

運動負荷／安静 ^{99m}Tc -tetrofosmin 心筋 SPECT を用いた 冠血流予備能指標の算出

木下 法之* 杉原 洋樹** 中村 智樹* 伊藤 一貴*
東 秋弘* 前田 知穂** 中川 雅夫*

要旨 安静時に対する運動負荷時の ^{99m}Tc -tetrofosmin (TF) 心筋摂取の変化率を 1 日法にて算出する方法を考案し、冠血流予備能指標としての可能性を検討した。正常 15 例を対象として、最大運動負荷時に TF 370 MBq を静注し、30 分後 (TF1)、3 時間後 (TF2) に撮像した。TF2 撮像後 TF 740 MBq を静注し、30 分後に撮像 (TF3) した。TF1、TF2、TF3 の心筋カウントを各々 C1、C2、C3 とし、運動負荷時の安静時に対する TF 心筋摂取の変化率 (Δ MTU: Δ myocardial tetrofosmin uptake) を次式より算出した。 Δ MTU = $\{[C1/(C3-C2)] \times R - 1\} \times 100$ (%) (R: 投与量比) 正常 15 例の心全体の Δ MTU は $57.8 \pm 9.9\%$ であった。 Δ MTU と運動時の最大心拍数および double product は粗な正相関を示した。安静時と運動負荷時で TF の extraction fraction が変化しないと仮定すると、 Δ MTU は安静時に対する運動負荷時の冠血流量／心拍出量の変化率に相当すると考えられる。 Δ MTU は、冠血流予備能に相当する指標となり得ることが示唆された。

(核医学 34: 45-48, 1997)

I. はじめに

^{99m}Tc -tetrofosmin は、 ^{201}Tl に比し高画質の心筋イメージングが得られ、ファーストパス法や心電図同期 SPECT により心機能の観察も可能である。しかし、心筋虚血の検出に際し、 ^{201}Tl のように washout rate を利用できない¹⁾ ため多枝病変の検出率が低下する可能性がある。今回、安静時に対する運動負荷時の ^{99m}Tc -tetrofosmin 心筋摂取の変化率を算出する方法を検討し、冠血流予備能の指標となるかを考案した。

II. 対 象

軽度心電図異常および非定型狭心症様症状にて当科受診し、安静時および運動負荷心電図、断層心エコー図、運動負荷 ^{99m}Tc -tetrofosmin 心筋 SPECT、心臓カテーテル検査の諸検査にて正常と判定された 15 例を対象とした。男性 7 例、女性 8 例で平均年齢 57.8 ± 8.4 歳 (31~71 歳) であり、高血圧および糖尿病を有する例はなかった。

III. 方 法

1. プロトコール

座位自転車型エルゴメータにて多段階運動負荷を施行し、最大運動負荷時に ^{99m}Tc -tetrofosmin 370 MBq を静注し、同程度の負荷を 1 分 30 秒間持続した。ミルク 200 ml を経口投与し、静注 30 分後より運動負荷時 SPECT 像 (TF1)、180 分後に遅延 SPECT 像 (TF2) を撮像した。TF2 撮像後に ^{99m}Tc -tetrofosmin 740 MBq を静注し、再度ミルク

* 京都府立医科大学第二内科

** 同 放射線科

受付: 8 年 10 月 30 日

最終稿受付: 8 年 12 月 17 日

別刷請求先: 京都市上京区河原町通広小路 上ル

梶井町 465 (☎ 602)

京都府立医科大学第二内科

木 下 法 之

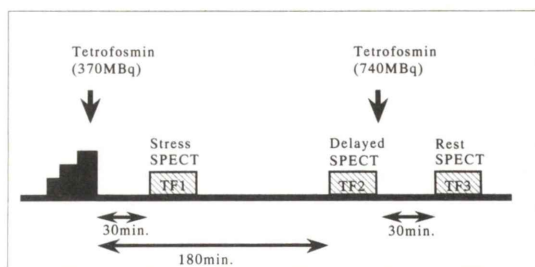


Fig. 1 Schema of examination protocol.

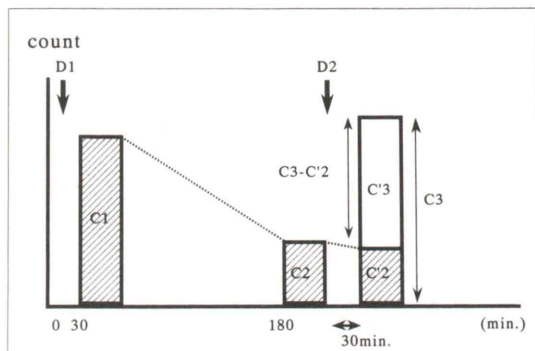


Fig. 2 Calculation of the rate of change of myocardial tetrofosmin counts. The myocardial tetrofosmin counts on exercise (early), exercise (delayed) and rest images were calculated C1, C2 and C3, respectively. The physical decay-corrected counts of delayed image were defined C'2. The counts of real rest image (C'3) were defined as (C3 - C'2). Therefore, the rate of change of myocardial tetrofosmin uptake of exercise to rest (Δ MTU) was determined with the following manner. Calculated as Δ MTU = $\{(C1/C'3) \times R - 1\} \times 100$ (%), where $R = D1/D2$, $C'3 = C3 - C'2$, D1 = the first dosage of ^{99m}Tc -tetrofosmin, D2 = the second dosage of ^{99m}Tc -tetrofosmin

ク 200 ml を経口投与したのち再静注 30 分後より安静時像 (TF3) を撮像した (Fig. 1). SPECT 撮像には, PICKER 社製二検出器型ガンマカメラ PRISM2000XP または, 東芝 GCA901A を用いた.

2. ^{99m}Tc -tetrofosmin 心筋摂取変化率 (Δ myocardial tetrofosmin uptake [Δ MTU]) の算出
TF1, TF2, TF3 の ^{99m}Tc -tetrofosmin 心筋カウント数を各々 C1, C2, C3 とし, TF2 と TF3 の撮像間隔により C2 を ^{99m}Tc -tetrofosmin の物理学

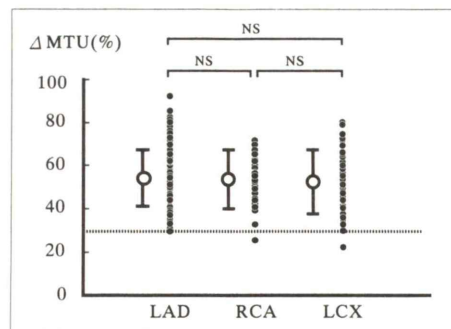


Fig. 3 Regional change of Δ MTU in left anterior descending coronary artery, left circumflex coronary artery and right coronary artery segments.

的半減期にて補正したものを C'2 とすると, 真の安静時心筋カウント C'3 は, (C3 - C'2) で近似される (Fig. 2). 運動負荷時および安静時の ^{99m}Tc -tetrofosmin の投与量にて補正することにより安静時に対する運動負荷時の ^{99m}Tc -tetrofosmin 心筋摂取の変化率 (Δ MTU) を次式より算出した.

$$\Delta \text{ MTU} = \{(C1/C'3) \times R - 1\} \times 100 (\%)$$

R: 安静時 ^{99m}Tc -tetrofosmin 投与量 / 運動負荷時 ^{99m}Tc -tetrofosmin 投与量

$$C'3 = C3 - C'2$$

運動負荷時および安静時の ^{99m}Tc -tetrofosmin の投与量比は, 投与前後の注射器をキュリーメータで測定し正味の投与量を求め算出した. TF1, TF2, TF3 の各 SPECT 短軸像を Bull's eye 表示し, 心全体および 16 分割したそれぞれの領域の心筋カウントより Δ MTU を計測し算出した. ただし, 心尖部については測定誤差が大きいと考え, 今回の検討から削除し, 左前下行枝, 左回旋枝, 右冠動脈の支配領域を設定した. 心全体および各々の領域の Δ MTU と最大運動負荷時の心拍数, double product の関連を検討した.

IV. 結 果

(1) 正常 15 名の最大運動負荷時の心拍数は, 111 ~ 178/分であり, double product は $1.9 \sim 3.4 \times 10^4$ (mmHg/min) であった.

(2) 心筋全体の Δ MTU は, $57.8 \pm 9.9\%$ であっ

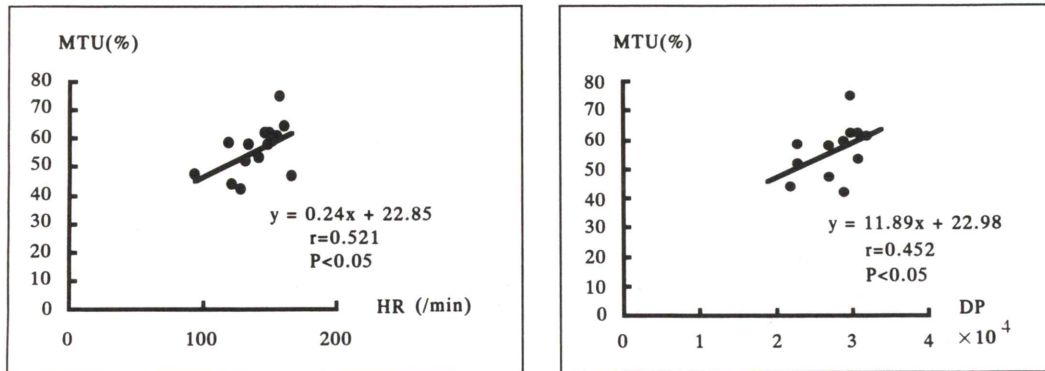


Fig. 4 Correlation between Δ MTU and maximal heart rates and double product.

た。また、左前下行枝、左回旋枝、右冠動脈の支配領域における Δ MTU は、それぞれ $56.5 \pm 12.3\%$, $56.0 \pm 11.4\%$, $53.8 \pm 12.7\%$ で差を認めなかった (Fig. 3)。

(3) 最大運動負荷時の心拍数, double product と Δ MTU とは、それぞれ正相関を示した (Fig. 4)。

(4) 最大運動負荷時の心拍数が 120/分以上の症例 (14 例) では、心全体の Δ MTU は全例が 30% 以上を示し、各領域の Δ MTU は 240 領域中 235 領域 (97.9%) で 30% 以上を示した。

(5) 労作性狭心症の 1 例 (運動負荷時最大心拍数 128/分) における虚血領域の Δ MTU は、30% 未満であった (Fig. 5)。

V. 考 案

運動負荷 ^{99m}Tc -tetrofosmin 心筋 SPECT による冠動脈狭窄の検出率は、運動負荷 ^{201}Tl 心筋 SPECT と同等であるとされる^{2,3)}。運動負荷 ^{201}Tl 心筋 SPECT における washout rate の計測は、虚血を検出する補助情報となり、特に三枝病変の検出に有用である^{4,5)}。しかし、運動負荷 ^{99m}Tc -tetrofosmin 心筋 SPECT では、washout rate を虚血の検出に利用できない¹⁾ことが欠点である。washout rate に代わる新たな指標の確立が望まれるが、今回 ^{99m}Tc -tetrofosmin を運動負荷時と安静時の 2 回静注することを利用し、安静時に対する運動負荷時の ^{99m}Tc -tetrofosmin 心筋摂取変化率 (Δ MTU) を算出し検討した。 ^{99m}Tc -tetrofosmin 心筋 SPECT の検査

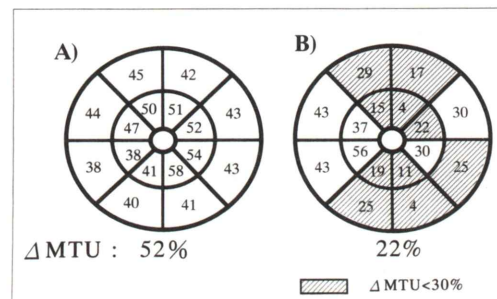


Fig. 5 Δ MTU map of normal and coronary artery disease cases. A) Δ MTU of a 55 year-old male with normal coronary arteries. B) Δ MTU of a 55 year-old male with angina pectoris. The patient had double vessel disease (#1: 100%, #9: 90%).

法としては、一日法と二日法がある⁶⁾が、煩雑であることから一日法で施行されることが多い。そこで、一日法による Δ MTU の解析法を考案し、正常者を中心とした対象で検討した。 ^{99m}Tc -tetrofosmin の心筋内動態は不明な点が多く、再分布や逆再分布を示す例があることから、一日法における安静時の ^{99m}Tc -tetrofosmin 心筋カウントの算出に際し、初期像を物理学的半減期にて補正し subtraction するには問題があると考え、二回目の ^{99m}Tc -tetrofosmin 静注直前に遅延像を撮像し subtraction する方法を考案した。3 回 SPECT を撮影する必要があるが、運動負荷 ^{201}Tl 心筋 SPECT で、初期像、後期像、再静注像を撮像することを考えると許容範囲の方法と考えた。 ^{99m}Tc -

tetrofosmin の心筋摂取は、一定範囲内では血流に比例すると報告⁷⁾されており、運動負荷時の心筋での extraction fraction が変化しないと仮定すれば、 Δ MTU は、運動時の安静時に対する心筋血流分布の変化率を表し、冠血流量/心拍出量の運動負荷時の変化率に相当する指標と考えられる。今回基礎的検討として算出した正常例の Δ MTU は $57.8 \pm 9.9\%$ であったが、 Δ MTU を評価する場合、運動負荷量を考慮する必要があると考えられた。1 例提示したように虚血領域の Δ MTU は正常領域に比べ低下を示し、本法による Δ MTU の算出は虚血性心疾患の冠循環動態の評価に有用である可能性が示唆された。

文 献

- 1) 井上優介, 町田喜久雄, 本田憲業, 間宮敏雄, 高橋 卓, 釜野 剛, 他: ^{99m}Tc -Tetrofosmin の洗出しの検討. 核医学 30: 313-316, 1993
- 2) 西村恒彦, 延吉正清: ^{99m}Tc -tetrofosmin を用いた心筋 SPECT の臨床応用——全国多施設による共同研究——. 核医学 32: 1007-1021, 1995
- 3) 小林秀樹, 河口正雄, 岡 俊明, 井上征治, 半田 淳, 浅野竜太, 他: ^{99m}Tc -tetrofosmin 運動負荷心筋シンチグラフィを用いた心筋 viability の評価——再静注 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィとの比較——. 核医学 32: 367-375, 1995
- 4) Maddahi J, Garica EV, Berman DS, Waxman A, Swan HJC, Forrester J: Improved noninvasive assessment of coronary artery disease by quantitative analysis of regional stress myocardial distribution and washout of thallium-201. Circulation 64: 924-935, 1981
- 5) Massie BM, Hollenberg M, Wisneski JA, Go M, Gertz EW, Henderson S: Scintigraphic quantification of myocardial ischemia: a new approach. Circulation 68: 747-755, 1983
- 6) 橋本 順, 久保敦司, 中村佳代子, 三宮敏和, 岩永史郎, 宇野恵子, 他: ^{99m}Tc -tetrofosmin 同日 2 回投与法における検査プロトコルの検討. 核医学 30: 1191-1201, 1993
- 7) Platts EA, North TL, Pickett RD, Kelly JD: Mechanism of uptake of technetium-tetrofosmin. I: Uptake into isolated adult rat ventricular myocytes and subcellular localization. J Nucl Cardiol 2: 317-326, 1995

Summary

A Calculation of an Index of the Coronary Flow Reserve Using Exercise and Rest Myocardial SPECT with ^{99m}Tc -Tetrofosmin

Noriyuki KINOSHITA*, Hiroki SUGIHARA**, Tomoki NAKAMURA*, Kazuki ITO*, Akihiro AZUMA*, Tomoho MAEDA** and Masao NAKAGAWA*

*Second Department of Medicine, Kyoto Prefectural University of Medicine

**Department of Radiology, Kyoto Prefectural University of Medicine

We designed a new method to evaluate the rate of change of myocardial ^{99m}Tc -tetrofosmin (TF) uptake between exercise and rest images with a 1-day protocol. Fifteen normal cases were studied. A 370 MBq of TF was injected at peak exercise. Initial (TF1) and delayed (TF2) exercise SPECT images were acquired 30 min and 3 hr after the injection. A 740 MBq of TF was reinjected soon after TF2 acquisition, and rest SPECT images (TF3) were obtained 30 min after the reinjection. Myocardial counts of TF1, TF2 and TF3 were defined C1, C2 and C3 respectively. Then, the rate of change of myocardial TF uptake between exercise and rest (Δ MTU: Δ myocardial TF uptake) was deter-

mined by the following formula.

Δ MTU = $\{[C1/(C3 - C2)] \times R - 1\} \times 100$ (%) (R: dose ratio). Δ MTU was $57.8 \pm 9.9\%$ in normal cases and roughly correlated with maximal heart rates and double product. If the extraction fraction of TF is not changed under the exercise and resting condition, Δ MTU may have some relation with the coronary flow/cardiac output ratio at exercise. In conclusion, Δ MTU is a useful index to evaluate coronary flow reserve non-invasively.

Key words: ^{99m}Tc -tetrofosmin, Myocardial SPECT, Coronary flow reserve.