

## 《総説》

## 消化器核医学

柏 木 徹\*

要旨 消化器核医学のうちとくに肝臓，門脈循環，消化管について述べた．肝臓では放射性コロイドによる肝シンチグラフィがび慢性肝疾患の診断，経過観察に有用で，この面での活用が望まれる．そのほか， $^{99m}\text{Tc}$ -GSA による肝機能予備能の評価がある．肝胆道系では  $^{99m}\text{Tc}$ -PMT が用いられ，本来の肝胆道系イメージング以外に肝腫瘍や転移の質的診断にも有用である．門脈循環では RI の投与経路から経脾，経直腸，経口，静注の各方法がある．消化管運動の評価では gastric emptying time がよく知られているが，食道シンチグラフィのコンピュータ処理画像である condensed image は食道の運動機能や胃・食道逆流の定性的，定量的診断に有用と考えられる．そのほか，大腸運動機能の評価法もあり，今後の発展が望まれる．また，蛋白漏出性胃腸症の診断にシンチグラフィによる蛋白漏出のイメージングが可能である．

(核医学 39: 7-12, 2002)

## はじめに

消化器の分野には消化管とそれに付随する消化腺が含まれる．消化腺とは消化液を分泌する器官で唾液腺，胃腺，腸腺，さらに肝臓，胆嚢，膵臓がある．したがって，これら器官に対する RI の応用が消化器核医学になり，かなり広範囲にわたるので本稿では肝臓と消化管を中心に核医学検査の現状と意義について概略を述べる．

## 1. 肝 臓

肝臓については Kupffer 細胞の異物貪食能を利用する放射性コロイドによる肝シンチグラフィが主体である．30 年前には肝シンチグラフィが肝癌の唯一の客観的な画像診断法であったが，その後

第 40 回日本核医学会総会教育講演の内容を総説として編集委員会が投稿をお願いした．

\* 兵庫医科大学核医学診療部

受付：13 年 8 月 22 日

別刷請求先：西宮市武庫川町 1-1 (☎ 663-8501)

兵庫医科大学核医学診療部

柏 木 徹

の超音波診断装置の進歩，CT・MRI 装置の開発と普及によって肝シンチグラフィのこの点での意義は大幅に低下した．一方，肝細胞癌のほとんどが慢性肝炎，肝硬変を基礎として発生し，しかも基礎の肝病変の進展によって肝細胞癌の発生リスクが高まること<sup>1)</sup>から，実地臨床の場におけるび慢性肝疾患の診断および進展度診断の重要性が増してきている．この点に関して肝シンチグラフィは他の画像診断法よりも優れており<sup>2)</sup>，肝シンチグラフィの必要性は高まってしかるべきであると思われる．また最近，肝癌の発生予防を含めて C 型慢性肝炎に対するインターフェロン治療が注目されている<sup>3,4)</sup>が，この治療法のわが国での保険診療上の制約として肝硬変を除外することが定められている．そのため保険診療上，肝硬変の除外診断に血小板数を用いることが推奨されている．血小板数が肝硬変診断に推奨されるのは，この検査が肝硬変の鑑別に最も信頼できると考えられているのではなく，簡単に全国どこでも実施可能な検査であるためである．したがって，シンチレーションカメラを有する施設では肝硬変の診断や慢

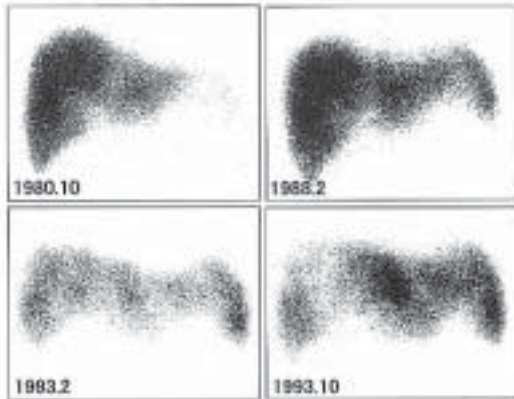


Fig. 1 Occasional radiocolloid ( $^{99m}\text{Tc}$ -phytate) scintigrams of a patient with chronic hepatitis type C.

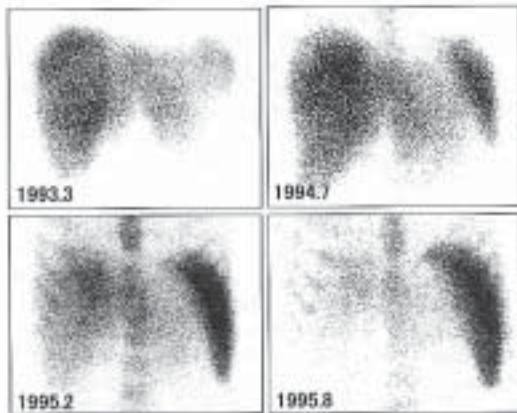


Fig. 2 Occasional radiocolloid ( $^{99m}\text{Tc}$ -phytate) scintigrams of a patient with alcoholic hepatitis.

性肝疾患の経過観察に肝シンチグラフィをもっと活用すべきではないかと考えられる。Fig. 1 に C 型慢性肝炎から肝硬変，そして肝癌が発生した症例の経時的な肝シンチグラムを示した。また，アルコール性肝障害では肝の Kupffer 細胞の機能が低下し，肝以外の骨髄など網内系への集積増加がみられること<sup>5)</sup>も肝障害の重症度診断や経過観察に有用である。Fig. 2 に飲酒持続により短期間に肝硬変に進展した症例の経時的な肝シンチグラムを示した。いずれの症例でも肝および脾や骨髄

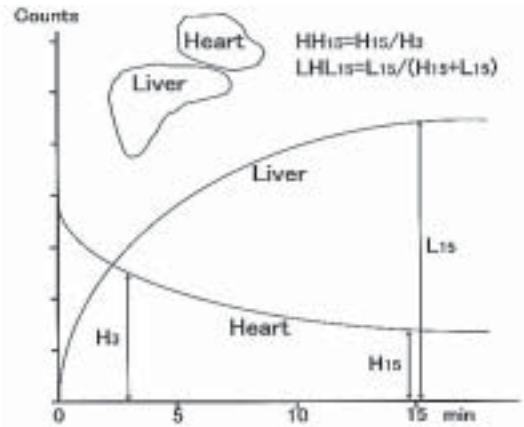


Fig. 3 Estimation of  $\text{HH}_{15}$  and  $\text{LHL}_{15}$  for  $^{99m}\text{Tc}$ -GSA.

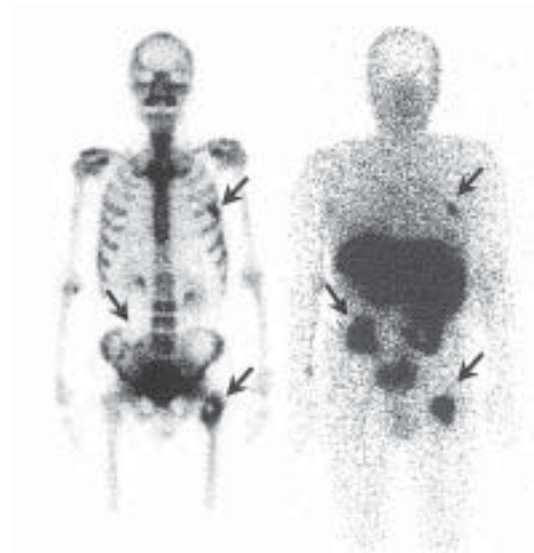


Fig. 4 Scintigrams using  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP (left) and  $^{99m}\text{Tc}$ -PMT (right) of hepatocellular carcinoma.  $^{99m}\text{Tc}$ -PMT accumulated in the hot and cold lesions on the bone scintigram (arrows).

の形態的あるいは機能的な変化がよく描出されている。

肝細胞膜のアシアロ糖蛋白レセプターに結合する  $^{99m}\text{Tc}$ -GSA を用いるシンチグラフィが肝予備能の把握に利用されている。 $^{99m}\text{Tc}$ -GSA を静注し，15 分後まで dynamic study を行い，Fig. 3 に示す

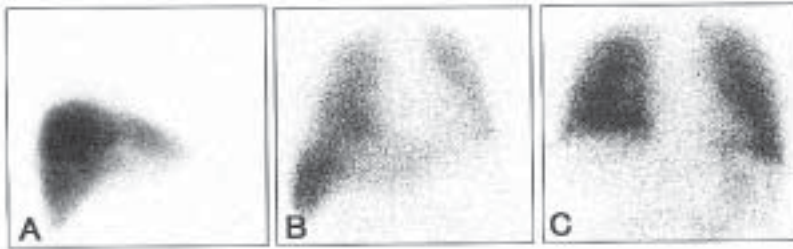


Fig. 5 A: Scintigram taken 1 hour after the rectal administration of  $^{125}\text{I}$ -IMP in a patient without liver disease. Only the liver is visible. B, C: Scintigrams taken in patients with liver cirrhosis. The liver and lungs are visible in B, while only the lungs are visible in C.

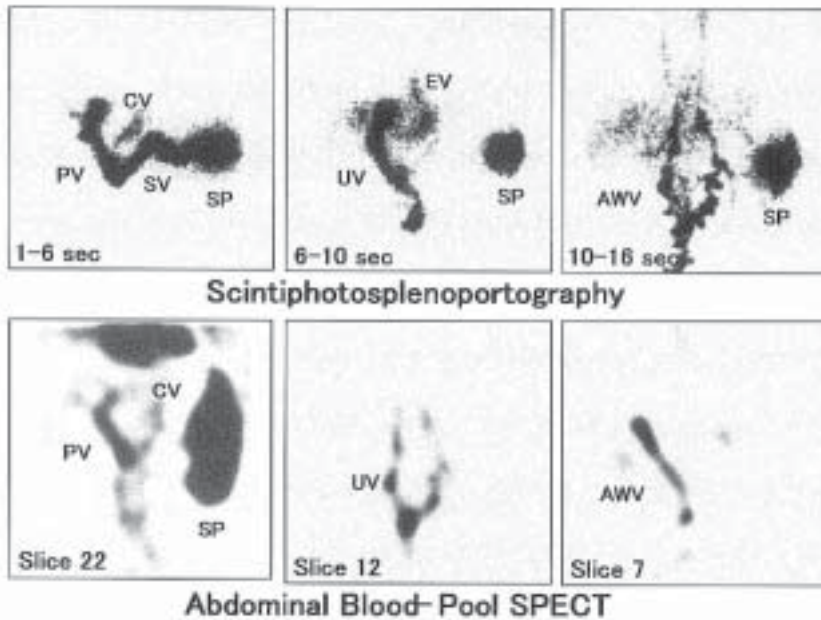


Fig. 6 Serial scintiphotosplenoportograms from 0 to 16 seconds after the splenic injection of  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  (upper) and coronal abdominal blood-pool SPECT images from dorsal to ventral slices (lower) in a patient with liver cirrhosis. SP: spleen, SV: splenic vein, PV: portal vein, CV: coronary vein, UV: umbilical vein, EV: esophageal varices, AWV: anterior wall vein.

ごとく 3 分後の心臓領域のカウントと 15 分後の心臓および肝臓領域のカウントから  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -GSA の血中消失および肝集積の程度の指標を計算する<sup>6)</sup>。ほかにも種々の指標が報告されているが、この指標が最も簡単で肝硬変の臨床病期をよく反映する。肝予備能は ICG 血中停滞率、ビリルビン、ア

ルブミンなどの肝機能検査でも簡便に把握できるので、代償期の肝硬変では  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -GSA の優位性が必ずしも明確でない。しかし、黄疸、腹水、浮腫などの出現した非代償期では通常の肝機能検査では肝予備能の把握は困難で、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -GSA シンチグラフィは有用と考えられる。最近では dynamic

SPECT の応用が行われ<sup>7)</sup>、新たな指標が模索されている。

一方、肝胆道系を描出するシンチグラフィとして  $^{99m}\text{Tc}$ -PMT による肝胆道シンチグラフィがある。その適応として急性胆嚢炎の診断以外に閉塞性黄疸やその治療後における胆汁の流出状況の評価、腹腔内への胆汁のリークなどがよく知られている。また、これら肝胆道シンチグラフィ製剤は肝細胞癌へ集積することがあり<sup>8)</sup>、肝腫瘍の質的診断に応用できる。さらに Fig. 4 に示したごとく肝細胞癌の遠隔転移病巣の診断なども行える。

## 2. 門脈循環

核医学の重要な応用分野で、生理的な門脈血流の肝内分布など他の方法では得られない情報が簡便に得られる。しかし、検査法の多くが保険の適応とならないため研究的使用に限定されている。RI の投与経路として経直腸、経口、経脾、静注がある。

経消化管投与の場合、 $^{123}\text{I}$ -IMP<sup>9)</sup>、 $^{201}\text{Tl}$ <sup>10)</sup>、 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ <sup>11)</sup> が使用され、門脈大循環短絡率の測定に用いられる。Fig. 5 に  $^{123}\text{I}$ -IMP 直腸投与 1 時間後の胸腹部シンチグラムを示した。正常では  $^{123}\text{I}$ -IMP は門脈を経て肝に流入するので肝に捕捉される。一方、肝硬変など門脈圧亢進症では側副血行路を經由して大循環に流入するので  $^{123}\text{I}$ -IMP は肺で捕捉される。したがって、肺のカウントを肺と肝のカウントで除することによって下腸間膜静脈血流の短絡率が算出される。経口的に  $^{123}\text{I}$ -IMP を投与しても  $^{123}\text{I}$ -IMP は胃から吸収されないため小腸から吸収され、その肺・肝分布から上腸間膜静脈の短絡率が算出できる<sup>12)</sup>。

経皮的に脾内に RI を注入して門脈系血管を描出する方法として scintiphotosplenopography<sup>13)</sup> がある。RI として  $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 、 $^{99m}\text{Tc}$ -MAA が用いられる。この方法では側副血行路を明瞭に描出できるが、脾出血の危険をとまうので注意が必要である。

$^{99m}\text{Tc}$ -人血清アルブミンや赤血球を静注して腹部の SPECT を行くと、門脈圧亢進症では拡張し

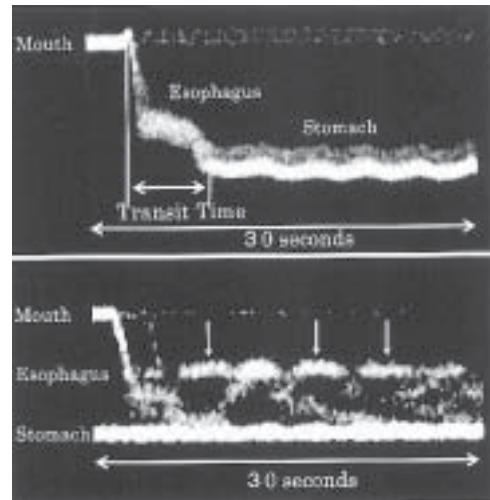


Fig. 7 Condensed images in normal (upper) and reflux esophagitis (lower). The retrograde motion of the bolus is obvious in the lower figure (arrow).

た側副血行路が描出される<sup>14)</sup>。Fig. 6 に SSP と SPECT イメージの比較を示した。SPECT では血流の方向性は不明であるが、側副血行路の有無、程度が観察できるので、内視鏡的食道静脈瘤硬化療法の治療効果の判定などに有用である<sup>15)</sup>。

## 3. 消化管運動

消化管から吸収されない  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA や  $^{99m}\text{Tc}$ -Sn コロイドを経口投与してその動態をシンチカメラで観察し、解析することによって消化管運動が把握できる。欧米では消化器核医学の重要な分野であるが、わが国ではあまり普及していない。食道では RI の通過状態を 1 枚の画像で表示する condensed image<sup>16)</sup> が食道通過時間の測定や胃・食道逆流の診断に有用である。Fig. 7 に 10 ml の  $^{99m}\text{Tc}$ -Sn コロイド含有ミルクを一口で嚥下させて 0.25 秒サンプリングで 30 秒間撮像した 120 枚の食道シンチグラムから作成した condensed image を示した。胃から食道の逆流が明瞭に描出されている。

その他、胃運動については gastric emptying time の測定がよく知られているが、 $^{67}\text{Ga}$ -citrate の経口



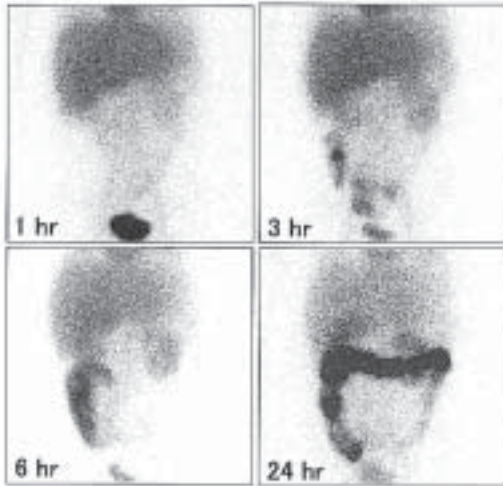


Fig. 8 Serial abdominal scintigrams taken after the intravenous injection of  $^{99m}\text{Tc}$ -HSA. In the images obtained after 3 hours, the colon is clearly visible.

投与による大腸運動の測定<sup>17)</sup> などがあり、今後わが国での普及を期待したい。

#### 4. 蛋白漏出性胃腸症の診断

消化管への血中蛋白の漏出を証明する方法として、 $^{99m}\text{Tc}$  標識人血清アルブミン<sup>18)</sup> あるいは $^{111}\text{InCl}$ <sup>19)</sup> を静注し、経時的に腹部のシンチグラフィを行うことによって消化管内への RI 漏出を簡便にイメージ化できる。Fig. 8 に右心不全による蛋白漏出性胃腸症の  $^{99m}\text{Tc}$  標識人血清アルブミン静注によるシンチグラムを示した。ただし、感度、漏出部位の同定、漏出の程度の定量化などに問題を残している。

おわりに

肝臓は生体内最大の機能と代謝の臓器でありながら核医学の応用分野としては低調である。確かに肝シンチグラフィは、空間分解能の面から肝の占拠性病変の検出には適していない。しかし、びまん性肝疾患診断における肝シンチグラフィの優位性は決して崩れてはいない。本稿ではとくにこの

点を強調して述べた。肝シンチグラフィの復活につながれば幸いである。そのほか、肝細胞機能を見る  $^{99m}\text{Tc}$ -GSA や  $^{99m}\text{Tc}$ -PMT によるシンチグラフィがあるが、いずれも開発後 10 年以上を経過し、別の面から肝機能を評価できる新たな放射性医薬品の開発が待たれる。

門脈循環、消化管についても述べたが、残念ながら保険適応されていないものも多い。しかし、他のモダリティでは得られない有益な情報が得られることも事実であり、わが国での今後の発展に期待したい。

#### 文 献

- 1) 山岡義生, 有井滋樹, 沖田 極, 神代正道, 小林健一, 谷川久一, 他: 原発性肝癌に関する追跡調査 第 13 報 . 肝臓 1999; 40: 288-300.
- 2) Geslien GE, Pinsky SM, Poth RK, Johnson MC: The sensitivity and specificity of  $^{99m}\text{Tc}$ -sulfur colloid liver imaging in diffuse hepatocellular disease. *Radiology* 1976; 118: 115-119.
- 3) 横須賀収, 細田和彦, 小俣政男: C 型慢性肝炎のインターフェロン療法の組織学的長期予報 . 日本臨床 1994; 52: 1841-1846.
- 4) Kasahara A, Hayashi N, Mochizuki K, Takayanagi M, Yoshioka K, Kakumu S, et al: Risk factors for hepatocellular carcinoma and its incidence after interferon treatment in patients with chronic hepatitis C. *Hepatology* 1998; 27: 1394-1402.
- 5) Drum DE, Beard JO: Liver scintigraphic features associated with alcoholism. *J Nucl Med* 1978; 19: 154-160.
- 6) 鳥塚莞爾, 河 相吉, 工藤正俊, 久保田佳嗣, 山本和高, 伊藤和夫, 他: 新しい肝機能イメージング剤  $^{99m}\text{Tc}$ -GSA の第 3 相臨床試験 多施設による検討 . 核医学 1992; 29: 159-181.
- 7) Hwang EH, Taki J, Shuke N, Nakajima K, Kinuya S, Konishi S, et al: Preoperative assessment of residual hepatic functional reserve using  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA-galactosyl-human serum albumin dynamic SPECT. *J Nucl Med* 1999; 40: 1644-1651.
- 8) 柏木 徹, 東 正祥, 松田裕之, 吉岡博昭, 石津弘視, 満谷夏樹, 他: 肝細胞における  $^{99m}\text{Tc}$ -N-pyridoxyl-5-methyltryptophan 肝胆道シンチグラフィの診断的意義 . 日消誌 1985; 82: 2061-2067.
- 9) Kashiwagi T, Azuma M, Ikawa T, Takehara T, Matsuda H, Yoshioka H, et al: Portosystemic shunting in portal hypertension: evaluation with portal scintigraphy with transrectally administered I-123 IMP.

- Radiology* 1988; 169: 173–140.
- 10) Tonami N, Nakajima K, Hisada K, Tanaka N, Kobayashi K: A noninvasive method for evaluating portal circulation by administration of Tl-201 per rectum. *J Nucl Med* 1982; 23: 965–972.
  - 11) Shiomi S, Kuroki T, Kurai O, Kobayashi K, Ikeoka N, Monna T, et al: Portal circulation by technetium-99m pertechnetate per-rectal portal scintigraphy. *J Nucl Med* 1988; 29: 460–465.
  - 12) Kashiwagi T, Fukui H, Kozuka T, Goto M, Takei Y, Kasahara A, et al: Assessment of portosystemic shunting from superior mesenteric vein by duodenal administration of iodoamphetamine I-123. *Eur J Nucl Med* 1992; 19: 181–185.
  - 13) Kashiwagi T, Kamada T, Abe H: Dynamic studies on the portal hemodynamics by scintiphotosplenoportography: the visualization of portal venous system using  $^{99m}\text{Tc}$ . *Gastroenterology* 1974; 67: 668–673.
  - 14) Kashiwagi T, Kimura K, Kozuka T, Sato N, Kamada T, Mitsutani N, et al: Portosystemic collaterals in portal hypertension: visualization by using blood-pool SPECT imaging. *AJR* 1989; 153: 281–285.
  - 15) Azuma M, Kashiwagi T, Nagasawa M, Ito Y, Naito M, Ishibashi K, et al: Evaluation of portosystemic collaterals by SPECT imaging after endoscopic variceal sclerotherapy: usefulness for predicting recurrence. *J Nucl Med* 2000; 41: 600–604.
  - 16) Klein HA, Wald A: Computer analysis of radionuclide esophageal transit studies. *J Nucl Med* 1984; 25: 957–964.
  - 17) Bartholomeusz D, Chatterton BE, Bellen JC, Gaffney R, Hunter A: Segmental colonic transit after oral  $^{67}\text{Ga}$ -citrate in healthy subjects and those with chronic idiopathic constipation. *J Nucl Med* 1999; 40: 277–282.
  - 18) 柏木 徹, 福井弘幸, 上甲 剛, 小塚隆弘, 木村和文, 笠原彰紀, 他:  $^{99m}\text{Tc}$  標識ヒト血清アルブミンによる蛋白漏出性胃腸症の RI イメージング診断. *核医学* 1990; 27: 1361–1368.
  - 19) Saverymuttu SH, Peters AM, Lavender JP, Hodgson HJ: Detection of protein-losing enteropathy by  $^{111}\text{In}$ -transferrin scanning. *Eur J Nucl Med* 1983; 8: 40–41.

## Summary

### Nuclear Gastroenterology

Toru KASHIWAGI

*Department of Nuclear Medicine, Hyogo College of Medicine*

Application of nuclear medicine for gastroenterology, especially the liver, portal circulation and alimentary tract was described. In the liver, radiocolloid scintigraphy is useful for the diagnosis and follow-up study of chronic liver diseases.  $^{99m}\text{Tc}$ -GSA scintigraphy plays a role for the evaluation of hepatic functional reserve.  $^{99m}\text{Tc}$ -PMT used for hepatobiliary imaging, is also useful for the diagnosis of hepatic tumor and extra-hepatic metastasis of hepatocellular carcinoma. In the study of portal circulation, various administration sites such as intrasplenic, rectal, oral, and intravenous have been reported. In the evaluation

of motility function of alimentary tract, estimation of gastric emptying time is well known. Condensed image created from serial esophageal scintigrams using computer processing is also useful for the quantitative and qualitative evaluation of esophageal motility function and gastro-esophageal reflux. Abdominal scintigraphy with  $^{99m}\text{Tc}$ -human serum albumin enables imaging diagnosis of protein-losing gastroenteropathy.

**Key words:** Nuclear gastroenterology, Liver scintigraphy,  $^{99m}\text{Tc}$ -GSA,  $^{99m}\text{Tc}$ -PMT, Portal scintigraphy, Condensed image.