

《原 著》

多施設共同研究による ^{201}Tl 心筋 SPECT における 吸収散乱補正の臨床的有用性の検討

富口 静二*1 汲田伸一郎*2 橋本 順*3 井上登美夫*4
野村 新之*5 江本 順一*6 中嶋 憲一*7 西村 恒彦*8

要旨 ^{201}Tl 心筋 SPECT における吸収散乱補正の臨床的有用性を検討する目的で、多施設共同研究により散乱線補正を加えた transmission 法による吸収補正を施行した。

対象は、冠動脈に有意な狭窄を認めない正常 26 例および冠動脈病変を認める虚血性心疾患 38 例（うち心筋梗塞 26 例）である。

正常例では、吸収の影響により、男性では下後壁の集積低下が女性より高度で、女性では心基部前壁の集積が男性より低かった。吸収散乱補正により ^{201}Tl 心筋分布の性差は消失し、男性および女性ともに分布は均一となった。また冠動脈病変診断能に関しては、右冠動脈領域では、sensitivity および specificity ともに改善し、specificity の改善は有意であった。左回旋枝領域では sensitivity の改善を認めた。左前下行枝領域では sensitivity の向上は認めたものの、specificity は低下した。しかし、この specificity の低下は統計学的には有意ではなかった。

結論として ^{201}Tl 心筋 SPECT における吸収散乱補正は、正常例では性差なく均一な局所分布が得られ、冠動脈病変診断能に関しては左前下行枝領域で specificity が低下するものの、従来診断能の低かった右冠動脈や左回旋枝領域で診断能の改善を認め、臨床的に有用と思われた。

(核医学 39: 37-46, 2002)

I. はじめに

^{201}Tl 心筋 SPECT 像の画質を劣化させる主な要因としては、体内での吸収（減弱）、散乱線、低空

間分解能による部分容積効果があげられる。このような要因は、画質の劣化とともに再構成像のアーチファクトの原因にもなっている。吸収は最も重要な要因で、吸収によるアーチファクトとしては、男性では横隔膜による下壁のカウント低下、女性では乳房による前壁のカウント低下が起こり、同部位の偽陽性所見の原因になっている¹⁻³⁾。したがって吸収補正の目的は、吸収によるアーチファクトを改善し specificity を向上させることである。吸収補正の方法としては様々なものがあるが、胸郭の場合、空気から骨まで様々な減弱係数を持った組織が不均等に分布しており、また個体差も大きいので、その補正のためには transmission computed tomography (TCT) を施行し、個人およびスライス毎の減弱補正係数マップ

*1 熊本大学医学部附属病院放射線科

*2 日本医科大学医学部放射線科

*3 慶應義塾大学医学部放射線科

*4 群馬大学医学部核医学科

*5 三重大学医学部放射線科

*6 半田市立半田病院放射線科

*7 金沢大学医学部核医学科

*8 京都府立医科大学医学部放射線科

受付：13 年 8 月 1 日

最終稿受付：13 年 11 月 1 日

別刷請求先：熊本市本荘 1-1-1 (☎ 860-8556)

熊本大学医学部附属病院放射線科

富口 静二

E-mail: seiji@kaiju.medic.kumamoto-u.ac.jp

を作る必要がある。吸収補正はこのように TCT を通常の SPECT 検査に加えることで可能となった¹⁻¹⁰⁾。しかし、正確な減弱補正係数を算出するためには、TCT のデータに散乱線補正を加える必要がある。本研究の目的は虚血性心疾患を対象として、負荷 ²⁰¹Tl 心筋 SPECT において、病変診断能を吸収散乱補正の有無で比較し、吸収散乱補正の病変診断能における臨床的有用性および問題点を明らかにすることである。なお、本稿は日本核医学会 SPECT 定量ワーキンググループの全国 6 施設の参加のもとに実施した成績をまとめたものである (Table 1)。

II. 対 象

本研究の参加について文書による同意が得られた 64 例、冠動脈に有意狭窄を認めない健康成人 26 例および責任冠動脈に有意狭窄を認める虚血性心疾患 38 例 (心筋梗塞 26 例、狭心症 12 例) である。

1) 選択基準

以下の基準を満たす者を本試験の対象とする。

1. 年齢：特に制限しない。
2. 正常群：冠動脈に有意狭窄を認めない。
3. 患者群：心筋虚血による臨床症状を呈した患者
 - a) 責任冠動脈に閉塞または 75% 以上の狭窄を認めること
 - b) PTCR, PTCA, CABG が初回検査時は未施行であること

2) 除外条件

次の条件の少なくとも一つに該当する者は、本試験の対象としない。

1. 妊婦または妊娠している可能性のある婦人ならびに授乳中の婦人
2. 重篤な合併症を有する患者
3. 冠攣縮を有する患者
4. その他、担当医が対象として不適当と判断した患者

Table 1 Multi-center trial sites

施設名	所属科名	担当者名
熊本大学附属病院	放射線科	富口 静二
慶應義塾大学病院	放射線科	橋本 順
日本医科大学病院	放射線科	汲田伸一郎
群馬大学附属病院	核医学科	井上登美夫
三重大学附属病院	放射線科	野村 新之
半田市立半田病院	放射線科	江本 順一

III. 方 法

検査方法：

負荷心筋シンチにおいては、原則として負荷は運動負荷とし、心電図、血圧をモニターし、最大負荷時に ²⁰¹Tl 111 MBq 静注し、負荷を静注後 1 分継続した。負荷時 SPECT は静注後 5-10 分後より開始し、遅延像は 3-4 時間後に撮像した。

装置および撮像法：

使用装置は東芝社製 GCA7200 または Picker 社製 prism 3000 を使用し、TCT および emission computed tomography (ECT) は同時収集法で施行し、TEW 法またはこれに準ずる方法で散乱線補正を施行した。以下に詳細な撮像条件を示す。

a. 東芝社製 GCA7200

TCT 線源には Sheet line source を用い TCT 核種には ^{99m}Tc 740-1110 MBq (20-30 mCi) を使用した。コリメータは低エネルギー汎用コリメータを使用した。TCT データは一検出器に Sheet line source を装着し、対向する検出器で収集し、ECT データは両検出器で収集した。エネルギーウィンドウは ²⁰¹Tl についてはメインピーク 70 keV、ウィンドウ 20%、^{99m}Tc についてはメインピーク 140 keV、ウィンドウ 20% とし、それぞれのメインピークに対し 7% のサブウィンドウをメインピークの両側に設定し、6 ウィンドウでデータ収集を行った。収集条件は Step and shoot mode により 128 × 128 マトリックス、360 度 60 方向で、一方向 20-30 秒で収集した。TCT データでは、プロジェクションデータを Butterworth フィルター (order 8.0, cutoff 0.14) 処理、および TEW 法による散乱線補正後に、ブランクデータで補正し吸収

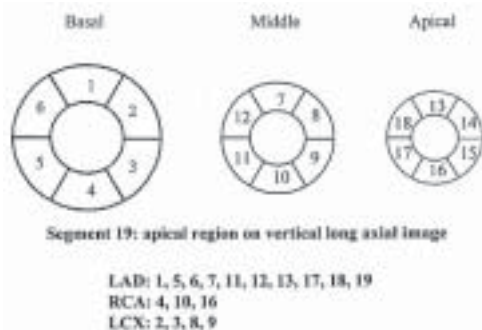


Fig. 1 Segments evaluated by visual assessment. Each short axial view of basal, middle and apical region was divided into 6 segments. Apical region (segment 19) was evaluated on vertical long axial view.

補正マップを作成した。再構成には filtered back projection 法で、Ramp filter を用いた。ECT データについては、Sheet line source を装着している検出器のデータを Sheet line source 像をサブトラクションすることにより、2 検出器分のプロジェクションデータを作成し、TCT と同様の方法で再構成像を作成した。作成した再構成像は散乱線補正像と吸収散乱線補正像で、吸収補正には TCT 像より作成した吸収補正マップを用い Chang の逐次近似法により逐次近似回数 1 回で再構成した。

本法は、正常 9 例、心筋梗塞 20 例、狭心症 5 例の 34 例に施行した。

b. Picker 社製 prism 3000

TCT 線源には line source を用い TCT 核種には $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 555 MBq (15 mCi) を使用した。コリメータは心臓用のファンビームコリメータを使用した。TCT データは line source に対向する検出器で収集し、ECT データは 3 検出器で収集した。エネルギーウィンドウは ^{201}Tl についてはメインピーク 74 keV、ウィンドウ 35%、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ についてはメインピーク 140 keV、ウィンドウ 15% とし、 ^{201}Tl のメインピークに対しサブウィンドウを 53 keV を中心に 7% のウィンドウと 92 keV 中心で 4% ウィンドウでメインピークの両側に設定し、4 ウィンドウでデータ収集を行った。収集条件は continuous mode により 64×64 マトリックス、360

度 120 方向で、一方向 10 秒で収集した。再構成は TCT データおよび ECT データとともに逐次近似法を用い、TCT データには Maximum-likelihood expectation-maximization (ML-EM) を用いて近似回数 20 回で再構成し、ECT データは ordered subset expectation-maximization (OSEM) 法を用いて逐次回数 4 回で、散乱線および吸収補正を行った。作成した再構成像は散乱線補正なし像と吸収散乱線補正像である。

本法は、正常 17 例、心筋梗塞 6 例、狭心症 7 例の 30 例に施行した。

評価方法：

多施設による本臨床試験の結果を統一的な基準で客観的に評価するために判定委員 4 名にて視覚評価をした。視覚評価は 4 名の合意により行い、短軸像で心基部より、中央部、心尖寄りの 3 スライスを選択し、それぞれを 6 セグメントにわけ、局所集積を評価した (Fig. 1)。心尖部 (セグメント 19) に関しては、正中垂直長軸断像にて評価した。局所集積はスコアにより評価し、スコアは正常 0、軽度低下 1、中等度低下 2、高度低下 3、欠損 4 とした。冠動脈病変診断においては、異常値は、各セグメントの正常例での平均スコアおよび標準偏差を算出し、平均スコアより 2SD 以下のスコアを異常スコアとして判定した。なお、心尖部よりの短軸像における側壁部 (セグメント 14, 15) は前下行枝または回旋枝の支配領域である可能性があるため、評価より除外した。

検討項目：

1) 正常例における吸収散乱補正による局所の ^{201}Tl 分布に及ぼす影響を視覚的評価により検討した。

2) 負荷心筋シンチにおいて、虚血部位の診断能を吸収散乱補正による向上を認めるかどうか視覚的評価法を用い検討する。

統計：

正常例の ^{201}Tl 局所分布の検討には、各セグメントのスコアを用い、仮説値を 0 とし一標本符号検定を施行した。 ^{201}Tl 局所分布の性差につい

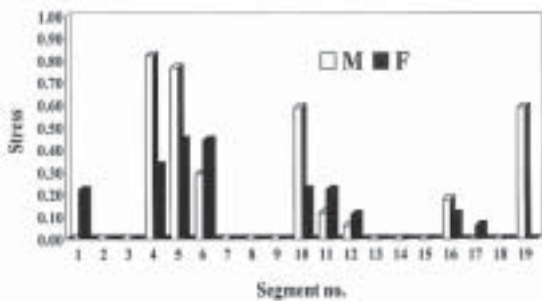


Fig. 2 Mean scores in each segment on noncorrected stress images in normal male and female. Higher mean score was observed in anterobasal region in female and inferoposterior region in male.

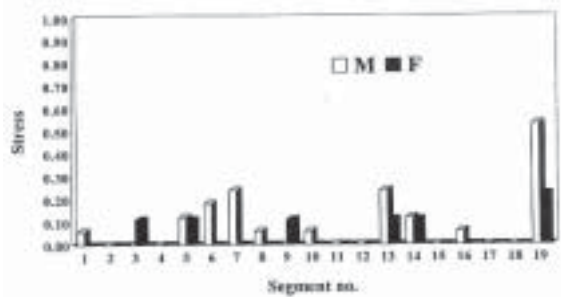


Fig. 3 Mean scores in each segment on scatter and attenuation corrected stress images in normal male and female. Lower mean scores were obtained with scatter and attenuation correction than those without correction. However, higher mean scores were observed in segment 19.

Table 2 Comparison of diagnostic performance between SAC and NC images by visual analysis

	LAD		RCA		LCX	
	NC	SAC	NC	SAC	NC	SAC
Sensitivity	22/29 (76%)	23/29 (79%)	17/24 (71%)	19/24 (79%)	15/25 (60%)	19/25 (76%)
Specificity	32/35 (91%)	27/35 (77%)	28/40 (70%)*	34/40 (85%)*	37/39 (95%)	37/39 (95%)
Accuracy	54/64 (84%)	50/64 (78%)	45/64 (70%)*	53/64 (83%)*	52/64 (81%)	56/64 (88%)

SAC: attenuation and scatter corrected, NC: uncorrected, LAD: left anterior descending artery, RCA: right coronary artery, LCX: left circumflex artery. *: statistically significant ($p < 0.05$).

Table 3 Comparison of diagnostic performance between SAC and NC images by visual analysis (prism 3000)

	LAD		RCA		LCX	
	NC	SAC	NC	SAC	NC	SAC
Sensitivity	6/8 (75%)	8/8 (100%)	3/6 (50%)	5/6 (83%)	5/8 (63%)	7/8 (88%)
Specificity	19/22 (86%)	16/22 (73%)	17/24 (71%)*	21/24 (88%)*	20/22 (91%)	21/22 (95%)
Accuracy	25/30 (83%)	24/30 (80%)	20/30 (66%)	26/30 (87%)	25/30 (84%)	28/30 (93%)

SAC: attenuation and scatter corrected, NC: uncorrected, LAD: left anterior descending artery, RCA: right coronary artery, LCX: left circumflex artery. *: statistically significant ($p < 0.05$).

ては、正常男性および女性の各セグメントにおけるスコアを Mann-Whitney の U 検定を用い検討した。また、sensitivity および specificity の吸収散乱補正前後での有意差検定には、カイ 2 乗検定 (MacNemar 検定) を用いた。有意差はすべて $p < 0.05$ とした。

IV. 結 果

正常例の ^{201}Tl 局所分布の検討では、女性では吸収散乱補正しない場合に心基部前壁 (セグメント 1)、心室中隔 (セグメント 5)、後下壁 (セグメント 4, 10) でスコアが大きく、同部のカウント低下の傾向を認めるも、各セグメントのスコアに統

Table 4 Comparison of diagnostic performance between SAC and NC images by visual analysis (GCA-7200)

	LAD		RCA		LCX	
	NC	SAC	NC	SAC	NC	SAC
Sensitivity	16/21 (76%)	15/21 (71%)	14/18 (78%)	14/18 (78%)	10/17 (59%)	12/17 (71%)
Specificity	13/13 (100%)	11/13 (85%)	11/16 (69%)	13/16 (81%)	17/17 (100%)	16/17 (94%)
Accuracy	29/34 (85%)	26/34 (76%)	25/34 (74%)	27/34 (79%)	27/34 (79%)	28/34 (82%)

SAC: attenuation and scatter corrected, NC: uncorrected, LAD: left anterior descending artery, RCA: right coronary artery, LCX: left circumflex artery.

計学的には有意差は認めなかった (Fig. 2) . 吸収散乱補正した場合には、すべてのセグメントで有意差は認めなかった (Fig. 3) . 男性では吸収補正しない場合には、心室中隔 (セグメント 5) および後下壁 (セグメント 4, 10) でスコアが有意に大きく、 ^{201}Tl カウントの同部での低下が認められた (Fig. 2) . しかし、吸収散乱補正した場合には、心尖部 (セグメント 19) での ^{201}Tl カウントの低下を除き、すべてのセグメントでスコアに有意差を認めず、 ^{201}Tl の局所分布は均一化した (Fig. 3) .

次に、男性と女性の各セグメントのスコアを比較検討した . 吸収散乱補正しない場合には、心尖部 (セグメント 19) で、女性の方がスコアは有意に大きく、また後壁 (セグメント 4) では、男性の方がスコアは有意に大きかった (Fig. 2) . しかし、吸収散乱補正した場合には、心尖部 (セグメント 19) でカウントの低下を認めるも、その他のセグメントでは男女間に有意差は認めず、吸収散乱補正により ^{201}Tl の局所分布における性差は改善された (Fig. 3) .

冠動脈病変診断能に関しては、右冠動脈 (RCA) 領域では、sensitivity および specificity とともに改善し (吸収散乱補正なし ; sensitivity 71%, specificity 79%, 吸収散乱補正あり ; sensitivity 79%, specificity 85%), 特に specificity は有意に改善した . そのほかには明らかな有意差は認めなかったが、左回旋枝 (LCX) 領域では sensitivity の改善を認めた (吸収散乱補正なし ; sensitivity 60%, specificity 95%, 吸収散乱補正あり ; sensitivity 76%, specificity 95%) . 左前下行枝 (LAD) 領域でも sensitivity の改

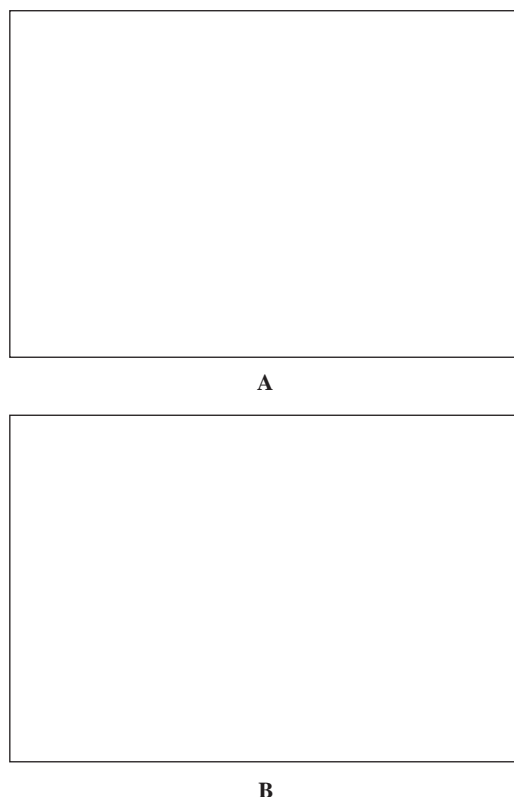


Fig. 4 Short axial stress and delayed images in a 32-year-old male without CAD. Reduced tracer accumulation was observed in the posterior and posteroseptal wall on both noncorrected images (A). Improvement in tracer distribution was obtained with scatter and attenuation correction on both images (B).

善を認めたが、specificity は低下した (吸収散乱補正なし ; sensitivity 76%, specificity 91%, 吸収散乱補正あり ; sensitivity 79%, specificity 77%) (Table 2) .

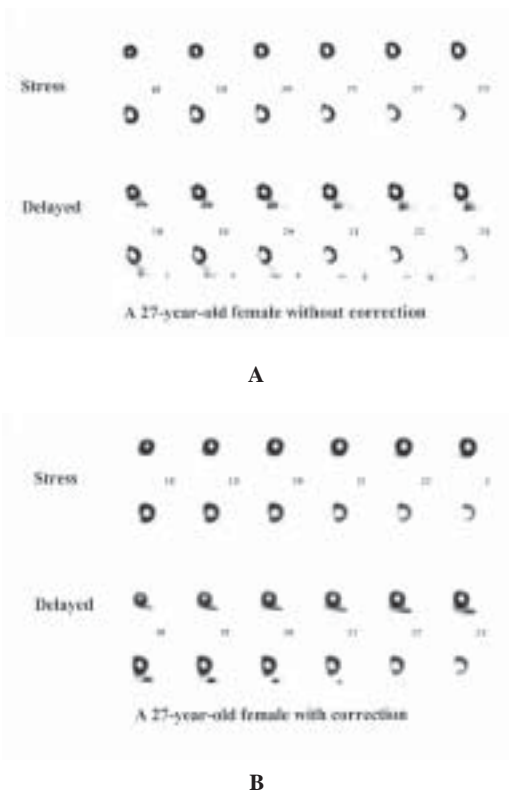


Fig. 5 Short axial stress and delayed images in a 27-year-old female without CAD. Reduced tracer accumulation was observed in the anterobasal and posterior wall on both noncorrected images (A). Improvement in tracer distribution was obtained with scatter and attenuation correction on both images (B).

GCA7200 および Prism3000 で施行した例についての結果を Table 3 および Table 4 に示す。いずれにおいても結果は全体の結果と同様の傾向で、両機種間で診断能に差はないと思われた。

V. 症例呈示

1. 32 歳，男性，正常例 (Fig. 4)

吸収散乱補正なしの短軸像にて、左室後壁および心室中隔に集積低下を認める (Fig. 4A)。吸収散乱補正により、同部の集積低下は改善し、左室心筋の ^{201}Tl 分布は均一となった (Fig. 4B)。

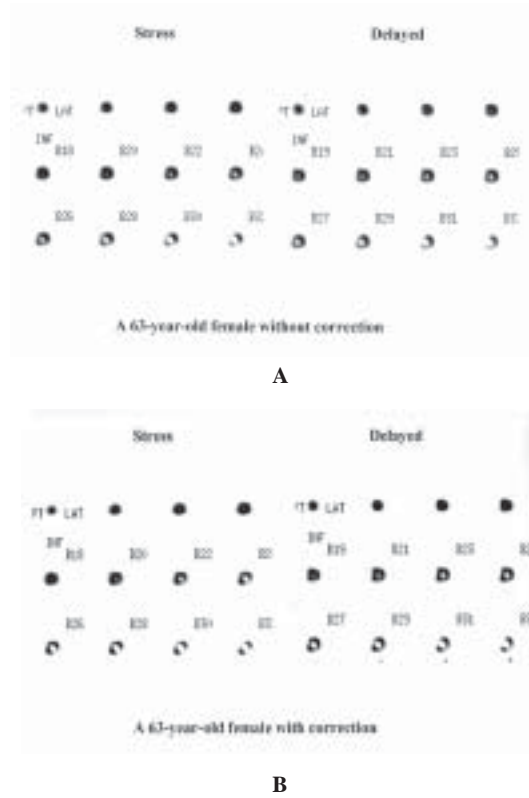


Fig. 6 Short axial stress and delayed images in a 63-year-old female with CAD. Reduced tracer accumulation was observed in the anterobasal and posterolateral wall on noncorrected stress image (A). Reverse redistribution was observed in the anterobasal wall and redistribution in the posterolateral wall on noncorrected delayed image (A). Reduced tracer accumulation on the stress images, reverse redistribution and redistribution on the delayed image were more clearly demonstrated with the scatter and attenuation correction (B).

2. 27 歳，女性，正常例 (Fig. 5)

吸収散乱補正なしの短軸像にて、左室後壁および心室中隔の集積低下に加え、心基部前壁にも集積低下を認める (Fig. 5A)。吸収散乱補正により、同部の集積低下は改善し、左室心筋の ^{201}Tl 分布は均一となった (Fig. 5B)。

3. 63 歳，女性，3 枝病変 (Fig. 6)

症例は労作性狭心症で、LAD および RCA の末

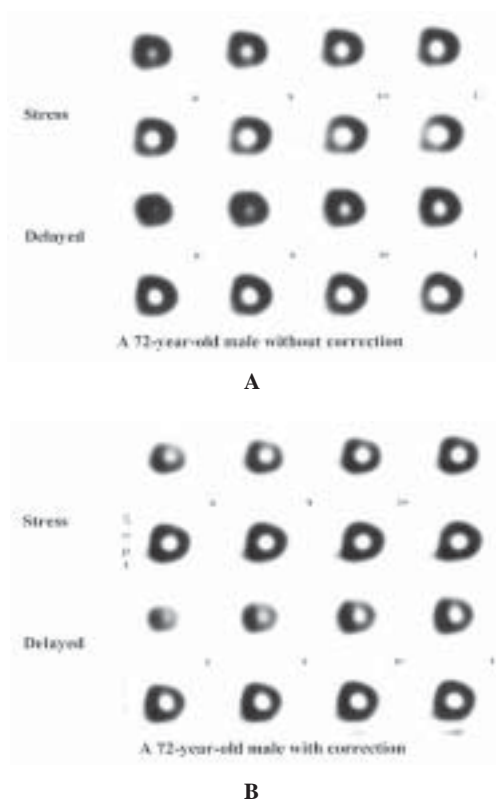


Fig. 7 Short axial stress and delayed images in a 72-year-old male without CAD. Reduced tracer accumulation was observed in the inferoposterior wall on the noncorrected stress images (A). Redistribution in the inferoposterior wall was suspected on the noncorrected delayed image (A). In this case, ischemia was suspected in the RCA territory. With scatter and attenuation correction, tracer accumulation in the inferoposterior wall was normalized on both stress and delayed images (B). However, reduced tracer accumulation was observed in the anterolateral wall on the stress and delayed images with scatter and attenuation correction (B).

梢に 99%、LCX の中枢に 99% の狭窄を持つ例である。吸収散乱補正なしの短軸像にて、左室後壁および心室中隔の集積低下に加え、後側壁にも集積低下を認め、遅延像にて後側壁に再分布を認める (Fig. 6A)。吸収散乱補正により、左室後壁および心室中隔の集積低下は改善し、後側壁の集積低

下はより鮮明となり、再分布の評価も補正なしに比べ容易に評価できる (Fig. 6B)。

4. 72 歳、男性、正常例 (Fig. 7)

吸収散乱補正なしの負荷直後短軸像にて、左室後壁および心室中隔の集積が低下しており、遅延像にて同部に再分布が認められるので、右冠動脈領域の虚血が疑われる (Fig. 7A)。吸収散乱補正により、負荷直後短軸像および遅延像ともに左室心筋の ^{201}Tl 分布は均一となり、吸収散乱補正なしの短軸像で認めた右冠動脈領域の虚血は偽陽性所見と判断できる (Fig. 7B)。しかし、吸収散乱補正により心尖部前壁に集積低下部が出現している。

VI. 考 察

^{201}Tl 心筋 SPECT において、 ^{201}Tl の正確な心筋内分布を画像化するためには、吸収および散乱線補正が必要である。しかし、現在までの報告では、TCT 法による吸収補正のみが施行されたものが多い^{5,6,11-13}。また、吸収補正のみでは、心臓周囲の ^{201}Tl 集積部からの散乱線の影響で、下壁のカウントが増加することが指摘されており、吸収補正とともに散乱線補正の必要性が強調されている^{5,12}。橋本ら¹⁴は、TCT 法による吸収補正に加え、TEW 法による散乱線補正を施行することで、吸収補正による下壁のカウント増加が補正できたと報告している。しかし、吸収および散乱線補正の多数例での臨床的検討は少ないので、今回多施設による共同研究を施行した。

散乱線補正に関しては、様々な方法が報告されているが、TCT 法による吸収補正と組み合わせることを考慮すると、TEW 法^{9,14} および transmission-dependent convolution subtraction (TDCS) 法^{15,16} が有力な方法と考えられる。今回の検討では、比較的簡便な方法であり、また、多施設で使用できるため散乱線補正法については、TEW 法およびこれに準ずる方法を選択した。

正常例での検討では、吸収散乱補正しない場合には、女性に比べ男性の方に、おもに下後壁で吸収の影響を強く認めた。Ficaro ら¹⁰ の負荷 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI SPECT を用いた検討でも、下後壁で

は男性の方に集積率が低く、下壁の局所集積は平均で女性 84% に対し男性では 75%、後壁では女性 72% に対し男性 65% と報告されており、²⁰¹Tl でも同様の傾向であった。しかし、吸収散乱補正によりこのような性差は消失し、性別の影響のない画像で診断できる点は吸収散乱補正の臨床的有用性の一つである。

吸収補正の冠動脈病変診断能における有用性に関してはいくつかの報告がある^{6,10,12,17}。^{99m}Tc-MIBI 心筋 SPECT における冠動脈病変診断能につき、標準 bull's eye map により冠動脈の有意な狭窄を 70% 以上とした場合に、吸収補正により全冠動脈支配領域で sensitivity は向上し、specificity は LAD 領域では変わらないが、RCA および LCX 領域で向上したと報告されている¹⁰。吸収補正により specificity のみではなく、sensitivity の向上も得られているが、これは吸収補正像では、正常では心筋全体のトレーサ分布が均一で、局所集積の変動が小さいために、異常灌流領域の検出が容易になるためと考えられる¹⁰。Gallowitsch ら¹²は、²⁰¹Tl 心筋 SPECT においても、sensitivity および specificity が吸収補正により向上すると報告している。また、LAD および RCA 領域の灌流異常の severity および extent については、吸収補正像の方が正確に評価できたと報告している。一方、吸収補正により LAD および RCA 領域の sensitivity は向上し、RCA 領域の specificity は向上するものの LAD 領域の specificity は低下する結果¹⁹や、視覚評価において、吸収により出現する欠損像は改善するものの冠動脈病変診断能には改善を認めなかったとの報告もある^{17,18}。今回の検討では、冠動脈病変診断能において吸収散乱補正により右冠動脈領域の specificity 以外には、統計学的に有意な改善を認めなかった。しかし、LAD 領域の specificity の低下を除き、sensitivity および specificity は向上しており、臨床的に有用と思われた。LAD 領域の specificity についても、吸収補正のみでは 88% から 65% と 23% も低下した¹⁹が、今回の検討では 91% から 77% と、低下の程度は 14% と軽度であった。Fakhri ら²⁰

は、シミュレーションにより、吸収補正は画像の均一性を向上させ、散乱線補正はコントラストを向上させると報告している。症例 3 において、後側壁の虚血が吸収散乱補正により明瞭となったことには、散乱線補正によるコントラストの向上が寄与しているものと考えられる。また、今回の診断能の向上も、散乱線補正を加えた効果としてコントラストが向上したためと考えられ、吸収補正に散乱線補正を加えた場合の臨床的有用性を示唆する結果と思われた。しかし、吸収散乱補正を行っても、依然、前壁の specificity が低い問題点がある。これには、読影上の問題と、物理的要因が関与している。読影上の問題としては、相対的前壁の集積低下を異常と読影したことが一因となっている。正常例での吸収補正による前壁の集積低下の程度を認識することで、この問題はある程度改善するものとする。物理的要因としては、周囲組織よりの散乱線の補正が十分ではなかったこと、ガンマカメラの空間分解能が低いことの 2 点が挙げられる。Links ら²¹は、動きの補正のみでは、sensitivity/specificity (%) は、LAD の領域で 64/71%、RCA の領域で 71/81%、LCX の領域で 32/94% であったのに対し、動き、吸収および深さ依存のボケの補正 (空間分解能補正) を施行した場合には、順に 77/93%、74/81%、50/97% と診断能が向上し、有意な改善は、LAD および RCA 領域の specificity の向上と報告している。この結果をみると有意ではないものの全領域で sensitivity および specificity がともに改善している。Links ら²⁰によれば、深さ依存のボケの補正により、空間分解能は 30% ほど改善し、コントラストも向上すると報告している。今後正確な散乱補正法に加え空間分解能を改善すればさらなる診断能の向上が期待できると思われる。

今回の評価では 2 機種を使用したので、施設間での装置の違いや、画質の違いを考慮し、視覚的評価で検討した。その結果、2 機種間で診断能に差はないものと思われた。しかし、今後は多数例による定量的評価など、より客観的評価法で、吸収散乱補正の有用性を検討する必要があると思われた。

VII. 結 語

²⁰¹Tl 心筋 SPECT における吸収散乱補正は、正常例では性差なく均一な局所分布が得られ、冠動脈病変診断能に関しては左前下行枝領域で specificity が低下するものの、従来診断能の低かった右冠動脈や左回旋枝領域で診断能の改善を認め、臨床的に有用と思われた。

謝辞：今回、技術協力いただいた東芝メディカルおよび島津製作所に感謝いたします。

文 献

- 1) Eisner RL, Tamas MJ, Cloninger K, et al: Normal SPECT Thallium-201 bull's-eye display: gender differences. *J Nucl Med* 1988; 29: 1901-1909.
- 2) Manglos SH, Thomas FD, Gange GM, Hallwig BJ: Phantom study of breast tissue attenuation in myocardial imaging. *J Nucl Med* 1993; 34: 992-996.
- 3) King MA, Tsui BMW, Pan TS: Attenuation compensation for cardiac single-photon emission computed tomographic imaging: Part 1. Impact of attenuation and methods of estimating attenuation maps. *J Nucl Cardiol* 1995; 2: 513-524.
- 4) Tsui BMW, Gullbert GT, Edgerton ER, et al: Correction of nonuniform attenuation in cardiac SPECT imaging. *J Nucl Med* 1989; 30: 497-507.
- 5) 富口静二, 大山洋一, 吉良朋広, 吉良光子, 中島留美, 辻 明德, 他: ²⁰¹Tl 心筋 SPECT におけるトランスミッション・エミッション同時収集法の評価. *核医学* 1996; 33: 1027-1035.
- 6) Ficaro EP, Fessler JA, Ackermann RJ, Rogers WL, Corbett JR, Schwaiger M: Simultaneous transmission-emission Thallium-201 cardiac SPECT: effect of attenuation correction on myocardial tracer distribution. *J Nucl Med* 1995; 36: 921-931.
- 7) Chang W, Loncaric S, Huang G, Sanpitak P: Asymmetric fan transmission CT on SPECT systems. *Phys Med Biol* 1995; 40: 913-928.
- 8) Tan P, Bailey DL, Meikle SR, Eberl S, Fulton RR, Hutton BF: A scanning line source for simultaneous emission and transmission measurements in SPECT. *J Nucl Med* 1994; 34: 1752-1760.
- 9) Ichihara T, Motomura N, Ogawa K, Hasegawa H, Hashimoto J, Kubo A: Evaluation of SPECT quantification of simultaneous emission and transmission imaging of the brain using a multidetector SPECT system with the TEW scatter compensation method and fan-beam collimation. *Eur J Nucl Med* 1996; 23: 1292-1299.
- 10) Ficaro EP, Fessler JA, Shreve PD, Kritzman JN, Rose PA, Corbett JR: Simultaneous transmission/emission myocardial perfusion tomography. Diagnostic accuracy of attenuation-corrected ^{99m}Tc-sestamibi single-photon emission computed tomography. *Circulation* 1996; 93: 463-473.
- 11) Prvulovich EM, Lonn AH, Bomanji JB, Jarritt PH, Ell PJ: Effect of attenuation correction on myocardial thallium-201 distribution in patients with a low likelihood of coronary artery disease. *Eur J Nucl Med* 1997; 24: 266-275.
- 12) Gallowitsch HJ, Sykora J, Mikosch P, et al: Attenuation-corrected thallium-201 single-photon emission tomography using a gadolinium-153 moving line source: clinical value and the impact of attenuation correction on the extent and severity of perfusion abnormalities. *Eur J Nucl Med* 1998; 25: 220-228.
- 13) Chouraqui P, Livischitz S, Sharir T, et al: Evaluation of an attenuation correction method for thallium-201 myocardial perfusion tomographic imaging of patients with low likelihood of coronary artery disease. *J Nucl Cardiol* 1998; 5: 369-377.
- 14) Hashimoto J, Ogawa K, Kubo A, et al: Application of transmission scan-based attenuation compensation to scatter-corrected thallium-201 myocardial single-photon emission tomographic images. *Eur J Nucl Med* 1998; 25: 120-127.
- 15) Meikle SR, Hutton BF, Bailey DL: A transmission-dependent method for scatter correction in SPECT. *J Nucl Med* 1994; 35: 360-367.
- 16) Hutton BF, Osiecki A, Meikle SR: Transmission-based scatter correction of 180 degrees myocardial single-photon emission tomographic studies. *Eur J Nucl Med* 1996; 23: 1300-1308.
- 17) Bestetti A, Tarola GL, Lomuscio A, et al: A comparison between attenuation-corrected and uncorrected transmission-emission SPECT images obtained with Tl-201 in CAD patients. *Giornal Italiano di Cardiologia* 1999; 29: 411-417.
- 18) Lee DS, So Y, Cheon GJ, et al: Limited incremental diagnostic values of attenuation-noncorrected gating and ungated attenuation correction to rest/stress myocardial perfusion SPECT in patients with an intermediate likelihood of coronary artery disease. *J Nucl Med* 2000; 41: 852-859.
- 19) 富口静二: 臨床編 / 心臓, 吸収・散乱補正, SPECT 機能画像 (西村恒彦編), メジカルビュー社, 東京, 1998: 105-111.
- 20) Fakhri GE, Buvat I, Benali H, Todd-Polropek A, Paola RD: Relative impact of scatter, collimator response, attenuation, and finite spatial resolution

corrections in cardiac SPECT. *J Nucl Med* 2000; 41: 1400–1408.

21) Links JM, Becker LC, Rigo P, et al: Combined

corrections for attenuation, depth-dependent blur, and motion in cardiac SPECT: a multicenter trials. *J Nucl Cardiol* 2000; 7: 414–425.

Summary

Multi-center Study for the Evaluation of Clinical Usefulness of Attenuation and Scatter Correction on ^{201}Tl Myocardial SPECT

Seiji TOMIGUCHI*¹, Shin-ichiro KUMITA*², Jun HASHIMOTO*³, Tomio INOUE*⁴, Yoshiyuki NOMURA*⁵, Junichi EMOTO*⁶, Kenichi NAKAJIMA*⁷ and Tunekiko NISHIMURA*⁸

*¹ Department of Radiology, Kumamoto University Hospital

*² Department of Radiology, Nippon Medical School

*³ Department of Radiology, School of Medicine, Keio University

*⁴ Department of Nuclear Medicine, Gunma University School of Medicine

*⁵ Department of Radiology, Mie University School of Medicine

*⁶ Department of Radiology, Handa Municipal Hospital

*⁷ Department of Nuclear Medicine, Kanazawa University School of Medicine

*⁸ Department of Radiology, Kyoto Prefectural University of Medicine

The aim of this study was to evaluate the clinical usefulness of attenuation and scatter correction (AC, SC) on a ^{201}Tl myocardial single-photon emission computed tomography (^{201}Tl SPECT) as a multi-center trial.

With a dual-detector and a triple-detector SPECT systems with a $^{99\text{m}}\text{Tc}$ transmission source, simultaneous transmission/emission tomography (TCT/ECT) was performed on 38 patients with angiographically coronary heart disease (CHD) and 26 patients without evidence of CHD. Stress and delayed attenuation and scatter corrected images (SAC) and uncorrected images (NC) were reconstructed.

On NC images of normal cases, influence of attenuation was greater in male than female. In comparison of ^{201}Tl distribution between male and female, significant decrease in ^{201}Tl activity was observed in the inferoposterior wall in male and that was observed in the anterobasal wall of the left myocardium in female. Such a difference in ^{201}Tl distribution between male and female disappeared on SAC images. On the diagnostic performance for the identification of CHD, SAC images demonstrated improved specificity and

accuracy values in the right coronary arterial territory (RCA) with visual analysis statistically. Sensitivity value in the RCA was also improved, but it was not statistically significant. Sensitivity value in the left circumflex arterial territory (LCX) increased without decrease in specificity value on SAC images. In the left anterior descending arterial territory (LAD), sensitivity value increased on SAC images. Although specificity value decreased on SAC images in LAD territory, it was not statistically significant.

The difference in ^{201}Tl distribution between male and female is improved in normal cases by attenuation and scatter correction on ^{201}Tl myocardial SPECT. Diagnostic performance of CHD is also improved by attenuation and scatter correction, especially in territories of which specificity in assessing the absence of disease have been suboptimal. In conclusion, attenuation and scatter correction on ^{201}Tl myocardial SPECT is considered to be clinically useful.

Key words: ^{201}Tl myocardial SPECT, TCT, Scatter correction, Attenuation correction, Multi-center trial.