

《原 著》

## Tl-201 SPECT 像による下腿筋の虚血診断法

大島 統男\* 錦見 尚道\*\* 矢野 孝\*\* 塩野谷恵彦\*\*  
 菁部 寛\*\*\* 安部哲太郎\*\*\* 佐久間貞行\*\*\*

**要旨** 本研究において、われわれは対向角型デジタルカメラ（東芝製 GCA-70A 特型）により下腿筋の Tl-201 SPECT 像 (single photon emission computed tomography) を試みた。両側大腿部を 3 分間駆血し解除すると同時に Tl-201 を静注した後、得られた SPECT 像を負荷像とし、3 時間後の安静時像を再分布像とした。対象は ASO 9 例、TAO 4 例であった。Tl-201 SPECT 像（負荷像、再分布像）を臨床症状（Fontaine 分類）および下肢動脈撮影と比較検討したところ次の結論を得た。

(1) Tl-201 SPECT により下腿筋の横断面シンチグラムを得た。(2) 前脛骨コンパートメント群と下腿屈筋群の筋血流状態を立体的に評価できた。(3) それぞれの血流分布は血管撮影および臨床症状とほぼ一致した。

### I. はじめに

Tl-201 シンチグラムは局所の血流状態に相関し、心筋の虚血の無侵襲診断法として不可欠である。末梢動脈疾患への利用として、Tl-201 を静注し、反応性充血時と 3 時間後の RI の取り込みの比較から、足部の虚血性潰瘍の治癒能力を判定する報告もある<sup>1)</sup>。今回、下腿の膝蓋骨下端より足関節にいたる範囲の Tl-201 断層シンチグラム（SPECT）を撮り、下腿筋の横断面シンチグラムを得るとともに、前脛骨コンパートメント群と下腿屈筋群のそれぞれの血流分布を検討した。Tl-201 による断層シンチグラムを撮ることにより下腿筋の虚血状態を機能的かつ立体的に診断できることを報告する。

### II. 対象および方法

年齢は 40-65 歳の男性 13 例で平均  $53.5 \pm 9.7$  歳であった。症例は ASO (arteriosclerosis obliterans) 9 例、TAO (thromboangiitis obliterans) 4 例であった。負荷直後の像は、まず患者は両膝を軽く離した楽な姿勢で仰臥位とし、次に両側大腿部に cuff を巻き、上腕収縮期圧より 50 mmHg 高い圧にて 3 分間駆血した。Cuff を解除すると同時に Tl-201 3 mCi を静注し、静注 10 分以内に single photon emission computed tomography (SPECT) により両側下腿部の断層像を得た。これを負荷像とした。さらに静注 3 時間後に、安静時の像を得た。これを再分布像とした。

SPECT は低エネルギー汎用コリメーターを装着した対向角型デジタルカメラ（東芝製 GCA-70A 特型）およびオンラインに接続したデータ処理装置（東芝製 GMS-55A）により施行された<sup>2)</sup>。1 方向 60 秒で 6 度ずつカメラヘッドを回転させ、2 台で計 60 方向より両側下腿部のデータを収集した。収集されたデータは、再構成プログラムにて処理後両膝直下から足関節の範囲に至る横断面を得た。1 スライス幅は 18.7 mm で 18 スライスを得た。各スライスは  $128 \times 128$  のマトリックスとした。

\* 岐阜県立多治見病院放射線科

\*\* 名古屋大学医学部第一外科

\*\*\* 同 放射線科

受付：60 年 8 月 5 日

最終稿受付：60 年 10 月 31 日

別刷請求先：岐阜県多治見市前畠町 5-161 (番 507)

岐阜県立多治見病院放射線科

大島 統男

下腿における  $\text{TI-201 SPECT}$  像は、臨床症状および血管撮影と比較し左右別に検討を行った。臨床症状は Fontaine の分類により I から IV に分けた。すなわち、I は症状のないもの、II は間歇性跛行、III は安静時痛、IV は壊死である。

動脈撮影はセルジンガー法または鼠径部直接穿刺法により施行した。動脈閉塞範囲は膝窩動脈を基準とし、膝窩動脈以上を proximal 群、下腿動脈以下を distal 群と分類した。

本検査の対象は入院患者とし、患者の検査室への移動は車椅子により行われ、最初の検査終了後、3 時間後の再検査まではベッドにて臥床させた。  $\text{TI-201}$  の取り込みは下腿筋の断面につき、全体、前方（前脛骨コンパートメント群）または後方（下腿屈筋群）のそれぞれにつき検討を行った。

### III. 結 果

下腿筋における  $\text{TI-201 SPECT}$  像を臨床症状 (Fontaine の分類) および動脈閉塞範囲と比較検討を行った結果を Table 1 に示す。各スライス像は足方向から頭方向を覗く像を示し、中央部前方の欠損は脛骨に相当し、後方の小さな欠損は腓骨に相当した (Figs. 1, 3, 4, 7 および 8)。

Fontaine 分類 I の一症例 (症例 5) は、TAO 患者であり手指に潰瘍を認めたが下肢は無症状であった。右下肢動脈撮影では後脛骨動脈にわずかに壁不整を認め、 $\text{TI-201 SPECT}$  は負荷および再分布像で異常を認めなかった。しかし、左下肢動脈撮

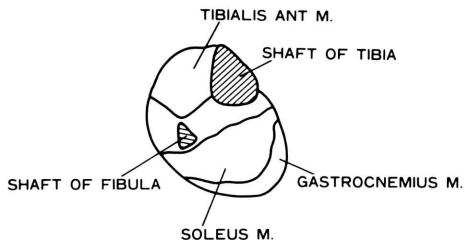


Fig. 1 The anatomical illustration of a transverse image of right lower limb. Tibial anterior muscle is classified to an anterior tibial muscle component, and soleus and gastrocnemius muscles are classified to a posterior tibial muscle component, respectively.

影では前脛骨動脈の下 2/3 に途絶を認めたが、 $\text{TI-201}$  負荷像では逆に下腿屈筋群の RI の軽度減少を示した。

Fontaine 分類 II, すなわち間歇性跛行は 7 例に認められた。症例 3 と 8 は動脈撮影では膝窩動脈より中枢にて閉塞を認め、 $\text{TI-201}$  負荷像では下腿にて RI の減少を認めたが、再分布像で改善を示した。症例 4 は左総腸骨動脈に 80% の狭窄を認めたが、血栓内膜切除術後に  $\text{TI-201 SPECT}$  を施行したため下腿 RI の取り込みは正常を示した。症例 6 は右内腸骨動脈の閉塞および左総腸骨動脈の完全閉塞を認め、 $\text{TI-201}$  負荷像で両下腿前脛骨コンパートメント群のみの取り込みを示し、再分布像では下腿屈筋群の改善を示した。本症例では

Table 1 Results of  $\text{TI-201 SPECT}$  leg muscle perfusion study in 13 patients

|               | Symptoms<br>(Fontaine) | Arteriographic<br>findings   | TI-201 SPECT      |                   |
|---------------|------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------|
|               |                        |                              | Stress            | RD                |
| 1 ASO<br>65岁  | R III                  | R proximal<br>L normal       | R ↓<br>L normal   |                   |
| 2 ASO<br>61岁  | R IV                   | R > distal<br>L > distal     | R P ↓<br>L A ↓    | R P →<br>L A ↑    |
| 3 ASO<br>44岁  | L II                   | R normal<br>proximal<br>L    | R normal<br>L ↓   | R →<br>L ↑        |
| 4 ASO<br>50岁  | L II                   | R > normal<br>L > normal     | R > normal<br>L   | R →<br>L →        |
| 5 TAO<br>46岁  | R I                    | R normal<br>distal<br>L      | R normal<br>L P ↓ | R →<br>L P ↑      |
| 6 ASO<br>62岁  | L II                   | R > proximal<br>L > proximal | R P ↓<br>L P ↓    | R P ↑<br>L P ↑    |
| 7 TAO<br>40岁  | R > III<br>L > III     | R > distal<br>L > distal     | R P ↓<br>L A, P ↓ | R P ↑<br>L A, P ↑ |
| 8 ASO<br>58岁  | R II                   | R > proximal<br>L > proximal | R > ↓<br>L > ↓    | R > ↑<br>L > ↑    |
| 9 ASO<br>68岁  | L IV                   | R normal<br>L proximal       | R normal<br>L ↓   | R normal<br>L →   |
| 10 ASO<br>45岁 | L II                   | R normal<br>L proximal       | R ↓<br>L normal   | R ↑<br>L →        |
| 11 TAO<br>40岁 | R > II<br>L > II       | R > proximal<br>L > proximal | R normal<br>L P ↓ | R →<br>L P →      |
| 12 ASO<br>59岁 | L II                   | R normal<br>L proximal       | R ↓<br>L normal   | R ↑<br>L →        |
| 13 TAO<br>58岁 | L IV                   | R > distal<br>L > distal     | R P ↓<br>L ↓      | R P ↑<br>L A ↑    |

ASO=arteriosclerosis obliterans

TAO=thromboangiitis obliterans

R=right L=left

SPECT=single photon emission computed tomography

RD=redistribution

A=anterior tibial muscle component

P=posterior tibial muscle component

下腿動脈撮影を施行していないため Tl-201 下腿 SPECT との対比はできなかった。症例 10 では動脈撮影にて膝窩動脈から中枢にて強度の狭窄を示

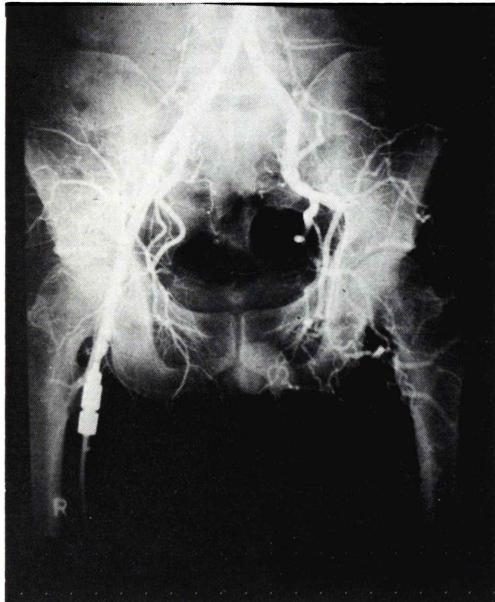


Fig. 2 Pelvic arteriogram of case 11 shows irregularity of right superficial femoral artery and obstruction of left common iliac artery with well developed collateralization.

したが、下腿動脈へ十分な側副路を認め SPECT 像は正常に近い分布となった。症例 11 は下肢動脈撮影では右浅大腿動脈に軽い狭窄を認め、左総腸骨動脈にも閉塞を認めた。しかし、側副路がよく発達している (Fig. 2)。Tl-201 による負荷像では右に比べて左の下腿屈筋群の取り込みが減少しているが、血管撮影による所見の割には両側ともに RI の減少が認められなかった (Fig. 3)。これは膝窩動脈から上で狭窄 (閉塞) があるものの、下腿にいく側副路が十分発達しているためと考えられた。再分布像では両側下腿部の取り込みの改善を認めた (Fig. 4)。また、planar 像では前脛骨コンパートメント群と下腿屈筋群とを分けて評価することは困難であった (Fig. 5)。症例 12 は動脈撮影では腹部大動脈に強い壁不整を認め、左総腸骨動脈に 90% の狭窄を示したが、左下腿における負荷像はむしろ正常に近い分布であった。この原因は不明である。

Fontaine 分類 III, すなわち足部安静時痛は 2 例認められた。症例 1 は右総腸骨動脈に 60% の狭窄および右浅大腿動脈に 80% の狭窄を認めた。Tl-201 負荷像では右下腿全体に RI の減少を認めた。再分布像は患者の都合により施行されなかつ

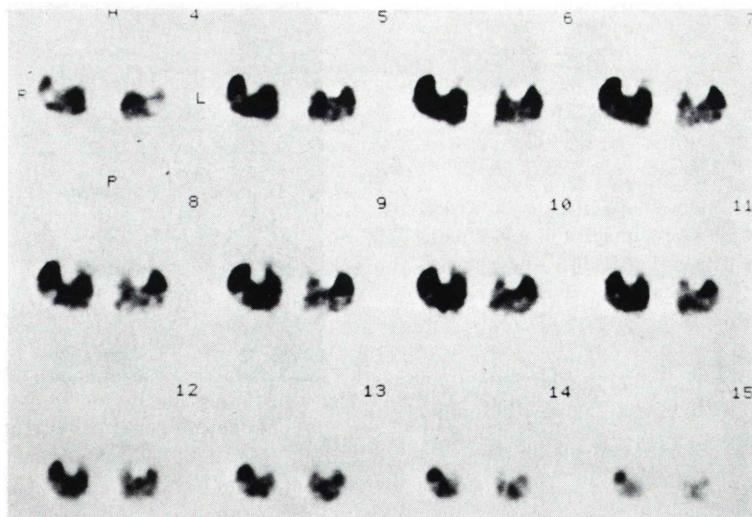


Fig. 3 The same case as shown in Fig. 2. Tl-201 SPECT stress image of right leg muscle shows normal distribution, whereas shows decreased activity on the left posterior tibial muscle component.

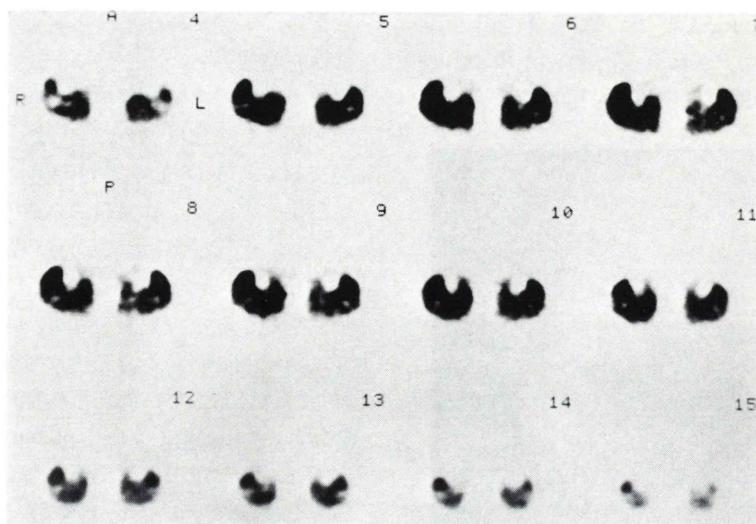


Fig. 4 Redistribution image of case 11. The left posterior tibial muscle component is improved in activity compared with stress image.

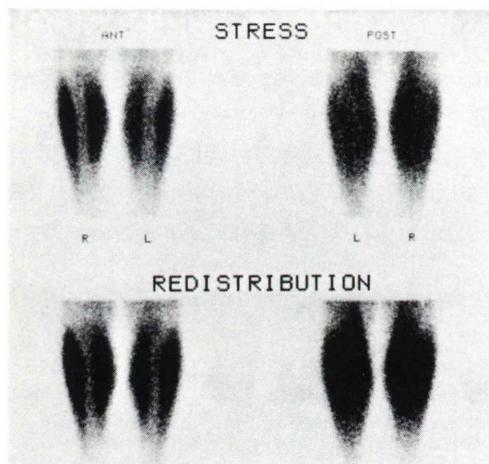


Fig. 5 Planar image of lower leg of case 11. Upper panel shows the stress image and lower panel shows the redistribution image. These images are difficult to differentiate anterior tibial from posterior tibial muscle component.

た。症例7は両足に安静時痛があり右後脛骨動脈に閉塞を認めた。TI-201負荷像では右下腿屈筋群にRIの減少を認めた。左前脛骨動脈は下腿中央で途絶し、また後脛骨動脈も閉塞を示し、腓骨動脈のみ開存していた。負荷像で下腿中央部にのみ取り込みを認め、動脈撮影とよく一致する所見であった。



Fig. 6 Arteriogram of case 13 shows severe stenosis of bilateral posterior tibial arteries.

Fontaine分類IV, すなわち足部潰瘍は3例に認められた。症例2は右膝窩動脈から後脛骨動脈にかけ閉塞を認め、負荷像で下腿屈筋群の取り込みの減少を示し、再分布像でも改善を認めなかった。

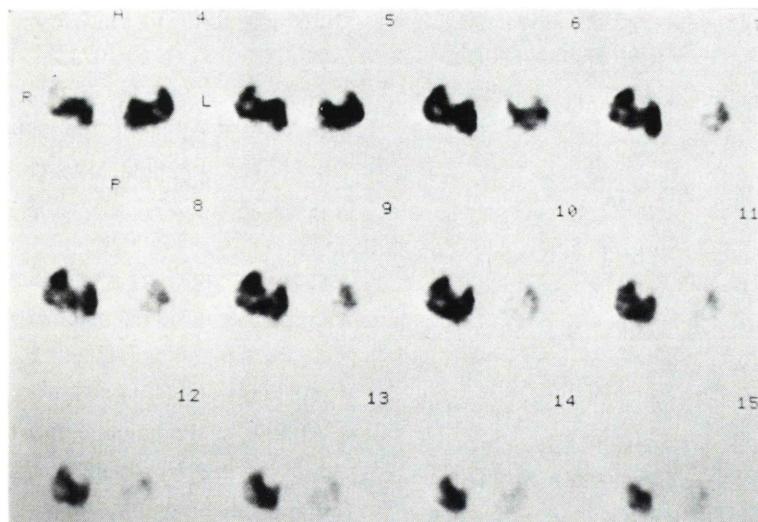


Fig. 7 Tl-201 SPECT stress image of case 13. Posterior tibial muscle of right leg shows decreased activity. Left leg muscle of anterior tibial and posterior tibial components shows decreased activity.

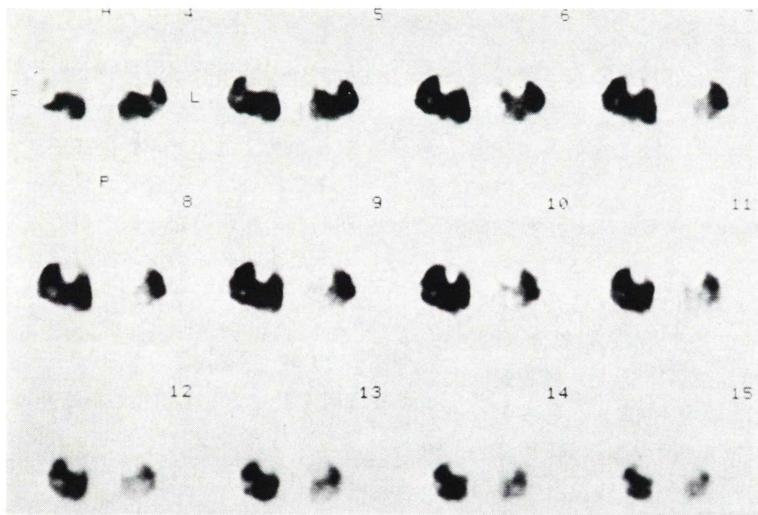


Fig. 8 Redistribution image of case 13. The right posterior tibial muscle component is improved in activity and the left anterior tibial muscle component is also reperfused.

左前脛骨動脈は起始部で狭窄を示し、負荷像で前脛骨コンパートメント群の取り込みの減少を示した。すなわち、動脈撮影所見とよく一致する結果であった。症例9は左総腸骨動脈の完全閉塞を示し、負荷像にて左下腿全体の著明な RI の減少を

認め、再分布像で改善を認めなかった。症例13は左第5趾に潰瘍があった。下腿動脈撮影の所見は、左右の後脛骨動脈は分岐後急速に狭小化を認めた (Fig. 6)。Tl-201 による負荷像では右側は後方 (下腿屈筋群) にて取り込みの減少を認めた。左側は

右に比べて全体に取り込みが低く、特に後方にて取り込みの減少を認めた(Fig. 7)。再分布像では負荷像に比べて両側ともに虚血の程度の改善を認めた(Fig. 8)。

#### IV. 考 察

虚血性心疾患において SPECT を用いた  $\text{TI-201}$  心筋シンチグラムは従来の *planar* 像に比べてその *sensitivity* が増すことが最近注目されている。その理由は回転型ガンマカメラによる  $\text{TI-201}$  心筋 SPECT では心筋への RI 分布を立体的に表示することができ、病変の検出能が向上し、その位置と広がりを的確に把握することが可能であるとされている。一方、 $\text{TI-201}$  は心筋だけでなく末梢動脈疾患においても利用されている<sup>3~7)</sup>。しかしこれらの報告はいずれも *planar* による検査である。下腿筋における虚血を検索する上において *planar* 像では前面または後面シンチグラムを撮っても、前後の重なりを避けることができない。本報告においてわれわれは SPECT を下腿筋における断層シンチグラムとして試み、さらに下腿筋の横断面を前脛骨コンパートメント群と下腿屈筋群に分けることを試みた。また、これら SPECT 像を臨床症状 (Fontaine の分類) および動脈撮影と比較し検討した。

本研究において Fontaine 分類 II から IV、すなわち、患者になんらかの症状がある場合、動脈撮影にて狭窄または閉塞を証明できた。動脈撮影にて膝窩動脈より中枢に狭窄(閉塞)があった 6 例では、4 例に患側部位の下腿全体に RI の減少を認めた(症例 1, 3, 8, 9)。一例は下腿の一部に RI の減少を認めた(症例 6)。他の一例は動脈撮影にて中枢に異常を認めたものの下腿 SPECT は正常であった(症例 12)。さらに膝窩動脈より末梢に狭窄(閉塞)がある例では、その動脈支配領域に一致して RI の減少を認めた(症例 2, 7, 13)。すなわち、SPECT 像により下腿 RI 分布を前脛骨コンパートメント群と下腿屈筋群に分けて検討することが可能であった(Fig. 7)。また主要血管が中枢にて狭窄(閉塞)があるものの側副路の十分発達した例

では、下腿 SPECT は正常に近い分布を示すことが裏づけられた(症例 10, 11)。下肢は無症状であった例では、下腿動脈の開存を示した筋群の軽度異常を示した(症例 5)。この原因は不明であるが、本検査では、主幹動脈に閉塞性病変がなくとも筋組織を灌流する栄養動脈の異常を表わすかもしれない。

$\text{TI-201}$  負荷像で RI の減少を認めた 17 肢のうち 4 肢を除いて再分布像で RI の増加を認めた。4 肢のうち 1 肢は患者の都合により再分布像は施行されていない(症例 1)。残りの 3 肢のうち 2 肢(症例 2, 9) は Fontaine 分類の IV、すなわち潰瘍であり、このことから同部の著しい血流の低下が考えられた。

$\text{TI-201}$  SPECT 像では、下腿筋における解剖学的情報は X 線 CT に解像力の点において劣るが、局所の血流を反映するので本症例のごとく虚血の程度を立体的に把握することが可能であった。しかし、これらの像は相対的であるため、同一患者において健足肢と患足肢との比較は可能であるが、両足ともに病変がある場合や他患者との比較は困難である。このため今後は正常人ボランティア等による検査にて前脛骨コンパートメント群と下腿屈筋群の正常分布(ヒストグラム)を作りそれをもとに患足肢との比較検討が必要である。

#### V. 結 論

以上の結果により次の結論を得た。(1)  $\text{TI-201}$  SPECT により下腿筋の横断面シンチグラムを得た。(2) 前脛骨コンパートメント群と下腿屈筋群の筋血流状態を立体的に評価できた。(3) それぞれの血流分布は血管撮影所見および臨床症状とほぼ一致した。

#### 文 献

- Ohta T: Noninvasive technique using thallium-201 for predicting ischemic ulcer healing of the foot. *Br J Surg* 72 (11): 892-895, 1985
- 小幡康範、佐久間貞行、齊藤 宏、他: 大型角形デジタルガンマカメラの臨床応用——第1報 装置の特徴と基本性能——. 核医学 21 (8): 979-983, 1984
- Siegal ME, Siemsen JK: A new noninvasive ap-

- proach to peripheral vascular disease: Thallium-201 leg scans. *AJR* **131**: 827-830, 1978
- 4) Siegel ME, Stewart CA: Thallium-201 peripheral scans: Feasibility of single-dose, single-day, rest and stress study. *AJR* **136**: 1179-1183, 1981
- 5) Seder JS, Botvinick EH, Rahimtoola SH, et al: Detecting and localizing peripheral arterial disease: Assessment of Tl-201 scintigraphy. *AJR* **137**: 373-380, 1981
- 6) Siegel ME, Stewart CA, Wagner W: A new objective criterion for detecting, noninvasively, the healing potential of an ischemic ulcer. *J Nucl Med* **22**: 187-189, 1981
- 7) Burt RW, Mullinix FM, Schauwecker DS, et al: Leg perfusion evaluated by delayed administration of thallium-201. *Radiology* **151**: 219-224, 1984

## Summary

### Leg Muscle Perfusion Study Using Tl-201 Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT)

Motoo OSHIMA\*, Takasi YANO\*\*, Naomichi NISHIKIMI\*\*, Sige hiko SIONOYA\*\*, Hiroshi AKANABE\*\*\*, Tetutaro ABE\*\*\* and Sadayuki SAKUMA\*\*\*

\*Department of Radiology, Ken-ritsu Tajimi Hospital, Gifu, Japan

\*\*First Department of Surgery, \*\*\*Department of Radiology, Nagoya University School of Medicine, Nagoya, Japan

The purpose of this study is to evaluate leg muscle perfusion with Tl-201 SPECT. Thirteen patients with peripheral arterial disease underwent this examination. A cuff was applied above the knee bilaterally and the cuff was inflated to 50 mmHg above the brachial systolic pressure. During deflation of the cuff, 3 mCi of Tl-201 was injected intravenously. SPECT image of the lower leg was obtained by rotating digital gamma camera (Toshiba, GCA-70A) with on-line minicomputer (Toshiba, GMS-55A).

Stress image and redistribution image were compared with clinical symptoms and arteriographic findings.

In conclusion: 1) Tl-201 SPECT perfusion image of lower leg was obtained. 2) SPECT image can be divided into anterior tibial muscle and posterior tibial muscle component. 3) SPECT perfusion distribution was correlated with arteriographic findings and clinical symptoms.

**Key words:** Thallium-201, Leg muscle perfusion study, Peripheral arterial disease, SPECT.