

Title	運動負荷タリウム心筋ECTに於ける負のWASHOUT RATEとその病態 冠動脈造影所見との対比
Author(s)	古閑, 幸則; 高橋, 睦正; 土亀, 直俊 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1986, 46(1), p. 49-56
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15052
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

運動負荷タリウム心筋 ECT に於ける負の WASHOUT RATE とその病態

冠動脈造影所見との対比

熊本大学医学部放射線科医学教室

古 閑 幸 則 高 橋 睦 正

熊本労災病院放射線科

土 亀 直 俊

内科

渡 辺 元 宮 城 宏 生

（昭和60年3月11日受付）

（昭和60年9月17日最終原稿受付）

Pathogenesis of Negative Washout Rate in Stress Thallium Emission Computed Tomography of Coronary Artery Disease —Correlation with Cine Coronary Angiographic Findings—

Yukinori Koga and Mutsumasa Takahashi

Department of Radiology, Kumamoto University School of Medicine

Tadatoshi Tsuchigame

Department of Radiology, Kumamoto Rosai Hospital

Hajime Watanabe and Hiroo Miyagi

Department Internal Medicine, Kumamoto Rosai Hospital

Research Code No. : 705.2, 706, 723

Key Words : Stress thallium 201 myocardial scintigraphy,
Redistribution, Washout rate, ECT

Eighteen cases with coronary heart diseases and 9 normal cases were studied with thallium myocardial emission computed tomography. All the cases except 4 normal controls underwent coronary angiography. All the ischemic myocardial tissue was evaluated with ECT images and circumferential profile (CFP) curve as well as washout rate (WOR) curve. ECT was performed shortly after and 4 hours after exercise.

Nine patients with normal controls revealed WOR to be between 30 and 65 percent. In 9 patients with collateral development, 8 patients showed negative WOR. The degree of negative WOR corresponded to the degree of the stenosis of the coronary arteries, but not to the degree of collateral development. In 9 patients without evidence of collateral development, there was no case of negative WOR, although WOR was lower.

This study revealed that negative WOR is closely correlated to development of collaterals in the ischemic myocardial tissue. Such findings have not been reported in the literature.

はじめに
運動負荷タリウム心筋 ECT (STEECT) は、虚

血性心疾患の診断に高い評価を得ている^{1)~3)}が、
その中でも定量評価法として circumferential

profile (CFP) curve に washout rate⁴⁾ (WOR) curve を組み合わせた方法は、特に優れた診断能を示すとされている^{5)~8)}。最近 ECT の普及と WOR curve の広い臨床応用により、これまで報告の少なかった負の WOR を呈する症例が散見されるようになってきた。本研究では負の WOR を示す症例を報告し、その成因の 1 つに冠動脈の側副血行路形成が密接に関係していることを示し、STEECT に於ける再分布の動態について考察を加える。

対 象

対象は虚血性心疾患症例で STEECT と冠動脈造影を共に施行した症例のうち、心筋梗塞を除く労作性狭心症 18 例である。うち 1 例は心筋梗塞を合併していた。これらを冠動脈の狭窄や閉塞と共に側副血行路を伴う群 (有側副路群) 9 例と、明らかな側副血行路を伴わない群 (無側副路群) 9 例に分け検討した。正常心筋の WOR 検討の為、対照群として正常者 9 例 (冠動脈造影正常者 5 例を含む) についても検討した。

方 法

(1) STEECT

被検者に自転車エルゴメーターにて、胸痛出現、モニター心電図 ST 低下、年齢別亜最大心拍数、下肢の極度の疲労感のいずれかが出現するまで負荷を行い、²⁰¹Tl 2.5mCi を急速静注後、更に 1 分間同程度の負荷を続け、5 分後に負荷 ECT 像を、4 時間後に再分布 ECT 像を撮像した。用いた装置は回転型ガンマカメラ (東芝製 GCA 401, 島津製 ZLC 37ECT) とデータ処理装置 (東芝製 DATA PROCESSOR GMS-80A, 島津製 SCINTIPAC-2400) である。

STEECT の画像作成には、180度のデータを 6 度毎に 30 秒、計 15 分間にて収集した。画像再構成は先づ 5.4mm スライス厚にて体軸断層像を求め、これより更に長軸断層像、短軸断層像を 5.4mm スライス厚にて作成した。こうして得られた断層像にて CFP 解析を行ったが、短軸断層像が CFP 解析に適していること、各壁を同時に観察出来るという利点から、主に短軸断層像を用いて CFP 解析を行った。この際 1 スライス単独の場合と、

3 スライス加算したものについて CFP 解析を以下の要領で行った。即ち短軸断層像にて、10 度間隔の profile line 上の最高を示す画素の count を求め、全 36 line のうち最高 count を示した画素の ²⁰¹Tl 摂取率を 100% とし、負荷像と再分布像の CFP curve を描かせた。しかし、東芝製では全画素の積算にて CFP curve を作製してある為、後に呈示する症例 2, 3 はこの方法によっている。

次に負荷像と再分布像の同一スライス (単独、あるいはスライス加算したもの) を用いて、WOR を次の式にて算出し、WOR curve を描かせた。

$$\text{WOR} = \frac{\text{Co(Exercise)} - \text{Co(Redistribution)}}{\text{Co(Exercise)}} \times 100 (\%)$$

Co (Exercise): 負荷像に於ける各 line の最高 count

Co (Redistribution): 再分布像に於ける同一 line の最高 count

負荷像と再分布像の CFP curve の比較や WOR curve の作製上、負荷像と再分布像でスライスがずれないようにする為に、短軸断層像は心尖部を基準に心基部に向って同一番号どうしのスライスを採用した。診断は以上の方法で得られた負荷時、再分布時の ECT 像、CFP curve、更に WOR curve を組み合わせる方法で行った。

(2) 冠動脈造影

冠動脈造影は主に Judkins 氏法を用いて大腿動脈から Seldinger 氏法でカテーテルを挿入し、右及び左の冠動脈内にカテーテルを挿入して実施した。撮影体位は右前斜位 30 度、左前斜位 60 度の 2 方向を通常とし、必要に応じて他の撮影体位も採用した。使用造影剤は 76% Urografin 6~8ml で手圧によって注入した。シネ撮影を行い毎秒 40 コマで 7 秒間から 10 秒間の撮影を行うのを通常とした。

結 果

各群別の WOR を検討すると対照群 9 例では、WOR は全例共 30% から 65% の間に存在した。

有側副路群に於ける WOR をみると (Table 1), 9 例中 8 例までが負の WOR を示し、1 例で正の WOR を示した。そして負を示した 8 例中 3 例は著明な負を、2 例は中等度、3 例は軽度な負を示した。これら負の WOR の存在する領域は、

Table 1 Relationship between Washout Rate and Coronary Angiographic Findings

a. Collateral Group

Patient No.	Degree of Coronary Stenosis	Degree of Collateral Development	Lowest WOR	No. Slices with Negative WOR	Heart Rate
1	LAD 99 %	+	- 85 %	16	115
	RCA 100 %	++	- 80 %	16	
2	RCA 100 %	++	- 60 %	11	128
3	LAD 100 %	+++	- 40 %	8	113
4	RCA 100 %	+++	- 26 %	7	126
5	LAD 100 %	++	- 25 %	6	134
6	RCA 99 %	++	- 10 %	4	137
7	LAD 95 %	++	- 8 %	3	122
8	RCA 95 %	+	- 5 %	3	138
9	LAD 90 %	+	+ 15 %	0	146

Table 2 Relationship between Washout Rate and Coronary Angiographic Findings

b. Non-collateral Group

Patient No.	Degree of Coronary Stenosis	Degree of Collateral Development	Lowest WOR	No. Slices with Negative WOR	Heart Rate
1	LAD 99 %	(-)	15 %	0	136
2	RCA 99 %	(-)	25 %	0	111
	LAD 75 %	(-)	30 %	0	
3	LAD (# 5) 95 %	(-)	15 %	0	106
	LCX (75%) 75 %	(-)	20 %	0	
	RCA 90 %	(-)	15 %	0	
4	LAD 95 %	(-)	15 %	0	144
5	LAD 90 %	(-)	20 %	0	132
6	RCA 90 %	(-)	10 %	0	140
7	LAD 90 %	(-)	15 %	0	135
8	RCA 90 %	(-)	25 %	0	132
9	LCX 90 %	(-)	25 %	0	140

全例共狭窄又は閉塞血管の支配領域で、しかも、側副血行路により血液の供給を受けている領域であった。又 WOR は冠動脈の狭窄度が強ければ強い程、負の程度が強くなる傾向を示し、負を呈する領域の範囲も広くなる傾向にあった。しかし、側副血行路の発達度と WOR の負の程度との間には明瞭な相関は認められなかった。

無側副路群 (Table 2) では、WOR は正常対照群より低いものの、負を呈する症例は 1 例も認めなかった。

症 例

症例 1. 65歳, 女性。

昭和59年12月頃より、労作時前胸部圧迫感が出現するようになり、翌年1月には発作頻発と同時にホルター心電図にて心室性期外収縮の頻発を認めた為入院となる。

STECT: Fig. 1aにて負荷像と再分布像をcountの推移がわかるように濃度差をもって表示したが、負荷像で前壁に著明な欠損を認めるにもかかわらず、4時間後には欠損部のcountが増加することにより完全に再分布している。又 WOR curve

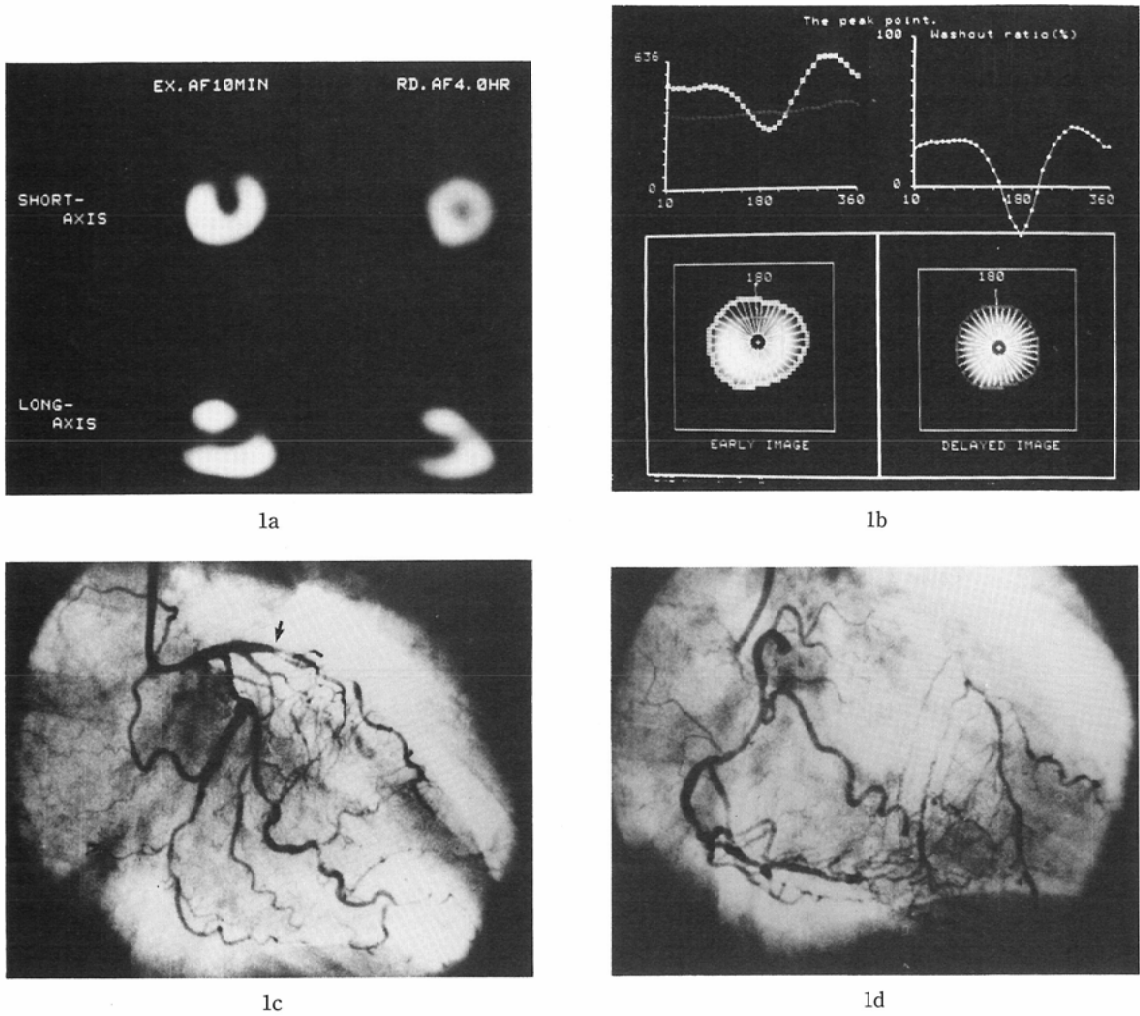


Fig. 1 65-year old female

- ECT image shows perfusion defect and complete redistribution in the anterior wall.
- Washout rate curve shows marked negative washout rate in the anterior wall.
- Left coronary angiogram in RAO. There is occlusion of the anterior descending artery (arrow) and moderate stenosis in the left circumflex artery.
- Right coronary angiogram in RAO. There is marked collateral development from the right coronary artery, and the anterior descending artery is reconstituted. There is moderate stenosis in the right coronary artery.

により同部位が著明な負のWORを示していることがわかる (Fig. 1b).

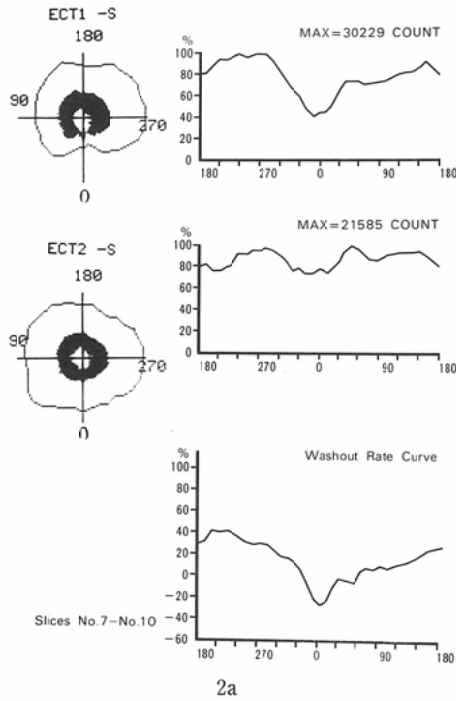
冠動脈造影：左冠動脈造影にて前下行枝が起始部より完全に閉塞している (Fig. 1c). 更に右冠動脈造影により著明な側副血行路を認め、前下行枝が逆行性に明瞭に描出されている (Fig. 1d). 又右

冠動脈と左回施枝とも散在性に病変を認める。

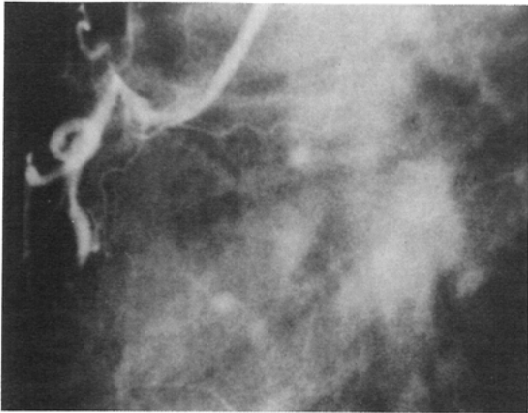
症例2. 64歳, 男性。

昭和59年2月深夜, 突然胸部痛が出現10~15分間持続した。3月になると発作が頻発するようになった為, 精査目的にて入院となる。

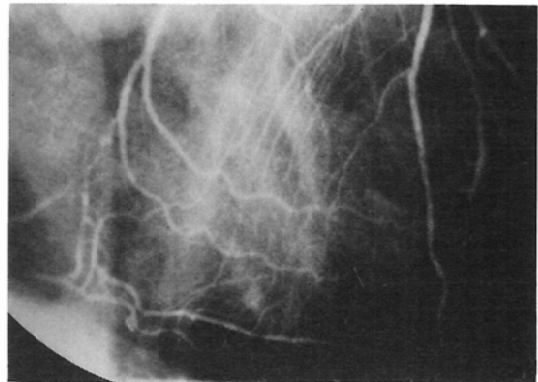
STECT: 下壁の欠損像と同部の著明な再分布



2a



2b



2c

Fig. 2 64-year-old male

- a. ECT image and CFP curve show perfusion defect and redistribution in the inferior wall, and washout rate curve shows moderate negative washout rate.
- b. Right coronary angiogram in LAO. There is occlusion of the right coronary artery.
- c. Left coronary angiogram in RAO. There is marked collateral development from the anterior descending artery, and the right coronary artery is reconstituted.

を認め、中等度の負の WOR を示した (Fig. 2a). 又中隔の WOR の低下も認められ同部の虚血も示唆された。

冠動脈造影：右冠動脈は完全に閉塞している (Fig. 2b). 又左冠動脈造影で病変のない前下行枝より著明な側副血行路が認められ、右冠動脈本幹

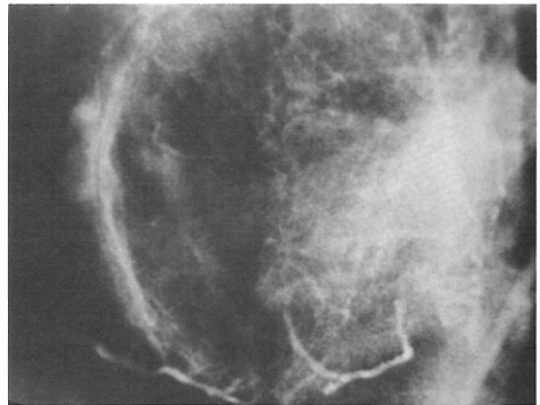
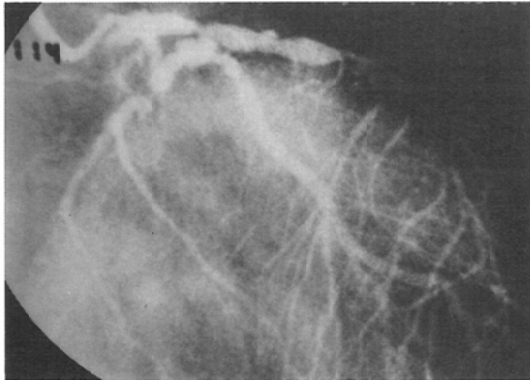
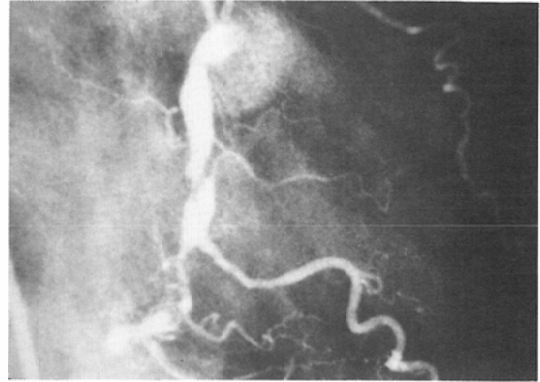
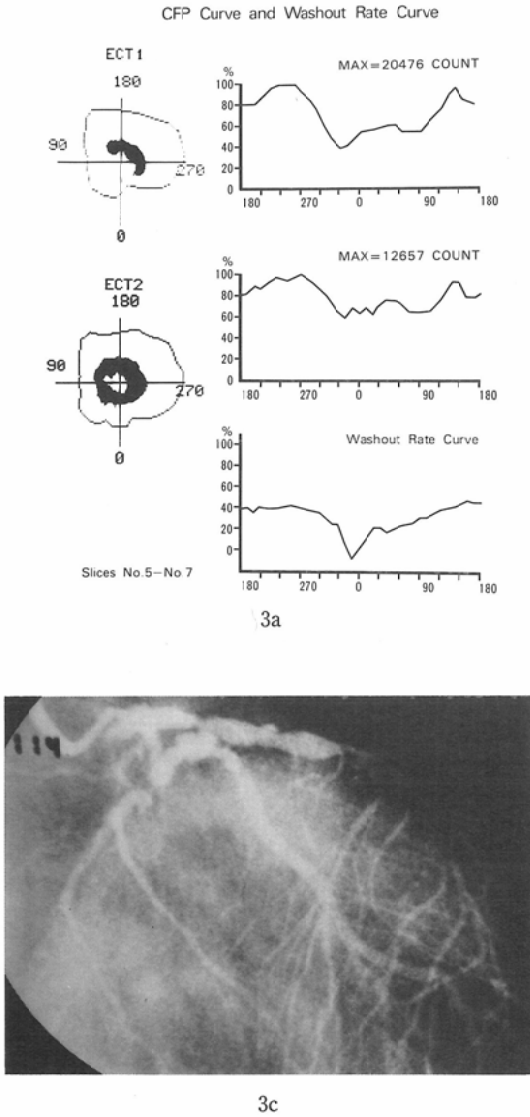


Fig. 3 72-year-old male

- a. ECT image and CFP curve show perfusion defect and redistribution in the inferior wall and interventricular septum. There is slightly negative washout rate in the inferior wall.
- b. Right coronary angiogram in RAO. 95% stenosis of the right coronary artery is shown.
- c. Left coronary angiogram in RAO. Multiple irregular stenosis of the left anterior descending artery as well as left circumflex artery is demonstrated.
- d. Late capillary phase of the left coronary angiogram in LAO. Minimal collateral vessels are noted to the right coronary artery.

が逆行性に明瞭に描出されている (Fig. 2c). ECT で示唆された中隔の虚血は、側副血行路に血流を奪われた同部が虚血に陥った結果と考えられ

る。

症例 3. 72歳, 男性.

昭和58年12月, 自転車で登坂中突然胸痛出現,

約10分後胸痛は消失したが、59年2月再び胸痛が出現した為、精査目的にて入院となる。

STECT：下壁と中隔に欠損像を認めると共に、同部の再分布を認めた(Fig. 3a)。そして下壁の一部にわずかに負のWORを示した。

冠動脈造影：右冠動脈に95%狭窄が存在し(Fig. 3b)、左前下行枝にも各所に有意な狭窄を認める(Fig. 3c)。又左冠動脈造影による右冠動脈の描出は遅く、右冠動脈領域への側副血行路形成はわずかに認めるにすぎない(Fig. 3d)。

考 察

Table 1で、負のWORは側副血行路を有する労作性狭心症に高頻度に認められ、しかも狭窄度が強く、側副血行路の果す役割が大きい症例程負の程度が強い傾向を示した。そこで負のWORは、側副血行路を有する労作性狭心症の1つの重要な所見と考えられた。更にTable 2で、狭窄度が強くても側副血行路を有しない症例では、負のWORは認めにくいという事実から、更にその事が強く示唆された。

さて、 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィの再分布に関して、Pohost¹⁰⁾らは動物実験で、高度の冠動脈狭窄を作成し再分布の動態を検討した結果、局所心筋血流量が保たれている欠損部位程、再分布を強く認めたと報告している。一方、Gutman⁹⁾¹¹⁾¹²⁾らは、冠動脈造影所見との対比により、狭窄の軽度な症例や側副血行路の発達した症例では再分布が早く、狭窄の強い症例では再分布が遅れると述べている。その理由をFig. 4に示したようなschemaを用いて説明している。即ち狭窄が軽度であれば虚血は軽く、initial uptakeは正常(A)

と比較してそれ程低下しない(B)。逆に狭窄が強ければ虚血は強く、initial uptakeは著しく低下し(C)、再分布の時期は殆んどこの initial uptakeの差によるところが大きい為、狭窄が軽度であれば(B)のように再分布は早く、狭窄が強ければ(C)のようにそれだけ遅れる事を示している。しかし、側副血行路の存在により再分布が早くなる理由については、必ずしも明確にしていない⁹⁾¹¹⁾¹²⁾。

本研究で、側副血行路により血流を受けている部位は負のWORを呈する事、即ち、initial uptake以降も緩徐な核種の集積がみられ、Fig. 4の(D)のような ^{201}Tl の動態を示すことを示した。この事実は、側副血行路が存在する例では、存在しない例に比べて再分布の時期が早くなる事を実証するものと考えられる。そこでこの曲線(D)をGutmanらのschema¹¹⁾に挿入することにより、これまで報告された多くの現象を説明できることがわかった。ここで、曲線Dは負荷時と再分布時の2点を単に結んだだけに直線的なものとなっているが、実際の ^{201}Tl の動態は決してこのように単純なものではないと思われる。今後 ^{201}Tl の経時的变化を明らかにしていく必要がある。

また、これまでのplanar解析では負のWORがECTほどよく指摘できなかったが、その理由を考察すると、Table 1に示したスライス別検討でもわかるように、負のWORの存在する領域は決して広いものではなく、側副血行路により血流を受けている領域の中でも特に血流が乏しい領域に限られているように思われる。そこで負の程度が小さい場合、全スライスを同時に解析するplanar解析では、負は正の領域に打ち消され、全体としては正として観察された結果であると思われる。

最後に、WORは多くの因子により影響を受けるので様々な配慮が必要であるが、中でも負荷量の指標としての心拍数の大小は特に重要である。そこで負荷時の心拍数を特にTable 1, 2に表示したが、今回の検討では有側副路群の心拍数の値が無側副路群に比し軽度低くなっているものの、全体として両群のWOR比較に与える影響は殆んどないものと考えられた。

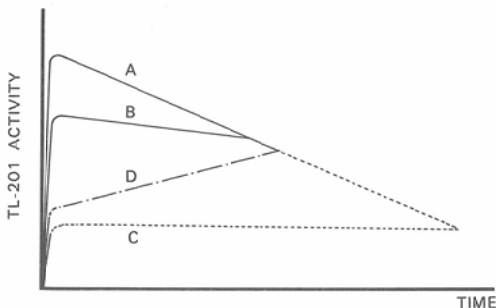


Fig. 4 Time to Redistribution

要 約

STECT に於ける負の WOR は、冠動脈の狭窄、閉塞に側副血行路を伴っている場合に発生し易く、その負の程度は冠動脈狭窄度に相関する傾向を示した。又側副血行路が存在しない場合、冠動脈狭窄の程度にかかわらず、負の WOR を示すことは非常にまれであることが示唆された。

本研究のデータ処理にあたり御協力戴きました熊本大学中央放射線部古嶋昭博助手と、熊本労災病院放射線技師秀章之助氏に感謝します。なお、本研究の要旨は第108回日本医学放射線学会九州地方会にて発表した。

最後に、この論文投稿後更に、3例の負の WOR 症例と共に、負を示さない有側副血行路症例3例を経験した事も追加しておきます。

文 献

- 1) Nohara, R., Kambara, H., Suzuki, Y., Tamaki, S., Kadota, K., Kawai, C., Tamaki, N., Torizuka, K.: Stress scintigraphy using single-photon emission computed tomography in the evaluation of coronary artery disease. *Am. J. Cardiol.*, 53: 1250-1254, 1984
- 2) Tamaki, N., Yonekura, Y., Mukai, T., Fujita, T., Nohara, R., Kadota, K., Kambara, H., Kawai, C., Torizuka, K. and Ishii, Y.: Segmental analysis of stress thallium myocardial emission tomography for localization of coronary artery disease. *Eur. J. Nucl. Med.*, 9: 99-105, 1984
- 3) 竹田 寛, 前田寿登, 中川 毅, 山口信夫, 田口光雄, 浜田正行, 二神康夫, 小西得司, 竹沢英郎: ガンマカメラ回転型 emission computed tomography による²⁰¹Tl 負荷心筋断層像: segmental analysis による冠状動脈狭窄性病変の検出率. *核医学*, 20: 53-62, 1983
- 4) Narita, M., Kurihara, T., Usami, M., Honda, M., Ogawa, T. and Kanao, K.: Quantitation of thallium-201 myocardial washout by serial rest myocardial imaging. *核医学*, 18: 899-906, 1981
- 5) Gewirtz, H., Paladino, W., Sullivan, M. and Most, A.S.: Value and limitations of myocardial thallium washout rate in the noninvasive diagnosis of patients with triple-vessel coronary artery disease. *Am. Heart J.*, 106: 681-686, 1983
- 6) Massie, B.M., Hollenberg, M., Wisneski, J.A., Go, M., Gertz, E.W. and Henderson, S.: Scintigraphic quantification of myocardial ischemia: A new approach. *Circulation*, 68: 747-755, 1983.
- 7) Suzuki, H., Watanabe, Y., Kubota, I., Tsuiki, K., Komatani, A. and Yasui, S.: Quantitative evaluation of stress thallium-201 myocardial perfusion imaging for detection of the severity of coronary artery disease. *Jpn. Circ. J.*, 47: 503-512, 1983
- 8) 多田 明, 分校久志, 中嶋憲一, 滝 淳一, 久田欣一, 山田正人, 松下重人, 村上哲夫, 池田孝之: 負荷心筋スキャンに於ける局所 washout rate の完全自動測定の有効性. *核医学*, 20: 1329-1337, 1983
- 9) 津田隆志, 小島研司, 林 千治, 相沢義房, 荒井裕, 柴田 昭, 浜 斎, 三谷 亨, 佐藤正之: 運動負荷心筋シンチグラムでの再分布の動態: 冠動脈造影所見との対比. *核医学*, 20: 1193-1198, 1983
- 10) Pohost, G.M., Okada, R.D., O'Keefe, D.D., Gewirtz, H., Beller, G., Strauss, H.W., Chaffin, J.S., Leppo, J. and Daggett, W.M.: *Circ. Res.*, 48: 439-446, 1981
- 11) Gutman, J., Berman, D.S., Freeman, M., Rozanski, A., Maddaki, J., Waxman, A. and Swan, H.J.C.: Time to completed redistribution of thallium-201 in exercise myocardial scintigraphy: Relationship to the degree of coronary artery stenosis. *Am. Heart J.*, 106: 989-995, 1983
- 12) Cooper, R., Puri, S., Francis, C.K., Spencer, R. P.: Role of coronary artery disease and collateral circulation in redistribution of thallium-201. *Clin. Nucl. Med.*, 5: 292, 1980