

## 《原 著》

## 冠動脈血行再建術前後における、局所心筋血流量および フルオロデオキシグルコース集積の定量的検討

高橋 晶\* 飯田 秀博\*\* 菅野 巍\*\* 小野 幸彦\*  
 宮戸 文男\*\* 犬上 篤\*\* 村上松太郎\*\* 上村 和夫\*\*  
 佐藤 匠也\*\*\* 阿部 芳久\*\*\* 門脇 謙\*\*\* 熊谷 正之\*\*\*

**要旨** 冠動脈血行再建術を施行した虚血性心疾患患者 5 例に、O-15 標識水および F-18 標識フルオロデオキシグルコースのダイナミック PET を術前と術後に施行し、局所心筋血流量 (MBF)、および空腹時心筋 FDG 集積 (MFU) を定量的に検討した。

血行再建術後の冠動脈造影で開存のあった領域では、MBF が術前の  $0.59 \pm 0.17 \text{ ml}/\text{min/g}$  から術後  $0.77 \pm 0.14 \text{ ml}/\text{min/g}$  と増加 ( $p < 0.05$ )、さらに開存ありの領域に無関係に評価した場合も、MBF は術前の  $0.69 \pm 0.22 \text{ ml}/\text{min/g}$  から術後  $0.83 \pm 0.18 \text{ ml}/\text{min/g}$  と有意に増加した ( $p < 0.05$ )。空腹時 MFU は、開存のありの領域とは無関係に、術前の値が高値な部位ほど術後に低下した ( $p < 0.005$ )。冠動脈血行再建術の効果の目安となる術前後の MFU の有意な低下は、術前 MFU が約 0.03 以上でみられた。

### I. 緒 言

虚血性心疾患に対する治療法の一つとして、冠動脈血行再建術の占める役割は大きい。その手術適応を決定するには、冠動脈造影が施行され、冠動脈病変の状態を把握するとともに、再建術の可能な血管の存在を確認する必要のあることは言うまでもないが、さらに当該冠動脈の支配領域、すなわち虚血に陥った部位の局所心筋の蘇生能を評価することも重要である。このため、左室造影によりその部位の壁運動を検討する観血的方法のほか、非観血的方法として、心エコー法による壁運動の評価、そして核医学的な手法を用いた検索が試みられている。このうち、TI-201などを用いた

SPECT による核医学的方法によって、心機能の予後を推定する試みもなされ、その有用性が示されている。しかし、壁運動や心筋血流の面からのみの検索では、蘇生能の評価という点で未だに問題点も多い。すなわち、虚血部にある、残存心筋の代謝面からのアプローチが必要である。この点に関し、最近本邦でも使用されるようになってきたヨード標識の SPECT 用代謝トレーサーにより、心筋の脂肪酸代謝を画像化することが可能となってきた<sup>1)</sup>が、現在の SPECT では絶対値という意味での定量測定は困難である。

一方、ポジトロン放出核種を用いた心筋 PET が臨床的に使用可能となり、高分解能という条件下で心筋代謝が直接観察され、従来の方法に比べより有力な情報を得られるようになってきた。しかし、これまでの報告では、N-13 標識アンモニアや F-18 標識フルオロデオキシグルコース (FDG) を用いた定性的な測定であり<sup>2)</sup>、虚血域に FDG 集積が認められ、糖代謝の亢進が示されるが故、虚血心筋部位に蘇生能ありと判定されても冠動脈再建術後の心機能改善につながらない場合も報告

\* 秋田県立脳血管研究センター内科

\*\* 同 放射線科

\*\*\* 成人病医療センター循環器科

受付：元年 5 月 10 日

最終稿受付：元年 12 月 25 日

別刷請求先：秋田市千秋久保田町 6-10 (〒010)

秋田県立脳血管研究センター内科学研究部

高 橋 晶

されている<sup>3)</sup>。このようにPETによる心筋血流代謝の検討においても定性的観察では、十分にそれを把握できないいうらみがある。

心筋へのFDG集積をより正確に評価するためには、われわれはこれまで定量的な解析に重点を置いて検討を重ねてきた。今回は、こうした定量的な手法を、冠動脈再建術を施行した症例に応用し、虚血領域において術前術後で循環代謝について検討したので報告する。

## II. 対 象

対象は、虚血性心疾患患者で冠動脈血行再建術を施行され、術前後でPET測定を施行した5例である(Table 1)。年齢は50歳から66歳まで(平均56歳)で全例が男性であった。各症例とも、労作性狭心症を有しており、このうち2例は、前壁中隔の、1例は、側壁の心筋梗塞の既往があった。心筋梗塞例については、発症2~5か月後にPETを施行した(各症例での、発症からPETまでの時間は以下のとくである。No. 678: 2.5か月、No. 777: 2.1か月、No. 867: 4.5か月)。冠動脈血行再建術は、2例で1か所、2例で2か所、1例で3か所の合計9か所に施行された。全例にバイパスグラフト造影が施行され、9バイパスグラフト中9か所(100%)の開存が確認された。術後のPET測定も2~3か月後に施行された。左室造影も全例において施行され、壁運動はAHA分

類に従い、視覚的に判定した。疾患の内訳および罹患冠動脈については、Table 1に示すとおりである。

## III. 方法および解析

装置は、3リング5断層面PET装置HEADTOME III<sup>4)</sup>を用いた。測定は、すべて、午後に行われた。朝食を摂取後、約7~8時間の絶食状態で施行された。糖尿病は認められなかった。患者の食事状態を知る目的で、血中の遊離脂肪酸、インスリンをFDGの静注直前に採血、測定したが、全例で、正常値以上の遊離脂肪酸値と、低インスリンが認められ、十分な空腹状態で測定されたと考えられた。PET測定は、患者を台の上に仰臥位で上肢を挙上した状態とし、γ線の断層面における吸収補正のため、トランスマッショナスキャンを行い、続いて、O-15標識COガスを吸入、心ピールスキャンを施行した。その後、O-15標識水555MBq(15mCi)を肘静脈より瞬時に静注し、約5分間のダイナミックスキャンを施行した<sup>5)</sup>。同時に橈骨動脈に確保した動脈ラインより、5ml/minで持続的に採血し、β検出器で使用核種(O-15)の動脈血中の時間放射能曲線を得た<sup>6)</sup>。さらに約20分後にFDG185~222MBq(5~6mCi)を静注し、約1時間のダイナミックスキャンを施行した。同時に所定の時間スケジュールで経時的に動脈採血し、血漿中の時間放射能曲線を得た。約1時間

Table 1 Subjects list

No.	Name	Age	Sex	Diagnosis	Lesion	Wall motion		Onset to PET (months)
						Pre ope	Post ope	
606	Y.O.	50	M	A.P.	LAD Seg. 6 99%	normal	normal	
636	T.M.	50	M	A.P.	LAD Seg. 7 75%, LCX Seg. 11 99%	normal	normal	
678	T.T.	50	M	R.M.I.	LAD Seg. 7 99%, Seg. 9 90%	seg. 2, 3 hypokinesis	normal	2.5
777	S.K.	66	M	R.M.I.	LCX Seg. 11 99%, RCA Seg. 2 90%	seg. 7 akinesis	normal	2.1
867	S.I.	64	M	R.M.I.	LAD Seg. 6 75%, Seg. 7 99%	seg. 2, 3 hypokinesis	hypokinesis	4.5

A.P.: angina pectoris, R.M.I.: recent myocardial infarction,

LAD: left anterior descending artery, LCX: left circumflex artery

後にスタティックスキャンを施行した。

心筋血流量 (MBF), および心筋 FDG 集積 (Myocardial FDG uptake: MFU), およびこれらの補正のための血液プールは、以上の一連の測定データより計算した。MBF 測定の計算法の詳細についてはすでに報告した Iida らの方法<sup>5,7)</sup>によった。すなわち、関心領域ごとに部分容積効果を補正するための組織含有率 ( $\alpha$ ) を算出、それによって補正された局所 MBF を求めた。心筋の FDG 集積の定量化に当たっては、Camici ら<sup>8)</sup>の用いた FDG uptake index という指標を参考に計算した。すなわち、動脈血漿中 FDG の時間放射能曲線の積分値で心筋組織の FDG のカウント数を除して得られる指標である。さらに、部分容積効果の影響は、FDG 測定でも同等であるとの仮定の下に、前述の MBF 計算時に得られた組織含有率 ( $\alpha$ ) を用いて補正した。

$$MFU = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{C_{FDG} \times 100}{\int_0^t C(p) dt} \quad \dots \dots \dots (1)$$

解析に用いた関心領域は、測定された 5 断層面のうち、左心室のほぼ中央を通る断面上の前壁、中隔、側壁に相当する領域とした。その大きさは直径 32 mm の円形とした。なお、本方法で得ら

れる MBF, MFU は、組織含有率  $\alpha$  で補正されるため、計算値は関心領域の大きさに影響されない<sup>5)</sup>。以上の解析を、各症例の術前と術後で同様に行った。

#### IV. 結 果

冠動脈血行再建術を施行された全例の MBF と MFU は、血行再建術の部位や開存の有無の領域に関係なく全体で評価すると (Tables 2, 3), MBF は、術前の  $0.69 \pm 0.22 \text{ ml}/\text{min}/\text{g}$  から術後の  $0.83 \pm 0.18 \text{ ml}/\text{min}/\text{g}$  と有意に増加した ( $p < 0.05$ )。MFU は、術前の  $0.0334 \pm 0.0135$  から術後の  $0.0298 \pm 0.0109$  と低下傾向を示した。さらに術後の冠動脈造影で開存ありの領域のみで検討すると (Tables 4, 5)，全体で評価した場合と同様に、MBF は、術前の  $0.59 \pm 0.17 \text{ ml}/\text{min}/\text{g}$  から術後の  $0.77 \pm 0.14 \text{ ml}/\text{min}/\text{g}$  へと有意に増加 ( $p < 0.05$ ) したが、MFU は、術前の  $0.0341 \pm 0.0155$  から術後の  $0.0327 \pm 0.0120$  へと低下傾向を示したのみである。

さらに MFU につき、術後と術前の差と術前値の関係を検討した (Fig. 2)。術前の MFU 値が高いものほど術後に低下する傾向がみられた ( $r = 0.695$ ,  $p < 0.005$ )。一方、MBF についても同様に検討すると (Fig. 1) 術前の値が低値な部位ほど術

**Table 2** Myocardial blood flow before and after AC bypass operation

PET No.	Pre ope				Post ope			
	SEP	ANT	LAT	Mean	SEP	ANT	LAT	Mean
606	0.47	0.79	0.84	0.70	0.82	0.81	0.89	0.87
$\alpha$	0.390	0.288	0.293		0.215	0.325	0.348	
636	0.61	0.57	0.60	0.59	0.64	0.82	0.75	0.74
$\alpha$	0.549	0.338	0.388		0.493	0.501	0.451	
678	0.22	0.45	0.85	0.51	0.70	0.86	1.04	0.87
$\alpha$	0.431	0.276	0.279		0.316	0.520	0.403	
777	0.87	1.00	0.69	0.85	1.14	1.06	1.03	1.08
$\alpha$	0.242	0.241	0.265		0.295	0.372	0.388	
867	0.74	0.75	0.75	0.75	0.51	0.76	0.67	0.65
$\alpha$	0.217	0.280	0.309		0.295	0.370	0.501	
Mean	0.58	0.71	0.79	0.69	0.76	0.86	0.88	0.83
$\pm SD$	0.25	0.21	0.17	0.22	0.24	0.12	0.17	0.18

(ml/min/g)

SEP: septum, ANT: anterior wall, LAT: lateral wall, AC bypass: aorto-coronary bypass

Table 3 Myocardial FDG uptake before and after AC bypass operation

PET No.	Pre ope				Post ope			
	SEP	ANT	LAT	Mean	SEP	ANT	LAT	Mean
606	0.0262	0.0253	0.0302	0.0272	0.0478	0.0164	0.0199	0.0280
α	0.390	0.288	0.293		0.215	0.325	0.348	
636	0.0158	0.0246	0.0275	0.0262	0.0275	0.0224	0.0236	0.0245
α	0.549	0.338	0.388		0.493	0.501	0.451	
678	0.0247	0.0510	0.0232	0.0330	0.0293	0.0280	0.0183	0.0252
α	0.431	0.276	0.279		0.316	0.520	0.403	
777	0.0391	0.0439	0.0660	0.0497	0.0301	0.0241	0.0345	0.0296
α	0.242	0.241	0.265		0.295	0.372	0.388	
867	0.0471	0.0326	0.0230	0.0342	0.0532	0.0442	0.0277	0.0417
α	0.217	0.280	0.309		0.295	0.370	0.501	
Mean	0.0306	0.0355	0.0340	0.0334	0.0376	0.0270	0.0248	0.0298
±SD	0.0124	0.0116	0.0188	0.0135	0.0120	0.0105	0.0065	0.0109

ANT: anterior wall, SEP: septum, LAT: lateral wall, AC bypass: aorto-coronary bypass

Table 4 Myocardial blood flow before and after AC bypass operation (in the patent graft regions)

PET No.	Pre ope				Post ope			
	SEP	ANT	LAT	Mean	SEP	ANT	LAT	Mean
606	0.47	0.79	—	0.63	0.82	0.81	—	0.81
α	0.390	0.288	—		0.215	0.325	—	
636	0.61	0.57	0.60	0.59	0.64	0.82	0.75	0.74
α	0.549	0.338	0.388		0.493	0.501	0.451	
678	0.22	0.45	—	0.34	0.70	0.86	—	0.78
α	0.431	0.276	—		0.316	0.520	—	
777	—	—	0.69	0.69	—	—	1.03	1.03
α	—	—	0.265		—	—	0.388	
867	0.74	0.75	—	0.75	0.51	0.76	—	0.64
α	0.217	0.280	—		0.295	0.370	—	
Mean	0.51	0.64	0.65	0.59	0.67	0.81	1.03	0.77
±SD	0.22	0.16	0.06	0.17	0.13	0.04	0.39	0.14

(mL/min/g)

SEP: septum, ANT: anterior wall, LAT: lateral wall, AC bypass: aorto-coronary bypass

後に MBF が改善する傾向がみられた ( $r=0.662$ ,  $p<0.01$ ) が、 MFU の場合よりその相関は低かった。

#### V. 症例呈示

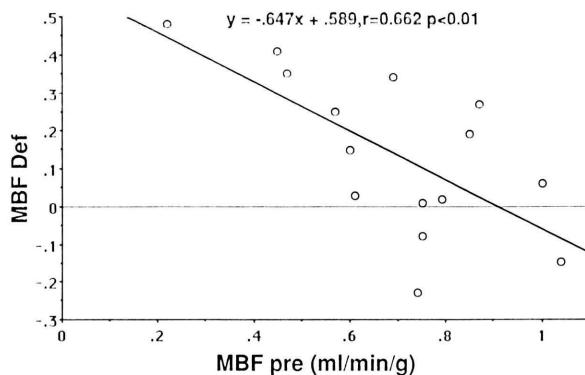
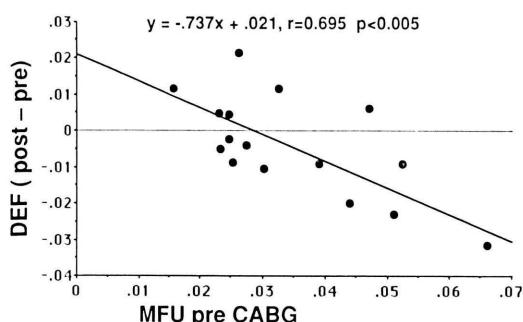
典型的な症例を呈示する (Fig. 3). 症例は66歳、男性、急性心筋梗塞(側壁)発症から約2か月後に心筋 PET が施行された。心筋梗塞発症後3か月後に冠動脈再建術が施行され、その術後2か月目

に心筋 PET が施行された。術前の冠動脈造影では、左回旋枝の起始部に 99%，右冠動脈 Seg. 2 に 90% の狭窄を認める 2 枝病変例であったが、今回の梗塞の責任冠動脈は、回旋枝と考えられ、側壁は壁運動低下を呈していた。術前の PET では側壁での MBF は、0.69 mL/min/g, MFU は 0.066 であったが、術後に同部位の壁運動は正常化し、MBF も、1.03 mL/min/g と改善した。MFU は、0.0345 と低下し正常値に近づいたが、正常者の空

**Table 5** Myocardial FDG uptake before and after AC bypass operation (in the patent graft regions)

PET No.	Pre ope				Post ope			
	SEP	ANT	LAT	Mean	SEP	ANT	LAT	Mean
606	0.0262	0.0253	—	0.0257	0.0478	0.0164	—	0.0321
α	0.390	0.288	—		0.215	0.325	—	
636	0.0158	0.0246	0.0275	0.0226	0.0275	0.0224	0.0236	0.0245
α	0.549	0.338	0.388		0.493	0.501	0.451	
678	0.0247	0.0510	—	0.0378	0.0293	0.0280	—	0.0287
α	0.431	0.276	—		0.316	0.520	—	
777	—	—	0.0660	0.0660	—	—	0.0345	0.0345
α	—	—	0.265		—	—	0.388	
867	0.0471	0.0326	—	0.0398	0.0532	0.0442	—	0.0487
α	0.217	0.280	—		0.295	0.370	—	
Mean	0.0284	0.0334	0.0468	0.0341	0.0394	0.0278	0.0291	0.0327
±SD	0.0133	0.0123	0.0272	0.0155	0.0130	0.0119	0.0077	0.0120

ANT: anterior wall, SEP: septum, LAT: lateral wall, AC bypass: aorto-coronary bypass

**Fig. 1** Correlation between myocardial blood flow (MBF) before aorto-coronary bypass operation (MBF pre) and the change of MBF (MBF Def).**Fig. 2** Correlation between Myocardial Fluoro-deoxyglucose uptake (MFU) before aorto-coronary bypass operation (MFU pre CABG) and the change of DEF (post-pre).

腹時の MFU 値 (0.009–0.0102) までには低下しなかった。

## VI. 考 察

冠動脈血行再建術は、虚血性心疾患の治療法として、PTCA がかなり行われるようになってきた現在でも、重要な位置を占めている。しかし、その手術適応を決めるのに重要な、虚血域の蘇生能の評価には、従来行われてきた核医学的手法や、心エコー図などの方法では、虚血心筋の心筋代謝を評価できない点で不十分な点もあった。ポジトロン放出核種である FDG と PET を用いて、虚

血域の糖代謝を直接的に捉えることが可能になり、虚血心筋の機能回復の予測をたてることが可能となつたが、これまで定性的な測定のため、不十分な評価に至る場合も報告されている<sup>3)</sup>。今回われわれは、Iida らの方法<sup>5)</sup>による定量的 MBF 測定、およびこの方法による組織含有率( $\alpha$ )を用いて、部分容積効果を補正した FDG 集積の定量的測定を、理論的には可能にしたと考えられる<sup>9)</sup>。これらの測定を冠動脈血行再建術前後の症例に応用し、これら的心筋の循環代謝の評価を試みた。

また、心筋における FDG 集積については、従来われわれは Phelps らの脳における糖代謝率モデルを心臓に応用していた<sup>9,10)</sup>が、心筋は、代謝基質として脂肪酸や、アミノ酸も利用しており<sup>11)</sup>、糖質の心筋組織への移行や酸化的リン酸化の過程が脳とは異なることも予想され、糖代謝量として定量するための脳のモデルを直接適用するには無理があった。しかし今回は、心筋への FDG 集積を、総投与量で基準化した糖代謝量とは独立な指標として MFU を求めた。ただし、MFU は、FDG とブドウ糖との挙動の基本的な機序は脳などにおける機序と同じであると考えられるため、心筋のブドウ糖代謝に連動する指標であるといえる。

これまでの FDG に関する研究は、その集積低下と MBF の低下が連動する状態と逆に解離する状態について検討した定性的な報告が主であった<sup>13)</sup>。一方、FDG 集積は、壁運動が冠動脈再建術前後とも dyskinesis を示し、虚血部位における血流増加がみられたにもかかわらず機能的な改善が少ない部位でも認められることが示されている<sup>14)</sup>。また、3 枝病変例のように全体的な MBF の低下がある場合には、定性的な評価では、一見心筋血流が正常パターンに見えても、その部位に FDG が集積するという現象がありうる。さらに、心筋梗塞急性期の冠動脈造影でしばしば観察される自然再疎通時のように、MBF が正常なのに FDG の集積がみられるという状態も報告されている<sup>15)</sup>。このように FDG の集積の程度は心筋の虚血病態の違いを表現し、その意義は、それぞれ

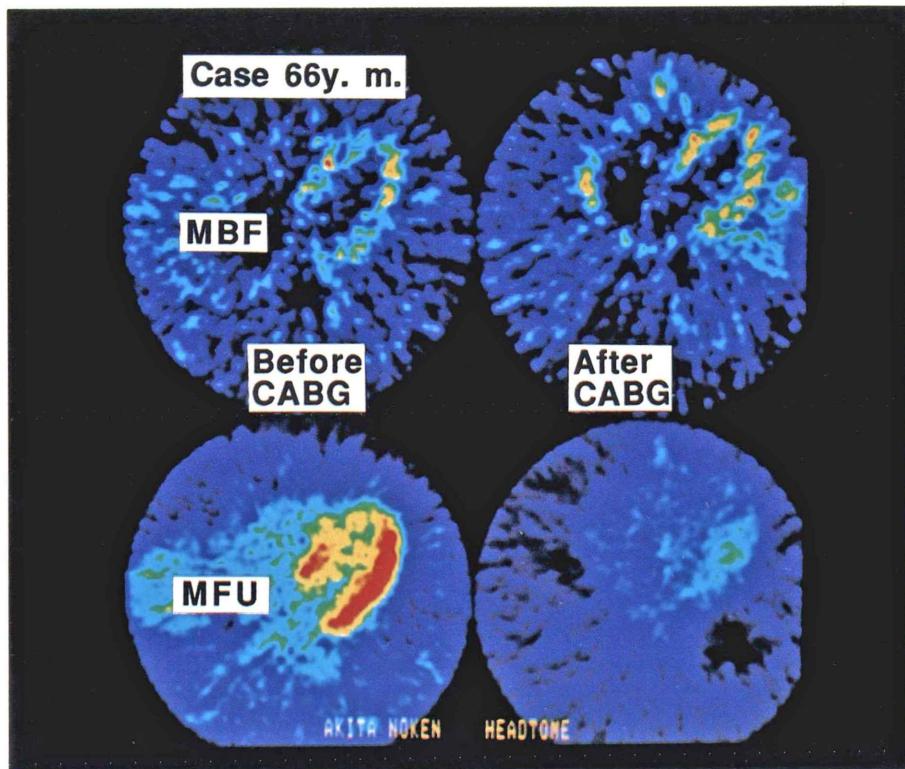
の状態で異なっていると考えられる。しかし、定性的評価では、その差異を十分には検出しない。したがって、これらの評価のためには、FDG 集積を定量化することが不可欠であるといえる。

今回の血行再建術前後の検討で、術前の FDG 集積が高い部位で術後の FDG 集積の低下が示された (Fig. 2)。空腹時 MFU の低下は心筋の代謝基質の正常化を意味しており、血行再建術の効果の判定に用いることが可能である。したがって、梗塞領域であっても MFU がある閾値を超えていれば、心筋の蘇生能が保たれていると考えられた。さらに、このことは逆に、MFU がその閾値以下であれば蘇生能がないことを示唆する。

しかしながら、狭心症例において虚血の程度が軽度である場合には、術前の FDG の集積はあまり高くなかった。しかし、この場合でも、心エコー、左室造影法などの他の診断法では、心筋の蘇生能が失われてはいないと考えられるため、狭心症については FDG の集積低下が蘇生能の低下ということにはならない。術後の検討において、血流が正常になっているのに、FDG の集積低下がみられない例があったのは、手術侵襲の影響と考えた。

以上より、MBF の絶対値や FDG の集積を定量的に測定することにより、手術適応の是否を推定することが可能と考えられる。今回の検討では症例数が不十分であるが、Fig. 2 の回帰曲線より、MFU が約 0.03 以上であれば、手術適応になるであろうといえる。

FDG 画像の相対的な濃淡から評価する従来の定性的な検討では、MBF 低下と FDG 集積の共存する部位を蘇生能ありと判定していたが、このような部位に対して血行再建術を施行しても、機能的改善が得られなかった症例もいくつか報告されている<sup>2)</sup>。今回の結果より、このような部位では FDG 集積が不十分であり、すでに心筋の蘇生能が失われていたためと解釈できる。一方、MBF が血行再建術によって十分に増加しても、FDG 集積が依然として認められる例も存在し、これについて、Braunwald ら<sup>17)</sup>が提唱した myocardial



**Fig. 3** Myocardial blood flow (upper) and Myocardial Fluoro-deoxyglucose uptake (lower) in patient with myocardial infarction (case No. 777). The bypass graft was patient.

stunning の概念などで説明できると考えられる。UCLA グループのイヌを用いた実験<sup>18)</sup>でも、再灌流後、4 週間を経ても、脂肪酸や、糖代謝異常が残っていたと報告している。今回も、時間の経過は長いが、それでもなお FDG 集積の認められる症例が存在した。定量評価によって、このような病態も同様に解釈可能である。また狭心症例のように、長期におよぶ慢性的な虚血状態の持続時に認められる hibernating myocardium の概念<sup>19)</sup>も、定量的な解析が可能である。

今回検討した症例の定量的測定より、FDG 集積の程度に比例した血行再建術による血流増加は、機能回復の面で効果が大きいことが示唆された。よって心筋蘇生能を把握し、さらには虚血心筋の病態把握のために、心筋血流量、心筋 FDG 集積

の定量評価が有用であったことが示された。

ただし、症例数は未だ十分とはいえず、個々の症例でみると、臨床的な経過と必ずしも一致しない領域も存在した。この点については、手術侵襲の影響、すなわち解剖学的位置のずれ、術中の血流遮断の影響などが大きいと考えられた。今後症例を積み重ねて検討したいと考えている。

## VII. まとめ

- 1) 局所心筋血流量、局所心筋 FDG 集積を血行再建術前後で定量的に測定した。
- 2) 心筋血流量は、血行再建術により術前の  $0.69 \pm 0.22 \text{ ml}/\text{min}/\text{g}$  から術後の  $0.85 \pm 0.21 \text{ ml}/\text{min}/\text{g}$  へ有意に増加した。
- 3) 冠動脈血行再建術の効果の目安となる術前後の心筋 FDG 集積 (MFU) の低下は、術前の

MFU 値に比例し、術前 MFU=0.03 以上で術後 MFU の有意な低下がみられた。

謝辞：本研究にあたり、PET 測定にご協力いただいた放射線科医師、研究員、ならびに放射線技師の方々に深謝します。

### 文 献

- 1) 西村恒彦、栗田隆志、大江透、他：心室頻拍を有した心筋梗塞例における I-123 MIBG, Tl-201 心筋シンチグラフィにて欠損像の解離が認められた症例。核医学 **26**: 419-423, 1989
- 2) 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の検討——。核医学 **25**: 413-421, 1988
- 3) 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
- 4) 飯田秀博、菅野巖、三浦修一、他：HEADTOME III の全身用ポジトロンエミッショントモグラフとしての性能評価。核医学 **22**: 521-525, 1985
- 5) Iida H, Kanno I, Takahashi A, et al: Measurement of absolute myocardial blood flow with  $H_2^{15}O$  and dynamic positron emission tomography strategy for quantification in relation to the partial-volume effect. Circulation **78**: 104-115, 1988
- 6) 飯田秀博、菅野巖、三浦修一、他：Positron Emission Tomography における動脈血中  $H_2^{15}O$  濃度持続モニター検出器システムの製作とその臨床利用のための dispersion 補正法および時間軸調製法の開発。核医学 **24**: 1587-1594, 1987
- 7) 高橋晶、小野幸彦、飯田秀博、他：O-15 標識水を用いたダイナミックポジトロン CT による局所心筋血流量と冠動脈病変との対比。核医学 **25**: 647-654, 1988
- 8) Camici P, Araujo LI, Spinks T, et al: Increased up-take of  $^{18}F$ -fluorodeoxyglucose in post-ischemic myocardium of patients with exercise-induced angina. Circulation **74**: 81-88, 1986
- 9) Iida H, Kanno I, Takahashi A, et al: Glucose utilization in ischemic myocardium measured by PET and FDG: an Accurate determination of rate constants corrected for the partial volume effect. J Nucl Med **29**: 783, 1988
- 10) Ratib O, Phelps ME, Huang SC, et al: Positron tomography with deoxyglucose for estimating local myocardial glucose metabolism. J Nucl Med **23**: 577-586, 1982
- 11) 高橋晶、小野幸彦、須藤まさ子、他：虚血心筋における糖代謝の定量的イメージング。J Cardiology **16**: 291-299, 1986
- 12) Opie H: Metabolism of the heart in health and disease. Part I. Am Heart J **76**: 685-698, 1968
- 13) Gambhir SS, Schwaiger M, Huang SC, et al: Simple noninvasive quantification method for measuring myocardial glucose utilization in humans employing positron emission tomography and fluorine-18 deoxyglucose. J Nucl Med **30**: 359-366, 1989
- 14) Marshall RC, Tillish JH, Phelps ME, et al: Identification and differentiation of resting myocardial ischemia and infarction in man with positron computed tomography,  $^{18}F$ -labeled fluorodeoxyglucose and N-13 ammonia. Circulation **67**: 766-778, 1983
- 15) 玉木長良、米倉義晴、千田道雄、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2報)——梗塞心筋部の血流および壁運動との比較検討——。核医学 **24**: 1529-1537, 1987
- 16) 高橋晶、小野幸彦、工藤康嗣、他：一過性に ST 上昇を呈した虚血性心疾患患者の PET による検討。J Cardiology (in press)
- 17) Braunwald E, Kloner RA: The stunned myocardium: prolonged, postischemic ventricular dysfunction. Circulation **66**: 1146-1149, 1982
- 18) Schwaiger M, Schelbert HR, Ellison D, et al: Sustained regional abnormalities in cardiac metabolism after transient ischemia in the chronic dog model. J Am Coll Cardiol **6**: 336-347, 1985
- 19) Rahimtoola SH: The hibernating myocardium. Am Heart J **117**: 211-221, 1989

## Summary

### Quantitative Evaluation of Myocardial Blood Flow and Myocardial Fluoro-deoxyglucose Uptake Determined by PET before and after Aorto-coronary Bypass Operation in Patients with Ischemic Heart Disease

Akira TAKAHASHI\*, Hidehiro IIDA\*\*, Iwao KANNO\*\*, Yukihiko ONO\*, Kazuo UEMURA\*\*, Fumio SHISHIDO\*\*, Atsushi INUGAMI\*\*, Matsutaro MURAKAMI\*\*, Tadayuki SATO\*\*\*, Yoshihisa ABE\*\*\*, Ken KADOWAKI\*\*\* and Tadayuki KUMAGAI\*\*\*

\*Division of Internal Medicine, \*\*Division of Radiology,  
Research Institute of Brain and Blood Vessels-AKITA  
\*\*\*Akita Medical Center

Absolute myocardial blood flow (MBF) and myocardial FDG uptake (MFU) in the fasting state were determined in 5 patients who underwent aorto-coronary bypass operation, using O-15 water, F-18 fluoro-deoxyglucose and dynamic PET before and after the operation. In the patent graft region, MBF was increased from  $0.59 \pm 0.17$  ml/min/g to  $0.77 \pm 0.14$  ml/min/g ( $p < 0.05$ ). Mean MBF was increased from  $0.69 \pm 0.22$  ml/min/g to  $0.83 \pm 0.18$  ml/min/g ( $p < 0.05$ ). MFU in the fasting

state was significantly decreased in high MFU region compared with low MFU region ( $p < 0.005$ ). Quantitative evaluation of MBF and MFU before aorto-coronary bypass operation was quite useful to determine adequate indication of the operation.

**Key words:** Myocardial blood flow, Fluoro-deoxyglucose, Aorto-coronary bypass operation, Ischemic heart disease, Dynamic positron emission tomography.