総 説

が ん の 核 医 学

——腫瘍 SPECT——[†]

油井信春

千葉県がんセンター核医学診療部
260-8717 千葉市中央区仁戸名町 666-2

Key Words: nuclear oncology, SPECT, whole body imaging,
gallium-67 citrate, thallium-201 chloride

1. はじめに

腫瘍核医学における single photon emission computed tomography (SPECT) の重要性和新しい手法について解説し、この診断法の臨床的意義とともに述べる。腫瘍イメージの臨床の場での役割はさまざまであるが、この手法を用いることによって腫瘍の性状診断の手掛かりが得られ、治療法の選択や予後の予測を大きく変わってくる可能性がある。核医学イメージングは一般的に良く知られている X 線撮影、CT、MRI、超音波などの形態画像診断とはまったく異なる範疇に属するものであるが、その存在や有用性についてがんを専門とする医師においてもまだ十分に認識されていないのが現状である。

核医学的手法によるがんの診断は多岐にわたるが、ここでは腫瘍に特異的に集積する放射性医薬品によるイメージングに限定して話を進める。この手法はがんを集積する放射性医薬品を用いて存在そのものをイメージとして表示することが根本原理であるが、どのような腫瘍がどの程度に描出可能かに関してはすでに総括的著書は多くあるので、それを繰り返すことはしな

い。臨床的に重要な意味を持つのは単にどれくらい小さな腫瘍までが表示できるかの問題ではない。表示されるか否かは腫瘍の性状にかかっており、表示されないことも一つの重要な診断情報である。しかし当然描出されるべきものを描出する技術的レベルは高く維持されなければならない。すなわち信頼できる技術によって得られた結果からしか確かな情報は得られない。今日まで腫瘍イメージングの撮像技術についてはほとんど報告がない。

わが国においては年間約 20 万件の腫瘍イメージ検査が行われているが医療に用いることができる腫瘍イメージ剤は ^{67}Ga クエン酸ガリウム (以下ガリウム) と ^{201}Tl 塩化タリウム (以下タリウム) にほぼ限定されており、ほかには甲状腺がんに対して ^{123}I と ^{131}I 、副腎腫瘍に対して ^{131}I アドステロール、 ^{131}I -meta-iodobenzylguanidine (MIBG) が用いられている程度である¹⁾。本章ではわが国の医療状況に則して現実に使用可能な 2 核種について主として述べることにする。

2. 核医学腫瘍イメージングの臨床的意義

腫瘍の核医学イメージングは CT、MRI あるいは超音波などの形態診断とは異なり、腫瘍の性質を画像として表示するものである。したがって画像と言っても形や大きさを見ることが主要な目的ではない。表示されるか否かは腫瘍

[†] Nuclear Oncology — Tumor SPECT —.
Nobuharu Yui: Chiba Cancer Center Hospital,
666-2, Nitona-cho, Chuo-ku, Chiba-shi 260-8717,
Japan.

の性状を反映しており、このことから臨床に必要な情報を読み取らなければならない。もう一つの核医学イメージングの特徴は全身像を1枚の画像として表示が可能なことである。これによって全身の検索が一度にできることは本手法の大きな利点である。このような特徴を生かした臨床的な適応を列挙すると以下ようになる。

1・1 全身的な腫瘍の進展の初期診断

代表的な例は悪性リンパ腫の病期決定である。この場合はガリウムによる全身イメージングが有効である^{2)~4)}。図1には後述する全身SPECTとともに実例を示すが、このような核医学画像の特徴は他の画像診断法で類似するものは求められない。リンパ腫にはタリウムや^{99m}Tc-hexakis 2-methoxyisobutylisonitrile (MIBI) も用いられるがガリウムが一般的である。

1・2 腫瘍の性状診断

良性の腫瘍類似疾患と悪性腫瘍の鑑別や、悪性腫瘍の増殖能の診断がある。これは腫瘍への摂取率を定量解析したり集積と消失の経時的変化を見ることによって性状を類推するもので、一種の機能検査とも言える。タリウムによる甲状腺腫瘍の良性と悪性の鑑別が代表的なものであり、投与後15分程度で見られる甲状腺内の部分的な高度集積は2-3時間後の後期像で悪性では残存、良性では低下することによって良悪性の鑑別が可能となる^{5),6)}。肺腫瘍においても早期像、後期像を撮り retention index (残存率) を算出すると、悪性では増加、良性では減少になる傾向があることが報告されている⁷⁾。すなわち悪性腫瘍ではタリウムを保持し、良性病変は洗出しが早い性質を画像として示すことが性状診断の根拠となる。肺がんではさらに扁平上皮がんがガリウムが集まりやすく、タリウムが腺がんが集まりやすい傾向を利用して両者の併用によって組織型の推測も可能である^{8),9)}。

またガリウムの集積の程度によって肺がんの組織型を類推できるとの報告もある^{10),11)}。さらに脳腫瘍においては放射線治療を行った後の再発か壊死かの鑑別も可能とされている^{12),13)}。図2は左肺の高分化腺がん症例で、後に述べるごとくSPECTの優位を示すもので planar 像では心臓と重なって見えない病巣がSPECTではタリウムが描出されており、SPECTでもガリウムでは描出されない。これは組織型の違いを知る手掛かりとなる。

1・3 放射線治療や化学療法を行った場合の効果判定

ガリウムによるリンパ腫の治療効果の判定や^{14),15)}、タリウムによる頭頸部腫瘍の放射線治療や骨軟部組織の悪性腫瘍の化学療法に対する治療効果判定に有用であることが報告されている^{16)~19)}。これも治療前に見られた集積が低下あるいは消失することによって判定するものであるが、形態的な判定法よりも早期に現れることが知られている。たとえば上咽頭がんは放射線治療が行われるが終了時にもMRIなどでは隆起が完全に消失せず、治癒の判定が難しい場合にもタリウムの集積が消失すれば治癒と判定でき、その後の経過をみるとMRIでも次第に正常化していったタリウムの方が早期に viability の指標となることがわかっている。図3に上咽頭がんの放射線治療開始前と終了後のタリウムSPECT像を示す。治療前に見られた上咽頭に局限した集積は治療後には消失している。この症例では治療後の経過観察でもタリウムによって局所制御が成されていることを確認している。

1・4 再発の診断

リンパ腫の治療後の再発診断に用いられるが^{15),20)}、他の腫瘍でも有用性は高い。再発診断で重要なことは手術などで本来の解剖学的形態が失われても診断が可能であることである。

図 1 悪性リンパ腫のガリウムによる全身シンチグラム (planar と全身 SPECT)
左は一般に行われている planar 像で頸部、胸部、腹部に異常が見られ、全身の進展度がよく把握できるが、右の全身 SPECT 像では腹部、とくに肝臓付近の異常が一層よくわかる。全体的にコントラストもよくなり個々の病巣が明瞭に描出されている。

1・5 経過観察

ガリウムが全身検査に適していることによって臨床の場で利用されている。これもリンパ腫において有用性が高いが^{(4), (15), (20)}、肺がん術後の局所再発と全身性転移の検索についてもガリウム、タリウム像ともに有用である。経過観察の手段として再発がないことの確認ができることも病巣管理の面から重要である。

このような診断的利用は核医学検査の特徴を生かしたものであり、形態診断では不可能とは言えないまでも一般的でなく、腫瘍核医学は有効に利用できればきわめて好ましい検査手段と言えよう。それにもかかわらず一般的に利用が盛んであるとは言い難い最大の理由は、検出能に十分な信頼が置かれていないことにあると思われる。

核医学腫瘍イメージングではある大きさ以下

の腫瘍や、正常組織よりわずかに多い集積しかないような病巣を明らかにするには限界があり、CT, MRI, 超音波などの形態診断のように鮮明な画像とは比較にならない。そのため初期診断で核医学イメージングが優先して用いられることはわずかな例外を除けば有り得ないことである。しかし前述したように核医学腫瘍イメージングは、全身にわたって形態変化が捕らえにくい腫瘍を検出することが可能であり、存在が明らかである腫瘍の良性か悪性かの鑑別、悪性であれば組織型や悪性度などの性状診断、全身的な進展度すなわち病期の決定、治療効果の判定や再発の診断などに有用な情報が得られ、がん診療において重要な一翼を担っているのも事実である。したがって画質の改善が図られ、より小さな病巣が検出され、わずかな集積の違いも画像化することができれば一層利用価値が高くなると考えられる。最近腫瘍検査とし

図 2 肺がん患者のタリウムとガリウム SPECT

上のタリウム背面 planar 像では異常不明。中左のタリウム早期像で心臓の肺側に異常が見られる（矢印）。中右はタリウム後期像で集積はやや強く見え、悪性腫瘍であることが推測できる。下はガリウムの SPECT で集積がないことは高分化腺がんであることが示唆される。

て注目されている ^{18}F -FDG PET も現在行われている核医学腫瘍イメージングとほとんど同じ目的で用いられると考えてよいが、PET 検査では遙かに検出能が向上すると期待されている。しかし PET はまだまだ限られた施設でしか施行できず、現在の腫瘍イメージングがカバーしているすべての必要性に代って行うこと

は不可能である。今後の ^{18}F -FDG PET の臨床利用は確実に高くなるであろうが、それでも現在ガリウムで行っている腫瘍イメージングが年間 20 万件近くあることを考えると、この 10 年にどのような変化が起きるかの予測は不可能にしても、ガリウムの需要を ^{18}F -FDG PET が満たせるほど大きく変わることはあり得ないと思

図 3 上咽頭がんの放射線治療前(左)と終了時(右)のタリウム SPECT
治療前に見られる異常集積(矢印)は治療によって消失し有効であると判定できる。

われる。ガリウムイメージングの改良を図り、少しでも PET に近い画像を得ることは患者にとって有利なことであり、医療者側にとっても必要なことと思われる。それには SPECT の利用をさらに高め、その SPECT の精度の向上を図り、少しでも PET に近い画像を得るための努力も必要である。腫瘍イメージングも従来のやり方をそのまま踏襲していたのでは、低い評価を覆すことはできない。技術的改善を図ってこそ今後も利用される道がある。

3. SPECT は腫瘍イメージングの診断精度を上げる

わが国において腫瘍イメージ剤として臨床的に用いることができるのはガリウムとタリウムに限られている。その使用の 80% 以上がガリウムであり、このことを無視して腫瘍核医学の臨床を論ずることはできない。ところがガリウムのイメージング技術は、20年来まったく変わっていないと言ってよい。そして古いままの技術によって得られた結果が診断的評価の基準になっている。検出能を上げる有効な手段としては SPECT がある。肺がんやリンパ腫において感度が著しく向上したとの報告もあり^{21)~23)}、欧米では抗体イメージングやリセプターイメージングでも SPECT を行うことがほとんど日常的に行われている。しかし、わが国では腫瘍イ

メージングにおいて SPECT が行われることはきわめて少ないと考えられる。それは1997年に実施された日本アイソトープ協会による全国調査の結果を見ても明らかである。それによれば、ガリウムで 6%, タリウムで 26% 程度に過ぎない¹⁾。SPECT によって周辺の生理的集積との重なりが除かれ、検出能が向上して planar で見えないものが見えるようになり、局在も正確となり、さらに偽陽性や偽陰性が減って診断精度が上がることはすでに報告されている。SPECT がもっと広く腫瘍イメージングにおいても利用されるようになれば有用な情報はずっと多くなるはずである。実際に同一症例で planar 像と SPECT 像の違いは図 2 に示したごとく、SPECT によってのみ病巣を指摘できる。このように SPECT の利点は明らかであるにもかかわらず、実際にはあまり行われないうのは検査時間の制約が多く、全身イメージと SPECT の両者を行うことが患者にも技術者にも負担が大きいことによると思われる。この状態を何とか打破する必要がある。

わが国においてはガリウム検査は一般的に 111 MBq 程度の投与を行いイメージングを行っている。検査時間は投与後 48 ないし 72 時間で世界共通である。しかし欧米では、投与量は 296-370 MBq が標準であり、わが国の現在の投与量では十分なフォトン数が得られないと

考えられる。またリンパ腫などの検査では、SPECT を施行しないと欧米では基準どおりに行っていないと見做されることもあるようだ。上記投与量と SPECT が検出率を向上させ、その結果が画像が改善され診断精度が高まれば投与量を増やせばよいのだが、保健診療の下では嚴重に制限されていて容易には変えられない。この少ない投与量による planar (平面) 像が PET と比較され、ガリウム像が低く評価されている現状の解決には、やはり SPECT を効率よく行う工夫が必要である。

一方、ガリウムによる検査は全身的検索が可能であることに大きな特徴がある。全身の病巣が一度の検査で検出できることは他の modality からは得られない優れた特徴である。しかし全身像は planar 像でしか行うことができない。当然のこととして検出には限界がある。全身 PET が可能になった現在では両者の検出能に著しい差があるのが現実である。

現在ガリウムによる腫瘍イメージの標準的な検査法は、主要な三つのエネルギーピークを三つのウィンドウを設定して撮像することが一般的である。この方法では隔壁の厚い中エネルギー用のコリメータを用いるため分解能はあまりよくない。さらに散乱線を補正を行っていないことも加わって不鮮明な画像しか得ることができない。体の表面近くに存在する場合で 2 cm が限界であり、深部にあれば 4 cm でも検出できない場合がある。そのため、ガリウムイメージングの診断的有用性が低く評価されていた傾向がある。その古い手法によるイメージングはこの 20 年ほとんど変わっていない。これは、 ^{18}F FDG-PET と比較して格段の差が出ることは自明のことである。SPECT を行うにしても従来のやり方では一般的には全身検査を優先して施行し、疑わしい部分が存在するときのみ SPECT が付加される場合が大部分であると考えられる。これは長い検査時間を要するため被検者の負担が大きく、このことが SPECT 普及を妨げる大きな要因になっていると考えられ

る。

SPECT を行えば軀幹深部の病巣でも 2 cm 位まで描出可能である。このガリウムイメージングの画質改善を行い、さらに全身 SPECT によって高画質イメージを一度の検査ですまして時間短縮を可能にし、診断能の向上と患者負担の軽減の問題を一挙に解決すれば臨床的に利用価値は著しく高くなるものと思われる。

4. 散乱線補正による画質改善と全身 SPECT の開発

そこで筆者らは従来ほとんど進歩の見られなかったガリウムイメージングにおいて、散乱線を除去して画質改善を図り、さらに全身 SPECT を行う方法の開発によって SPECT と全身検査の優れた利点を一挙に行うことを可能にする検査技術の開発を行ったのでその概要を述べてみたい。

分解能の向上のために低エネルギーコリメータ (筆者らは low energy general purpose [LEGP] を用いている) を使用する。ウィンドウの設定は高い 300 keV を外し、185 keV と 93 keV のみとする。それぞれのエネルギーピークに main window 20% とともにその上下に 7% の subwindow を設け散乱線補正用とする。一つのピークに三つの window, すなわち triple energy window (TEW) 法を設定し、高い 300 keV からの散乱線を含めた散乱成分を想定して main window のカウントから除去することによって補正を行う。補正のやり方は上下の subwindow のカウントの高さを結んで、main window 内にできた台形の部分に含まれるカウントを散乱線と見なして補正する^{24)~26)}。この散乱成分を除いた信号のみで作成した画像は planar 像でも画質は明らかに向上することを確認できた。TEW 法によって散乱線を補正した像是臨床例で planar 像であっても病巣とバックグラウンドのコントラストがよくなり、小病巣の検出が容易となる。また近接する数個の病巣が従来は一塊となって見えて

いたものが分離して表示できるようになった。この利点を SPECT に応用することによって、さらに小病巣や疑わしい病巣の検出が可能である。また merged 法によって全身を 1 枚の画像として表示して全身 SPECT 像を得れば全身シンチグラムと SPECT を 1 回の検査で済ますことができる。merged 法は体の一部の SPECT を行ったら検出器を移動し、連続して 3 から 5 部位の SPECT を行い、それを再構成したときに繋ぎ合わせてあたかも一枚の SPECT 像のように表示するものである。核医学イメージの利点である全身検査と SPECT による検出能の向上を一挙に実現できることとなった。臨床的に悪性リンパ腫やがんの全身転移の検索にきわめて有用性が高いことが確認された。これによって潜在している病巣の発見が容易となり、リンパ腫の病期の決定が正確になった。またあらゆるがんで治療後の再発も早期に検出することが容易になった。さらに TEW と SPECT による高い腫瘍・バックグラウンド比は投与後血中濃度の高い早期、すなわち投与当日の検査の可能性があるが示唆された。これにより肝や消化管にガリウムが集積する以前に検査を行うことができ、従来不向きとされていた腹部、骨盤部にもガリウム検査が適応となる可能性もある。この方法の不利な点はカウント数が従来法の半分以上に減少してしまうことである。そのため全身イメージ、局所の planar 像、さらに SPECT を行うと検出率の向上は望めるが時間がかかり過ぎて被検者が体力的に耐えられないほどの時間を要する。ここに述べる merged SPECT 法は全身イメージングと SPECT の利点を同時に一回の検査で済めるものであり、検査時間は約 50 分で臨床検査として妥当なものであると考えられる。本法による画像と従来一般に行われてきた全身 planar 像の実例を示す (図 1)。患者は悪性リンパ腫で、従来法と本法によるイメージで画質の違いは明らかである。この方法によって従来見逃されていた異常が明らかとなり、ガリウム検査の新しい展開があると期待し

ている。

5. ま と め

以上、腫瘍イメージングが臨床的にどのような有効利用されるかということと SPECT の重要性、さらに新しい手法による散乱線補正の全身 SPECT の手法を紹介した。現在臨床に用いられているイメージ剤はガリウムが 8 割を占め、残りの大部分はタリウムによっている。これらは比較的悪性腫瘍によく集積するが特異的なものではなく、良性疾患にも入ることはよく認識しておかねばならない。また集積の程度の違いはあっても比較的どのような組織型の腫瘍にも入るので、単に描出されたからといって性状診断が簡単にできるわけではない。集積の程度、洗出しの早さなどをきめ細かく観察して診断精度を上げる努力が必要である。今後ソマトスタチンリセプター薬剤やセンチネルリンパ節シンチグラフィの検出、あるいは ^{99m}Tc -MIBI による化学療法薬剤耐性の予測試験などの手法を含めて新しいイメージ剤が登場してくる可能性があるが、それについては他の筆者の記述にゆずる。骨シンチグラフィで証明されているように形として把握できる以前の早期にがんを核医学イメージングによって診断できる日がいずれはやってくると期待される。現在でも ^{131}I によって分化型甲状腺がんや ^{131}I -MIBG によって褐色細胞腫の転移を見つけている。腫瘍核医学は ^{18}F -FDG PET の臨床利用によって大きなステップを踏み出したが SPECT の利用の有効利用の努力も続けて行かなければならない。

文 献

- 1) 日本アイソトープ協会医学・薬学会全国核医学診療実態調査専門委員会：第 4 回全国核医学実態調査報告, *Radioisotopes*, 47, (8), i-Liv (1998)
- 2) Turner, D. A., Fordham, E. W. and Ali, A. : Gallium-67 imaging in the management of Hodgkin's disease and other malignant lym-

- phomas, *Semin. Nucl. Med.*, **8**, 205 (1978)
- 3) Tume, S. S., Rosenthal, D. S., Kaplan, W. D., English, R. J. and Hofman, B. L. : Lymphoma : Evaluation with Ga-67 SPECT, *Radiology*, **164**, 111-114 (1987)
 - 4) Anderson, K. C., Leonard, R.C.F. and Cavello, G. P. : High dose gallium imaging in lymphoma, *Am. J. Med.*, **75**, 327-331 (1983)
 - 5) 沢 久, 福田照男, 伊丹道真, 荒井六郎, 古川隆, 原田 繁, 土橋宣昭, 深草駿一, 笥 弘毅, 高橋有, 藤本吉秀, 太中 弘 : ^{201}Tl による甲状腺癌鑑別の可能性, *核医学*, **15**, 1223-1227 (1987)
 - 6) 油井信春, 戸川貴史, 小坪正木, 木下富士美, 秋山芳久, 嶋田文之 : 因子分析を用いたタリウム甲状腺検査での腫瘍分離描画の試み, 同上, **27**, 1385-1392 (1990)
 - 7) Tonami, N., Shuke, N., Yokoyama, K., Seki, H., Tkayama, T., Kinuya, S., Nakajima, K., Aburano, T., Hisada, K. and Watanabe, Y. : Thallium-201 single photon emission computed tomography in the evaluation of suspected lung cancer, *J. Nucl. Med.*, **30**, 997-1004 (1989)
 - 8) Togawa, T., Satoh, T., Hoshi, K., Haneda, K., Yonemoto, H. and Kimura, K. : ^{201}Tl to ^{67}Ga uptake ratio as an indicator for predicting tumor doubling time in human pulmonary neoplasms, *Br. J. Cancer*, **53**, 557-560 (1986)
 - 9) Togawa, T., Suzuki, A., Kato, K., Higuchi, Y., Moriya, K., Hoshi, H., Kimura, K. and Kawaguchi, T. : Relation between ^{201}Tl to ^{67}Ga ratio and histological type in primary lung cancer, *Eur. J. Cancer Clin. Oncol.*, **21**, 925-930 (1985)
 - 10) Higashi, T., Wakao, H. and Nakamura, A. : Quantitative gallium-67 scanning for predict value in primary lung carcinoma, *J. Nucl. Med.*, **21**, 628-632 (1980)
 - 11) Thesingh, C. W., Driessen, O.M.J and Daens, W.T.H.H. : Accumulation and localization of gallium-67 in various type of primary lung carcinoma, *ibid.*, **19**, 28-30 (1978)
 - 12) Kaplan, W. D., Takvorian, T., Morris, J. H., Rumbaugh, C. L., Connolly, B. T. and Atkins, H. L. : Thallium-201 brain tumor imaging : a comparative study with pathologic correlation, *ibid.*, **28**, 47-52 (1987)
 - 13) Kosuda, S., Fujii, H., Aoki, S., Suzuki, K., Tanaka, Y., Nakamura, O. and Sahidara, N. : Reassessment of quantitative thallium-201 brain SPECT for miscellaneous brain tumors, *Ann. Nucl. Med.*, **7**, 257-263 (1993)
 - 14) Israel, O., Front, D., Lam, M., Ben-Haim, S., Kleinhaus, U., Ben-Shachar, M., Robin, E. and Kolodny, A. : Gallium-67 imaging in monitoring lymphoma to treatment, *Cancer*, **61**, 2439-2443 (1988)
 - 15) Cooper, D. L., Caride, V. J., Zloty, M. et al. : Gallium scans in patients with mediastinal Hodgkin's disease treated with chemotherapy, *J. Clin. Oncol.*, **11**, 1092-1098 (1993)
 - 16) Ramana, L., Waxman, A., Binney, G., Waxman, S., Mirra, J. and Rosen, G. : Thallium-201 scintigraphy in bone sarcoma : comparison with gallium-67 and technetium-99m MDP in the evaluation of chemotherapeutic response, *J. Nucl. Med.*, **31**, 567-572 (1990)
 - 17) Togawa, T., Yui, N., Kinoshita, F., Yanagisawa, M., Hatano, K., Sekiya, Y., Shimada, F., Omura, K., Takeuchi, Y. and Katahashi, T. : Thallium-201 single photon emission tomography in the treatment follow-up of nasopharyngeal carcinoma, *Eur. J. Nucl. Med.*, **24**, 305-311 (1997)
 - 18) 佐藤哲造, 館崎慎一郎, 石井 猛, 米本 司, 油井信春, 戸川貴史, 柳沢正道, 清水英樹, 松崎 理 : 骨肉腫術前化学療法効果判定に置けるタリウムスペクトルの有用性—タリウム集積減少率とMRI腫瘍容積減少率の比較—, *臨床整形外科*, **32**, 49-54 (1997)
 - 19) Sumiya, H., Taki, J., Tuchiya, H., Nomura, A., Miyauchi, T. and Tonami, N. : Midcourse thallium-201 scintigraphy to predict tumor response in bone and soft-tissue tumors, *J. Nucl. Med.*, **39**, 1600-1604 (1998)
 - 20) Yeh, S. D. J., Benua, R. S. and Tan, C.T.C. : Gallium scan in recurrent Hodgkin's disease in children, *Clin. Nucl. Med.*, **4**, 359-367 (1979)
 - 21) 油井信春, 木下富士美, 小坪正木, 秋山芳久 : Ga-67 citrate の emission CT 像による悪性腫瘍の診断, *核医学*, **19**, 431-440 (1982)
 - 22) DeLand, F. K. and Shin, W.J. : The status of SPECT in tumor diagnosis, *J. Nucl. Med.*, **25**, 1375-1379 (1984)
 - 23) 油井信春, 伊藤一郎, 木下富士美, 嶋田文之, 梅田透 : SPECT 併用のガリウムシンチグラフィに

- よる頭頸部腫瘍の診断, 核医学, **21**, 1371-1375 (1984)
- 24) Ichihara, T., Ogawa, K., Motomura, N., Kubo, A. and Hashimoto, S. : Compton scatter compensation using the triple energy window method for single and dual isotope SPECT, *J. Nucl. Med.*, **34**, 2216-2221 (1993)
- 25) 油井信春, 木下富士美, 柳沢正道, 戸川貴史 : 低エネルギーコリメータと Triple energy window (TEW) 法を用いた散乱線除去によるガリウムイメージ改善の試み, 臨床放射線, **41**, (10), 1145-1148 (1996)
- 26) Kinoshita, F., Yanagisawa, M., Yui, N., Togawa, T., Morisada, M. and Ichihara, H. : Attempt to improve the quality of Ga-67 images by applying the TEW method using low-energy collimators. A preliminary study, *Med. Rev.*, **60**, 30-36 (1997)
- 27) Okada, J., Imai, Y., Tamada, H., Kawashiro, O., Yui, N., Togawa, T., Kinoshita, F. and Ito, H. : ^{67}Ga planar imaging with a low energy collimator and scatter collection using triple energy window method, *Nucl. Med. Comm.*, **20**, 647-657 (1999)
-