

## 《原 著》

# single photon emission CT を用いた $^{99m}$ Tc-PMT 肝胆道 シンチグラフィの deconvolution analysis による検討

佐久間 肇\* 中川 豪\* 前田 寿登\* 中村 和義\*  
竹田 寛\* 権 重禄\*\* 平野 忠則\* 山口 信夫\*

**要旨** 肝硬変患者 12 例、健常対照例 8 例を対象に、SPECT を用いた  $^{99m}$ Tc-PMT 肝胆道シンチグラフィのデータに deconvolution analysis を行い肝の transfer function を求めた。各画素ごとの transfer function から通過時間と局所有効肝血流量の分布を示す functional image を作成した。その結果、全肝および単位肝容積あたりの局所有効肝血流量と平均通過時間との間にはそれぞれ有意の逆相関が得られた ( $r = -0.52$ ,  $r = -0.70$ )。また、肝硬変症例 12 例中 3 例に局所有効肝血流量の低下と排泄時間の遅延の区域性分布がみられた。肝硬変例では一般に全肝有効肝血流量は低下し、通過時間が延長する傾向がみられたが、正常の通過時間を示す例も存在した。そのうち特に肝が高度の萎縮を示し、全肝有効肝血流量は低下しているが、局所有効肝血流量と通過時間がともに正常である例が存在した。本法はびまん性肝疾患の病態生理の観察に有用と思われた。

## I. はじめに

核医学における動態機能検査は、非侵襲的に目的臓器の機能を評価できるという特長を有するが、各臓器での放射活性は注入部位から目的臓器までの循環系、シャント、再循環等の影響をうけ、対象臓器の局所動態の解析を行う上で大きな問題となる。deconvolution analysis によって得られる transfer function は tracer を目的臓器に一度に注入し、再循環がないと仮定した場合の臓器の time activity curve (TAC) を計算により求めたものである<sup>1~7)</sup>。本法を肝に応用した場合、得られた transfer function からは肝の集積機能、すなわち有効肝血流量 (effective hepatic blood flow: EHBF) に関する情報と、排泄機能の情報が分離して得られる。われわれはすでに本法を planar 法の  $^{99m}$ Tc-N-pyridoxyl-5-methyltryptophan ( $^{99m}$ Tc-PMT) 肝胆

道シンチグラフィに応用し、びまん性肝疾患における肝内局所通過動態について有用な情報を得てきた<sup>8)</sup>。しかし、planar 法では肝血流の影響が除外された肝の排泄動態の 2 次元的評価は可能であるが、EHBF に関する情報の評価を行うことはできない。今回われわれは single photon emission CT (SPECT) による  $^{99m}$ Tc-PMT 肝胆道シンチグラフィに deconvolution analysis を応用し、肝硬変患者における肝内局所の EHBF と通過時間の分布を 3 次元的に定量評価し、興味ある知見を得たので、若干の考察を加え報告する。

## II. 対象および方法

対象は肝硬変 12 例 (男性 9, 女性 3) および肝疾患の既往、肝機能異常を有さない健常者 8 例 (男性 6, 女性 2) である。肝硬変の病因は肝炎ウイルスによる肝硬変 10 例 (B 型キャリアー 3 例、非 A 非 B 型によるとと思われるもの 7 例)、アルコール性肝硬変 2 例である。肝硬変の診断は 9 例では腹腔鏡、肝生検でなされ、3 例では血清生化学等の臨床検査所見と X 線 CT, US による画像診断所見を総合して下された。

\* 三重大学医学部放射線科

\*\* 中国医科大学第三附属院核医学科

受付：63年1月20日

最終稿受付：63年5月25日

別刷請求先：福井県吉田郡松岡町下合月（〒910-11）

福井医科大学放射線科

佐久間 肇

使用した装置は汎用コリメータを装着した東芝製対向型ガンマカメラ GCA70-AS 型 ECT 装置と GMS-90 型核医学データ処理装置である。

$^{99m}\text{Tc-PMT}$  3 mCi (111 MBq) を肘静脈より急速静注した後、60秒間で 180 度回転、60秒間休止を 60 分間繰り返し 30 回の投影データを収集した。9 点スマージングの前処理を行った後、Shepp & Logan のフィルターを用いて convolution 法により transaxial image の再構成を行った。ピクセルサイズは  $5.4 \times 5.4 \text{ mm}$ 、スライス厚は  $10.8 \text{ mm}$  である。吸収補正は減衰係数を 0.115 とし、Chang の方法<sup>9)</sup>を用いて行った（一次補正のみ）。

SPECT データの収集と平行して経時に 60 分間反対側肘静脈から採血を行い、得られた  $^{99m}\text{Tc-PMT}$  の血中クリアランスカーブから全肝有効肝血流量 (total EHBF) を算出した<sup>10,11)</sup>。

deconvolution analysis の方法は、入力関数としては、経時的 transaxial image の心臓領域における TAC を求め、この曲線を最小二乗法で 2 相性の指數関数で近似したもの用いた。出力関数としては、肝臓領域上にとった任意の ROI の TAC と、経時的 transaxial image のピクセルごとの TAC を用いた。transfer function H(t) は上述の心領域の TAC、すなわち入力関数 I(t) と肝領域の TAC、すなわち出力関数 L(t) から下記のごとく matrix algorithm を使用して求めた。

$$t=1, H(1)=L(1)/I(1)$$

$$t \geq 2, H(t)=\left[ L(t) - \sum_{\tau=1}^t H(t+1-\tau) \cdot I(\tau) \right] / I(t)$$

ここで、transfer function の排泄が始まるまでの高さ initial height は Rutland の方法<sup>8,12)</sup>を用いて算出した。すなわち、x 軸に  $\sum_{\tau=1}^t I(\tau) / I(t)$  を、y 軸に  $L(t) / I(t)$  をプロットし、排泄が始まるまでの初期部分（通常 2~7 分）を最小二乗法で直線近似し、得られた直線の傾きを initial height とした (Fig. 1)。

得られた transfer function から、1) initial height, 2) transfer function が下降を開始するまでの時間、minimum transit time (min TT), 3) transfer func-

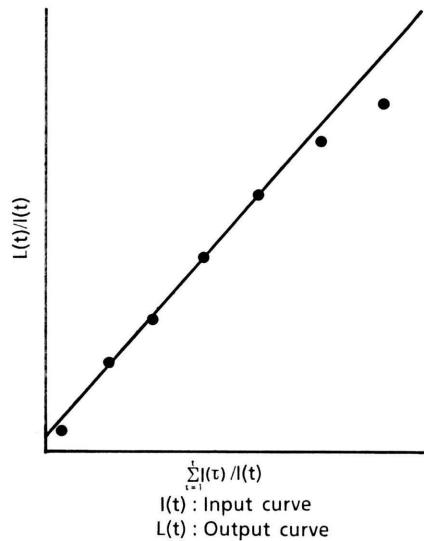


Fig. 1 Calculation of initial height by Rutland's method. The slope of the straight line fitted by least square method represents the uptake constant, namely, initial height of the transfer function.

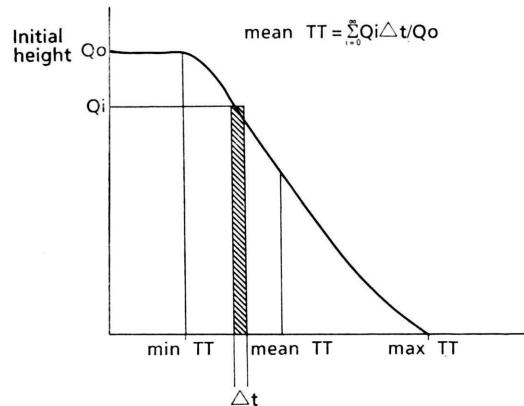


Fig. 2 Four parameters estimated from the transfer function.

tion が 0 となるまでの時間、maximum transit time (max TT), 4) transfer function の積分値を initial height で除して得た mean transit time (mean TT) の 4 つのパラメータを算出した (Fig. 2)。次いで、肝内の各ピクセルごとに求めた transfer function からこれら 4 つのパラメータを算出して、その値

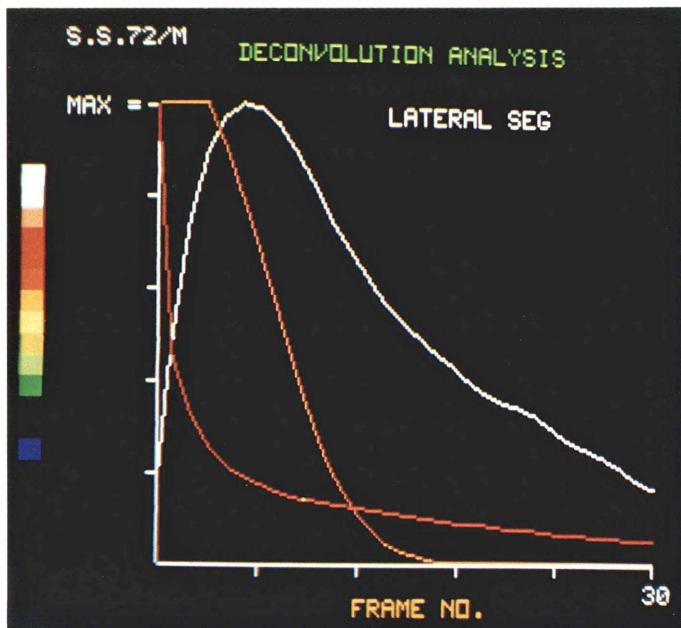


Fig. 3 Normal hepatic transfer function (orange) was derived from regional hepatogram as output (white) and time activity curve over the heart as input function (red) by mathematical deconvolution. Minimum transit time was about 8 minutes and maximum transit time was about 30 minutes.

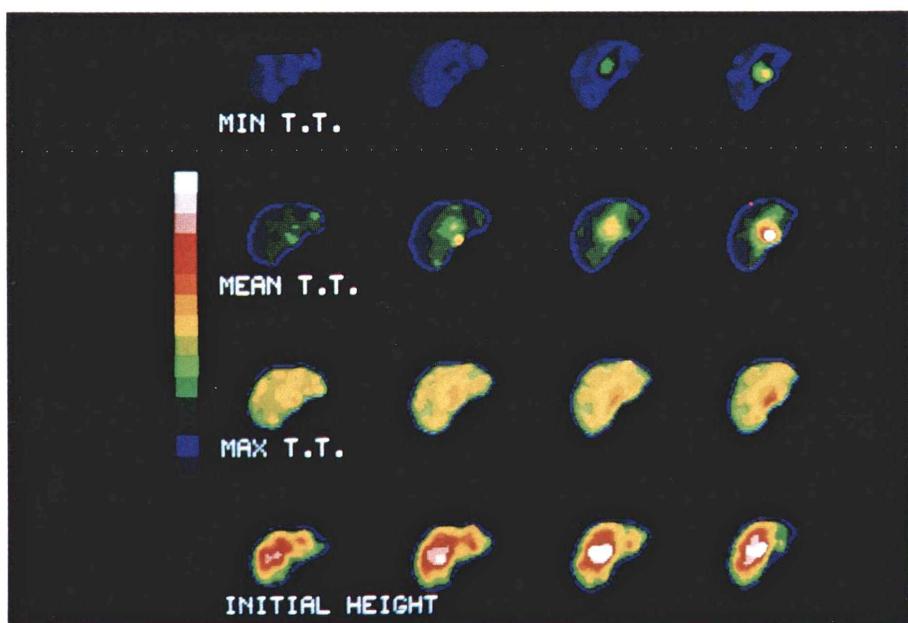


Fig. 4 Functional images from cranial to caudal sections arranged from left to right in a normal control shown on Fig. 3. For minimum, mean and maximum transit time images, the maximum level of the color scale (white) was set at 60 minutes. Mean transit time was about 18 minutes. For initial height images, the maximum level (white) was adjusted to  $2 \text{ ml}/\text{min}/\text{cm}^3$ . Mean regional EHBF was about  $1.3 \text{ ml}/\text{min}/\text{cm}^3$ .

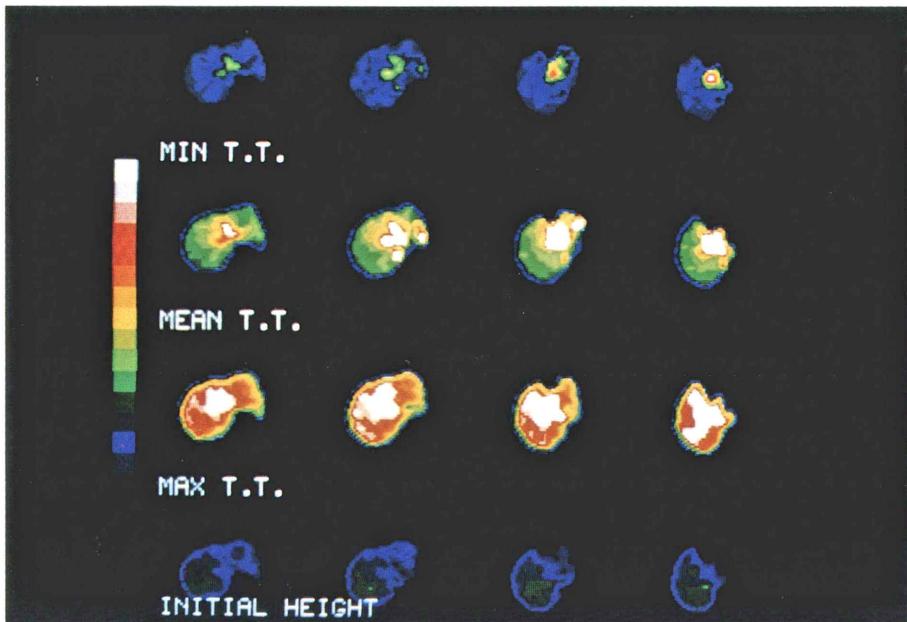


Fig. 5 Functional images in a 52-year-old male with liver cirrhosis. Mean transit time was about 23 minutes, which showed slight delay of excretion. On initial height images, regional EHBF was decreased to less than  $0.5 \text{ ml}/\text{min}/\text{cm}^3$ , less than half of the normal cases.

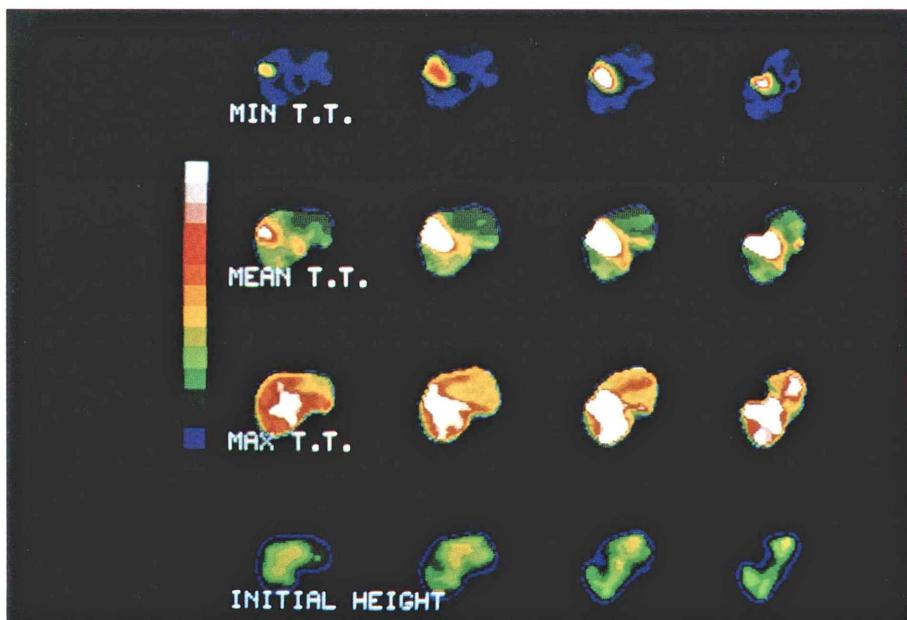
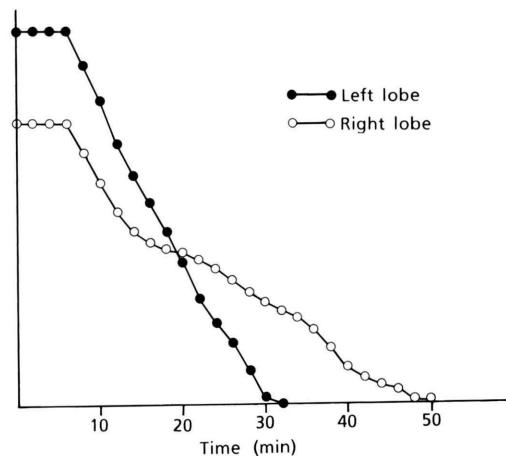
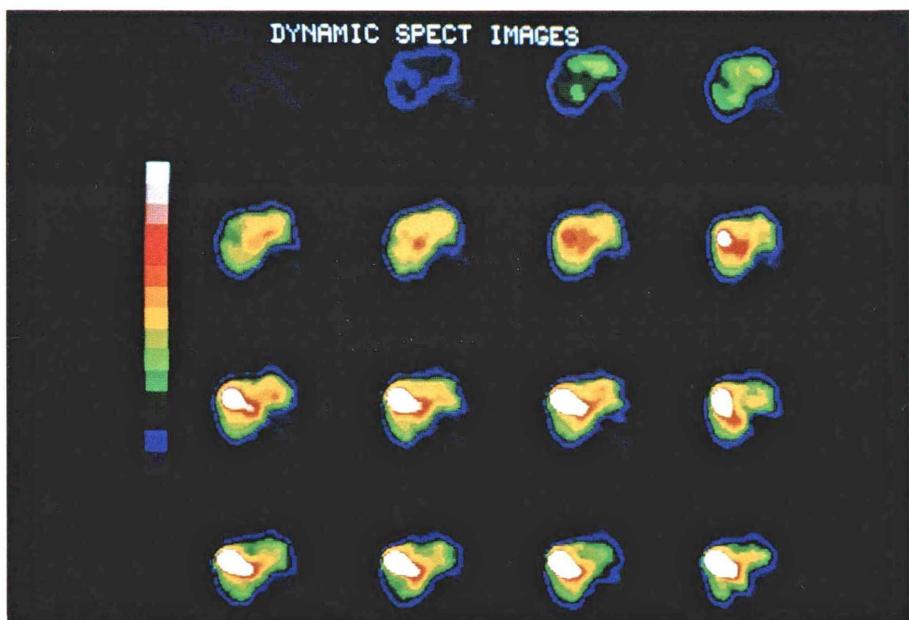


Fig. 6 Functional images in a 44-year-old male with liver cirrhosis. Prolonged transit times with decreased regional EHBF was noticed in right lobe, which showed marked contrast with left lobe.

**Table 1** Mean transit time and EHBF in normal controls and cases with liver cirrhosis

Mean transit time	
Normal controls (n=8)	$20.1 \pm 2.2$ min*
Liver cirrhosis (n=12)	$23.7 \pm 3.9$ min*
p value	<0.05
Total EHBF	
Normal controls (n=8)	$1,382 \pm 232$ ml/min*
Liver cirrhosis (n=12)	$654 \pm 162$ ml/min*
p value	<0.001
Regional EHBF	
Normal controls (n=8)	$1.769 \pm 0.311$ ml/min/cm <sup>3</sup> *
Liver cirrhosis (n=12)	$0.885 \pm 0.356$ ml/min/cm <sup>3</sup> *
p value	<0.001

\*Mean  $\pm$  SD**Fig. 7** Transfer function for ROIs over right and left lobes on the images shown in Fig. 6. Findings were consistent with those in functional images.**Fig. 8** Serial SPECT images taken with time interval of 2 minutes in the case shown in Fig. 6 and Fig. 7. Segmental distribution of abnormal regional EHBF and transit times is hardly recognized on these images.

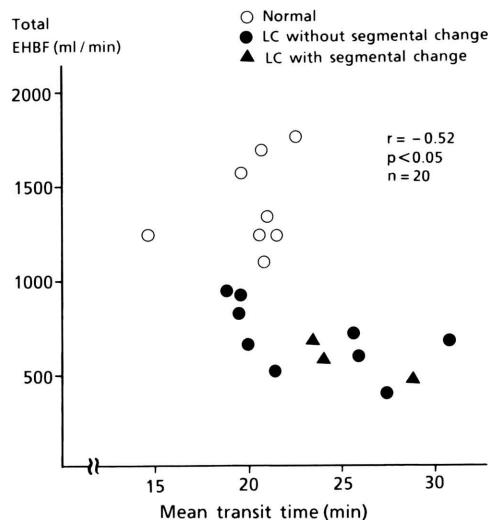


Fig. 9 Relationship between total EHBF and mean transit time. There was a negative correlation between total EHBF and mean transit time in 20 cases including normal controls (○) and liver cirrhosis (●▲). In 3 of 12 cases with liver cirrhosis, segmental distribution of decreased regional EHBF and prolonged transit times was observed as shown in Fig. 6 (▲).

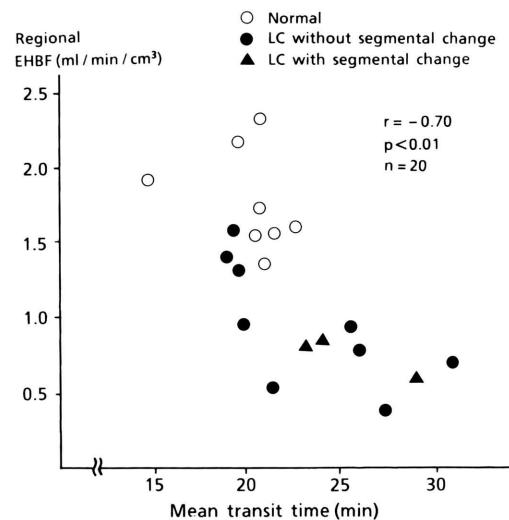


Fig. 10 Relationship between regional EHBF and mean transit time. A significant better negative correlation was noted between these two parameters.

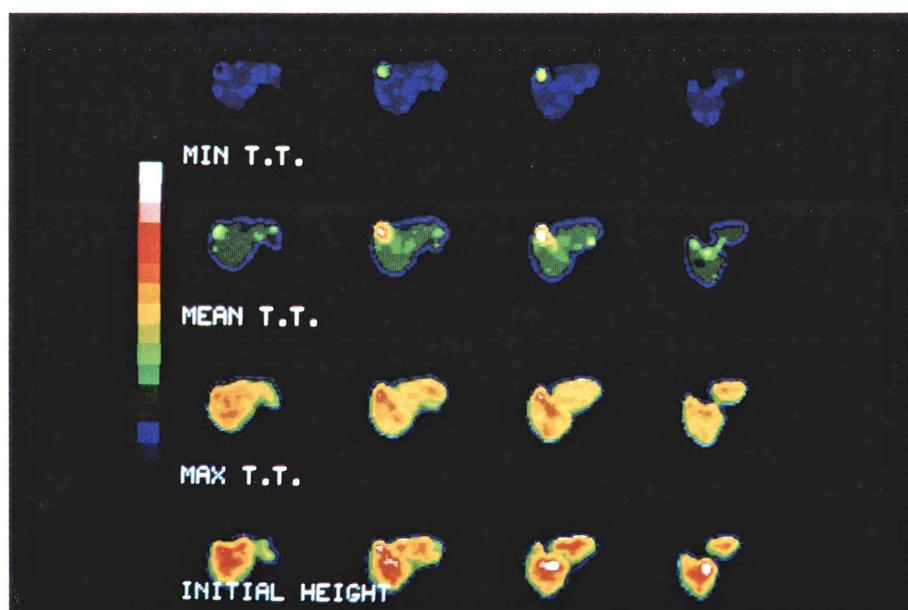


Fig. 11 Functional images in a 39-year-old female with hepatitis B viral induced liver cirrhosis. Although total EHBF was decreased (900 ml/min) and X-ray CT demonstrated severe liver atrophy and marked splenomegaly, transit times and regional EHBF were almost normal on functional images.

を示す 4 種類の functional image を作成し、カラースケールで定量的に表示した。initial height image は肝内の EHBF 相対的な分布を示すため、経時的採血によって測定した total EHBF を肝内の各ピクセルごとの initial height の値に比例配分し、単位に  $\text{ml}/\text{min}/\text{cm}^3$  を用いて定量的に表示した。

### III. 結 果

健常対照例の肝の ROI 上の transfer function を示す (Fig. 3)。心臓領域の入力関数 (赤) と肝局所のヘパトグラム (白) から deconvolution analysis を行うことによって transfer function (オレンジ) が得られる。transfer function は約 8 分で下降を開始し、約 30 分で 0 の値をとり、再上昇のない正常のパターンを示した。次に、この症例の functional image を示す (Fig. 4)。上段から min TT, mean TT, max TT, initial height のイメージで、各段とも cranial から caudal への連続したスライスを左から右へ順に配列した。通過時間の functional image は 60 分を白色とし、それ以下を 16 等分してカラー表示した。肝実質部分での min TT は 8 分、mean TT は 18 分、max TT は 30 分程度であった。肝門部付近ではある程度の通過時間の遅延が認められる。initial height の functional image のカラースケールは  $2 \text{ ml}/\text{min}/\text{cm}^3$  を白色に設定し、以下 16 等分した。この症例では肝単位体積あたりの局所有効肝血流量 (regional EHBF) は平均  $1.5 \text{ ml}/\text{min}/\text{cm}^3$  程度であった。

次に 52 歳男性、肝硬変症例の functional image を示す (Fig. 5)。肝実質部分での mean TT は約 20 分、max TT は約 45 分で健常例と比較して延長していた。initial height の functional image では regional EHBF は深緑色で  $0.3 \sim 0.5 \text{ ml}/\text{min}/\text{cm}^3$  程度の値を示し、先の健常例の 1/2 以下の値であった。

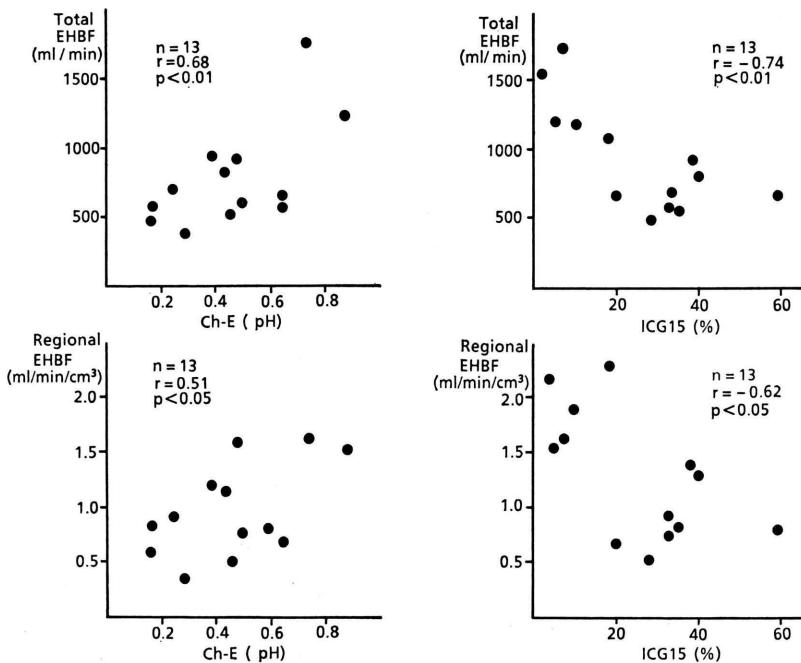
Table 1 で健常対照 8 例、肝硬変 12 例における total EHBF と右葉に設定した ROI での mean TT, regional EHBF の平均および標準偏差を示した。肝硬変群では健常対照群と比較して、mean

TT は有意に延長し ( $p < 0.05$ )、total EHBF と regional EHBF はともに有意に低下した (いずれも  $p < 0.001$ )。

また、肝硬変症例では局所通過時間の遅延や regional EHBF の低下が区域性に特に強く認められる例があった。Fig. 6 は 44 歳男性、B 型肝炎ウイルスキャリアーの肝硬変症例の functional image である。左葉と比較して右葉では通過時間が延長し、regional EHBF は低下した。Fig. 7 で同一症例の外側区域と後区域に設定した ROI における transfer function を示した。regional EHBF の低下した右葉では通過時間が延長していることがよく示されている。Fig. 8 はこの症例の 2 分ごとに収集した経時の SPECT イメージを示す。regional EHBF と通過時間の区域性にみられる異常分布は判定困難であった。今回検討した肝硬変症例 12 例中 3 例でこのような regional EHBF の低下と通過時間の遅延の区域性分布が認められた。

次に EHBF と通過時間の相関につき検討をした。Fig. 9 は横軸に右葉 ROI 上の mean TT、縦軸に total EHBF をプロットしたものである。両指標の間には  $r = -0.52$  で有意の逆相関が得られた ( $p < 0.05$ )。一方、Fig. 10 は右葉 ROI 上の mean TT と regional EHBF をプロットしたもので、両者の間には  $r = -0.70$  で一層良好な逆相関が認められた ( $p < 0.01$ )。

このように肝硬変症例では一般に EHBF は低下し、mean TT は延長する傾向にあった。しかし、明らかな肝萎縮が認められ、total EHBF は低下している肝硬変症例で、regional EHBF は比較的良好に保たれ、mean TT も正常値を示す例もあった。Fig. 11 は 38 歳女性、B 型肝炎ウイルスによる肝硬変症例の functional image である。X 線 CT 上肝萎縮は高度で著しい脾腫を認め、hypersplenism による血小板減少 ( $4.3 \times 10^4/\text{mm}^3$ )、red color sign 陽性の食道静脈瘤を合併していた。この症例の total EHBF は  $900 \text{ ml}/\text{min}$  と低下していたが、functional image では肝局所の通過時間の延長は認められず、平均 regional EHBF も  $1 \text{ ml}/\text{min}/\text{cm}^3$  を超え、ほぼ正常の値であった。



**Fig. 12** Relationship between EHBF and liver function indices. Total and regional EHBF had significant correlations with serum cholinesterase and significant negative correlations with ICG-R15. Total EHBF seemed to have better correlation with these liver function indices as compared with regional EHBF.

Figure 12 で EHBF と、血中コリンエステラーゼ値および ICG 15 分値との相関を示した。total EHBF は血中コリンエステラーゼ値と相関係数 0.68 で有意の相関を示し ( $p < 0.01$ )、ICG 15 分値とは相関係数 -0.74 で有意の逆相関を示した ( $p < 0.01$ )。一方、regional EHBF もコリンエステラーゼ値および ICG 15 分値とそれぞれ有意の相関、逆相関を示した ( $p < 0.05$ )。しかし、total EHBF の方が regional EHBF に比し、これらの肝機能の指標とより良好な相関が得られた。

#### IV. 考案

deconvolution analysis を SPECT 法による PMT 肝胆道シンチグラフィに応用し、健常例、および肝硬変患者における肝内局所の集積機能、すなわち有効肝血流量に関する情報と、肝内胆汁通過動態に関する情報を 3 次元的に評価した。肝の transfer function は tracer の注入部位から肝

までの循環系、再循環、肝内シャント等の影響が除外された肝固有の RI 動態を示しており、通常のヘパトグラムでは分離できない tracer の肝細胞への集積と胆汁排泄の情報が、それぞれ initial height と通過時間の 2 種類のパラメータで分離して評価できた。Fig. 6 に示した症例のように regional EHBF の低下と通過時間の遅延が肝内区域性に特に目だつ症例もみられた。通常の経時的イメージでは肝内シャント、再循環による血中バックグラウンドの影響が大きいため、このような区域性変化は十分にとらえ難く、deconvolution analysis を行うことによってはじめて、こうした肝内の微妙な EHBF、胆汁動態の分布が明らかとなつた。

われわれは planar 法による  $^{99m}\text{Tc}$ -PMT 肝胆道シンチグラフィに deconvolution analysis を応用し、慢性肝炎、肝硬変患者の mean TT および max TT は健常対照者に比較し有意に延長し、

mean TT および max TT は total EHBF と有意の逆相関を示すことを報告した<sup>8)</sup>。しかし、planar 法では EHBF を反映する initial height の局所的評価を行うことはできなかった。これは initial height が肝の厚みや深さの影響をうけるためである。腎では身長、体重から深さによる吸収の補正を行う方法が用いられているが<sup>13,14)</sup>、肝ではその形態上からも、大きさの変動が著しいことからも、このような吸収補正を行うことは困難である。SPECT 法を用いることによりはじめて吸収補正が可能となり、EHBF の肝内分布を示す functional image を得ることができた。一方、通過時間は幾何学的条件の影響をほとんど受けないため、planar 法でも閑心領域における平均値として 2 次元的に測定することが可能であるが、SPECT 法を用いることにより、3 次元情報からより詳細な所見が得られた。しかも、SPECT 法ではこれらの functional image は連続した transaxial image で示され、X 線 CT 等の他の modality の所見との比較も容易である。

ところで、dynamic study に SPECT を利用する場合、1 回の投影データ収集中にも放射活性が変動するため問題となる場合がある。この影響は再構成画像上にアーチファクトとなって現れる。 $^{99m}$ Tc-PMT では  $^{99m}$ Tc-DTPA、 $^{133}$ Xe 等と比べて tracer の動態は遅く、2 分以降ではヘパトグラムの上昇相での変動は 1 回の投影データを得る 1 分間に最大でも 20% 以下で、下降相での変動はさらに少ない。線線源を用いたシミュレーションによる検討では、投影データ収集中に放射活性が 30% 変動した場合、放射活性の変動によって生じたアーチファクトは局所のカウントの 2.8% 以下であり、再構成画像上のカウントは収集時間中のほぼ平均値となった<sup>15)</sup>。このため本研究でも得られた経時的再構成画像や functional image 上に特にアーチファクトは指摘できなかった。

今回の検討では対向型カメラを用い 180°、60 秒収集を行ったが、この場合单一のカメラで 360°、120 秒収集を行った場合に相当するカウントが得られる。画像再構成の前に行われるスムージング

による約 8 倍のみかけのカウント増加を含めて、 $^{99m}$ Tc-PMT 投与後 4~5 分の肝実質部分での 1 ピクセルあたりの平均カウントは肝硬変症例でも 250 カウントを超えており、1 ピクセルあたりの情報量は十分と思われる。

deconvolution analysis において initial height の決定法は初期の入出力関数の変動が著しく、安定した値を得ることが困難なため問題となる。われわれの用いた Rutland 法は排泄が始まるまでの 7 分間の経時的入出力データの関係を直線近似して、その傾きから求めるため、いずれの症例でも安定した initial height の値を得ることができた。

今回の検討では mean TT は total EHBF よりも regional EHBF と良好な逆相関を示した。肝硬変の進行に従って肝内にびまん性の結合織の増生と再生結節の増大が生じ、周囲組織への圧迫が生じるが、肝内血管系への圧迫は肝内血流動態に影響を及ぼして有効肝血流量の低下を招き、肝内胆管系への圧迫は肝内胆汁排泄の遅延をもたらすものと考えられる。また個々の肝細胞機能の低下、肝細胞壊死の結果、肝細胞への tracer の集積機能と肝細胞からの胆汁排泄機能もともに低下するものと考えられる。したがって、regional EHBF と通過時間は肝の障害の程度に応じてそれぞれ低下、延長してゆくものと推察される。

total EHBF は全肝機能を反映していると考えられ、Fig. 12 に示すように血中コリンエステラーゼ値や ICG 15 分値等の肝機能の指標と高い相関性を有していた。一方、regional EHBF はこれらの肝機能の指標と total EHBF ほど高い相関性を示さなかった。regional EHBF や mean TT は血清生化学所見や total EHBF では把握できない局所肝機能を反映しているものと推察できる。

肝硬変群では Fig. 11 に示したように、著しい肝萎縮を示し、total EHBF が低下していても regional EHBF や mean TT はほぼ正常を示す例もみられた。このように局所肝機能を示す regional EHBF、mean TT と全肝機能を示す total EHBF は必ずしも平行して障害されるとは限らず興味深いが、このことがどのような病態生理を反映して

いるのか、その詳細については今後の検討課題である。

deconvolution analysis を肝胆道 SPECT 法シンチグラフィに応用することにより、planar 法で得られる通過時間の情報に加え肝内の EHBF の情報が3次元的に得られ、肝硬変患者の病態生理を知る上できわめて有用であった。本法はびまん性肝疾患だけでなく、閉塞疾患や肝切除症例の残存肝機能の検討等に広く応用できるものと考えている。

稿を終えるにあたり、ご支援、ご助言を賜った本学第一内科為田鞠彦講師、および同肝臓グループの諸先生方に深く感謝いたします。また、終始ご協力いただいた本学附属病院中央放射線部の北野外紀雄技師に厚くお礼を申しあげます。

本研究は昭和61、62年度文部省科学研究費補助金により行われた。

#### 文献

- 1) Fleming JS, Goddard BA: A technique for the deconvolution of the renogram. Phys Med Biol **19**: 546-549, 1974
- 2) Kenny RW, Ackery DM, Fleming JS, et al: Deconvolution analysis of the scintillation camera renogram. Br J Radiol **48**: 481-486, 1975
- 3) Diffey BL, Hall FM, Corfield JR: The <sup>99m</sup>Tc-DTPA dynamic renal scan with deconvolution analysis. J Nucl Med **17**: 352-355, 1976
- 4) 前田寿登, 竹田 寛, 松田 彰: Deconvolution analysis およびその臨床への応用について. 映像情報 **11**: 1058-1062, 1979
- 5) Szabo Z, Vosberg H, Sondhaus CA, et al: Model identification and estimation of organ-function parameters using radioactive tracers and the impulse-response function. Eur J Nucl Med **11**: 265-274, 1985
- 6) 前田寿登, 大井 牧, 中川 豊, 他: <sup>99m</sup>Tc-DTPAによる腎の Deconvolution Analysis および3次元的 Functional Imaging. 映像情報 **19**: 540-544, 1987
- 7) O'Reilly PH, Shields RA, Testa HJ, eds: Nuclear medicine in urology and nephrology, Butterworths, London-Boston, 1979, pp. 156-181
- 8) 権 重禄, 中川 豊, 前田寿登, 他: Tc-99m-PMT 肝胆道シンチグラフィの deconvolution analysis による検討. 核医学 **24**: 1303-1311, 1987
- 9) Chang LT: A method for attenuation correction in radionuclide computed tomography. IEEE Trans Nucl Sci NS-**25**: 638-643, 1978
- 10) Munoz C, Blanchet L, Lebrec D: Measurement of hepatic blood flow with diethyl-IDA in Man. Eur J Nucl Med **7**: 526-527, 1982
- 11) Kato-Azuma M: Tc-99m(Sn)-N-pyridoxylamimates: A new series of hepatobiliary imaging agents. J Nucl Med **23**: 517-524, 1982
- 12) Rutland MD: A single injection technique for subtraction of blood background in <sup>131</sup>I-hippuran renograms. Br J Radiol **52**: 134-137, 1979
- 13) Gates GF: Glomerular filtration rate: Estimation from fractional renal accumulation of <sup>99m</sup>Tc-DTPA (Stannous). AJR **138**: 565-570, 1982
- 14) Tonnesen KH, Munck O, Hald T, Mogensen P, Wolf H: Influence on the radiorenogram of variation in skin to kidney distance and the clinical importance hereof. Radionuclide in Nephrology, Georg Thieme, Stuttgart, 1975, pp. 79-86
- 15) 山口信夫, 中川 豊, 前田寿登, 他: 動態シングルフォトンエミッションCTに関する基礎的臨床的研究. 昭和62年度文部省科学研究費補助金成果報告書

## Summary

### Three-Dimensional Functional Imaging by Deconvolution Analysis in Tc-99m-PMT Hepatobiliary Dynamic SPECT Imaging

Hajime SAKUMA, Tsuyoshi NAKAGAWA, Hisato MAEDA, Kazuyoshi NAKAMURA,  
Kan TAKEDA, Jyuroku GON, Tadanori HIRANO and Nobuo YAMAGUCHI

*Department of Radiology, Mie University School of Medicine*

Serial hepatobiliary SPECT data were analyzed by the mathematical deconvolution to derive the transfer function (TF) which represents the impulse response function of the liver following direct bolus injection. TF was obtained by matrix algorithm from regional hepatogram as output and time activity curve over the heart as input function. Minimum, mean and maximum transit time (TT), indices of excretory function, and initial height (IH), an index of effective hepatic blood flow (EHBF), were estimated from each TF. Functional images (FI) of TTs and IH were constructed by displaying these values over each element of the matrix by a color scale.

In 12 cases with liver cirrhosis (LC) and 8 cases of normal controls, both total EHBF measured by blood clearance and regional EHBF estimated from FI negatively correlated with mean TT ( $r = -0.52$ ,  $r = -0.70$ , respectively). In 3 cases with

LC, FI showed segmental distribution of prolonged TTs with decreased IH which was hardly depicted on serial SPECT images. In cases with LC, total EHBF averaged  $654 \pm 162 \text{ ml}$  (mean  $\pm$  SD) and mean TT averaged  $23.7 \pm 3.9 \text{ min}$ , which were significantly different from those in normal controls ( $1,382 \pm 232 \text{ ml}$ ,  $20.1 \pm 2.2 \text{ min}$ , respectively). But there were a few cases with LC that showed normal transit times and regional EHBF despite marked liver atrophy and decreased total EHBF.

This method is thought to be highly valuable in evaluating pathophysiology of diffuse liver diseases because it provides three-dimensional information about effective hepatic blood flow and transit times which are combined in serial SPECT image data.

**Key words:**  $^{99\text{m}}\text{Tc-PMT}$ , Hepatobiliary imaging, SPECT, Deconvolution analysis, Effective hepatic blood flow.