

# 原著 TEW 法を用いた 2 核種同時収集法による心筋 SPECT の画像評価 —ファントーム実験と臨床例の比較—

大西 範生<sup>1)</sup> 北村 弘樹<sup>1)</sup> 稗田 雅司<sup>1)</sup> 城野 良三<sup>1)</sup>  
松田 克彦<sup>2)</sup> 福居 壽人<sup>2)</sup> 真貝 勝<sup>2)</sup> 宮 恵子<sup>3)</sup>

- 1) 小松島赤十字病院 放射線科  
2) 小松島赤十字病院 放射線科部  
3) 小松島赤十字病院 内科

## 要 旨

近年開発された Triple Energy Window 法 (TEW 法) は、2 核種同時収集法による SPECT において問題となる散乱線 (クロストーク) の補正法として評価の高い方法である。TEW 法を用いた<sup>201</sup>Tl と<sup>123</sup>I の 2 核種同時収集心筋 SPECT と、従来行われてきた単核種収集心筋 SPECT の画像の違いを、ファントームと臨床症例について比較検討した。検討項目は、定量的評価としての心筋部位別の%up-take と、SPECT 像の視覚的評価である。心筋ファントームでは、両者の心筋部位別の%up-take に大きな差はなく、SPECT の視覚的評価も同等であったが、臨床例では、2 核種同時収集において<sup>201</sup>Tl、<sup>123</sup>I ともに、中隔下壁の%up-take が低値を示し、視覚評価でも単核種収集 SPECT に比べて不均一性が目立った。TEW 法を用いた 2 核種同時収集心筋 SPECT の読影に際しては、このような傾向を理解した上で行わなければならない。

キーワード：2 核種同時収集、TEW 法、心筋 SPECT

## はじめに

核医学検査においては、投与された放射性医薬品の種類により、その医薬品に特有な機能情報を含んだ画像を提供する。従って、血流や代謝といった 2 種類の情報を得るには異なる放射性医薬品を用いて、2 度の検査を行う必要があったが、近年のコンピュータシステムの発達により 2 核種同時収集が可能になった。この方法は、エネルギーピークの異なる 2 核種を同時に投与して 2 種類の画像を位置ずれのない同一画面上に表示できる有効な手法であり、1 日で 2 種類の検査ができることから検査時間の短縮もできるという利点がある。その一方、異なるエネルギーから生じる散乱線の影響、いわゆるクロストークによる画像の劣化や定量性の低下が問題であり、より正確な検査のためには散乱補正が不可欠な要素となっている。3 年前、当院に導入された 3 検出器 SPECT 装置 GCA9300A/DI には、散乱線補正に有用な Triple Energy Window 法 (以下 TEW 法) が装備されている。前巻において松田ら

は、<sup>201</sup>Tl 心筋 SPECT においては TEW 法を使用することにより、コントラストが良くなることを報告した<sup>1)</sup>。今回は、当院においてよく行われている 2 種類の心筋 SPECT、すなわち<sup>201</sup>Tl による心筋血流画像と<sup>123</sup>I-MIBG による交感神経機能画像あるいは<sup>123</sup>I-BMIPP による心筋脂肪酸代謝画像の組み合わせの TEW 法を使用した 2 核種同時収集心筋 SPECT 画像を評価する目的で、従来の単核種収集による心筋 SPECT 像との違いを、ファントームと臨床例で比較検討した。なお以下の本文中、2 核種同時収集と表記したものはすべて TEW 法を使用したもの、単核種収集と表記したものは TEW 法を使用していないものである。

## 方 法

### (1) 使用ファントーム

心臓ファントーム RH-2 型を用い、以下の濃度のファントームを作成した。欠損を前壁と下壁に設置した。

- (a) <sup>123</sup>I が心筋集積率 2 % となるファントーム

(b)  $^{201}\text{Tl}$  が心筋集積率4.5%となるファントーム  
これらは集積良好な正常心筋群としてのモデルである。

(2) 臨床症例 (糖尿病患者)

- (a)  $^{201}\text{Tl}$  単核種収集の心筋 SPECT
- (b)  $^{123}\text{I-MIBG}$  (あるいは BMIPP) 単核種収集の心筋 SPECT
- (c) TEW を使用した  $^{201}\text{Tl}$  と  $^{123}\text{I-MIBG}$  (あるいは BMIPP) の 2 核種同時収集心筋 SPECT

この 3 種類の検査をすべて行った正常心筋と考えられた症例

(3) データ収集と解析

収集マトリックス:  $64 \times 64$

収集モード: (1)は step 6度 で360度(2)は continuous、3度毎のサンプリング360度

フィルター: ButterWorth, order 8、cut off 0.28 cycle/pixel、および Ramp

- (a) 単核種収集による  $^{201}\text{Tl}$  SPECT 像
- (b) 単核種収集による  $^{123}\text{I}$  SPECT 像
- (c) 2 核種同時収集による  $^{201}\text{Tl}$  SPECT 像
- (d) 2 核種同時収集による  $^{123}\text{I}$  SPECT 像

この 4 種類の画像を作成し、コントラストや均一性などを視覚的に評価した。定量的評価として、projection 画像上の最高カウントを100とし、それに対するカウントの比率 (%up-take) を12分割した領域ごとに算出した (図1)。次いで 2 核種収集と単核種収集での %up-take の差を心筋各部位すなわち前壁、中隔、側壁、下壁について比較した。

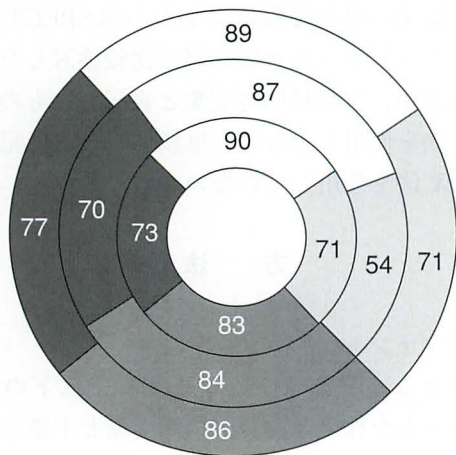


図1 部位別%up-take

結 果

(1) 心筋ファントーム SPECT の%up-take

図2は単核種収集および2核種収集 $^{201}\text{Tl}$  SPECTの部位別の%up-takeである。各部位における%up-takeに明らかな差はない。図3は単核種収集および2核種収集 $^{123}\text{I}$  SPECTの部位別の%up-takeである。 $^{201}\text{Tl}$ と同様に各部位の%up-takeに明らかな差はない。

(2) 心筋ファントーム SPECT 像の視覚的評価

$^{201}\text{Tl}$  SPECTの短軸断層像の比較では、単核種収集と2核種収集で欠損の見え方や集積の均一性に明らかな違いは認められない(図4)。 $^{123}\text{I}$  SPECTの短軸断層像の比較では、2核種収集の方がやや集積が少ない印象だが大きな差はない(図5)。

(3) 臨床症例心筋 SPECT の%up-take

正常心筋の症例での%up-takeでは、 $^{201}\text{Tl}$ 、 $^{123}\text{I-MIBG}$  (BMIPP)とも2核種収集SPECTが単核種収集

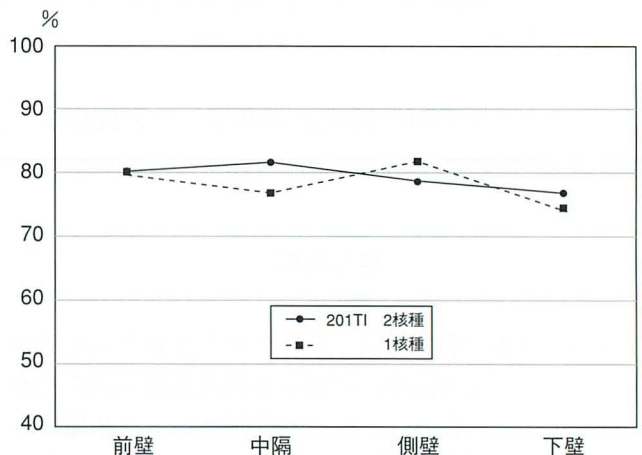


図2 ファントームの TI-201部位別%up-take

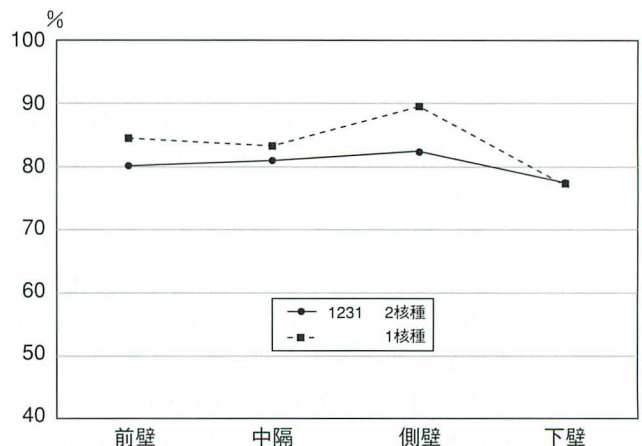


図3 ファントームの I-123部位別%up-take



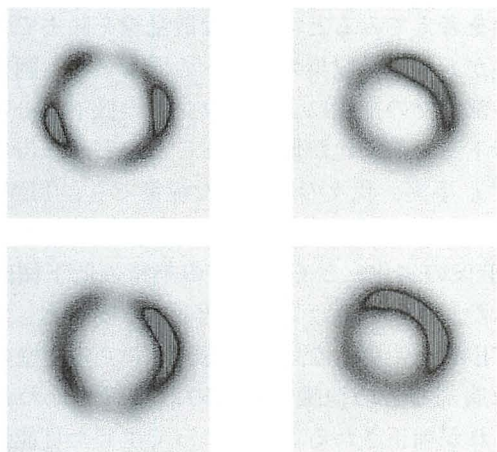


図4 ファントームの TI-201短軸断層像  
 上段：2核種収集  
 下段：単核種収集

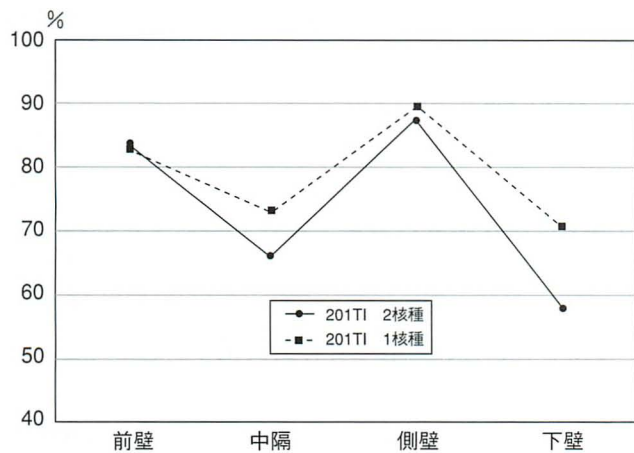


図6 正常症例の TI-201部位別%up-take

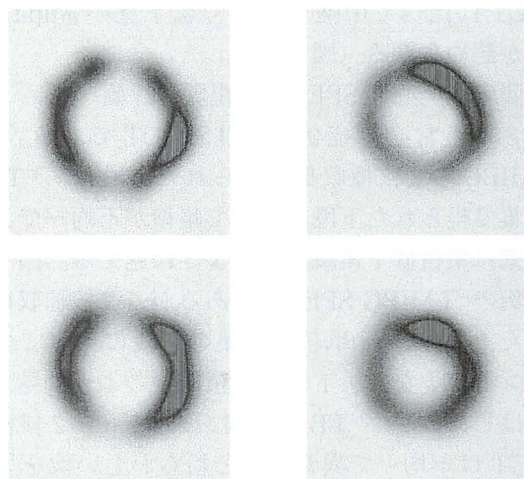


図5 ファントームの I-123MIBG 短軸断層像  
 上段：2核種収集  
 下段：単核種収集

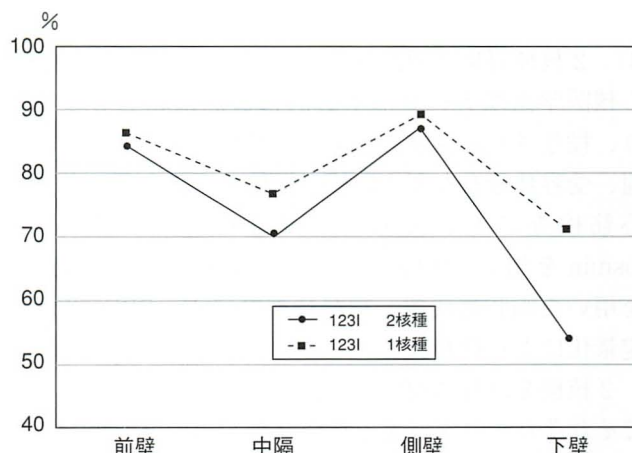


図7 正常症例の I-123部位別%up-take

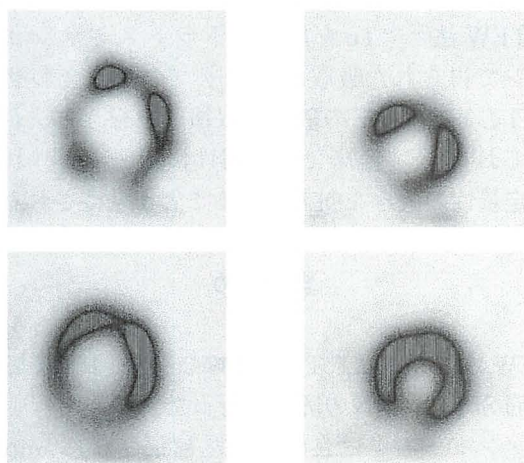


図8 正常症例の TI-201短軸断層像  
 上段：2核種収集  
 下段：単核種収集

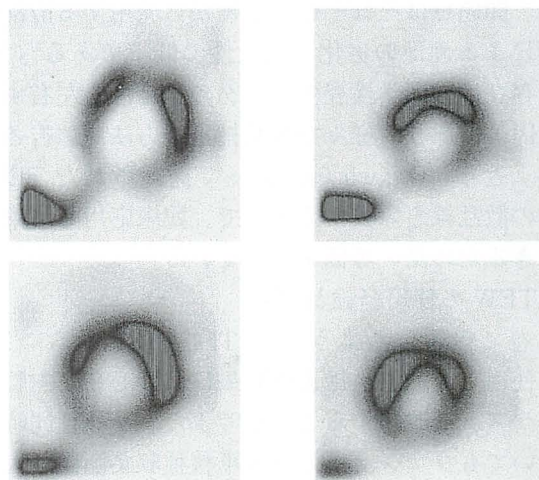


図9 正常症例の I-123MIBG 短軸断層像  
 上段：2核種収集  
 下段：単核種収集

SPECT に比べて中隔下壁とくに下壁の%up-take の低下が認められる (図6、7)。

#### (4) 臨床症例心筋 SPECT の視覚的評価

図8は正常心筋症例の<sup>201</sup>Tl SPECT である。<sup>201</sup>Tl と<sup>123</sup>I-MIBG の2核種収集で得られた上段は、<sup>201</sup>Tl 単核種収集で得られた下段に比べて集積が不均一で、前壁や下壁に集積低下領域があるように見える。図9は同じ症例の<sup>123</sup>I-MIBG SPECT であるが、2核種収集で得られた上段は、<sup>123</sup>I 単核種収集の下段に比べて全体にカウントが少なく、下壁は集積低下のように見える。提示はしないが、<sup>123</sup>I-BMIPP においても、2核種収集 SPECT は不均一で異常所見と紛らわしい像を呈する傾向であった。

## 考 察

### (1) 2核種収集と散乱線

核医学画像データは本質的に機能情報をもっており、投与された放射性医薬品の種類により、血流や代謝、受容体分布などの情報を提供することができる。心筋検査においても<sup>201</sup>Tl や<sup>99m</sup>Tc-MIBI、<sup>99m</sup>Tc-tetrofosmin を用いた血流の情報、<sup>123</sup>I-BMIPP、<sup>123</sup>I-MIBG を用いた脂肪酸代謝、神経機能評価が、SPECT 像や定量化により行われている。

2核種を同時に投与して、その2核種の光電ピークでそれぞれデータ収集を行い2種類の画像を表示できる2核種同時収集法は、ずれのない同一断層像を得ることが可能で、検査時間の短縮ができるという利点がある。問題点はそれぞれの核種から発生する散乱線の影響による画像の劣化と定量化の低下である<sup>2)</sup>。散乱線の存在は核医学検査のデータの正確性を左右する重要な因子であり、様々な散乱補正の方法が報告されてきた。近年、Ogawaらによって提案されたTEW法はこの散乱線を除去する方法で、臨床応用も簡単に施行できるため高い評価を受けている<sup>3-5)</sup>。

### (2) TEW の使用経験と限界

前巻で報告したように<sup>1)</sup>、<sup>201</sup>Tl 心筋 SPECT に TEW 法を使用した結果、補正の効果により心筋と内腔のコントラストを改善することができた。2核種同時収集においてもファントーム上は単核種収集画像と大差はなく、十分に補正が行われていることがうかがえた。この結果からは相互の散乱線の影響、クロストークが補正されることで、血流測定や重量測定などの定量化

の改善が期待される。しかしながら、人体の解剖学的複雑性を考えてみると完全には散乱線を除去できない可能性があり、総収集カウントの低下による画像の劣化、各部位での補正によるカウントの低下が一定でないため下壁対前壁比が低下することなどが報告されている<sup>4-6)</sup>。事実、我々の経験した症例でも、TEW 法を用いた2核種同時収集法ではカウントの低下による SPECT 像の劣化、とくに下壁の集積の低下傾向が認められた。下壁のカウントが低下する要因として、従来の TEW を使用しない心筋 SPECT での下壁のカウントは腹部などの他臓器からの散乱線で補われており、これが補正されることによって生じた可能性がある。従ってこれまでの正常パターンに基づく読影を変化させなければならない。具体的には、正常であっても集積は不均一で、小範囲の集積低下像を呈する場合があること、<sup>123</sup>I-MIBG SPECT では下壁中隔の集積低下所見を読み過ぎないことなどである。

### (3) 今後の展望

散乱線補正法である TEW 法を使用することにより、見ためのコントラストは改善されたが、カウントの減少に伴う画質の劣化や定量性の低下が問題である。実用的な対処としては、TEW 法を使用する場合は核種の投与量を増やすか、収集時間の延長が考えられるが、経済性、患者の身体的負担の問題がある。技術的には、人体は複雑な散乱体を有しているため、もうひとつの重要な因子である身体の深部での吸収補正も考える必要がある。以前から吸収散乱補正に関しては、様々な方法が提唱されてきたが<sup>7-8)</sup>、心筋 SPECT については吸収補正を行わないのが通常であった。最近、TEW 法と<sup>99m</sup>Tc を用いたトランスミッションスキャンで得られた吸収係数マップの組み合わせにより<sup>201</sup>Tl 心筋 SPECT の散乱吸収補正を行う方法が報告されており<sup>9-10)</sup>、臨床での実用性に問題がなければ画質や定量性の大きな向上となることが期待される。

## ま と め

TEW 法を用いた<sup>201</sup>Tl と<sup>123</sup>I の2核種同時収集による心筋 SPECT 画像の評価を行った。

ファントーム上は良好に散乱補正された%up-take と SPECT 画像を提供するが、臨床例においては単核種収集 SPECT 像と比べて、下壁中隔の%up-take が低下し不均一な集積を示す傾向があった。2核種同時



収集心筋 SPECT を読影する際にはこのような特徴を理解しておくことが肝要である。

## 文 献

- 1) 松田克彦, 福居壽人, 真貝 勝, 他: 当院での<sup>201</sup>Tl 心筋 SPECT シンチにおける収集エネルギーの検討. 小松島赤十字病院医誌 5 : 51-54, 2000
- 2) 三枝健二, 福士政広, 加藤 洋, 他: <sup>201</sup>Tl と <sup>123</sup>I の同時投与における Cross Talk. Radioisotope 40 : 231-239, 1991
- 3) Ogawa K, Harada Y, Ichikawa T, et al: A Practical method for position dependent Compton scatter correction in SPECT. IEE E Trans Med Imag 10 : 408-412, 1991
- 4) 相川良人, 新井誉夫, 小泉 潔, 他: 2 核種同時収集法における TEW 法の有用性. 山梨核医学診療会記録集 22 : 1-5, 1995
- 5) 市原 隆, 尾川浩一, 久保敦司: Triple Energy Window (TEW 法) を用いた 1 核種及び 2 核種 SPECT のためのコンプトン散乱線補正. 日放技誌 50 : 2007-2017, 1994
- 6) 中島憲一, 松平正道, 山田正人, 他: Triple Energy Window 法による散乱線補正が心筋 SPECT の定量に及ぼす影響および 2 核種収集への応用. 核医学 32 : 959-967, 1995
- 7) 尾川浩一, 小野時成, 篠原広行, 他: SPECT 画像の散乱, 吸収補正についての比較—シミュレーションによる検討—核医学 37 : 131-142, 2000
- 8) 橋本 順, 三宮敏和, 久保敦司, 他: 吸収補正による脳 SPECT の定量化—トランスミッション, エミッションデータの別収集法と同時収集法の比較—. 核医学 32 : 1369-1374, 1995
- 9) Ficaro EP, Fessler JA, Ackermann RJ: Simultaneous transmission-emission thallium-201 cardiac SPECT: Effect of attenuation correction on myocardial tracer distribution. J Nucl Med 36 : 921-931, 1995
- 10) 橋本 順, 三宮敏和, 小笠原克彦, 他: 散乱, 吸収補正による心筋 SPECT の定量化. 核医学 33 : 1015-1019, 1996

---

## Evaluation of Dual-Energy Myocardial SPECT with the Simultaneous Acquisition Using the TEW Method —Comparison between phantom experiment and clinical cases—

Norio OHNISHI<sup>1)</sup>, Hiroki KITAMURA<sup>1)</sup>, Masashi HIETA<sup>1)</sup>, Ryozo SHIRONO<sup>1)</sup>, Katsuhiko MATSUDA<sup>2)</sup>  
Toshihito FUKUI<sup>2)</sup>, Masaru SHINGAI<sup>2)</sup>, Keiko MIYA<sup>3)</sup>

- 1) Division of Radiology, Komatsushima Red Cross Hospital
- 2) Division of Radiology, Komatsushima Red Cross Hospital
- 3) Division of Internal Medicine, Komatsushima Red Cross Hospital

The Triple Energy Window method (TEW method) developed recently is highly estimated as a method to correct scattering radiation (cross talk), which raises a problem in SPECT with the simultaneous acquisition. We comparatively examined the difference between the images obtained by the myocardial SPECT with simultaneous acquisition of <sup>201</sup>Tl and <sup>123</sup>I using the TEW method and those obtained by the conventional myocardial SPECT with the single energy acquisition with respect to phantom and clinical cases. The examination parameters were %up take taken as the quantitative evaluation with respect to the myocardial region and visual evaluation of SPECT images. While there was not a big difference in %up take with respect to the myocardial region and visual evaluation of SPECT was similar in the myocardial phantom, the %up takes of both <sup>201</sup>Tl and <sup>123</sup>I were lower in the septal and inferior wall with the simultaneous dual-energy acquisition and the SPECT images obtained by this method were not uniform compared to those obtained with the single-energy acquisition. We must understand such tendencies when we read the myocardial

SPECT images with the simultaneous acquisition using the TEW method.

Key words : simultaneous acquisition, TEW method, myocardial SPECT

Komatushima Red Cross Hospital Medical Journal 6 : 13-18, 2001

---