

《原 著》

運動負荷心筋スキャンにおける健常心筋部位の
washout rate に関する検討

西村 恒彦* 植原 敏勇* 林田 孝平* 小塚 隆弘*
 斉藤 宗靖** 住吉 徹哉**

要旨 運動負荷心筋スキャンにおいて、一過性欠損像の検出が困難な症例がある。このような症例に、washout rate 法の併用は虚血の検出に有用である。しかし、正常例、1, 2 枝病変（狭心症）の健常心筋部位において、時に心筋全体の washout rate の低下（Diffuse slow washout）をみることがある。そこで、これらの症例において、washout rate の算出に影響する因子について検討した。正常 100 例において washout rate と負荷時最大心拍数は $r=0.721$ 、また肺野タリウム活性とは $r=-0.56$ の相関を示し、両者と密接な関係があることが示された。また、1 枝病変 33 例中 6 例（18%）、2 枝病変 30 例中 8 例（24%）において Diffuse slow washout を認めた。これらの症例では、肺野のタリウム活性の増加、負荷量の不足（心拍数の低下）を有意に認めた。したがって、心筋 washout rate による虚血の検出を行う際、本現象に留意すべきである。

I. 緒 言

多枝病変を有する冠動脈疾患において、運動負荷心筋スキャンで、一過性欠損像の検出が困難な症例がある。このような症例に、定量的解析として負荷直後、再分布時の心筋局所のカウント比から算出した washout rate の併用は、虚血の検出の指標として有用なことが報告されている^{1,2)}。とくに、3 枝病変や左主幹部病変を有する症例では、心筋全体における washout rate の低下（Diffuse slow washout）が特徴的な所見とさえいえる^{3,4)}。しかし、負荷量の少ない時などにおいて、正常例、1～2 枝病変で健常心筋部位において、washout rate が低下することを頻々経験する。

そこで、本研究では、健常心筋部位における心筋 washout rate の算出に影響を与える要因につ

いて検討した。とくに、これらの症例において稀にみられる Diffuse slow washout の成因についても考察したので報告する。

II. 対 象

1. 正常例の設定

1983年9月から1年間に施行した運動負荷心筋スキャン904例のうち、負荷時心電図上1mm以上のST降下なく、胸痛陰性かつ負荷心筋スキャン陰性の症例で弁膜、先天性心疾患などの心疾患、肺疾患および高血圧を有さない100症例を選んだ。年齢は平均54歳（36歳から71歳）、男性77例、女性23例であった。なお、全症例ともに心拍同期心プールスキャンにてLVEFは正常域（ $63 \pm 5\%$ ）にあった。このうち、冠動脈造影は20例に施行、全例ともに正常冠動脈を有していた。

2. 冠動脈疾患例

正常例と同様に1983年9月から1年間に運動負荷心筋スキャンと冠動脈造影を2週間以内に施行した労作性狭心症（梗塞非合併例）のうち、1枝病変33例、2枝病変30例である。なお、冠動脈における有意狭窄は、主要冠動脈の1枝以上に75%以

* 国立循環器病センター放診部

** 同 内科

受付：60年1月18日

最終稿受付：60年4月10日

別刷請求先：吹田市藤白台 5-7-1 (☎ 565)

国立循環器病センター放診部

西村 恒彦

上の狭窄を有するものとした。年齢は平均56歳(38歳から64歳), 男性56例, 女性7例であった。

III. 方 法

1. 運動負荷法

運動負荷は, 電気制動型自転車エルゴメータ(シーメンス社製)を用いた漸増負荷法とした⁵⁾。負荷量は3分ごとに25 watt増加させ, 1分ごとに負荷中の血圧, 心電図を測定した。End pointは, 正常例では足の疲れ, 息切れ, 心拍数(予測最大心拍数の85%), あるいは収縮期血圧×心拍数(Double product) > 25,000の時点で²⁰¹TlCl 2~4 mCiを静注, できる限り1分間運動負荷を持続, 次いでシンチカメラ下に移動させ撮像を行った。また, 労作性狭心症例では胸痛の出現, 心電図のST降下(sagging, horizontal ST降下1 mm, junctional, slow rising 2 mm降下), 心拍数(予測最大心拍数の85%), あるいはDouble product > 25,000をend pointとし, ²⁰¹TlCl 2~4 mCiを静注した。

2. 撮像方法

用いた装置はGAP(general all purpose) コリメータを装着したシンチカメラ(Ohio-Nuclear Σ 410S)とオンラインで接続したRIデータ処理装置(GAMMA 11, 128 kw)である。初期分布像は, 正面, 左前斜位45°および70°の3方向から, それぞれ500 k カウントの計測にて撮像した。再分布像は4時間後に, 同方向にて初期分布の撮像に要した時間(プリセット・タイム)で行った。

3. 各種指標の算出

(1) Washout rate の算出

Washout rate の算出はすでに報告したように⁶⁾, 運動負荷時(EX)および再分布時(RD)のコンピュータ画像にて, 上縦隔にバックグラウンドを設定, 心筋イメージからこれを除去後心筋像を18領域に放射状に分割し, それぞれのcircumferential profile curveを作成, EX-RD(カウント)/EX(カウント)×100(%)を各領域にて求めwashout rate curveを作成することにより行った。あるいは, 心筋イメージにて, 心筋局所にROIを設定, 同

様の方法にてwashout rateを求めた⁷⁾。今回, washout rateの算出は, 左前斜位45°心筋イメージを用いて行ったものを採用した。

(2) 肺野における²⁰¹TlCl集積

運動負荷時における正面像の心筋イメージにて, Kushnerら⁸⁾と同様に, 右肺野に関心領域を設定し, この平均カウント数(L)を, 心筋部位(3×3マトリックス)の最高カウント値(M)で除し, L/M×100(%)として算出した⁹⁾。

(3) 運動負荷前後の指標

安静時および負荷時に心拍数, 血圧およびDouble productを求めた。また, 負荷前後のDouble product(収縮期血圧×心拍数)の比を求めた。運動負荷量は50 watt 3分(著者らの施設では約5 Metsに相当)をクリアできなかったとき, 負荷量不足とした。

なお, 統計処理はunpaired t-testを用いた。

IV. 結 果

1. 正常例におけるwashoutの検討

正常100例におけるwashout rateと負荷時の最大心拍数の関係をFig. 1に示す。最大心拍数の増加した症例では, washout rateは増加を示した。両者の相関は $r=0.721$ ($y=0.333x+3.212$)であった。また, washout rateと肺野タリウム活性の関係をFig. 2に示す。負荷時, 肺野タリウム活性の増加した症例では, washout rateは低下を示した。両者の相関は $r=-0.56$ ($y=-1.165x+83.218$)であった。

さらに, 肺野タリウム活性と負荷時心拍数との関係をFig. 3に示す。最大心拍数の増加した症例では, 肺野タリウム活性は低下した。両者の相関は $r=-0.650$ ($y=-0.149x+49.696$)であった。したがって, 正常例においてwashout rateは肺野タリウム活性, 最大心拍数に影響されることが示された。

なお, 100症例のうち, 冠動脈造影で正常冠動脈を有する20例において, washout rateおよび肺野タリウム活性の平均値±標準偏差を算出した。それぞれ $50\pm5\%$, $27\pm3\%$ であった。したがっ

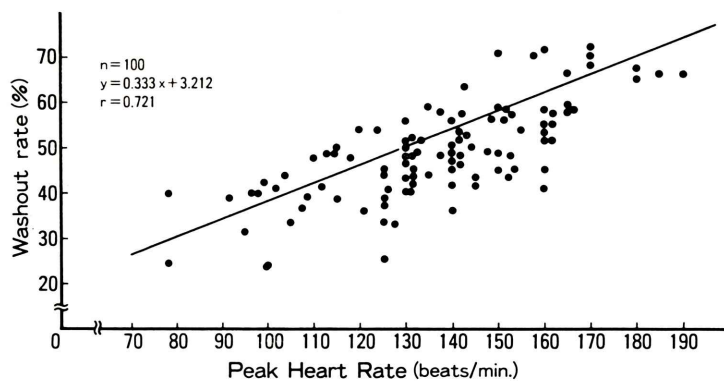


Fig. 1 Correlation between washout rate and peak heart rate in normal cases ($n=100$). Washout rate is related to peak heart rate ($r=0.72$).

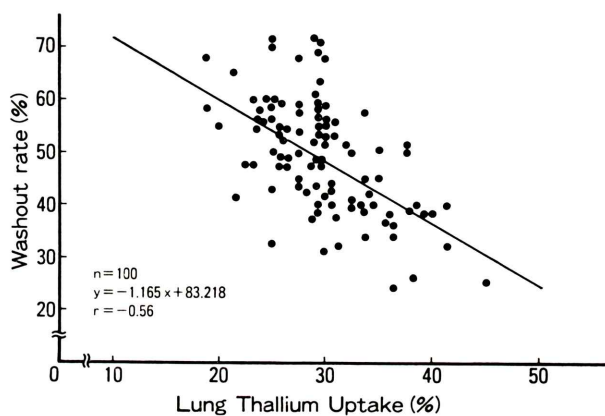


Fig. 2 Correlation between washout rate and lung thallium uptake in normal cases ($n=100$). Washout rate is inversely related to lung thallium uptake ($r=-0.56$).

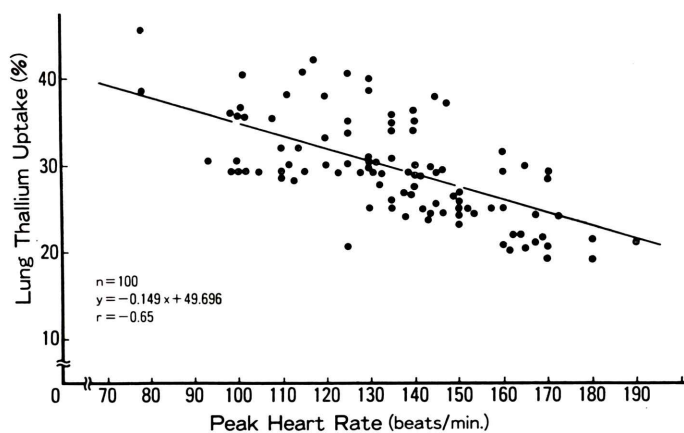


Fig. 3 Correlation between lung thallium uptake and peak heart rate in normal cases ($n=100$). Lung thallium uptake is inversely related to peak heart rate ($r=-0.65$).

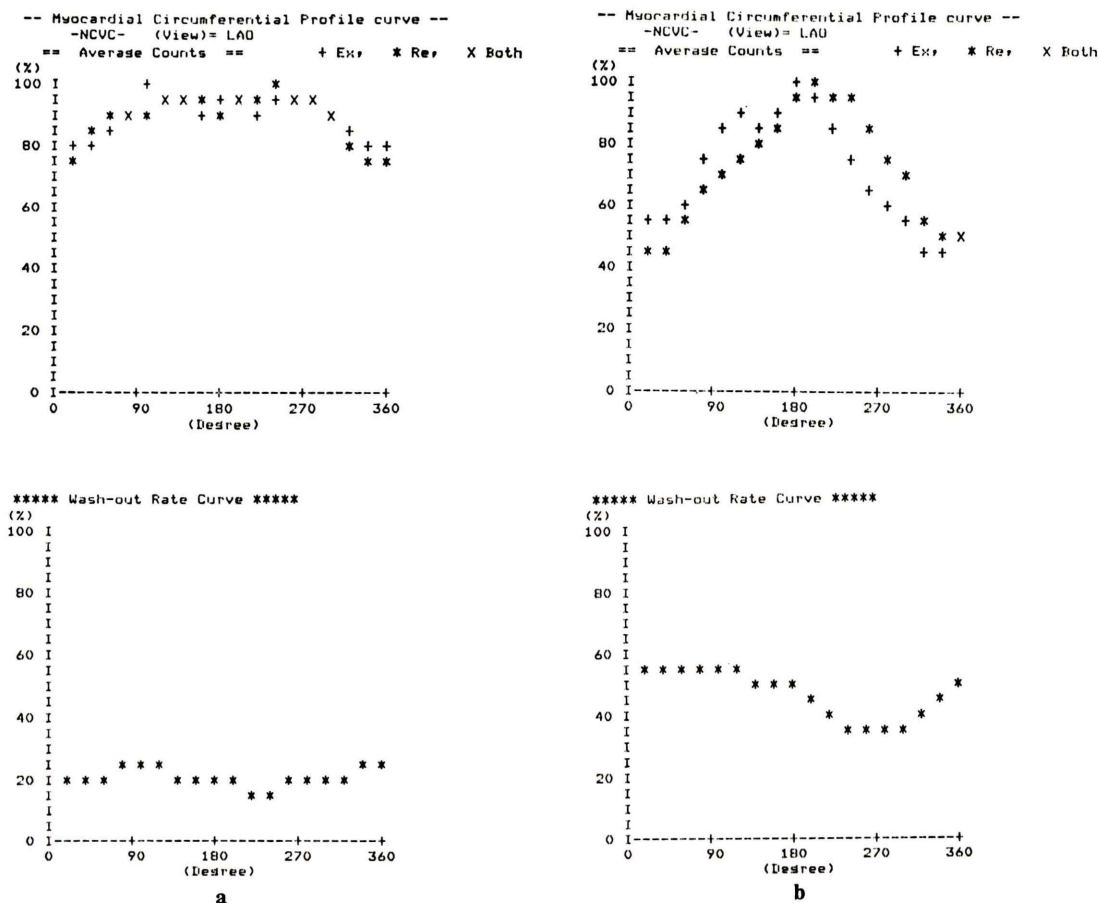


Fig. 4 Washout rate curve in the case with and without diffuse slow washout (a, b) using circumferential profile analysis. The former shows slow washout in all myocardial segments, however, the latter shows slow washout in ischemic area corresponding to LAD territory.

て, washout rate は 40% 以下(平均 -2 標準偏差)を slow washout として採用した。また, 肺野タリウム活性増加も同様に 33% 以上(平均 $+2$ 標準偏差)を異常値として採用した。

2. 冠動脈疾患例における健常部位の心筋 washout の検討

Diffuse slow washout を有する症例, 有さない症例の washout rate curve を Fig. 4 に示す。前者では, 1 枝病変にかかわらず虚血部位以外の心筋全周囲における washout rate が 40% 以下であることが, 後者では, 虚血部位に一致して washout rate は 40% 以下であるが, 他の健常部位の

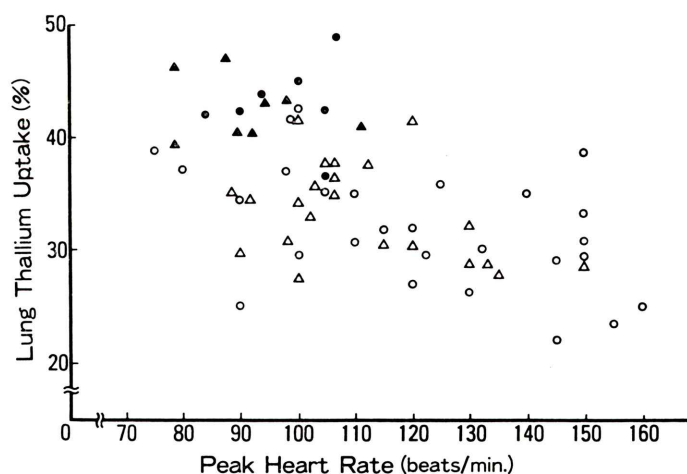
washout rate は良好なことが示された。労作性狭心症 (1 枝病変 33 例, 2 枝病変 30 例) において, Diffuse slow washout (すなわち, 虚血部位以外の健常心筋部位における washout rate も 40% 以下を認めたもの) は, それぞれ 6 例 (18%), 8 例 (24%) であった。

そこで, 1, 2 枝病変において, それぞれ Diffuse slow washout を有する群と有さない群に分け, 肺野タリウム活性や最大心拍数などの各種指標と対比した成績を Table 1 に示す。1, 2 枝病変ともに, Diffuse slow washout を有する群では肺野のタリウム活性は $43 \pm 3\%$, $43 \pm 4\%$ と, 有さない

Table 1 Clinical findings and exercise test in patients (single and double vessel disease) with and without diffuse slow washout (DSWO). The patients with diffuse slow washout show high lung thallium uptake and low peak heart rate ($p<0.01$) compared to those without diffuse slow washout

AP	SVD n=33		DVD n=30	
	DSWO (+) 6 (18%)	DSWO (-) 27 (82%)	DSWO (+) 8 (24%)	DSWO (-) 22 (76%)
Lung uptake (%)	43±3	32±7*	43±3	34±6*
Rest				
HR (/min)	64±9	69±13	68±11	68±11
BP (mmHg)	134±25	141±24	137±4	136±19
HR×BP (×100)	91±27	96±30	93±24	91±15
Exercise				
HR (/min)	98±15	123±25*	91±14	108±16*
BP (mmHg)	186±25	186±35	182±25	182±29
HR×BP (×100)	194±50	245±69	178±31	201±47
D.P. EX/R	2.2±0.5	2.5±0.7	2.0±0.4	2.3±0.5
Ergometer 5 Mets ↓	3 (50%)	6 (22%)	7 (88%)	8 (36%)
CAG >90%	6 (100%)	20 (74%)	5 (63%)	11 (50%)

* $p<0.01$



		n	Lung uptake (%)	Heart rate (/min.)
AP	○ SVD	[SWO (-)] 6	32 ± 7	98 ± 15
	● SVD	[SWO (+)] 27	43 ± 3	123 ± 25
	△ DVD	[SWO (-)] 8	34 ± 6	91 ± 14
	▲ DVD	[SWO (+)] 22	43 ± 3	108 ± 16

Fig. 5 Correlation between lung thallium uptake and peak heart rate in the patients (single and double vessel disease) with and without diffuse slow washout. The patients with diffuse slow washout had high lung thallium uptake and low peak heart rate compared to those without diffuse slow washout.

群の $32 \pm 7\%$ 、 $34 \pm 6\%$ のそれらに比し有意に高かった ($p < 0.01$)。また、負荷時の心拍数についても、Diffuse slow washout を有する群では、1, 2 枝病変において $98 \pm 15/\text{min}$ 、 $91 \pm 14/\text{min}$ と、有さない群の $123 \pm 25/\text{min}$ 、 $108 \pm 16/\text{min}$ のそれらに比し有意に低かった ($p < 0.01$)。また、負荷時 Double product、負荷時、安静時の Double product の比も、Diffuse slow washout を有する群では、有さない群に比し、低い傾向を示した。一方、安静時の心拍数、血圧、Double product には両群にて差異はなかった。

また、エルゴメータにて 50 watt 3 分以内に $^{201}\text{TlCl}$ 静注を行った症例、すなわち、運動耐応能が 5 Mets 以下の症例の頻度も Diffuse slow washout を有する群にて多かった。さらに、冠動脈 1 枝以上に 90% 以上の冠狭窄を有する症例の頻度は、Diffuse slow washout を有する群にて多かった。

正常例と同様に、Diffuse slow washout を有する群と有さない群に分け、肺野のタリウム活性と最大心拍数の関係をこれらの症例について Fig. 5 に示す。1, 2 枝病変ともに、Diffuse slow washout を有する群では、肺野のタリウム活性の増加、最大心拍数の低下に一致して、左上方に分布した。

V. 考 察

運動負荷心筋スキャンによる虚血の検出は負荷直後、再分布時の心筋イメージの比較から、一過性欠損像の検出により行われている⁵⁾。本法は相対的な心筋血流分布の差異を視覚的に判定するため、たとえば心筋全体のタリウム摂取が低下を示す 3 枝病変や左主幹部病変において、判定困難なことがある¹⁰⁾。これに対し、負荷時、再分布時の心筋局所のカウント比から washout rate を算出する定量的解析では、一過性欠損像の出現部位に一致して washout rate の低下が認められる¹⁾。しかも前述したような一過性欠損像の検出が困難な症例においても、心筋全体の washout rate の低下、すなわち Diffuse slow washout が認められ、これらは左主幹部、3 枝病変に特徴的な所見とさえいえる^{3,4)}。

しかし、3 枝病変と異なり、1 ないし 2 枝病変にて、有意冠動脈狭窄を有さない健常心筋部位を有する症例においても健常心筋部位で slow washout を認めることがある。また、正常例においても稀に Diffuse slow washout を有することがある。したがって、この現象は虚血の検出の際に specificity の低下をもたらす。そこで本研究では、正常例、健常心筋部位のタリウム心筋 washout に影響を及ぼす要因について検討した。

1. 正常例における心筋 washout

対象として設定した正常例は、臨床症状、負荷心電図、負荷心筋スキャンおよび一部症例には冠動脈造影により正常冠動脈を有することが確かめられた症例である。Brown ら¹¹⁾ は、正常例の設定にベイズの理論を用いて 1% 以下の“冠動脈疾患らしさ”を採用している。今回の著者らの選択した正常例では、高血圧、心疾患、肺疾患を除外、しかも全例心機能正常であり、上記の検査成績とあわせ冠動脈疾患の可能性はきわめて少ないと考えている。このようにして得られた正常 100 例における運動負荷スキャンの成績から、正常例の washout rate は負荷時の心拍数、肺野のタリウム活性と密接に相関することが示された。心拍数の増加は、心筋へのタリウム摂取の増加を心筋血流量の増加に応じてもたらす。また、タリウムの肺内通過時間を減少させ、肺野タリウム活性の低下をもたらす¹¹⁻¹³⁾。したがって、心拍数の増加に伴い、washout rate は増加し、一方、肺野のタリウム活性が増加する状態では、washout rate は低下することになる。

実際、冠動脈造影にて正常冠動脈を有する 20 例において、washout rate は平均 $50 \pm 5\%$ であり、平均値 - 2 標準偏差以下、すなわち 40% 以下を slow washout として採用した。正常例においても、負荷量の不足に伴う負荷時心拍数の低下と心筋へのタリウム摂取の低下および肺内タリウムの停滞は slow washout をもたらす。正常と考えられる 100 例中 11 例 (11%) に 40% 以下の washout rate を認めたことは、本法を虚血の判定指標として用いる際に注意すべき現象である。

2. 冠動脈疾患例における健常部位の心筋 washout

1 ないし 2 枝病変を有する労作性狭心症例では、主要冠動脈の残りの 2 ないし 1 枝冠動脈支配領域は健常心筋部位を有する。しかし、1 枝病変 33 例中 9 例 (18%)、2 枝病変 30 例中 8 例 (24%) に心筋全周囲の washout が 40% 以下、すなわち Fig. 4 に示すような Diffuse slow washout を認めた。罹患冠動脈支配領域に一致した一過性欠損像の出現と同部位の slow washout に加え、このような Diffuse slow washout は、本法を用いて虚血の検出の指標とすると、健常心筋部位を虚血部位と判定、したがって specificity の低下をもたらす。

今回の検討では、Diffuse slow washout を有する群では、有さない群に比し、1, 2 枝病変例ともに、肺野のタリウム活性が有意に増加、また負荷時の心拍数は有意に低下した ($p < 0.01$)。本症における肺野のタリウム活性の増加は、心筋虚血に伴う左室拡張末期圧の上昇に起因し、肺野の interstitial pulmonary edema によると報告されている^{12,13}。Boucher ら¹³ は Swan-Ganz カテーテルを挿入、肺野タリウム活性が負荷時の肺動脈楔入圧と比例することを認めている。また、著者らは左前下行枝病変にて狭窄度の強いほど負荷時に肺野タリウム活性が増加することを認めている⁹。一方、再分布時には肺野タリウム活性の上昇は比較的早く減少するため認められない。したがって、重篤な虚血による心筋タリウム摂取の低下および肺野タリウム摂取の増加は相対的に肺野タリウム活性の上昇と、心筋 washout rate の低下をもたらす。これに加え、重篤な虚血では少量の負荷で胸痛、心電図変化が出現、負荷時心拍数の低下を伴うことになる。したがって、Diffuse slow washout を有する群は、負荷量の不足 (5 Mets 以下) および冠動脈狭窄 90% 以上を有する症例が多いことと合致する。

実際に、Diffuse slow washout は、3 枝病変および左主幹部病変に特徴的な所見といわれる^{3,4}。この成因についても、前述したように、重篤な虚血に伴う肺野タリウム活性の増加、負荷時心拍数

の低下が 1 ないし 2 枝病変以上に明瞭なため、左主幹部、3 枝病変に高頻度に出現することになる。

3. 心筋 washout に影響を及ぼす要因

正常例および冠動脈疾患の健常心筋部位における washout の低下をもたらす他の要因について考察する。

食後すぐに負荷心筋スキャンを施行すると肝、胃など腹部臓器へタリウム摂取が生じ、相対的に心筋タリウム摂取は低下する。このため、食事が一過性欠損像の検出の低下および washout rate の低下をもたらすことが報告されている¹⁴。したがって、著者らの施設では、負荷心筋スキャンは午前 7 時に朝食、食後 2~3 時間後の運動負荷から再分布までの 4 時間は絶食としている。

負荷心筋スキャンの方法のうち、とくにタリウム注入が washout rate に影響する。たとえば、タリウムを緩徐に注入しすぎたり、誤って注入もれがあるとき、初期分布での心筋タリウム摂取の低下と全身へ分布したタリウムの再分配のため washout rate の低下をもたらす¹⁵。また、タリウム注入後 1 分間できる限り運動を持続することは、注入されたタリウムが心筋血流分布を正確に反映することになる。

タリウム注入後、撮像を行う際、腹部臓器など他臓器との重なりを十分はずした状態で、しかも負荷直後、再分布時の位置はなるべく一致するように設定すべきである。とくに 4 時間後の再分布像で、心筋や他臓器から washout されたタリウムは腎に高濃度に分布するため、シンチカメラの視野内に腎を多く含む場合、相対的に心筋へのタリウム摂取が低下、このため washout rate が増加することがある。これらのデータ収集時のいくつかの問題点は、精度高い washout rate の算出に際し、ぜひ考慮しなければならない。

このように、心筋における washout は、種々の要因に左右される。とくに、負荷量の不足と肺野タリウム活性は washout rate に密接に関係する。したがって、一過性欠損像の視覚的判定に加え、washout rate により虚血の検出を行うときは、これらの要因を常に考慮した上で、運動負荷心筋

スキヤンの読影を行うことが診断精度向上のために必要である。

VI. 結 論

1. 正常100例において、タリウム心筋 washout は、負荷時の心拍数、肺野タリウム活性と良好な相関が得られた。心筋 washout は、心拍数の増加に伴い増加、肺野のタリウム活性の増加に伴い低下した。

2. 健常心筋部位を有する1, 2枝病変(狭心症)において、それぞれ18%, 24%に Diffuse slow washout を認めた。

3. 1, 2枝病変における Diffuse slow washout の成因として、肺野タリウム活性の増加、負荷量の不足(心拍数の低下)があげられる。

4. 本現象は、運動負荷心筋スキヤンにおいて、一過性欠損像の検出に加え、washout rate 法を用いて虚血の判定を行う際に注意すべきである。

文 献

- 1) 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
- 2) Massie BM, Hollenberg M, Wisneski JA, et al: Scintigraphic quantification of myocardial ischemia: A new approach. *Circulation* **68**: 747-755, 1983
- 3) Bateman TM, Maddahi J, Gray RJ, et al: Diffuse slow washout of myocardial thallium-201: A new scintigraphic indicator of extensive coronary artery disease. *JACC* **4**: 55-64, 1984
- 4) 西村恒彦, 植原敏勇, 林田孝平, 他: 運動負荷心筋シンチグラフィによる虚血の重症度判定——左主幹部, 三枝病変における Nonuniform slow washout について——. 第48回日循総会号, p. 127, 1984
- 5) 西村恒彦, 植原敏勇, 林田孝平, 他: 運動負荷心筋シンチグラフィ——その実際と臨床的意義——. 呼と循 **31**: 359-371, 1983
- 6) 西村恒彦, 植原敏勇, 林田孝平, 他: Circumferential profile analysis による梗塞, 虚血部位の判定. 呼と循 **30**: 895-901, 1982
- 7) 西村恒彦, 植原敏勇, 林田孝平, 他: 下壁梗塞症例における前壁虚血の検出について. 心臓 **15**: 976-982, 1983
- 8) Kushner FG, Okada RD, Kishenbaum HD, et al: Lung thallium-201 uptake after stress testing in patients with coronary artery disease. *Circulation* **63**: 341-347, 1981
- 9) 西村恒彦, 植原敏勇, 林田孝平, 他: 運動負荷心筋スキヤンによる虚血の検出およびその重症度評価——肺野の $^{201}\text{TlCl}$ 集積, washout rate の併用による——. 核医学 **22**: 467-475, 1985
- 10) Dash H, Massie BM, Botvinick EH, et al: The non-invasive identification of left main and three-vessel coronary artery disease by myocardial stress perfusion scintigraphy and treadmill exercise electrocardiography. *Circulation* **60**: 276-283, 1979
- 11) Brown KA, Boucher CA, Okada RD, et al: Quantification of pulmonary thallium-201 activity after upright exercise in normal persons: Importance of peak heart rate and propranolol usage in defining normal values. *Am J Cardiol* **53**: 1678-1682, 1984
- 12) Wilson RA, Okada RD, Boucher CA, et al: Radio-nuclide-determined changes in pulmonary blood volume and thallium lung uptake in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* **51**: 741-748, 1983
- 13) Boucher CA, Zir LM, Beller GA, et al: Increased lung uptake of thallium-201 during exercise myocardial imaging: Clinical, hemodynamic and angiographic implication in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* **46**: 189-196, 1980
- 14) Wilson RA, Okada RD, Boucher CA, et al: Influence of eating on serial exercise thallium myocardial and lung clearance rates. *Circulation* **64**: IV-242, 1981
- 15) Nishiyama H, Adolph RJ, Gabel M, et al: Effects of coronary blood flow on thallium-201 uptake and washout. *Circulation* **65**: 534-542, 1982

Summary

Evaluation of Washout Rate in Healthy Myocardium Using Stress Thallium Scan

Tsunehiko NISHIMURA, Toshiisa UEHARA, Kohei HAYASHIDA,
Takahiro KOZUKA, Muneyasu SAITO and Tetsuya SUMIYOSHI

Department of Radiology and Cardiac Unit, National Cardiovascular Center, Suita, Osaka

The interpretation of stress thallium scan was performed ordinarily by transient defect analysis using initial and delayed image. In addition, relative quantification of stress thallium scan has recently developed using washout rate analysis for the detection of ischemia. However, we sometimes observed diffuse slow washout (DSWO) in normal cases and healthy myocardial region in angina pectoris (single and double vessel diseases) without myocardial infarction. Therefore, we evaluated the factor influencing washout rate in 100 normal cases and angina pectoris (33 single and 30 double vessel disease).

Washout rate was calculated from circumferential profile analysis using initial and delayed image.

In normal cases, washout rate was closely related to peak heart rate ($r=0.72$) and inversely related to lung thallium uptake ($r=-0.56$) respectively. In addition, DSWO was observed in 6 (18%) of 33 single and 8 (24%) of 30 double vessel diseases. And, the patients with DSWO showed significantly higher lung thallium uptake and lower peak heart rate ($p<0.01$) compared to those without DSWO. In conclusion, these data should be considered in the interpretation of stress thallium scan by washout rate analysis.

Key words: Washout rate, Peak heart rate, Lung thallium uptake, Stress thallium scan, Diffuse slow washout.