

《原 著》

閉塞性動脈硬化症における^{99m}Tc-tetrofosmin 運動負荷下肢シンチグラフィ

——動態像に認められる一過性軟部描出亢進現象と虚血下肢高集積像の病態解析——

木島 鉄仁* 池田伸一郎* 趙 圭一* 関崎 達夫*

要旨 間欠性跛行を主訴とする閉塞性動脈硬化症 21 症例を対象に、運動負荷 4 分後に ^{99m}Tc-tetrofosmin 370–555 MBq の投与を行い、下肢筋軟部集積像の撮像に加え、静注直後における動態像をも撮像し、2 種の画像を結びつけた解析を行うことにより、虚血肢の検出および下肢血流の評価を試みた。全身背面像における下肢全体の Affected Normal Ratio (ANR) は 0.97 ± 0.12 で虚血肢を高集積肢として検出することは困難であったが、足部 ANR は 0.82 ± 0.14 を示し、1 例 (4.8%) を除き虚血肢足部において低集積を示した。動態像では虚血肢のみに一過性大腿軟部描出亢進現象 (9 例 42.9%) を認め、下肢虚血を示す診断意義の高い所見と考えられた。動脈描出不良、一過性大腿軟部描出亢進、静脈早期描出の各所見による動態像における虚血肢検出能は sensitivity 71.4%, positive predictive value 93.8% を示し、さらに全身背面像上の足部集積低下とによる総合評価を行うと sensitivity は 85.7% に改善した。動態像から下肢通過時間を算出したところ、虚血肢 (12.0 ± 3.1 秒) は対側肢 (17.3 ± 4.5 秒) と比較し有意に短時間であり ($p < 0.0001$: paired t-test)，また一過性大腿軟部描出亢進を示した虚血肢の大脚部は有意に高集積を示した。これらの結果は、虚血肢では負荷後の高血流状態が遷延していることを反映しており、下肢高集積は血流の増大を示唆すると考えられた。しかし虚血肢には低集積を示す部位も存在し、末梢循環は複雑な調節下にあることも推測された。本シンチグラフィは虚血肢の診断に有用なだけではなく、下肢各部の末梢循環を把握しうる検査と考えられた。

(核医学 35: 305–313, 1998)

I. はじめに

四肢血管性病変 (peripheral vascular disease: PVD) における核医学的検査としては、²⁰¹TlCl^{1~5} や ^{99m}Tc-albumin microspheres⁶、^{99m}Tc-methoxyisobutylisonitrile (MIBI)⁷などを用いた下肢シンチグラフィによる筋血流評価の研究がみられる。こ

れらのシンチグラフィでは、動脈病変肢の血流が減少することから、虚血肢は低集積肢として評価されてきた。しかしながら虚血肢の集積が低下しない症例や、逆に高集積を示す症例が少なからず存在することが明らかになるに伴い^{4,5,7}、虚血肢の病変検出能を目的とする下肢シンチグラフィの臨床的評価については混乱がみられるようになっている⁷。

著者らは過去に最大負荷時静注法を用いた²⁰¹TlCl シンチグラフィを試み、これを詳細に検討した結果、虚血肢臀部、大脚部、下腿部の各部位には集積が低下しない症例や、逆に高集積を示す症例が多数存在することを報告した⁴。しかし、

* 日本医科大学放射線科

受付：10 年 2 月 18 日

最終稿受付：10 年 4 月 30 日

別刷請求先：文京区千駄木 1-1-5 (〒113-8602)

日本医科大学付属病院放射線科

木 島 鉄 仁

Table 1 Summary of characteristics and results of each patient

Pt.	Age (Y)	Affected period (M)	Exercise duration (min)	Stenotic lesion	ANR			Dynamic study			
					Whole leg	Thigh	Calf	Foot	Non- visualization of artery	Blush	Early venous return
S.Y.	52	3	2.5	RCI 75%	0.70	0.86	0.38	0.99	—	—	—
Y.Y.	70	6	1.7	RCI 90%	1.05	0.97	1.24	0.90	—	—	—
S.H.	61	7	2.3	RCI 90%	0.94	0.91	1.10	0.90	+	—	—
K.Y.	78	12	1.0	RCI 90%	1.00	1.11	0.92	0.88	—	+	+
O.A.	70	6	6.0	RCI 90%	0.96	0.88	0.97	0.85	—	—	—
H.N.	66	3	3.0	REI 90%	1.04	0.90	1.14	0.78	—	—	—
M.T.	76	4	4.0	REI 90%	0.95	1.02	0.87	0.70	—	+	+
S.K.	62	5	3.0	REI 90%	1.16	1.12	1.19	0.80	+	+	+
N.H.	69	2	3.5	REI 99%	1.00	1.04	1.10	0.94	—	—	—
K.T.	70	3	2.2	REI 100%	1.18	1.08	1.63	0.72	+	—	+
T.S.	80	4	4.0	REI 100%	1.09	0.98	1.14	1.11	—	+	+
T.Y.	70	10	4.0	RF 100%	1.02	0.97	1.19	0.88	—	—	**
H.K.	73	4	3.5	LCI 90%	0.76	0.79	0.76	0.78	—	+	+
W.T.	76	8	1.5	LCI 90%	0.90	0.88	1.04	0.56	+	—	—
O.H.	62	5	1.7	LCI 90%	1.03	1.16	0.84	0.81	—	+	+
A.H.	73	12	2.0	LCI 90%	0.85	0.87	0.93	0.92	—	—	—
M.K.	73	2	4.0	LCI 99%	0.89	0.88	0.94	0.78	+	—	—
N.T.	69	30	13.0	LEI 99%	0.86	1.03	0.94	0.82	+	—	—
K.S.	76	60	5.0	LEI 99%	1.04	1.11	1.10	0.89	+	+	+
K.Y.	60	3	1.8	LEI 100%	1.01	0.99	0.96	0.81	+	+	+
H.M.	64	30	3.0	LEI 100%	0.88	1.10	0.79	0.44	+	+	+

Y: years old, M: months, min: minutes, RCI: rt. common iliac artery, REI: rt. external iliac artery, RF: rt. femoral artery, LCI: lt. common iliac artery, LEI: lt. external iliac artery, **: early venous return demonstrated in the normal leg

これらの症例においても虚血肢足部の集積は高率に低下することを見いだし、病変肢の検出に有用であることを明らかにした。

一方、このような下肢の低集積を評価するのとは逆に、負荷に伴う高血流状態が虚血肢で遷延する⁸⁾ことを利用し、虚血肢を集積亢進肢として検出する検査法も試みられている⁹⁾。

そこで、著者らは今回、虚血肢高血流状態が遷延している時相にRIトレーサを投与し、その下肢集積を評価するのみならず、動態像を詳細に解析することにより、新たな臨床的意義について検討した。

II. 対 象

対象は間欠性跛行の精査のため平成7年10月から平成9年8月までに当科にてDigital Subtrac-

Table 2 Comparison of patients' characteristics between with and without blush phenomenon

	RI blush (+)	RI blush (-)	p value
Age (Y)	70±8	68±6	NS
Affected period (M)	14.1±19.2	7.7±7.7	NS
Exercise duration (min)	3.0±1.3	3.8±3.2	NS
Stenosis (%)	94.3±5.1	92.7±7.3	NS

Y: years old, M: months, min: minutes

tion Angiography (DSA)が施行され、跛行側の総腸骨動脈から大腿動脈に75%以上の動脈狭窄または閉塞病変が認められた閉塞性動脈硬化症(ASO)21例(全例男性、平均年齢69歳)である。なお対象患者には事前に検査の目的、内容等について十分な説明を行い、口頭による同意を得た。

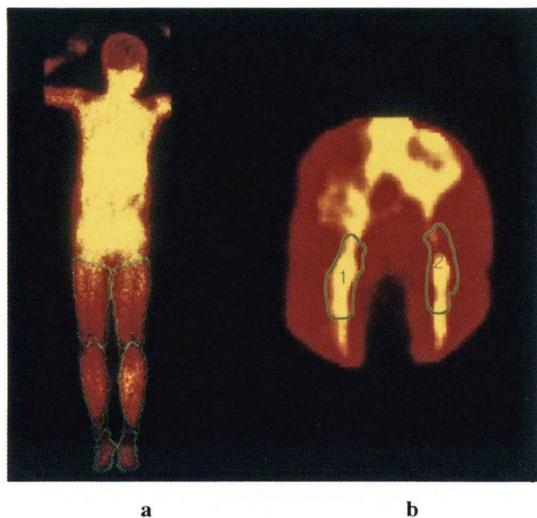


Fig. 1 ROI placement (a) on a posterior whole body image drawn around whole legs, thighs, calves, and feet, (b) on pelvic dynamic image drawn around ilio-femoral vessels.

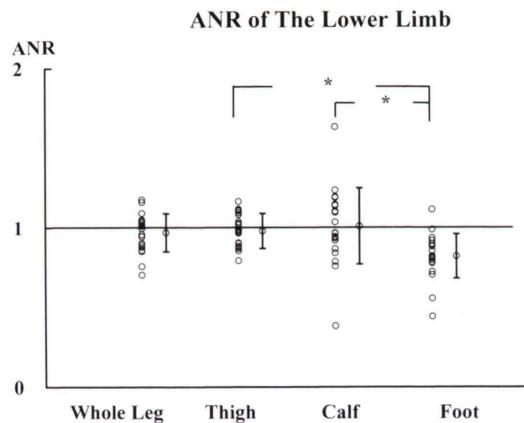


Fig. 2 Comparison of ANR (affected normal ratio) among whole leg, thigh, calf, and foot. *: $p < 0.005$ unpaired t-test.

III. 方 法

負荷方法および撮像方法

運動負荷は一段階昇降にて行い、跛行症状により負荷継続が困難との訴えをもって負荷を終了し、その4分後に背臥位にて肘静脈からテク

Blush and ANR of The Thigh

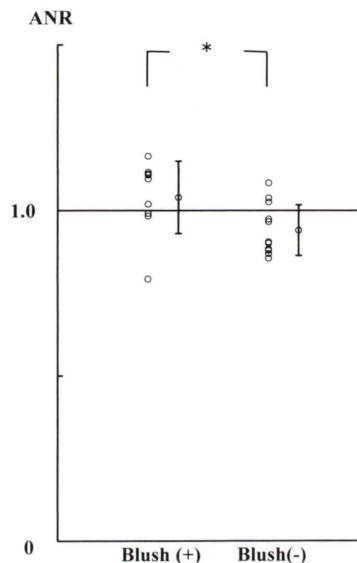


Fig. 3 Comparison of the thigh ANR between with and without blush phenomenon. *: $p < 0.05$ unpaired t-test.

Transit Time of The Leg

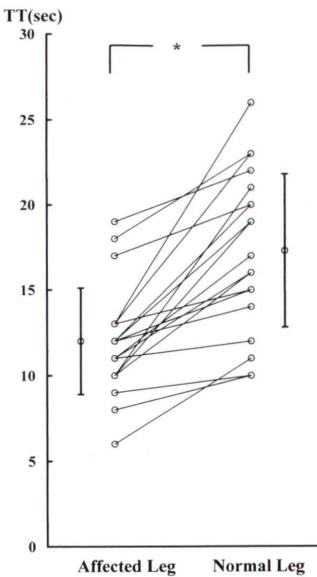


Fig. 4 Comparison of transit time (TT) between affected legs and normal legs which was calculated by subtracting arterial peak time from venous peak time based on ROI analysis in dynamic study. *: $p < 0.0001$ paired t-test.

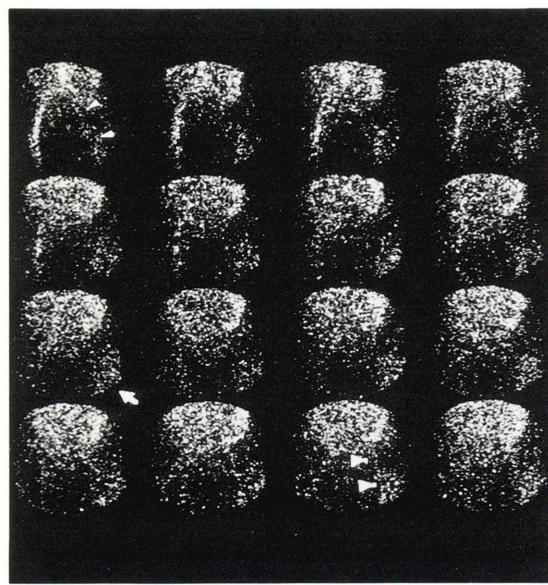
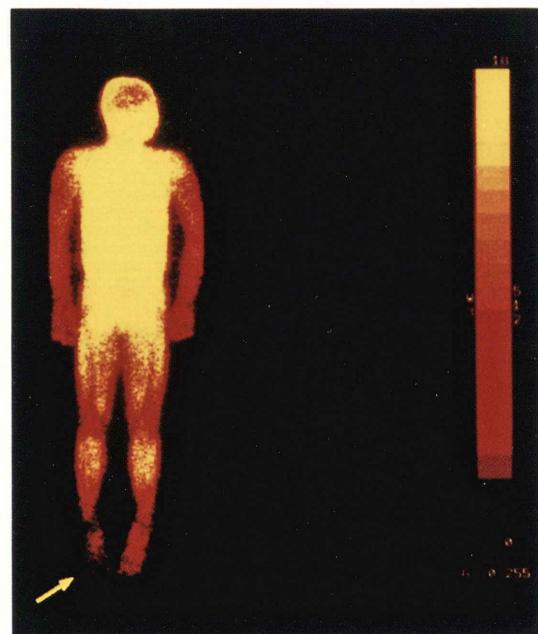
**a****b**

Fig. 5 A 64 years old man with total occlusion of left external iliac artery complaining left sided intermittent claudication. (a) The dynamic images (1 Frame/sec) showed an arterial defect (small arrow head), blush (arrow), and early venous return (arrow head) in the affected side. (b) Decreased foot uptake in the affected side was clearly demonstrated (long arrow) on a posterior whole body image.

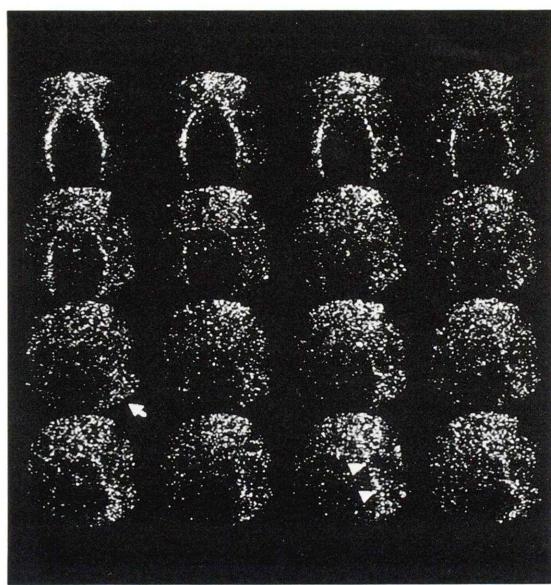
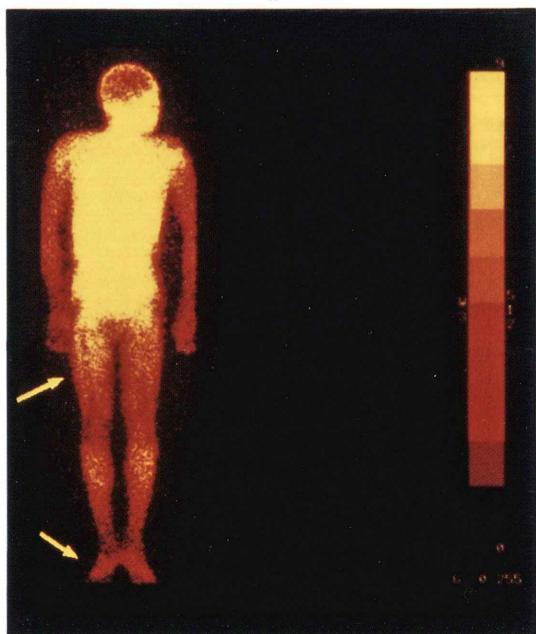
**a****b**

Fig. 6 A 62 years old man with 90% stenosis of left common iliac artery complaining left sided intermittent claudication. (a) The dynamic images (1 Frame/sec) showed blush (arrow) and early venous return (arrow head) distinctly in the affected side. (b) A posterior whole body image demonstrated increased thigh uptake and decreased foot uptake in the affected leg (long arrows).

ネチウム標識心筋血流製剤 ^{99m}Tc-1,2-bis[2-(ethoxyethyl)phosphino]ethane (以下 tetrofosmin) 370–555 MBq を急速静注した。まず、静注直後から背臥位にて腹部大動脈分岐部レベルより左右大腿動脈近位部を視野内とする骨盤部 RI アンギオグラフィ(動態像)を撮像し、次いで腹臥位にて静注 5 分後より全身背面像を撮像した。

使用した機器は東芝社製単検出器型ガンマカメラ GCA-602A で、低エネルギー高分解能コリメータを装着して撮像を行った。動態像はマトリックス 64×64 にてリストモード収集し、1 フレーム/1 秒として表示した。数値解析は各フレーム毎に 10 回加算後 3 点スマージング処理を施した画像にて行った。全身背面像は 45 cm/分の速度にて検出器を移動させ撮像を行った。

解析方法

A. 全身背面像

全身背面像の左右下肢全体および大腿部、下腿部、足部を視認し、用手的に関心領域 (ROI) を設定し (Fig. 1a), 各領域について次式のようにピクセル当たりの平均カウント (MC) を求め、虚血肢側の値を対側の値の比として Affected Normal Ratio (ANR) を算出した。

$$\text{MC} = \text{counts of ROI} / \text{the number of ROI pixels}$$

$$\text{ANR} = \text{MC of affected side} / \text{MC of normal side}$$

B. 動態像

まず動態画像上にて視覚的に下肢動脈、大腿軟部および静脈の描出について評価を行った。判定は臨床情報を与えられていない 3 人の放射線科専門医が個別に行い、以下の評価基準にて所見陽性とし、2 人以上の判断が一致した場合に有意所見と判定した。

- 動脈描出不良：①描出低下、②描出時相遅延、③部分的欠損、の 3 項目のうち 1 項目以上を認めたものを所見陽性とする。
- 一過性大腿軟部描出亢進：動脈相から実質相において大腿軟部が一過性に高集積を示したものを所見陽性とする。
- 静脈早期描出：①早期時相における静脈像出現、②描出亢進、のうち 1 項目以上を認めたも

のを所見陽性とする。

次に動態画像上の左右外腸骨動脈領域から大腿動脈近位領域に關心領域を設定し (Fig. 1b), 各領域ごとに時間放射能曲線を描き、動脈相と静脈相の各々における放射活性がピークとなる時間を求めた。この両ピークの時間差を下肢通過時間 (transit time: TT) として算出した。

IV. 結 果

A. 全身背面像

下肢全体、大腿部、下腿部の ANR はそれぞれ平均 0.97 ± 0.12 , 0.98 ± 0.11 , 1.01 ± 0.24 で、ANR が 1 以上を示した症例は下肢全体および大腿部で 9 例 (42.9%), 下腿部で 10 例 (47.6%) に認められた。これに対し、足部の ANR は 0.82 ± 0.14 を示し、1 例を除き ANR は 1 以下であった (Table 1)。足部 ANR は大腿部、下腿部 ANR より有意に低値を示し ($p < 0.005$: unpaired t-test) (Fig. 2), ANR 0.90 以下を検査陽性^{2,3,23)}とした場合、虚血肢の検出感度は 81.0% であった。

B. 動態像

視覚的評価では、動脈描出不良および一過性大腿軟部描出亢進はそれぞれ 9 例 (42.9%) で認められ、どちらの所見とも全例において虚血肢に陽性であった。また 4 例 (19.0%) ではこれら 2 所見とともに認めた。

静脈早期描出は 11 例 (52.4%) に陽性で、このうち 1 例を除く 10 例では虚血肢に認められた。一過性大腿軟部描出亢進を示した 9 例は全例において虚血肢の静脈早期描出を伴っていた (Table 1)。

これら 3 所見のうち 1 所見以上を認めた場合を動態像における検査陽性とすると、虚血肢検出の sensitivity および positive predictive value はそれぞれ 71.4%, 93.8% であった。さらに全身背面像における足部集積低下 (ANR 0.90 以下) を虚血肢診断の陽性判定基準として加えた総合評価を行うと、sensitivity は 85.7% にまで改善した。

動態像における大腿軟部描出亢進の所見陽性群と陰性群について、全身背面像における大腿部

集積を比較したところ、大腿部 ANR はそれぞれ 1.04 ± 0.11 , 0.94 ± 0.08 で、所見陽性群における大腿部 ANR は有意に高値を示した ($p < 0.05$: unpaired t-test) (Fig. 3)。しかし両群について年齢や病歴、負荷量、最大狭窄率を比較したところ、有意な関係は見いだせなかった (Table 2)。

虚血肢および対側肢における TT はそれぞれ 12.0 ± 3.1 秒, 17.3 ± 4.5 秒であり、21 例全例で虚血肢の TT は正常肢より短時間であり、統計学的にも有意であった ($p < 0.0001$: paired t-test) (Fig. 4)。

V. 症例呈示

症例 1

64 歳男性。左下肢の間欠性跛行を主訴とし、経動脈的血管造影にて左外腸骨動脈に長区間の閉塞が認められた。動態像上、左外腸骨動脈以下末梢の動脈描出は不良で、また左大腿は一過性の軟部描出亢進を示し、続いて対側に比し早期に静脈が描出された (Fig. 5a)。TT は左側で 18 秒、右側で 23 秒を示し、虚血肢において TT はより短時間であった。

全身背面像における下肢全体、大腿部、下腿部、足部の ANR はそれぞれ 0.88, 1.10, 0.79, 0.44 であり、虚血肢の集積は大腿部に軽度高集積を認めたのみで、下腿部および足部では低集積を示した (Fig. 5b)。

症例 2

62 歳男性。左下肢の間欠性跛行を主訴とし、経動脈的血管造影にて左総腸骨動脈に 90% の狭窄が認められた。動態像上、左総腸骨動脈以下末梢の動脈の明らかな描出不良は認められなかつたが、左大腿軟部に一過性描出亢進が明瞭に認められた。左側ではこれに続いて対側に比し早期に静脈が描出された (Fig. 6a)。TT は右側で 19 秒、左側で 12 秒であり、虚血肢の TT はより短縮していた。

全身背面像における下肢全体、大腿部、下腿部の ANR はそれぞれ 1.03, 1.17, 0.84 と、患側肢大腿部では高集積を認めたが、足部 ANR は 0.81 と低集積を示した (Fig. 6b)。

VI. 考 察

PVD における安静時または運動負荷下肢シンチグラフィでは、下肢血流減少に伴う集積の低下を検出する方法や^{1~7)}、運動負荷時の高血流状態が虚血肢で遷延することを利用した下肢高集積を検出する方法が行われている⁹⁾。しかし虚血肢の集積が予期された集積と異なる症例が多数存在するため、下肢シンチグラフィの有用性に否定的な報告も存在する⁷⁾。

著者らは虚血肢集積の低下が予想される運動負荷時静注法を用いた検討を行い、足部集積の低下に注目したところ虚血肢の検出に非常に有用であったことをはじめて報告した⁴⁾。しかしながら足部以外の部位では、過去の報告と同様に集積亢進を示す症例が高頻度に経験された。このような虚血肢高集積の機序の一つとして反応性充血の関与が挙げられているが^{4,5)}、筆者らの検討にても虚血肢における高集積について積極的な診断的意義付けを行うことができなかつた⁴⁾。

ところで ASO の画像診断に際しては動脈造影が gold standard の役割を演じていることは言を俟たないが、動脈造影を施行すると PVD^{10,11)} や冠状動脈疾患^{12,13)} などの閉塞性脈管疾患^{14,15)} に早期静脈描出現象や一過性の濃染像 (blush) が認められることは古くより知られている。これらの現象は動静脈シャントや虚血に関連した充血に起因すると推測されているものの^{10~15)}、PVD における診断的意義については一定の見解が得られていない¹¹⁾。

そこで著者らは tetrofosmin を用いて動態像¹⁶⁾と下肢筋軟部集積像の 2 種の画像検査を一連の同一検査として施行し、両者を結びつけた解析を行うことにより、虚血肢における筋血流の評価を試みた。このような評価は過去にみられないものである。tetrofosmin の投与時期としては高血流状態がほぼ虚血肢においてのみ遷延していると考えられる時相を考慮し⁹⁾、最大運動負荷 4 分後に静脈内投与を行うのが妥当と考え、まず動態像を、ついで下肢集積像を撮像する下肢シンチグラフィを施

行した。

従来の報告によると運動負荷4分後静注法における虚血肢集積は亢進すると考えられていたが²⁰⁾、今回の著者らの検討結果はこれと異なっていることが判明した。すなわち、下肢筋軟部集積が亢進しない症例が多く、下肢全体や大腿部、下腿部のANRの平均はほぼ1であった。このため本方法により虚血肢を単純に高集積肢として検出することは早計に過ぎる恐れがあると考えられた。

しかしながら足部においては1例(4.8%)を除きANRは1以下であり、従来の報告^{2,3)}と同様にANR 0.90以下を閾値として虚血肢を検出した場合、虚血肢検出 sensitivity は81.0%と良好な値を示した。足部ANRが1以上を示した1例では、すでに長期にわたりプロスタグランジンE₁製剤が投薬されており、末梢血管拡張作用が足部集積の亢進に関与していることが原因であるとも考えられた。

次に骨盤部から大腿近位部の範囲における動態像を用い、動脈描出不良、一過性の大腿軟部描出亢進および静脈早期描出に注目して視覚的評価を行った。その結果、動脈描出不良と一過性の大腿軟部描出はそれぞれ9例(42.9%)に認められ、どちらの所見もともに虚血肢においてのみ陽性であった。特に虚血肢における一過性大腿軟部描出亢進は、これまで注目されることがなかった現象であり、今回の検討からはきわめて診断意義の高い所見と結論づけられた。さらに静脈早期描出は11例(52.4%)に確認された。これら動態像3所見のうち1所見以上認められたものを検査陽性とした場合、sensitivity および positive predictive value はそれぞれ71.4%, 93.8%となった。これらの所見に加えて、全身背面像におけるANR 0.9以下の足部集積低下現象を総合すると、虚血肢診断の sensitivity は85.7%までに改善をみた。すなわち、全身背面像とともに動態像に基づくこれらの視覚的所見を併せて評価することは、下肢虚血の検出に有用であることが判明し、簡便な読影基準として利用価値の高い方法であると考察された。

一方、動態像上の下肢血流の評価として、静脈

への灌流時間 TT を算出したところ、全例において虚血肢の TT は対側肢より短時間であり、統計学的に有意であった。さらに一過性大腿軟部描出亢進を示した下肢では、全例で視覚的にも早期静脈描出現象を認めた。以上の結果から、動態像におけるこれらの2所見は下肢血流循環が短時間化したことを示す現象であり、その成因として運動負荷終了4分後の虚血肢において末梢血管抵抗の減少が引き起こす高血流状態の遷延が考えられた。また一過性大腿軟部描出亢進が認められた大腿部は、対側に比し有意に高集積を示し、下肢局所の高集積は同部の血流の増大を示唆する¹⁷⁾所見と考えられた。

しかしながら一過性大腿軟部描出亢進を認めた症例の中には同側の大腿部集積の低下を示す例があり、高血流状態と考えられる虚血肢各部にも低集積部が存在していた。これらの機序として骨格筋における生理学的動脈シャント効果^{10,18)}、運動時における活動筋、非活動筋への血流再分布^{19,20)}や毛細血管構築²¹⁾などの問題の関与が推測された。

今回用いたRIトレーサの投与法は負荷状態から安静状態への血流回復遅延度を評価するものであり、負荷時における高血流の機序として局所酸素需要の増大や代謝産物の蓄積による末梢血管の拡張が挙げられている^{15,22)}。このためRIトレーサの挙動は負荷終了後の供給血流量や筋疲労度により容易に修飾されると考えられ、さらに病態期や負荷量、最大狭窄率などの指標が筋血流の変化を必ずしも正確には反映していない可能性も考慮する必要がある。また今回の評価法は左右差の比較に基づいているため、両側に同程度の下肢虚血症状を示す例では診断が不充分となることも考えられる。

本検査法の利点は動態像と下肢集積像とをともに得ることである。観察視野のより広いガンマカメラが利用可能となれば集積と血流との関係の把握を下肢各部ごとに行え、RIトレーサの適宜な投与時期の選択や薬剤負荷の利用などにより、負荷中の虚血肢の血流や観血的血行再建術の適応決

定を目的とした虚血に対する予備能の評価へも応用可能と思われる。本シンチグラフィは PVD の罹患肢検出にとどまらず、四肢末梢循環の病態の解析にも有用な検査法と考えられた。

VII. 結語

1. 間欠性跛行を主訴とする ASO 21 症例に対し、運動負荷 4 分後静注法を用い、動態像と全身背面像とを撮像する下肢シンチグラフィを施行した。
2. 本検査においては虚血肢の下肢通過時間は対側肢より短時間であり、負荷に伴う高血流状態が虚血肢において遷延していると考えられた。
3. 動態像における一過性大腿軟部描出亢進現象は局所の高血流状態を示唆しており、虚血肢検出としての診断意義を有する所見と考えられた。
4. 動態像における動脈描出不良、一過性大腿軟部描出亢進、静脈早期描出と、全身背面像における足部集積低下 (ANR 0.90 以下) とを併せて評価することにより、sensitivity 85.7% と虚血肢を良好に検出することが可能であった。
5. 下肢各部集積亢進は局所筋血流の増大を示唆すると考えられたが、虚血肢に高集積を示さない部位も存在し、末梢循環は複雑な調節下にあることが推測された。
6. 本シンチグラフィは虚血肢の診断に有用なだけではなく、下肢各部位の循環動態を把握しうる検査と考えられた。

文 献

- 1) Strauss HW, Harrison K, Pitt B: Thallium-201: non-invasive determination of the regional distribution of cardiac output. *J Nucl Med* **18**: 1167-1170, 1977
- 2) Segall GM, Lennon SE, Stevick CD: Exercise whole-body Thallium scintigraphy in the diagnosis and evaluation of occlusive arterial disease in the leg. *J Nucl Med* **31**: 1443-1449, 1990
- 3) Segall GM, Lang EV, Lennon SE, Stevick CD: Functional imaging of peripheral vascular disease: A comparison between exercise whole-body thallium perfusion imaging and contrast arteriography. *J Nucl Med* **33**: 1797-1800, 1992
- 4) 木島鉄仁, 済田伸一郎, 水村 直, 隅崎達夫: 閉塞性動脈硬化症 (ASO) における運動負荷下肢²⁰¹TlC1 シンチグラフィの有用性——PTA 前後の血流評価を含めて——. 核医学 **32**: 935-941, 1995
- 5) 分校久志: 最新臨床核医学 第二版, 末梢循環(循環器), 久田欣一, 古館正徳, 佐々木康人, 小西淳二, 金原出版, 東京, 1991, pp. 344-346
- 6) Nishikimi N, Sakurai T, Sionoya S, Oshima M: Microcirculatory characteristics in patients with Buerger's Disease. *Angiology* **43**: 312-319, 1992
- 7) Bajnok L, Kozlovszky B, Varga J, Antalffy J, Olvaszto S, Fulop T Jr: Technetium-99m sestamibi scintigraphy for the assessment of lower extremity ischemia in peripheral arterial disease. *Eur J Nucl Med* **21**: 1326-1332, 1994
- 8) Shepherd JT: The blood flow through the calf after exercise in subjects with arteriosclerosis and claudication. *Clin Sci* **9**: 49-58, 1950
- 9) Burt RW, Mullinix FM, Schauwecker DS, Richmond BD: Leg perfusion evaluated by delayed administration of Thallium-201. *Radiology* **151**: 219-224, 1984
- 10) Köhler R, Viljanen V: Angiographically demonstrated arteriovenous shunting in circulatory obstructions in the lower extremities. *Acta Radiol (diag)* **2**: 473-486, 1964
- 11) Milne ENC: The significance of early venous filling during femoral arteriography. *Radiology* **88**: 513-518, 1967
- 12) Nordenström B, Ovenfors CO, Törnell G: Myocardigraphy and demonstration of the cardiac veins in coronary angiography. *Acta Radiol* **57**: 11-16, 1962
- 13) Nordenström B: The thebesian circulation in coronary angiography. *Angiology* **16**: 616-621, 1965
- 14) Cronqvist S, Laroche F: Transitory hyperemia in focal cerebral vascular lesions studied by angiography and regional cerebral blood flow measurements. *Brit J Radiol* **40**: 270-274, 1967
- 15) Lassen NA: The luxury perfusion syndrome and its possible relation to acute metabolic acidosis localized within the brain. *Lancet* **II**: 1113-1115, 1966
- 16) 済田伸一郎, 水村 直, 大石卓爾, 隅崎達夫, 佐野純子, 山崎佳子, 他: ^{99m}Tc-PPN1011 を用いた心筋灌流・心機能評価——臥位自転車エルゴメータを用いた運動負荷併用検査——. 核医学 **30**: 437-440, 1993
- 17) Burchert W, Schellong S, Hoff JVD, Meyer G, Alexander K, Hundeshagen H: Oxygen-15-water PET assessment of muscular blood flow in peripheral vascular disease. *J Nucl Med* **38**: 93-98, 1997
- 18) Lopez-Majono V, Rhodes BA, Wagner HN Jr: Arteriovenous shunting in extremities. *J Appl Physiol* **27**: 782-786, 1969

- 19) Clausen JP, Klausen K, Rasmussen B, Trap-Jansen J: Central and peripheral circulatory changes after training of the arms or legs. Am J Physiol **255**: 675–682, 1973
- 20) Secher NH, Clausen JP, Klausen K, Noer I, Trap-Jansen J: Central and regional circulatory effects of adding arm exercise to leg exercise. Acta Physiol Scand **100**: 288–297, 1977
- 21) Harrison DK, Birkenhake S, Knauf SK, Kessler M: Local oxygen supply and blood flow regulation in contracting muscle in dogs and rabbits. J Physiol **422**: 227–243, 1990
- 22) Varnauskas E, Björntorp P, Fahlén M, Přerovský I, Stenberg J: Effect of physical training on exercise blood flow and enzymatic activity in skeletal muscle. Cardiovasc Res **4**: 418–422, 1970
- 23) Siegel ME, Siemsen JK: A new noninvasive approach to peripheral vascular disease: Tl-201 leg scan. J Nucl Med **19**: 709, 1978

Summary

^{99m}Tc-Tetrofosmin Exercise Leg Perfusion Scintigraphy in Arteriosclerosis Obliterans (ASO)

—Assessment of Leg Ischemia Using Two Phase Data Acquisition—

Tetsuji KIJIMA, Shin-ichirou KUMITA, Keiichi CHO and Tatsuo KUMAZAKI

Department of Radiology, Nippon Medical School

Twenty-one patients with arteriosclerosis obliterans (ASO) were studied with ^{99m}Tc-tetrofosmin exercise leg perfusion scintigraphy using the delayed administration method. In this method, tracer was injected 4 minutes after termination of symptom-limited repetitive climbing of a stair to validate prolonged vasodilation in an ischemic lower limb after exercise. Visual and quantitative analyses were performed to evaluate a diseased leg using dynamic and static images. On a posterior whole body image, all cases except one showed decreased foot uptake in the affected side (affected normal ratio; ANR=0.82±0.14). On dynamic images, 9 cases showed transient hyper-accumulation (blush phenomenon) only in the thigh of the affected side suggesting that this valuable finding may be a useful diagnostic sign to distinguish a diseased leg. Sensitivity and positive predictive value were 71.4% and 93.8% to detect a diseased leg based on more than one finding of non-visualization of ilio-femoral artery, muscle-soft tissue blush, and early venous return in a

dynamic study. Moreover, a low uptake of ANR of below 0.90 in the foot in the static study gave an improved sensitivity of 85.7%. The transit time of the diseased legs (12.0 ± 3.1 sec.) which was determined as the interval between the time of arterial and venous peak counts was significantly shorter than that of normal legs (17.3 ± 4.5 sec.; $p < 0.0001$, paired t-test). The cases with blush phenomenon showed significantly higher thigh ANR (1.04 ± 0.11) than those without (0.94 ± 0.08 ; $p < 0.05$, unpaired t-test). These results could reflect prolongation of a hypervascular state after exercise in a diseased leg which sometimes induced blush phenomenon at arterial phase and high leg uptake at static phase. This scintigraphy is useful for the detection of a diseased leg as well as for grasping changes of vascular regulation after stress in patients with ASO.

Key words: Peripheral vascular disease, Leg perfusion scintigraphy, RI angiography, Blush phenomenon, Early venous return.