。

#### IV. 考 案

FDG は心筋 viability の評価法として有用性が示されており、従来の左室造影や  $^{201}\text{Tl}$  心筋シンチグラフィで viability がないと判定されても、FDG の取り込みが見られた例では冠動脈バイパス術や PTCA などの処置により、その部の機能改善が見られることも報告されている<sup>4,5)</sup>。心筋は好気的条件下では食事の状態によりブドウ糖や脂肪酸を使い分けており<sup>6)</sup>、一方虚血状態では、嫌氣的解糖によりブドウ糖が優先的に利用される。今までの研究の多くは空腹時と糖負荷時のどちらか一方の画像のみの検討であり、これらの心筋エネルギー代謝の特性を利用した空腹時と糖負荷時の相互の FDG 画像の比較による心筋 viability 評価の報告は見られていない。

まず症例 1 では空腹時前壁における FDG 取り込み亢進は見られず、糖負荷前後で同じような画像となっている。FU でみると、糖負荷により前壁部以外では増加しているのに対し、前壁部は増加せず、これは糖負荷に反応すべき心筋細胞が少なく、同部位は viability の低い状態と考えられる。一方、症例 2 では、空腹時画像にて前壁部に FDG 取り込みの亢進が見られ、その他の部位は糖負荷により FDG 取り込みが亢進し、糖負荷前後でちょうど鏡面像になっている。FU でみると、前壁部は糖負荷による増加反応が他部位よりかなり悪い。これは空腹時よりすでに嫌氣的解糖により FDG 取り込みが亢進しているため、糖負荷を行っても反応する余地があまりないためと考えられる。しかし、それでも症例 1 とは異なり、低いながらも前壁部で FU が増加していることは、虚血心筋内に散在する健常心筋細胞の存在をも示唆するものであろう。

以上より、ブドウ糖負荷前後で FDG 画像を比較することにより心筋 viability の有無を評価できる可能性があり、FU はこれを補助する指標になることが示された。今回の 3 症例は部分容積効果や混じり合い効果による誤差を補正していないので、FDG 取り込み率は絶対値ではない。したがって、同一症例のブドウ糖負荷前後で同じ部位の取り込み率の比率を検討した。

一つの問題点として、健常部位間でも FU でみた糖負荷による反応にはかなりのばらつきがあり、これも種々の補正を施していないためもあるが、血中インスリン、遊離脂肪酸、血糖値などと関連するところが大と思われ、今後この件に関して検討する予定である。また他にも、PET スキャンを日をかえて 2 回施行する必要がある、煩雑であることなどの問題点があるが、われわれのこの方法は従来の血流と代謝の比較とは異なる視点からの心筋 viability 評価法になると思われる。

今後さらに症例を増やし、PTCA や冠動脈バイパス術前後での比較や虚血性心疾患の経過観察を行うとともに、心筋症などの他疾患での検討も行う予定である。

#### 文 献

- 1) Marshall RC, Tillisch JH, Phelps ME, et al: Identification and differentiation of resting myocardial ischemia and infarction in man with positron computed tomography, F-18 labeled fluorodeoxyglucose and N-13 ammonia. *Circulation* **67**: 766-778, 1983
- 2) Yoshida K, Endo M, Fukuda H, et al: Measurement of arterial activity concentrations in cardiac PET studies. *J Nucl Med* **29**: 941 (abstr), 1988
- 3) Camici P, Araujo LI, Spinks T, et al: Increased uptake of F-18 fluorodeoxyglucose in postischemic myocardium of patients with exercise-induced angina. *Circulation* **74** (1): 81-88, 1986
- 4) Tillisch J, Brunken R, Marshall R, et al: Reversibility of cardiac wall-motion abnormalities predicted by positron tomography. *N Engl J Med* **314**: 884-888, 1986
- 5) 玉木長良, 米倉義晴, 山下敬司, 他: 虚血心筋におけるフルオロデオキシグルコースの集積——(第 3 報) 冠動脈バイパス術前後での検討——. *核医学* **25**: 413-421, 1988

- 6) Yamada K, Endo S, Fukuda H, et al: Experimental studies on myocardial glucose metabolism of rats with F-18-2-deoxy-D-Glucose. *Eur J Nucl Med* **10**: 341-345, 1985
- 7) Schelbert HR, Henze E, Phelps ME, et al: Assessment of regional myocardial ischemia by positron-emission computed tomography. *Am Heart J* **103**: 588-597, 1982

### Summary

#### PET Assessment of Myocardial Viability with Glucose Loading and Fasting FDG Images

Hiroyuki NIWAYAMA\*, Katsuya YOSHIDA\*, Akihiko KAGAYA\*,  
Toshiharu HIMI\*, Yoshiaki MASUDA\*, Yoshiaki INAGAKI\*, Yutaka ITO\*\*,  
Sadao UEMATSU\*\*, Keiko IMAZEKI\*\*\* and Noboru ARIMIZU\*\*\*

*\*Third Department of Internal Medicine, \*\*Division of Radiology, \*\*\*Department of Radiology,  
Chiba University School of Medicine*

Positron emission tomography (PET) offers the potential capability of evaluating tissue viability. We have studied the changes of myocardial F-18 deoxyglucose (FDG) uptake with glucose loading. In a fasting state (for at least 5 hours) and in a glucose loading state (50 g glucose orally one hour before the study) FDG (74-148 MBq) PET studies were performed for 50-60 minutes in 3 cases. 2 were subjects with anterior myocardial infarction (MI) including one with a ventricular aneurysm (case 1), one with a recent MI (case 2). One was a subject of aortic valvular disease without coronary lesions (case 3). Arterial input function (Ca(t)) and myocardial activity (Cm(t)) were derived from the regions of interest (ROI) on the left atrium and from multiple ROI's circumferentially about the

myocardium. Net extraction, FU (Fractional Uptake) =  $Cm(T) / \int_0^T Ca(t)dt$ , were calculated. Normal segment (N) showed an increase in FU with glucose loading, but the ischemic segment showed no increase (case 1) or a lower increase (case 2) relative to N. This study shows that the increase in FU with glucose loading suggests the persistence of viable myocardium. In conclusion, myocardial viability may be evaluated by comparing FDG images in a glucose loading state with those in a fasting state.

**Key words:** FDG, Positron emission tomography, Glucose loading image, Fasting image, Myocardial viability.