

《原 著》

^{201}Tl 心筋摂取率測定の新しい試みとしての 心筋/左室通過量 (H/S) 比の検討

分校 久志* 中嶋 憲一* 利波 紀久* 久田欣一*

要旨 ^{201}Tl 心筋 uptake index 算出の新しい方法として、左室通過全 ^{201}Tl 量に対する uptake index である H/S 比の算出を試み、心/肝 (H/L), 心/肺 (H/P), 心/全投与量 (H/T) の各 uptake index およびスキャンスコア, EF と対比検討した。H/S は肺内 ^{201}Tl 摂取を除外する目的で左室での通過曲線より、1/2の重みづけの肺バックグラウンド除去後、指関数近似により求めた。

H/S は正常 (5.95 ± 1.75 (S.D.)), 非虚血性心疾患 (4.79 ± 1.84 (S.D.)) で心筋梗塞 (3.47 ± 1.18 (S.D.)) より有意に高値であった。 $(p < 0.1)$ 。H/S は H/P, EF と正の相関を、スコアと負の相関を認め、とくに梗塞例ではより高い相関 (それぞれ $r = 0.71, 0.91, -0.95$, $p < 0.02, < 0.01, < 0.01$) がみられたが、H/L, H/T とは有意の相関は認めなかった。

H/S は左室平均通過時間と心筋量に影響される指標と考えられるが、肺内 ^{201}Tl 摂取を除外できる点で有用な心筋血流の指標と考えられた。

I. はじめに

^{201}Tl による心筋スキャンは虚血性心疾患の診断に広く用いられているが、従来、心筋の局所的異常の検出が主目的であった。局所的異常の検出には定性的な視覚的判定¹⁾ や局所 ^{201}Tl 集積比測定²⁾, circumferential profile 解析^{3,4)}, さらに最近では心筋断層シンチグラフィー (ECT)⁵⁾ などによる定量的評価が行われている。しかし、これらの方法では心筋全体の血流については評価できない。心筋全体の血流量の評価法として ^{201}Tl 心筋 uptake index の測定が有用と考えられる。 ^{201}Tl 心筋 uptake index としては投与全量に対する心筋集積比^{6~8)}, 心筋/バックグラウンド比⁹⁾, 肝/心集積比¹⁰⁾ 等が報告されている。 ^{201}Tl の肺摂取が比較的大きいことより、今回、左室通過全 ^{201}Tl 量に

対する心筋全体の uptake index として H/S 比の算出を行ない、他の uptake index と対比し、その意義を検討した。

II. 方 法

H/S 比の測定には低エネルギー高分解能コリメータを装着した大視野シンチカメラ (GCA-401) および核医学データ処理装置 (DAP-5000N) を用いた。患者を安静仰臥位とし、 ^{201}Tl 2mCi を静注直後から 2 秒毎、5 分間のデータをマトリクスモードで正面像にて収集した。左室全体およびバックグラウンドとして自由壁から心尖部にかけての肺野に閑心領域 (ROI) を設定し、おのおのの時間放射能曲線 (TAC) を得た。肺野 TAC を左室 ROI と等しい面積に補正後、その 50% をバックグラウンドとして左室 TAC より除去し、左室 net TAC を作成した。この左室 net TAC の下行部に指関数近似を行い、ピークより以後の曲線下の面積 (S) を求めた。心筋の摂取量 (H) は左室 net TAC が一定値となった時点以後での曲線の高さとした。この両者の比の百分率として H/S 比を求めた。

* 金沢大学医学部核医学教室

受付：56年6月30日

最終稿受付：56年8月3日

別刷請求先：金沢市宝町13-1 (郵920)

金沢大学医学部核医学教室

分校 久志

(Fig. 1).

他の uptake index として心/肝比 (H/L) 心/肺比 (H/P) をそれぞれ肝右葉、および左下肺野の ROI より求めた。全投与量に対する摂取率として、石井ら⁶⁾の方法に従い、同一データより H/T を求めた。²⁰¹Tl スキャンスコアは著者らの方法にて、5 方向像の視覚的判定により求めた^{1,11)}。左室駆出率 (EF) の測定は ²⁰¹Tl スキャンと同一日、またはその 3 日以内に in vivo 標識 ^{99m}Tc 赤血球によるマルチゲート心プールイメージ法で行った。

対象は陳旧性心筋梗塞 (OMI) 12 例、非虚血性心疾患 (HD) 8 例、非心疾患 (NHD) 3 例の計 23 例である。OMI 群はスコア 2.0 以上と 2.0 未満の群に分けて対比した。

III. 結 果

1) 疾患群別の各 uptake index の対比

各疾患群における H/S, H/L, H/P, スコア, EF の分布を Fig. 2 に示す。図中白丸は OMI 群でス

コア 2.0 以上の例を示している。

H/S は OMI 群全体で 3.47 ± 1.18 (S.D.) と HD (4.79 ± 1.84 (S.D.)), NHD (5.95 ± 1.75 (S.D.)) 群に比し低い ($p < 0.1$)。とくにスコア 2.0 以上の群では H/S は 2.46 ± 0.45 (S.D.) となり、スコア 2.0 未満の OMI 群 (4.20 ± 0.73 (S.D.)), HD, NHD 群と有意の差がみられた ($p < 0.05$)。スコア 2.0 未満の OMI 群では HD, NHD 群より低値を示す傾向がみられたが、有意の差ではなかった (Table 1)。

H/L も同様に全体として OMI, HD, NHD 群の順に高値を示す傾向がみられ、スコア 2.0 以上の OMI 群で H/L は 0.95 ± 0.25 (S.D.) と最も低いが、各群の重なりが大きくいずれも有意の差ではなかった。

H/P では H/S と同様の傾向がみられ、OMI 群全体および、スコア 2.0 以上の OMI 群で HD 群と有意の差であった ($p < 0.05$) が、NHD 群では症例数が少なく有意の差とは言えなかった。

EF はスコア 2.0 以上の OMI 群では、スコア

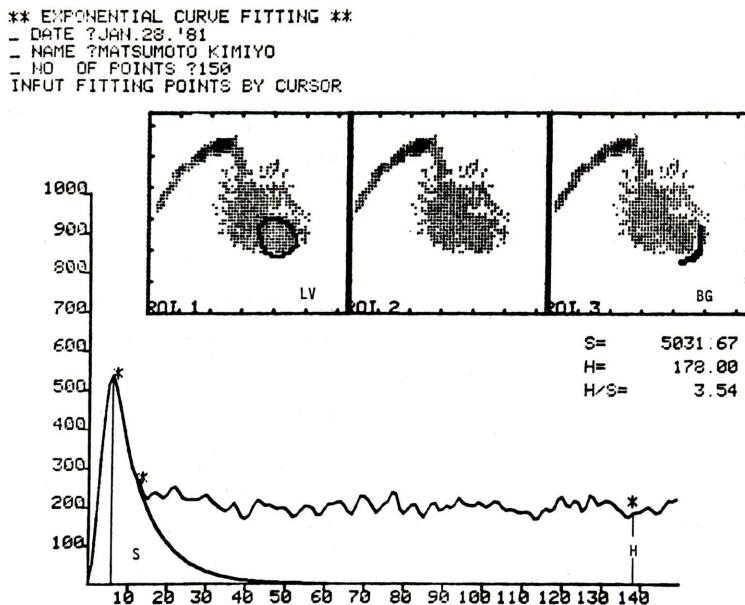


Fig. 1 Selection of ROI over left ventricle (LV) and lung background (BG), and calculation of H/S ratio from net time activity curve of LV. H/S ratio is semiautomatically calculated after input of fitting points by cursor.

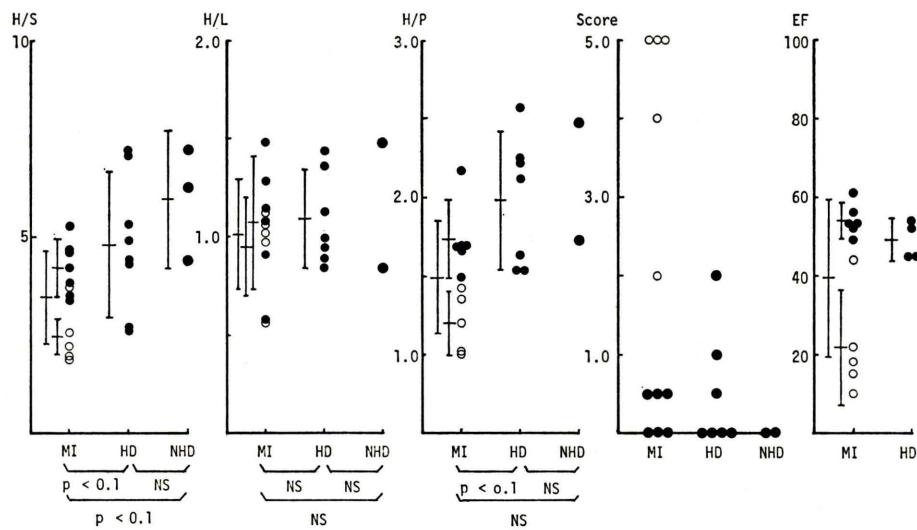


Fig. 2 Distribution of each ²⁰¹Tl uptake index, scan score and ejection fraction (EF) according to the patient group. Circle: patients with score ≥ 2.0 , MI: old myocardial infarction, HD: nonischemic heart diseases, NHD: without heart diseases and NS: not significant difference.

Table 1 Mean (\bar{x}) and standard deviation (S.D.) of each index according to patient group. MI: old myocardial infarction, HD: nonischemic heart diseases, NHD: without heart diseases, H/L: heart/liver ratio, H/P: heart/lung ratio and EF: ejection fraction by gated blood pool study.

Index	MI (n=12)	HD (n=8)	NHD (n=3)	
	\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.
H/S	3.47 \pm 1.18	4.79 \pm 1.84	5.95 \pm 1.75	
Sc ≥ 2.0	2.46 \pm 0.45			
Sc < 2.0	4.20 \pm 0.73			
H/L	1.01 \pm 0.28	1.09 \pm 0.25	1.16 \pm 0.64	
Sc ≥ 2.0	0.95 \pm 0.25			
Sc < 2.0	1.07 \pm 0.34			
H/P	1.49 \pm 0.36	1.98 \pm 0.44	2.10 \pm 0.76	
Sc ≥ 2.0	1.20 \pm 0.21			
Sc < 2.0	1.73 \pm 0.25			
EF	39.4 \pm 19.9	49.0 \pm 5.4		
Sc ≥ 2.0	21.8 \pm 14.7			
Sc < 2.0	54.0 \pm 4.5			
Sc ≥ 2.0 (n=5), Sc < 2.0 (n=7)				

2.0 未満の OMI 群、HD 群に比べ有意に低値を示した (Table 1)。

Table 2 Correlation coefficients and p values between indices.

a) Correlation coefficient between indices

All patients (n=20)				
H/S	0.25	0.66	0.63	-0.74
0.10	H/L	0.45	0.18	-0.22
0.71	0.09	H/P	0.62	-0.73
0.91	0.22	0.81	EF	-0.97
-0.95	-0.18	-0.83	-0.98	SCORE

Infarction patients (n=11)

b) P values between indices

All patients (n=20)				
H/S	NS	<0.01	<0.01	<0.01
NS	H/L	NS	NS	NS
<0.02	NS	H/P	<0.02	<0.01
<0.01	NS	<0.01	EF	<0.01
<0.01	NS	<0.01	<0.01	SCORE

Infarction patients (n=11)

NS: not significant.

2) 各 uptake index 間の相関

各 index 間の相関係数とその有意性の検討結果を Table 2 に示す。全例 (Table 2, 右上欄) および OMI 群 (Table 2, 左下欄) において、H/L は他のど

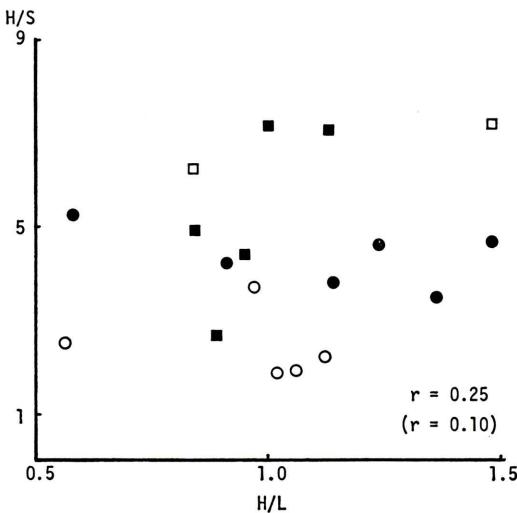


Fig. 3 Correlation of H/S and H/L ratio. Circle: old myocardial infarction with score ≥ 2.0 , dot: old myocardial infarction with score < 2.0 , square: nonischemic and without heart diseases. These symbols are same on Fig. 3-6.

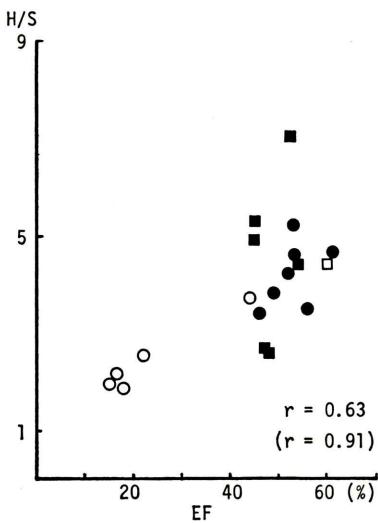


Fig. 5 Correlation of H/S and ejection fraction (EF).

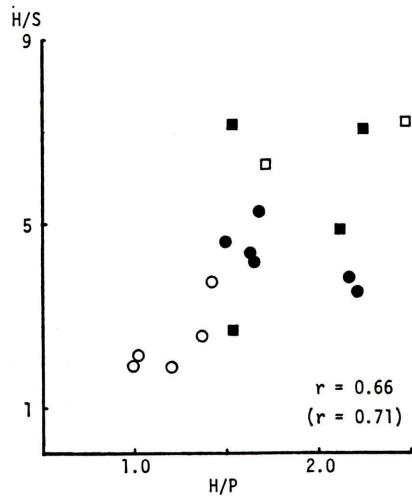


Fig. 4 Correlation of H/S and H/P ratio.

の指標とも有意の相関はみられなかった (Fig. 3)。H/S はいずれの場合も H/P (Fig. 4), EF (Fig. 5) と正の相関を示し, スコア (Fig. 6) とは負の相関を示した ($p < 0.02$)。相関はいずれも OMI 群で高く, とくに EF, スコアと H/S はそれぞれ $r = 0.91$, -0.95 と良好であった。スコアと EF がこれらの

中で最も高い相関を示した。

石井ら⁶⁾の方法に従って算出した H/T と H/S との相関は 16 例において $r = 0.03$ と全く有意の相関はみられなかった (Fig. 7)。この場合の回帰式は $H/T = 0.018 H/S + 2.7$ と H/S の変化に対して H/T はほとんど変わらない傾向がみられた。

IV. 考 案

心筋全体の ^{201}TI uptake index としては従来投与全 ^{201}TI 量に対する心筋摂取率が用いられていた。石井ら⁶⁾は第 1 回循環時におけるシンチカメラ全視野の最高カウントを投与量として H/T を算出し, MBF/CO とほぼ同等としている。しかし, 実際には ^{201}TI 投与後全量が肺を通過した後左室に到達するため, H/T は必ずしも心拍出量に対する心筋血流の指標とはならない (Fig. 8)。すなわち肺での ^{201}TI 摂取を補正した量を基準とする必要がある。このことは肺うつ血例で肺内 ^{201}TI 摂取増加がみられる点^{12,13)}, また正常例でも静注後早期の単位面積当たりの肺摂取が心筋の 1/2 以上に達する点¹⁴⁾からも支持される。

著者らは心拍出量に対する心筋血流量の指標として, 肺 ^{201}TI 摂取を除外するために, 左室通過量に対する心筋摂取率の指標として H/S を用い

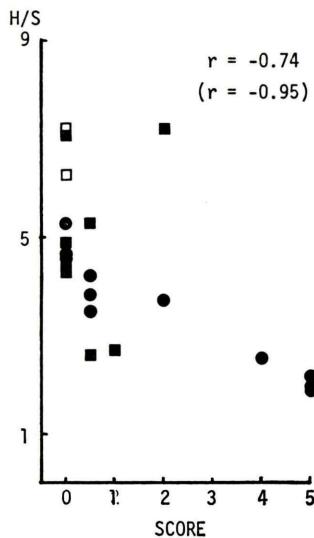
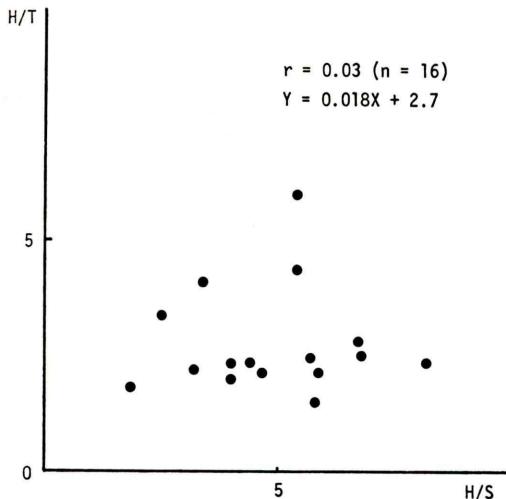
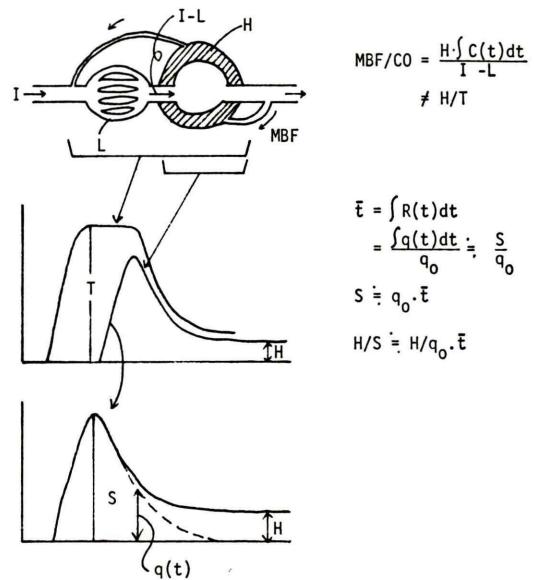
Fig. 6 Correlation of H/S and ^{201}TI scan score (score).

Fig. 7 Correlation of H/S and H/T ratio. H/T is calculated by Ishii's method.

ることを考えた。すなわち、肺バックグラウンド補正後の左室部時間放射能曲線 (net TAC) のピーク付近の時点で ^{201}TI の全量 (q_0) が左室に入っていると仮定すると、この net TAC の下行部の指數関数近似は左室における ^{201}TI の residue function ($R(t)$)¹⁵⁾ と考えることができる (Fig. 8)。左室における平均通過時間 (\bar{t}) は

Fig. 8 Theoretical considerations of H/S ratio. Myocardial blood flow must be evaluated after correction of lung uptake of ^{201}TI . I: input dose, L: lung uptake, H: myocardial uptake and MBF: myocardial blood flow.

$$\bar{t} = \int_0^\infty R(t)dt = \left(\int_0^\infty q(t)dt \right) / q_0 \doteq S/q_0$$

$$S \doteq q_0 \cdot \bar{t}$$

となる。ここで $q(t)$ は下行部を指數関数近似した各時点の高さであり、 S はピーク以後の近似曲線以下の面積である。実際にはこの曲線は完全な residue function ではなく、上記仮定下における近似であるため、 S は $q_0 \cdot \bar{t}$ の近似値である。以上より心筋における ^{201}TI 摂取がプラトーに達した時点での高さ H を心筋摂取量とすると、

$$H/S \doteq H / (q_0 \cdot \bar{t}) = (H/q_0) / \bar{t}$$

となる。すなわち H/S は左室通過全 ^{201}TI 量に対する心筋摂取率に比例し、左室での平均通過時間に反比例する。

今回の結果で H/S が EF とよく相關した理由として S が心拍出量に影響される点があげられるが、同時に EF 低下では心筋血流量も低下していることが考えられる。H/S と H/P の相関も同様に心拍出量の低下により S および P が増加¹²⁾す

る点で説明可能と考えられる。H/Lが他の指標と有意の相関を示さなかった理由のひとつとして、肝は二重の血流支配を受けるため、肝の²⁰¹Tl摂取量は心拍出量の分布と一致しない¹⁶⁾点があげられる。この点H/Lは心筋血流量の指標としてはあまり適当ではないと考えられる。

Hは左室心筋全体についてみた値であり、心筋血流量のみならず心筋量の変化により影響を受けることが考えられる。この点、欠損部の大きさの指標であるスコアとH/Sがよく相關した理由と考えられる。さらに、スコアはEFともよく相關する指標であり¹¹⁾、Sの変化による影響も含まれていると考える必要がある。

H/SとH/Tとの間に相関がみられなかった理由としては、前述のごとく肺集積が種々の要因で変化し、量的にも大きいためと思われる。すなわち、H/Tでは肺²⁰¹Tl摂取が補正されていないため、投与量全量が心拍出量を反映しない点に問題があると考えられる。心筋での²⁰¹Tl摂取は左室通過後の²⁰¹Tlによって成立するものである点、H/Sがより実際の心筋血流を反映する指標と考えられる。

バックグラウンドとして米倉ら⁷⁾は肺野の計数をそのまま用いているが、H/S算出においては心筋部と重なるバックグラウンドを隣接する肺野の計数値の1/2とした。すなわち、心筋に重なる肺容積が隣接する肺容積より少なく(前方に1/5、後方に2/5と仮定)、また前方肺野(3/4と仮定)および前胸壁(全体の1/4と仮定)からのバックグラウンドの寄与が大きい点を考慮した補正係数を1/2と仮定した。

H/Sは肺摂取を除外した指標としてはH/Tより有用と考えられるが、より正確には平均通過時間を補正した(H/S)·t₀すなわちH/q₀を求める必要がある。Frostら¹⁷⁾は左室、肺の時間放射能曲線を用いたdeconvolutionによるt₀の補正を報告しており、繁雑ではあるが有用な補正法と考えられる。しかし、非虚血性心筋症で高値を報告しており、この場合も心筋量の補正は困難と考えられる。

V. 結論

肺²⁰¹Tl摂取の影響を除外した心筋²⁰¹Tl uptake indexとして、左室時間放射能曲線よりH/S比の算出を行った。

H/Sは正常群で5.95±1.75(S.D.)、非虚血性心疾患群で4.79±1.84(S.D.)であり、梗塞群の3.47±1.18(S.D.)と有意の差がみられた(p<0.1)。とくにスコアの大きい梗塞群で他群との分離が良好であった。H/SはH/P, EF, スコアと有意の相関がみられ、とくに梗塞群で高い相関を示した(それぞれr=0.71, 0.91, -0.95)。

H/Sは平均通過時間、心筋量に影響される指標であるが、肺²⁰¹Tl摂取を除外でき、心筋血流の指標として簡便で有用な²⁰¹Tl心筋 uptake indexである。

文 献

- 1) 分校久志、多田 明、中嶋憲一、他：²⁰¹Tl心筋スキャンの視覚的判定に関する検討——5方向像および経時的撮像における部位判定とスコア化について。心臓 13: 251-258, 1981
- 2) Lenaers A, Block P, Thiel E, et al: Segmental analysis of Tl-201 stress myocardial scintigraphy. J Nucl Med 18: 509-516, 1977
- 3) Meade RC, Bamrah VS, Horgan JD, et al: Quantitative methods in the evaluation of Thallium-201 myocardial perfusion images. J Nucl Med 19: 1175-1178, 1978
- 4) Burow 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
- 5) 多田 明、前田敏男、松田博史、他：²⁰¹Tlによる心筋断層像。核医学 17: 1241-1247, 1980
- 6) 石井 靖、神原啓文、米倉義晴、他：²⁰¹Tl心筋シンチグラフィーおよび心筋血流量測定について。核医学 13: 787-797, 1976
- 7) 米倉義晴、石井 靖、鳥塚莞爾、他：²⁰¹Tl心筋摂取率測定による心筋血流の評価。核医学 17: 1211-1220, 1980
- 8) 成田充啓、宇佐美暢久、栗原 正：心筋スキャンと心筋血流量。臨床成人病 8: 627-633, 1978
- 9) 前田和美、中島義治、福崎 恒：Thallium-201負荷心筋シンチグラフィーによる虚血性心疾患の病態評価——特に異型狭心症について。心臓 13: 241-248, 1981

- 10) 分校久志, 中嶋憲一, 利波紀久, 他: ²⁰¹Tl 心筋スキャンにおける肝/心集積比の検討. 核医学 **16**: 1223, 1979
- 11) 分校久志, 多田 明, 中嶋憲一, 他: 5方向像 ²⁰¹Tl 心筋スキャンにおける欠損の出現様態とスコア化について. 核医学 **17**: 1125, 1980
- 12) 分校久志: 多方向および経時的撮影像 ²⁰¹Tl 心筋スキャンにおける画像診断に関する研究. 金沢大学十全医会誌 **88**: 498-521, 1979
- 13) 玉木長良, 米倉義晴, 山本和高. 他: ²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィーにおける肺集積の意義. 核医学 **18**: 159-166, 1981
- 14) 分校久志, 利波紀久, 久田欣一: 大視野ガンマカメラによる ²⁰¹Tl 心筋スキャンにおける撮像条件と早
- 期臓器集積の検討. Radioisotopes **25**: 794-799, 1976
- 15) Bassingthwaite JB, Holloway A Jr: Estimation of blood flow with radioactive tracers. Sem Nucl Med **6**: 141-161, 1976
- 16) Strauss HW, Harrison K, and Pitt B: Thallium-201: Non-invasive determination of the regional distribution of cardiac output. J Nucl Med **18**: 1167-1170, 1977
- 17) Frost JJ, Links JM, Douglass KH, et al: In vivo quantitation of myocardial uptake of Tl-201 in man. Proceedings of the 27th annual meeting p. 67, Detroit, 1980, in J Nucl Med **21** (6): 1980

Summary

H/S Ratio as a New Index for Myocardial ²⁰¹Tl Uptake

Hisashi BUNKO, Kenichi NAKAJIMA, Norihisa TONAMI and Kinichi HISADA

Department of Nuclear Medicine, School of Medicine, Kanazawa University, Kanazawa, 920 Japan

In order to evaluate myocardial blood flow with ²⁰¹Tl, a new myocardial ²⁰¹Tl uptake index "H/S ratio" is proposed. H/S ratio is derived from left ventricular first pass time activity curve by 1/2 weighted background subtraction and exponential curve fitting in order to exclude lung uptake of ²⁰¹Tl. With this H/S ratio, myocardial uptake of ²⁰¹Tl based upon total dose passing through left ventricle can be estimated.

H/S ratio is calculated in 12 patients with old myocardial infarction (OMI), 8 with heart diseases without ischemia (HD) and 3 noncardiac patients (NHD). H/S is 5.95 ± 1.75 (S.D.) for NHD, 4.79 ± 1.84 (S.D.) for HD and 3.47 ± 1.18 (S.D.) for OMI group. Difference is significant between OMI and the others ($p < 0.1$). H/S correlates significantly with heart/lung (H/P) ratio, ejection fraction (EF)

and multiplanar image score ($p < 0.01$). Especially in OMI group, these correlations are higher than in whole patients ($r = 0.71$, 0.91 and -0.95 , respectively, $p < 0.01$). No correlation is seen between H/S and heart/total injected dose ratio, H/T derived from Ishii's method ($r = 0.03$, $p = \text{NS}$).

Theoretically, H/S is characterized by myocardial uptake of ²⁰¹Tl divided by the product of total dose passing through the left ventricle and mean transit time of the left ventricle [$H/(q_0 \cdot \bar{t})$]. Results of this study support this theoretical consideration. H/S is simple and useful myocardial ²⁰¹Tl uptake index rather than H/T, because of excluding useless lung uptake of ²⁰¹Tl.

Key words: ²⁰¹Tl, uptake index, H/S ratio, ischemic heart disease.