

ポジトロン CT 診断上の落とし穴：組織内トレーサー量と壁厚の問題

Problems related to tracer concentration and wall thickness: Pitfalls in positron CT diagnosis

氷見 寿治
加賀谷秋彦
吉田 勝哉
諸岡 信裕
渡辺 滋
増田 善昭
稲垣 義明
遠藤 真広*
山崎統四郎*
館野 之男*

Toshiharu HIMI
Akihiko KAGAYA
Katsuya YOSHIDA
Nobuhiro MOROOKA
Shigeru WATANABE
Yoshiaki MASUDA
Yoshiaki INAGAKI
Masahiro ENDO*
Tohshiro YAMAZAKI*
Yukio TATENO*

Summary

Positron emission computed tomography (PET) is regarded an excellent technique for quantitative measurements. However, its accuracy is related to the spatial resolution of the system. The relation between myocardial wall thicknesses as measured by X-ray CT or MRI and the radioactivity as measured using PET was studied in 37 patients.

1. In patients with transmural infarction, the infarcted myocardium was imaged as a region of low radioactivity. However, the myocardium usually exhibited wall thinning, so that partial volume effects must be taken into account in evaluating the radioactivity.

2. In the infarcted regions, the regions of the low radioactivity tended to be larger than those of wall thinning.

3. There were cases with the regional low radioactivity without wall thinning in myocardial infarction and in hypertrophic cardiomyopathy. Because patients with myocardial infarction frequently had regional wall thinning, it seems necessary to correct partial volume effects for the infarcted regions which differ from the normal.

It was concluded that, to estimate regional myocardial blood flow or metabolism using PET, it is necessary to supplement another morphological diagnostic method to evaluate myocardial wall thickness.

千葉大学医学部 第三内科
千葉市玄鼻 1-8-1 (〒280)
*放射線医学総合研究所 臨床研究部

The Third Department of Internal Medicine, Chiba University School of Medicine, Inohana 1-8-1, Chiba 280

*The National Institute of Radiological Sciences

Received for publication January 28, 1987; accepted March 27, 1987 (Ref. No. 32-PS 32)

Key words

Positron computed tomography

Recovery coefficient

Myocardial wall thickness

目 的

ポジトロン CT 検査は, 従来の核医学的検査と比較して, 感度, 分解能ともに優れており, 局所の血流や代謝を定量的に測定することが可能であるとされている. またこの検査によって得られる情報には, 形態的なものと機能的なものと同時に含まれている. 一方, 現在のポジトロン CT 装置の分解能(半値幅)は 5~15 mm 程度であり, 心筋の厚さに対して十分ではなく, 定量的な測定を行うためには, 形態的な情報を考慮する必要があると思われる. そこで我々は 37 症例について, ポジトロン CT 画像におけるトレーサー濃度と, X 線 CT 画像または MRI 画像における心筋壁厚との対比を試みた.

対 象

対象は N-13 アンモニアポジトロン CT 検査とほぼ同時期に X 線 CT または MRI を行った 37 症例で, その内訳は正常 3 例, 貫通性心筋梗塞 10 例, 肥大型心筋症 15 例, 拡張型心筋症 7 例, その他 3 例である (Table 1).

方 法

N-13 アンモニアの静注 5~10 分後に, 全身用多断層ポジトロン CT 装置 POSITOLOGICA-11 を用いて, ポジトロン CT 画像を呼吸および心拍非同期にて 256×256 モードで撮影し, 画像上の半値幅が 11 mm になるように再構成画像を作成した. その画像と GE CT/T8800 を用いた造影非同期 X 線 CT 画像 (2 点分解能 1 mm), またはピッカー製超伝導 MRI 装置を用いた心拍同期 MR 画像 (2 点分解能 2 mm) とを, 壁厚と放射能濃度の関係について, 半値幅による recovery coefficient の問題を考慮して比較した.

Table 1. Study subjects

	Men	Women	Total
Normal	2	1	3
Myocardial infarction	9	1	10
Hypertrophic cardiomyopathy	12	3	15
Dilated cardiomyopathy	7	0	7
Others	1	1	2
Total	31	6	37

結 果**1. Recovery coefficient**

半値幅 1.1 cm の装置を使用して厚さ d の板状線源を仮定したとき, 線源の中心から X cm 離れた部分の recovery coefficient (RC) を近似計算より求め, Fig. 1-a に示した. またその時, 線源の中央に一辺 a cm の関心領域 (ROI) を取ったとき, その ROI 内の RC を Fig. 1-b に示した.

これより明らかなように, 壁厚が 10 mm のときにその中央に 5×5 mm の ROI を設定した場合は, この領域の放射能濃度のカウントは真のカウントの約 68% となり, 壁厚が 5 mm のときには真のカウントの約 38% に過ぎず, 壁厚 2.2 cm 以下の例の放射能濃度は過小評価されるため, 壁厚による補正が必要である.

2. 臨床応用

対象とした 37 症例について造影 X 線 CT 上の左室壁厚をみると, 正常例では壁厚は約 0.9 cm でほぼ一様の厚さを示していた. 一方, 心筋梗塞例では梗塞部位の菲薄化をみる例が大部分であり, この部の N-13 アンモニアの低集積を認めた (Fig. 2, Fig. 3). しかし梗塞部の小さい例, 急性期の梗塞の例では必ずしも壁の菲薄化のない例もあった (Fig. 4). また肥大型心筋症では全体の壁厚の増加をみたが, 多くの例では特に中隔にその傾向が大であった. これらの例ではポジトロン

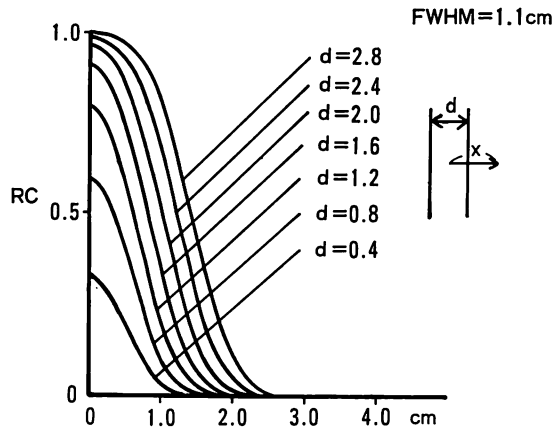


Fig. 1 a. Theoretical recovery coefficients (RC) by various thicknesses of bar phantoms (d cm) and various distances (x cm) from their centers in 1.1 cm full-width half maximum (FWHM) images.

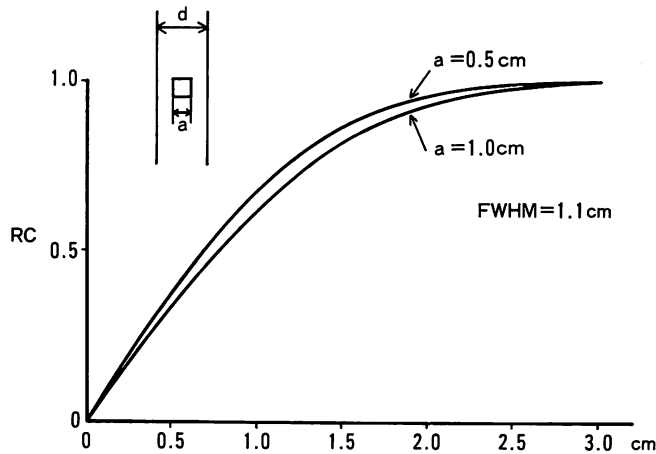


Fig. 1 b. Theoretical RC of 0.5×0.5 cm and 1.0×1.0 cm regions of interest (ROI) at the centers of various thickness bar phantoms in 1.1 cm FWHM images.

CT 像も肥厚を示し、明らかな低集積部位を認めないのが普通であったが、症例によっては中隔の N-13 アンモニアの低集積をみる場合もあった (Fig. 5)。この場合は中隔は十分に厚いので、局所血流の低下が集積低下の唯一の原因と考えられた。

以上のように、ポジトロン CT 画像において

局所的なトレーサー集積の異常を認めるときには、その部分に壁厚の異常がある場合が多い。そこで前述の Fig. 1 を利用し、局所的な集積低下を認めた症例において、異常部の壁厚による部分容積効果を補正した場合に、異常部のカウントが健全と思われる部分のカウントの何%になるかを計算してみた (Table 2)。この表で示されるよう

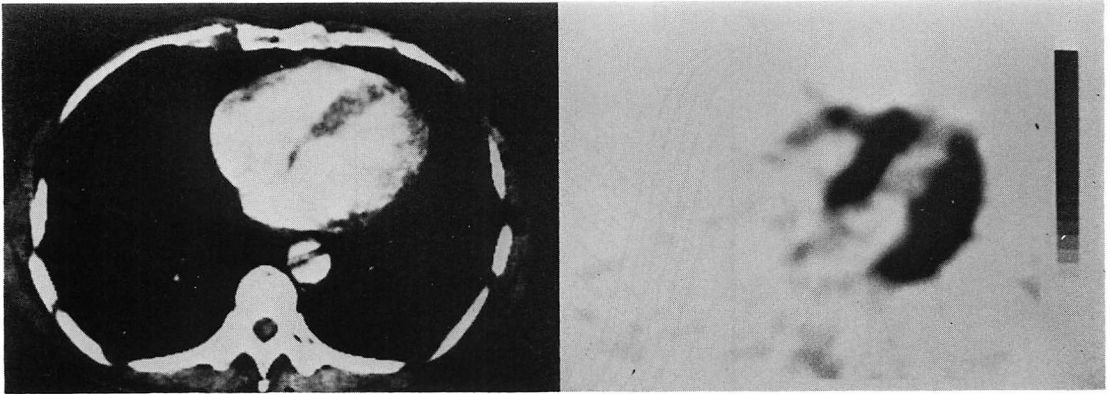


Fig. 2. Enhanced CT image and PET image of a case of old anterior myocardial infarction.

In the enhanced X-ray CT image, the anterior wall of the myocardium is thin and in the PET image of the same region is shown as a low radioactivity area.

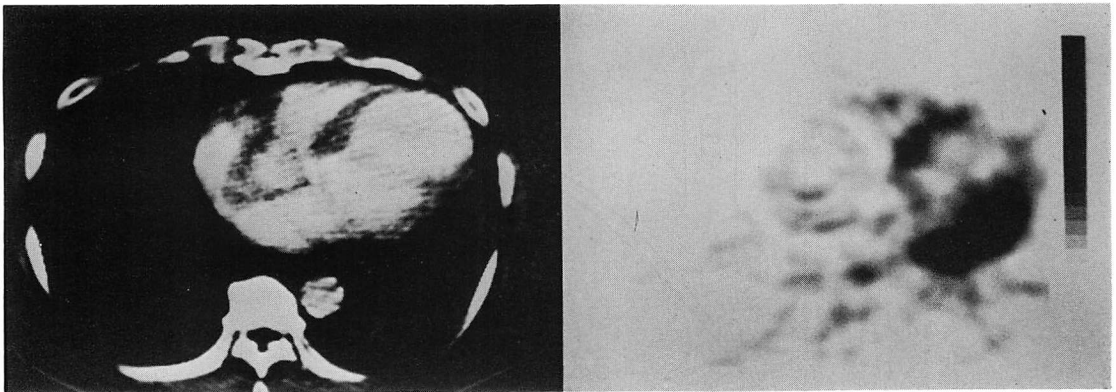


Fig. 3. Enhanced CT image and PET image of a case of extensive anterior infarction with a ventricular aneurysm.

In the enhanced X-ray CT image, the anterior wall is very thin, and the PET image of the region shows a defect.

に陳旧性心筋梗塞例では梗塞部の壁厚が4~12 mmであり、その部分は画像上では菲薄化がなかった場合のカウントの31~92%に表現されており、局所的な部分容積効果の影響を受けていると考えられた。一方、肥大型心筋症例では壁厚が26~28 mmと厚く、低集積部における部分容積効果は無視できた。

考 按

ポジトロン CT を用いた心筋の局所血流等の定量化を困難とするものには、心筋壁厚による部分容積効果^{1,2)}、血液プールと心筋の混じり合い³⁾、心の収縮および呼吸による運動^{4,5)}、装置の高計数率特性等がある。今回はこれらのなかで心筋の厚さによる部分容積効果について検討を加えた。

諸岡ら⁶⁾は心拍非同期 X 線 CT 像より左室壁

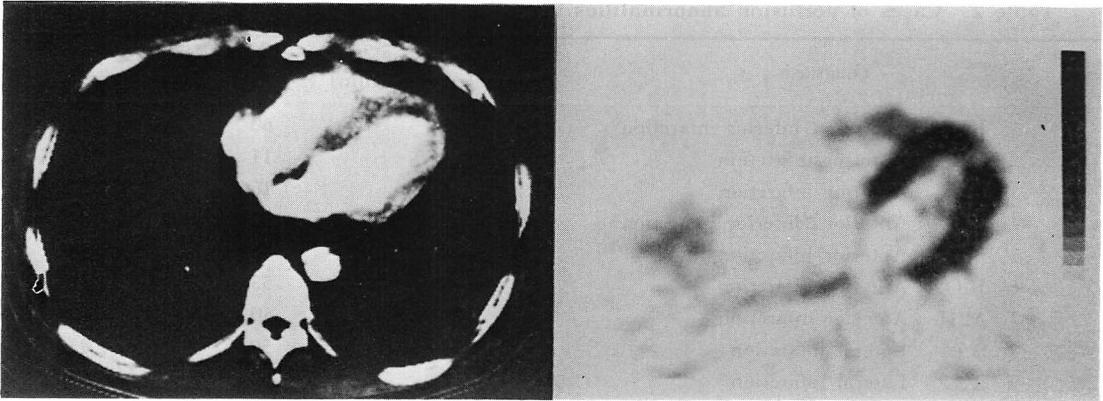


Fig. 4. Enhanced CT image and PET image of a case of acute anterior infarction.

In the enhanced X-ray CT image, a filling defect is shown, but wall thinning is not observed. In the PET image, radioactivity in the anterior wall is low.

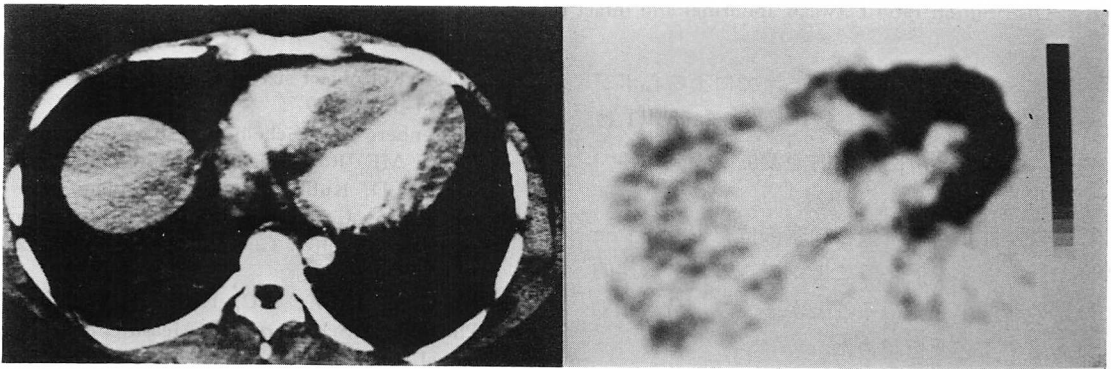


Fig. 5. Enhanced CT image and PET image of a case of hypertrophic cardiomyopathy.

In the image of enhanced X-ray CT, hypertrophic septum is shown but in PET image septum is shown as low radioactivity region.

厚を測定し、慢性期の前壁中隔梗塞においては平均中隔壁厚 9.0 mm, 平均前壁厚 6.3 mm, 平均後側壁厚 10.0 mm であったと報告している。このとき半値幅 11 mm のポジトロン CT 装置では、中隔および前壁部では部分容積効果のために、実際のカウンターのそれぞれ 63%, 47%, 68% の濃度として表示され、適切な補正を行わない場合は、梗塞部の血流や代謝を実際よりも低く評価する危険性がある。

一方、肥大型心筋症のような病態で、心筋壁厚がポジトロン CT 装置の半値幅の 2 倍以上の厚

さである場合は、RC は約 1.0 になるため、壁厚によるカウンターの補正を必要としない。したがって、ポジトロン CT を用いて心筋の局所血流や代謝を定量的に評価する際には、他の形態学的診断法を併用し、局所の壁厚をあらかじめ知り、それに対する補正を行う必要があると思われた。

要 約

ポジトロン CT は定量性に優れた検査法であるが、その定量性は装置の空間分解能の影響を受けることを考慮しなければならない。本研究では

Table 2. Cases of perfusion abnormalities in PET images

Case No.	Diagnosis	Wall thickness of abnormal region (mm)	A (%)	B (%)
1	K.T. Anterior & inferior infarction	5	60	96
2	E.T. Anterior infarction	4	11	36
3	I.N. Anterior infarction	4	16	34
4	T.T. Anterior & inferior infarction	7	52	84
5	S.U. Anterior infarction	8	46	58
6	R.O. Anterior infarction	6	53	71
7	M.H. Anterior infarction	7	50	66
8	S.I. Lateral infarction	7	59	83
9	T.I. Lateral infarction	11	55	62
10	M.K. Acute anterior infarction	12	58	60
11	K.T. Hypertrophic cardiomyopathy	28	54	53
12	I.N. Hypertrophic cardiomyopathy	26	73	74

A: Distribution ratio between abnormal and intact regions before correction for RC (recovery coefficient)

B: Distribution ratio between abnormal and intact regions after correction for RC

37 症例について, N-13 アンモニアによる心ポジトロン CT 画像と, X 線 CT 像または MRI において, その壁厚計測と放射能濃度との関係について検討した。

1. 貫壁性心筋梗塞では梗塞部位をトレーサー濃度の低下として捉えることができるが, 形態的には壁の菲薄化を認めることが多く, 部分容積効果を考慮する必要を認めた。

2. 梗塞部位では菲薄化している範囲よりも, 集積低下を来している範囲の方が広い傾向を認めた。

3. 壁の菲薄化を認めずに集積低下をきたしている例があった。

以上より, 心筋梗塞では局所の壁の菲薄化を伴うことが多く, その部位では健全な部位とは異った部分容積効果の補正が必要になり, ポジトロン CT 法によって局所心筋の血流や代謝を評価するためには, 他の形態学的診断法を併用することが必要であると思われる。

文 献

1) Hoffman EJ, Huang S-C, Phelps ME: Quantification in positron emission computed tomography:

1. Effect of object size. *J Comput Assist Tomogr* 3: 299-308, 1979

2) Weisenberg G, Schelbert HR, Hoffman EJ, Phelps ME, Robinson GD, Selin CE, Child J, Skorton D, Kuhl DE: In vivo quantitation of regional myocardial blood flow by positron-emission tomography. *Circulation* 63: 1248-1258, 1981

3) Henze E, Huang S-C, Ratib O, Hoffman E, Phelps ME, Schelbert HR: Measurements of regional tissue and blood pool radiotracer concentration from serial tomographic images of the heart. *J Nucl Med* 24: 987-996, 1983

4) Parodi O, Schelbert HR, Schwaiger M, Hnsen H, Selin C, Hoffman EJ: Cardiac emission computed tomography: Underestimation of regional tracer concentration due to wall motion abnormalities. *J Comput Assist Tomogr* 8: 1083-1092, 1984

5) Ter-pogossian MM, Bergman SR, Sobel BE: Influence of cardiac and respiratory motion on tomographic reconstructions of the heart: Implications for quantitative nuclear cardiology. *J Comput Assist Tomogr* 6: 1148-1155, 1982

6) Morooka N, Yamada Z, Shukuya M, Masuda Y, Inagaki Y, Yoshida H, Nakamura M, Tsunoda K, Nakanishi N: Usefulness of contrast enhanced cardiac computed tomography in myocardial infarction. *J Cardiogr* 12: 359-369, 1982 (in Japanese)