

《原 著》

運動負荷心筋スキャンにおけるタリウム分布の男女差

—(第1報) 健常例での検討—

玉木 長良* 幸田 秀樹** 安達 幸秀** 杉原 隆夫**
加藤美保子*** 田仲 信行*** 玉利 公正***

要旨 運動負荷タリウム像の判定に男女の差を考慮すべきか否かを検討するため、臨床上正常と考えられた36例(男性18例, 女性18例)のタリウム二次元像から circumferential profile 曲線を用いて心筋内タリウム分布を定量評価した。運動負荷時間は男性(14 ± 3 分)に比べ, 女性(11 ± 3 分)で短かったが($p < 0.01$), 最大心拍数, 収縮期血圧, 肺/心筋カウント比には差はなかった。負荷時の平均曲線は, 女性で前壁および上部中隔の分布の低下を示し, 特に左側面像での前壁では, 男性に比べ10%以上低下していた。3時間後のタリウムの洗い出しは男性($43 \pm 7\%$)に対し, 女性($48 \pm 8\%$)で高かったが($p < 0.01$), 特に前面像で差が明らかであった。タリウムの分布は, 胸壁や乳腺による吸収の影響を受けやすく, 日本人においても性差を十分考慮して読影する必要があると考えられる。

I. はじめに

運動負荷タリウムイメージングは虚血性心疾患の評価に広く利用されている。この診断精度の向上を計るため, 種々の定量解析法が試みられている¹⁻⁴⁾。特に被験者のタリウムの分布を健常人コントロールの分布と対比することが重要である⁵⁾。

タリウムは低エネルギーのため体内での吸収の影響を受けやすく, 欧米では乳房等の吸収により, タリウムの分布が男女間で異なることが報告されている^{6,7)}。しかしながら体型の異なる日本人の場合, 男女間でタリウムの分布の差があるのか否かの検討は十分なされていない。そこで今回は運動負荷タリウムイメージングの行われた例をふりかえり, 臨床上心疾患のないと考えられた男性18例, 女性18例の計36例についてそのタリウムの

分布を定量評価し, 男女間の分布の差について検討した。

II. 対象と方法

対象としたのは大津市民病院にて59年10月から63年1月の間に運動負荷タリウムイメージングの施行された248例中, 年齢, 自覚症状の有無および性質, 心電図所見, 心臓カテーテル検査等から虚血性心疾患の否定的であった36例(男性18例, 女性18例)である。なお, 明らかな左室肥大や拡大を有する例は除外した。

運動負荷は坐位自転車エルゴメータを用い, 心電図, 血圧をモニターしつつ, 25 W から3分ごとに25 W ずつ増加する多段階運動負荷を行った。胸痛, 心電図上0.3 mV以上のST低下, 重篤な不整脈, 血圧低下, 下肢の疲労, または年齢別最大予測心拍の85%に達したとき負荷を終了した。負荷終了1分前に塩化タリウム3 mCiを静注した。静注5分後より高分解能平行コリメータを装着した日立社製ガンマカメラ(Gamma View LH)にて, 1.5倍拡大で前面像, 左前斜位45度像, 左側面像を各7分ずつ収集し運動負荷像とした。3時間後に再び3方向を同時間収集し, 再分布像とした。

* 京都大学医学部放射線核医学科

** 大津市民病院放射線科

*** 同 心臓血管センター

受付: 63年3月28日

最終稿受付: 63年7月28日

別刷請求先: 京都市左京区聖護院川原町54 (☎ 606)

京都大学医学部放射線核医学科

玉木 長良

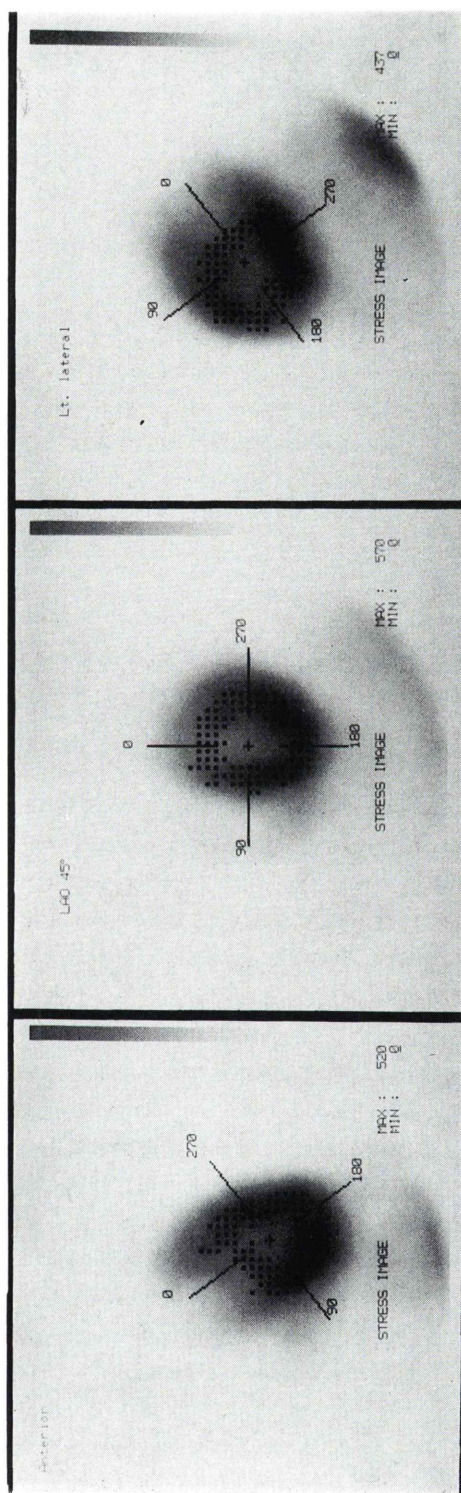


Fig. 1 The representatives of circumferential profile analysis in anterior (left), 45° left anterior oblique (middle) and left lateral (right) views of thallium imaging.

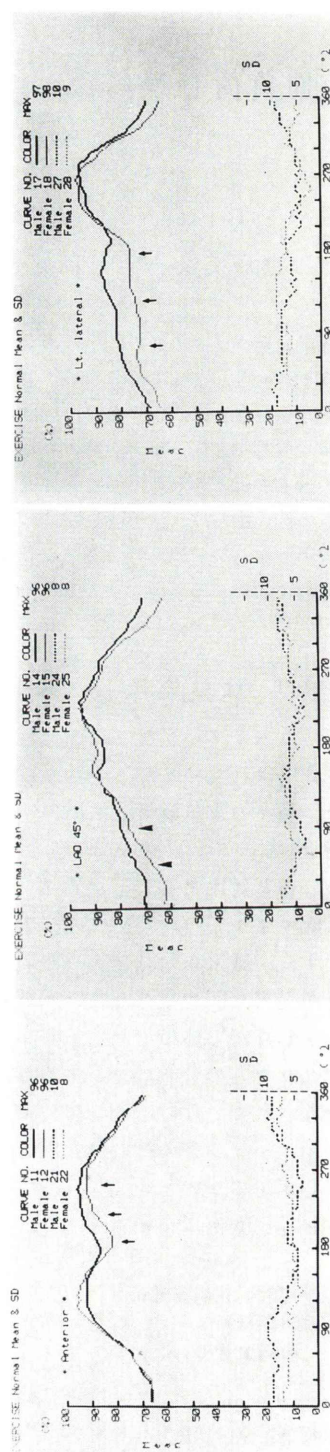


Fig. 2 The profile curves of the mean (solid lines) and standard deviation (dotted lines) of thallium distribution in the males (dark lines) and females (light lines) in each view. Significant tracer reduction in the females in anterior regions in anterior and left lateral views (arrows) and in upper septal regions in left anterior oblique view (arrow heads).

各データはオンラインに接続した日立社製コンピュータ (Harp RP-100) に収集した。心筋内タリウム分布の定量評価には、circumferential profile 解析を行った³⁾。まず、おのおのの画像を 9 点スムージングを行ったのち、上部縦隔に関心領域を取り、そのカウントをバックグラウンドとして除去した。つぎに左室心筋の中心を求め、中心から 6 度ごと 60 本の放射状の直線を心基部から反時計方向に引き、おのおのの直線上の最大カウントの点およびその前後の点の 3 点の平均カウントを求めた (Fig. 1)。得られた平均カウント 60 本分を最大 100% として展開表示した。また運動負荷時と再分布時のカウントから洗い出し (%) も算出した。このようにして得られた男女 18 例ずつのプロファイル曲線の平均と標準偏差を求めることにより、タリウム分布の性差を検討した。

一方運動負荷時の肺野の取り込みを検討するため、前面像の撮像開始時に 1 分間データ収集し、右中肺野に 6×6 画素 (31×31 mm) の関心領域を、心筋ではその最高カウントの 60% 以上の領域に関心領域をそれぞれ設定して、両者の画素ごとのカウントの比を肺/心筋カウント比とした。

なお、おのおのの値は平均±標準偏差で表し、男女間の差は対応のない t 検定を行った。

III. 結 果

運動負荷持続時間は、女性では 11±3 分で、男性の 14±3 分に比べて有意に短かった ($p<0.01$) が、最大心拍数、収縮期血圧、および両者の積のダブルプロダクトに男女間の差はみられなかった (Table 1)。また肺/心筋カウント比にも差はみられなかった (Table 1)。

Figure 2 に三方向の男女のタリウムプロフィール曲線の平均値 (実線) と標準偏差 (破線) を示す。前面像では男性 (太線) に比べ、女性 (細線) で心尖部から前壁にかけて ($180^{\circ}\sim 270^{\circ}$) の分布の低下が認められた (矢印)。左前斜位像では女性で上部中隔の ($0^{\circ}\sim 90^{\circ}$) 分布の僅かな低下がみられた (矢印頭)。左側面像では女性で前壁から心尖部にかけて ($0^{\circ}\sim 180^{\circ}$) 著明な分布の低下がみられ、プロフィール曲線上男性に比べて 10% 以上低下していた (矢印)。左側面像での前壁の分布の差が、三方向の画像の中で最も顕著であった。

Figure 3 に三方向の男女のタリウムの洗い出し (%) のプロフィール曲線の平均値 (実線) と標準偏差 (破線) を示す。どの領域でも洗い出しは女性のほうが男性よりも高かった。前面像での平均洗い出しは、男性で 44%、女性で 51% で有意差 ($p<0.01$) を認めた (Table 2)。左前斜位像や左側面像では男女間に有意差はみられなかったが、全体の平均では男性 ($43\pm 7\%$) に比べ女性 ($48\pm 8\%$) でタリウムの洗い出しは高かった ($p<0.01$) (Table 2)。部位別では、男女とも肝臓と重なり合う下壁領域で洗い出しが低下する傾向にあった (Fig. 3)。

健常人男性の代表例の運動負荷および再分布時のタリウム像を Fig. 4 に示す。左室全体にほぼ均等なタリウムの分布がみられるが、前面像および左側面像にて前壁の分布が比較的高いことがわかる。健常人女性の代表例のタリウム像を Fig. 5 に示す。前面像および左側面像で前壁の取り込みが低下しており (矢印)、左前斜位像では上部中隔の取り込みの低下がみられる (矢印頭)。ただその低下は、運動負荷時・再分布時ともに変わらず、明らかな再分布はみられない。この例で取り込みの

Table 1 Exercise findings in the males and females (mean±sd)

| | Male (18) | Female (18) | Significance |
|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Exercise duration | 14±3 min | 11±3 min | $p<0.01$ |
| Max heart rate | 149±4 bpm | 149±16 bpm | n.s. |
| Max systolic BP | 199±18 mmHg | 188±26 mmHg | n.s. |
| Max double product | 29,200±4,210 | 27,860±3,620 | n.s. |
| Lung/myocardium count ratio | 0.38±0.07 | 0.38±0.06 | n.s. |

Max=maximum; BP=blood pressure; n.s.=not significant

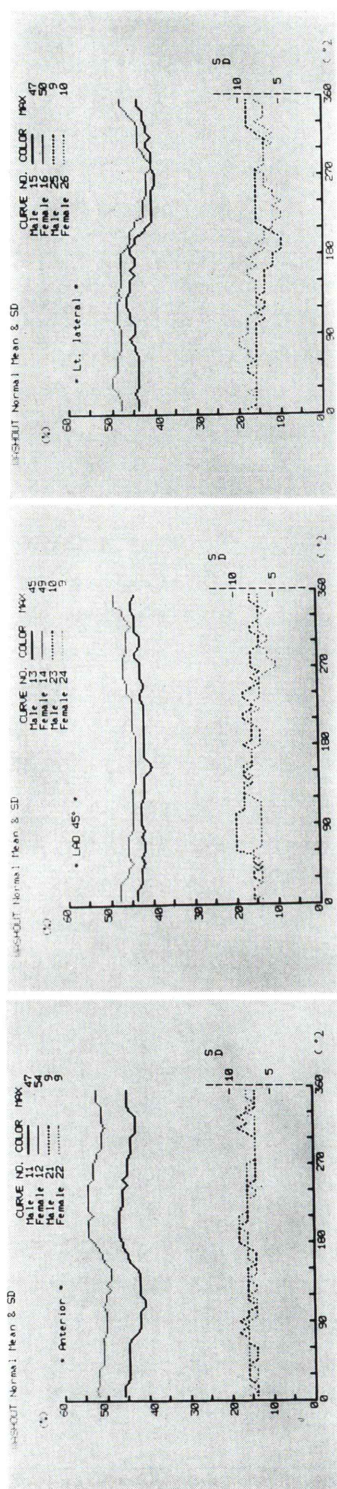


Fig. 3 The profile curves of the mean (solid lines) and standard deviation (dotted lines) of % thallium washout in the males (dark lines) and females (light lines) in each view. Note higher % thallium washout in the females than in males, particularly in anterior view.

Table 2 Mean washout rate of thallium for 3 hours in the males and females

| View | Male (18) | Female (18) | Significance |
|----------|-----------|-------------|--------------|
| Anterior | 44±7% | 51±7% | p<0.01 |
| LAO 45° | 43±8% | 46±7% | n.s. |
| Lateral | 43±7% | 47±8% | n.s. |
| Overall | 43±7% | 48±8% | p<0.01 |

n.s. = not significant

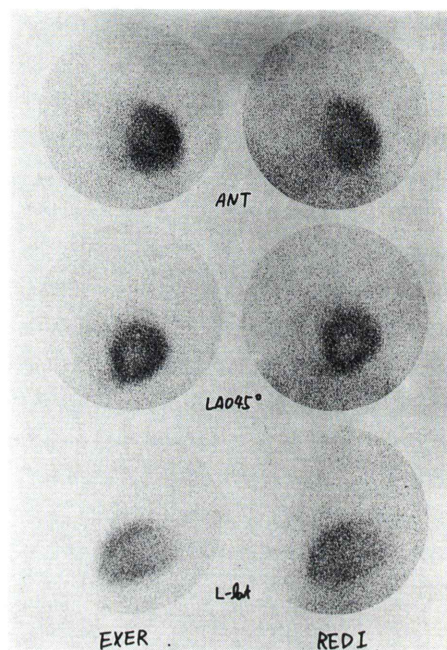


Fig. 4 The stress (left) and 3 hour delayed (right) thallium images of a normal male.

低下の著明であった左側面像につき、運動負荷時のプロフィール曲線を平均±2標準偏差で求めた正常下限のプロフィール曲線と対比した (Fig. 6). 男女合わせた健常人 36 例から得られた正常下限の曲線と対比すると、前壁で正常下限の曲線と一部重なりがみられた (図左). 男性 18 例から得られた正常下限の曲線と対比すると、前壁で正常下限よりも明らかに下回り異常と判定された (図中央). 一方、女性 18 例から得られた正常下限の曲線と対比すると、前壁でも正常下限の曲線より取り込みは高く、正常域に分布することが示された (図右).

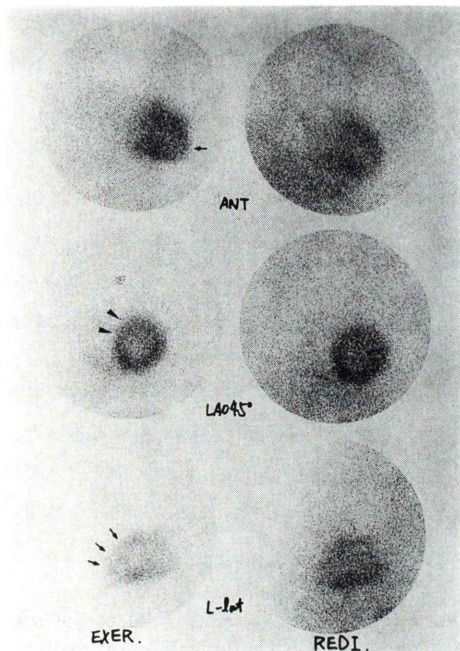


Fig. 5 The stress (left) and 3 hour delayed (right) thallium images of a normal female. Relatively decreased uptake of thallium was noted in anterior (arrows) and upper septal (arrow heads) regions without redistribution.

IV. 考 案

タリウムは低エネルギーのため、体内での吸収・散乱の影響を受けやすく、その読影には細心の注意が必要である。とりわけ成人女性の場合には乳房などによる吸収の影響を考慮すべきである^{6,7)}。今回は運動負荷タリウム二次元像において、男女間でタリウムの分布に差があるのか否かを健康人を対象に検討した。

その結果、女性では左室前壁や上部中隔において取り込みの低下があり、胸壁や乳房などの吸収の影響が大きいと考えられた。とりわけその低下は、ガンマカメラとの距離の離れる左側面像の前壁において顕著であった。この成績は Rabinovitch らの報告⁶⁾と良く一致しており、欧米とは体型の異なる日本人においても⁸⁾、男女間でタリウムの分布に明らかな差があり、女性では

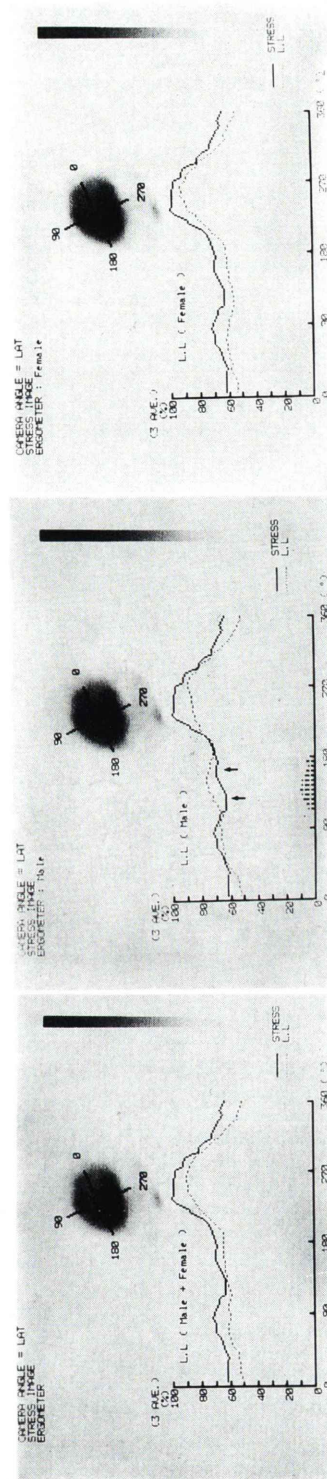


Fig. 6 The circumferential profile curves (dark lines) of the lateral view in the female as shown in Fig. 5, compared with the lower limit (mean \pm 2 sd) profile curves (light lines) calculated from the overall subjects (left), from the normal males (middle) and from the normal females (right). Note a significant tracer reduction in anterior regions when compared with the lower limits from the normal males (arrows).

前壁・上部中隔の読影に注意する必要があることが示唆された。

最近では男女で異なった診断基準を設定する必要性を強調する報告もある^{6,7)}が、著者らの検討でも Fig. 6 に示したように、男女別々に求めた正常下限のプロフィル曲線は明らかに相違があり、これにより診断精度も大きく異なることが予想される。

当然、肥満の程度や乳房の大きさなどにより、プロフィル曲線も異なることが予想されるが、今回は簡便に二分できる男女の差の検討にとどめた。

一方、タリウムの洗い出しは女性のほうが男性より大きかった。洗い出しに関与するといわれる心拍数や肺へのタリウムの取り込みについては⁹⁾、男女間で差はみられなかった。Rabinovitch ら⁶⁾も同様の結果を示しており、その原因については明らかではない。今回の検討では、女性で最初に撮像した前面像において特にタリウムの洗い出しが高く、投与後早期の洗い出しに相違がみられた。すなわち、女性では男性に比べて同じ心拍数でも心筋血流の高い可能性が示唆される¹⁰⁾が、この点についてはバックグラウンドの処理、心筋とカメラとの距離など、技術的な面を含めた今後の検討が必要であろう。

局所の洗い出しをプロフィル曲線で検討すると、取り込みの低下していた前壁や中隔では洗い出しは比較的高く、再分布はみられなかった。一方、下壁では洗い出しが相対的に低下していた。これは、負荷時には肝臓の集積が低下しているのに対し、再分布時には集積増加するため、肝臓と重なり合う下壁においてみかけ上洗い出しが遅れたものと考えられる。この下壁での相対的洗い出しの低下は、SPECT による断層表示を用いれば消失するはずである¹¹⁾。

今回の成績からは、洗い出しの正常下限も男女で分けるべきと考えられる¹⁰⁾が、洗い出しはむしろ運動負荷量の影響を強く受けることも考慮すべきである。この点で洗い出しの評価には性別とともに運動負荷量、心拍数、肺への集積なども加味した判定が必要と考えられる¹²⁾。

今回の検討に用いた男女別の健常例のデータにとづき、男女別の正常下限のプロフィル曲線が得られており、これを用いて虚血性心疾患の診断精度がどのように向上するかを現在検討中である。

V. まとめ

健常人男性 18 例、女性 18 例の計 36 例の運動負荷タリウム像を定量解析し、タリウム分布の男女差の有無を検討した。その結果、女性では胸壁や乳房の吸収の影響を受けやすい前壁および上部中隔で分布の低下がみられた。また 3 時間後の洗い出しは、女性のほうが大きい傾向にあった。負荷タリウム像の読影にはこのような健常人での性別による分布の差の考慮が必要と考えられる。

文 献

- 1) Meade RC, Bmrah VS, Horgan JD, et al: Quantitative methods in the evaluation of thallium-201 myocardial perfusion images. *J Nucl Med* **19**: 1175-1178, 1978
- 2) Watson DD, Campbell MP, Read EK, et al: Spatial and temporal quantitation of thallium myocardial images. *J Nucl Med* **22**: 577-584, 1981
- 3) Burrow RD, Pond M, Schafer AW, et al: Circumferential profiles: a new method for computer analysis of thallium-201 myocardial perfusion images. *J Nucl Med* **20**: 771-777, 1979
- 4) Maddahi J, Garcia EV, Berman DS, et al: 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) VanTrain KF, Berman DS, Garcia EV, et al: Quantitative analysis of stress thallium-201 myocardial scintigrams: a multicenter trial. *J Nucl Med* **27**: 17-25, 1986
- 6) Rabinovitch M, Suissa S, Elstein J, et al: Sex-specific criteria for interpretation of thallium-201 myocardial uptake and washout studies. *J Nucl Med* **27**: 1837-1841, 1986
- 7) Goodgold HM, Rehder JG, Samuels LD, et al: Improved interpretation of exercise TI-201 myocardial perfusion scintigraphy in women: Characterization of breast attenuation artifacts. *Radiology* **165**: 361-366, 1987
- 8) 森 於菟, 平沢 興, 小川 鼎, 他: 人体についての概説, 解剖学 I, 第 10 版. 金原出版, 東京, 1969, pp. 9-17

- 9) Nishimura T, Uehara T, Hayashida K, et al: Quantitative assessment of thallium myocardial washout rate: importance of peak heart rate and lung thallium uptake in defining normal values. *Eur J Nucl Med* **13**: 67-71, 1987
- 10) Eisner RL, Shonkoff D, Cloninger KG, et al: SPECT Tl-201 Bullseye display: comparison of male and female subjects with low probability of disease. *J Nucl Med* **28**: 642, 1987 (abstr)
- 11) Tamaki N, Yonekura Y, Mukai T, et al: Stress thallium-201 transaxial emission computed tomography: quantitative versus qualitative analysis for evaluation of coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* **4**: 1213-1221, 1984
- 12) 成田充啓, 栗原 正, 村野謙一, 他: 虚血性心疾患の診断と運動負荷時心筋タリウム Washout Rate: Washout Rate に影響する因子. *核医学* **25**: 141-150, 1988

Summary

Sex Differences in the Tracer Distribution on Stress Thallium-201 Imaging: (1) Analysis of Normal Subjects

Nagara TAMAKI*, Hideki KODA**, Yukihide ADACHI**, Takao SUGIHARA**,
Mihoko KATO***, Nobuyuki TANAKA*** and Kimimasa TAMARI***

**Department of Radiology and Nuclear Medicine, Kyoto University School of Medicine, Kyoto*

***Department of Radiology, Otsu Municipal Hospital, Shiga*

****Cardiovascular Center, Otsu Municipal Hospital, Shiga*

To determine the sex differences in the tracer distribution on stress thallium-201 imaging, the studies of 18 normal males and 18 normal females were subjected to quantitative circumferential profile analysis in each projection image. Although the exercise duration was shorter in females (11 ± 3 min) than in males (14 ± 3 min) ($p < 0.01$), the peak heart rate, peak systolic pressure and the lung-to-myocardial count ratio were similar between them. The averaged profile curves in female showed a significant reduction in tracer uptake in anterior and upper septal regions, particularly in the study

of lateral view, which may be attributed to breast attenuation. In addition, the percent washout of thallium in 3 hours was higher in females ($48 \pm 8\%$) than in males ($43 \pm 7\%$) ($p < 0.01$), particularly in the study of anterior view. We conclude that important differences in the pattern of thallium uptake and washout between males and females should be considered for interpretation of stress thallium imaging.

Key words: Thallium-201, Sex, Exercise, Normal subjects.