

《原 著》

## Emission Computed Tomography による食道癌の ガリウム断層シンチグラム

服部 孝雄\* 中川 純\* 竹田 寛\* 前田 寿登\*

田口 光雄\*

**要旨** 対向する2台の回転型ガンマカメラによるECT装置を用いて<sup>67</sup>Ga citrateによる食道癌の断層シンチグラムを施行し、その臨床的価値を検討した。通常のシンチグラムでは対象とした6例のうち3例において、微少集積のため、あるいは胸骨、椎骨、肺門、肝臓などの正常集積と重なるために病巣への集積が判定困難であった。ECTでは6例すべてにおいて腫瘍集積が明瞭にしかも三次元的に描出された。放射線治療前後の比較が行われた例ではECTによりその腫瘍集積の減少の程度がより明確となった。食道内に留置された細いチューブに<sup>67</sup>Gaを注入して再度ECTを行い、チューブ内放射能のあるイメージとないイメージを対比する方法を試みた結果、食道腫瘍への集積の確認、外膜浸潤の有無の判定に有用であった。ガリウムシンチグラフィにECTを併用することは病巣の検出感度の向上、病巣の三次元的広がりの認識、治療経過の判定に有効であると期待される。

### I. 緒 言

一般に肝臓を除いた消化器悪性腫瘍の診断に<sup>67</sup>Ga citrate (<sup>67</sup>Ga) の価値は少ないとされている<sup>1,2)</sup>。その理由として消化器悪性腫瘍の組織型として多い腺癌では扁平上皮癌に比較して<sup>67</sup>Gaの集積度が低いこと<sup>1)</sup>、また、<sup>67</sup>Gaは糞便中へも排泄されるため、腸管には正常でも比較的高濃度の分布が認められ、異常集積の判定が困難なことなどが挙げられる。さらに、体幹深部に存在する食道などでは、<sup>67</sup>Gaの腫瘍への集積は、周囲の肺門、椎骨、胸骨などの集積と重なるため、異常集積の判定が困難となることも一因となる。

最近急速に普及しつつあるEmission Computed Tomography (ECT)は、通常用いられている放射性核種を用いて施行しうるうえ、目的病巣部の三次元的情報が得られ、体幹深部のわずかな異常集

積をも周囲の放射能との重なりなしに描出され得る点でその診断的価値が期待される。

今回われわれは、食道癌症例を対象として<sup>67</sup>GaによるECTを若干の工夫を加えて行い、通常のシンチグラムと対比してその臨床的価値を検討する機会を得たので報告する。

### II. 対象および方法

対象は生検で確認された食道扁平上皮癌6例で、中胸部食道癌4例、下胸部食道癌1例、頸部、上胸部、中胸部に及ぶ食道癌1例を含む。5例においては放射線治療開始あるいは開始直後に本検査が施行され、2,000～4,000 radsの術前照射後手術が行われた。このうち1例については4,000 rads照射直後に再度本検査を施行する機会があった。1例では本検査施行後、術前照射を行わずに手術が施行された。

装置は2台のガンマカメラ(東芝製GCA-401-5型)を対向させた回転型ECT装置(東芝製GCA-70A-S)およびオンライン核医学データ処理装置(東芝製GMS-90)を用いた。それぞれのカメラに中エネルギー用平行コリメータを装着し、エ

\* 三重大学医学部放射線医学教室

受付：57年5月18日

最終稿受付：57年10月12日

別刷請求先：津市江戸橋2-174(番514)

三重大学医学部放射線医学教室  
服 部 孝 雄

ネルギーレベルを 93 KeV および 184 KeV の 2 相のピークに設定し、ウインドウ幅は 30%とした。検査は  $^{67}\text{Ga}$  2~4 mCi 静注投与 72 時間後に行った。通常のシンチグラムは前面、後面、左右側面像を 2 分間の時間設定で約 120~150 K のカウントを収集して撮像した。ついで、患者に経口的に細いポリエチレンチューブ (Biosearch 社製、直徑 6 FR) を飲ませ、仰臥位にて両上肢を挙上させ ECT スキャンを施行した。すなわち、1 投影当たり 15 秒間で 4 度ごと 180 度回転させ計 90 投影のデータを  $64 \times 64$  マトリックスで収集した。全収集時間は約 12 分となった。引き続き患者の位置はそのままにして、食道に留置しておいたチューブ内に  $^{67}\text{Ga}$  溶液 (濃度 100  $\mu\text{Ci}/\text{ml}$ ) を満たし ECT スキャンを行った。2 回のデータ収集を含めた総検査時間は 30 分以内であり、患者に強い苦痛を強いることはなかった。画像再構成にはコンボリューション法を用い、フィルター関数として Shepp & Logan のフィルターを用いた。吸収補正是 Chang<sup>3</sup> の方法 (ただし 1 次補正のみ) を用いて行った。 $64 \times 64$  マトリックスで横断、矢状断、前額断層像を作成した。各スライスの厚さは 10.8 mm とした。

### III. 結 果

6 症例、7 検査の結果、通常のシンチグラムで腫瘍の集積を明瞭に認知したものは 3 例であったが、ECT 像では全例で腫瘍の集積が確認できた。ことに通常のシンチグラムでは胸骨の集積と重なったり (Fig. 1a)、肝の集積と重なったり (Fig. 2a)、また、周囲の随伴性炎症の集積と重なったり (Fig. 3a) して判定困難な場合でも、ECT 像ではそれら集積と腫瘍集積とが三次元的に明確に区別して描画された。また、食道に留置したチューブに  $^{67}\text{Ga}$  の溶液を満たした場合には、チューブ内の  $^{67}\text{Ga}$  の放射能が横断断層像では小円形の線源としてすべてのスライスに認められ、矢状断層像、前額断層像では体軸方向の線状線源として数枚のスライスのみに認められ、食道の位置が明瞭に確認されるとともに、このチューブ内放射能のあるイメージ (チューブイメージ) とない

イメージの比較から、病変の範囲、進展方向が明確となった (Fig. 1b, 2b, 3b, 4b, 4d)。

さらに、放射線治療による治療効果判定にも通常のシンチグラムより ECT 像の方が異常集積減少の程度が明瞭に示された (Fig. 4b, 4d)。

以下、代表例を供覧する。

#### 症例 1

65 歳女性、食道透視で中胸部に全周性、4 cm に及ぶ表在型の腫瘍を認め、生検にて扁平上皮癌と診断された。Fig. 1a, 1b は術前のガリウムシンチグラム像および ECT 前額断層像である。通常のシンチグラム像 (Fig. 1a) では前方からは胸骨の集積と、後方からは椎骨の集積と重なり腫瘍集積は明確に判定し得ない。ECT 前額断層像 (Fig. 1b) は患者を前方から見て 10.8 mm の間隔で後方へスライスされている。5, 6 番目のスライスで中胸部に中等度の集積を認め、下 2 段のチューブイメージと比較すると、同様に 5, 6 番目のイメージにチューブ内放射能が認められることから食道の集積であることがわかる。ECT 像においては、腫瘍の集積には食道内放射能の描出された領域から逸脱した所見はなく、手術にて外膜面には達していないことが確認された。リンパ節転移はなかった。

#### 症例 2

68 歳男性、食道透視にて下胸部食道に 3 cm に及ぶ鋸歯型の腫瘍を認め、生検にて扁平上皮癌と診断された。Fig. 2a, 2b は術前照射前に施行された通常のガリウムシンチグラム像、および ECT 矢状断層像である。通常のシンチグラム (Fig. 2a) では肝あるいは椎骨の正常集積と重なり、腫瘍の集積は指摘できない。ECT 像 (Fig. 2b) は患者を右側からみて 10.8 mm の厚さで順次右から左へスライスされている。肝左葉を含む 5~8 番目の 4 スライスにわたり肝左葉の直背部に小範囲の hot area が認められ、この集積は肝左葉上縁よりさらに上方に突出して認められる。対応したスライスのチューブイメージと対比するとこの hot area は 5~7 番目のスライスに認められる食道内放射能の走行上にあり、さらに 1 スライス左側の 8 番目

のスライスまで広がっていることが判定される。超高压 X 線 3,000 rads の術前照射後手術が施行され、食道左側壁で外膜面に明らかに浸潤を来していたことが確認された。右噴門リンパ節、横隔膜リンパ節転移を認めたが、ECT でリンパ節の集積は腫瘍集積に連続しているためか判定し得なかった。

#### 症例 3

67 歳男性、食道透視にて中胸部食道に 5 cm に及ぶ鋸歯型の腫瘍を認め、生検にて扁平上皮癌と診断された。初診時、胸部 X 線写真にて右肺門部縦隔に腫瘍陰影を認め、X 線 CT にて食道に連続した膿瘍であることが示された。また、ガストログラフィンによる透視にて食道から縦隔への瘻孔形成が認められた。Fig. 3a, 3b はガリウムシンチグラム像および ECT 矢状断層像を示す。通常のシンチグラム (Fig. 3a) では縦隔に膿瘍による著しい集積が認められるが、腫瘍の集積は明らかでなく、右側面像で膿瘍の集積の前方にわずかに疑われる程度である。ECT 像 (Fig. 3b) において膿瘍の広範な著しい集積の前方に小範囲の腫瘍と思われる集積を認め、さらに 6~8 番目の左方のスライスにも連続して集積が認められる。チューブイメージと対比するとこの 6~8 番目のスライスの集積が食道の深さに一致し、やや前壁よりに存在することがわかる。これらの所見から膿瘍の集積は食道の右後方にあり、腫瘍の集積は食道から右前方に進展していることが明らかとなり、これら病巣の相互の位置関係が三次元的によく把握された。2,000 rads 照射後手術が行われ、食道の右前方への腫瘍の壁外性進展と右後方で腫瘍から連続した膿瘍の存在が確認された。周囲への浸潤が著しく、リンパ節も一塊となっていた。

#### 症例 4

78 歳男性、食道透視にて中胸部食道に 4 cm に及ぶラセン型の腫瘍を認め、生検にて扁平上皮癌と診断された。同患者は照射前、および 4,000 rads 照射後の 2 回にわたり検査が行われた。Fig. 4a, 4b は照射前のガリウムシンチグラムおよび ECT 横断断層像を示す。本例は照射前には通常のシン

チグラム (Fig. 4a) でも病巣の集積が認められた。ECT 像 (Fig. 4b) は患者を下方から見て下から上へ順次スライスされているが、4 スライス (上下方向に約 4 cm) にわたり体幹中央部に著しい集積が認められた。対応するチューブイメージには食道内放射能と病巣の集積の両者が描出されており、上記体幹中央部の集積が食道の腫瘍集積であると認識できる。Fig. 4c, 4d に示す照射後の成績では通常のシンチグラム (Fig. 4c) には照射前に認められた異常集積は全く認められなかつたが、ECT (Fig. 4d) ではチューブイメージの食道部位に対応した部位に軽度の残存集積を認め、その腫瘍集積の減少の程度がより明瞭に認知された。4,000 rads 照射後に手術が行われ、腫瘍は気管分岐部付近で一部外膜浸潤を来していた。手術時認められた左鎖骨下リンパ節転移、傍食道リンパ節転移は ECT によっても指摘できなかつた。

#### IV. 考 察

$^{67}\text{Ga}$  citrate は 1969 年、Edwards, Hayes らによるホジキン病患者のリンパ節病巣に取り込まれる現象の発見<sup>4)</sup>以来、腫瘍親和性核種として悪性腫瘍の診断に広く用いられてきているが、一般に肝臓以外の消化器悪性腫瘍の検出には有用性が低いとされている。食道癌についてもガリウムシンチグラフィーの評価は低く、その報告も少ない<sup>5,6)</sup>。その理由として、食道が体幹深部に存在するため、腫瘍集積が周囲の正常集積と重なり明瞭でなくなることが挙げられ、また、正常な肺門集積、縦隔集積を腫瘍集積としたりする偽陽性率も高いとされている<sup>4)</sup>。近藤らの報告<sup>4)</sup>では、食道外へ進展した食道癌の検出率は 67% と比較的高いが、食道に限局したものはほとんど検出されていない。

最近急速に普及しつつある ECT は、 $^{201}\text{Tl}$ ,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  あるいは  $^{67}\text{Ga}$  など通常のシンチグラムに用いられる核種により行うことができ、深在病変の 3 次元的な認識が可能になるものとして期待されており、 $^{67}\text{Ga}$  シンチグラフィーに関してもすでにいくつかの報告がみられる<sup>6~8)</sup>。

Burdine ら<sup>7)</sup>はガンマカメラ2台による対向型ECT装置を用い、ガリウム断層像を撮像しているが、体幹深部の異常集積を通常のシンチグラムに比してより明示した例もあったが、全体にカウント数が少なく明瞭な像が得られなかつたと報告している。その理由として、single peakでの収集であった点を挙げている。

福永ら<sup>8)</sup>は悪性リンパ腫を対象としてガリウムシンチグラフィーを行い、PHO/CON(RI前額面多面断層装置)による断層像と、ガンマカメラ回転型ECT装置による断層像とを比較した。病変部の検出率に関しては両者ともに同等の価値を示したが、ECT像の方が深部の異常集積をより明確に知ることができ、特に腹腔内リンパ節病変への集積と、腸管への<sup>67</sup>Gaの非特異的な集積との鑑別に有用であったと報告している。

われわれは、組織学的に確定診断された食道癌を対象として、<sup>67</sup>GaによるECT像を通常のシンチグラムと比較検討したが、通常のシンチグラムでは6例中3例において病巣の集積を認知し得なかった。この原因是、肝、骨などの正常組織への集積と重なったり、病変部の集積が少ないとによると推定された。

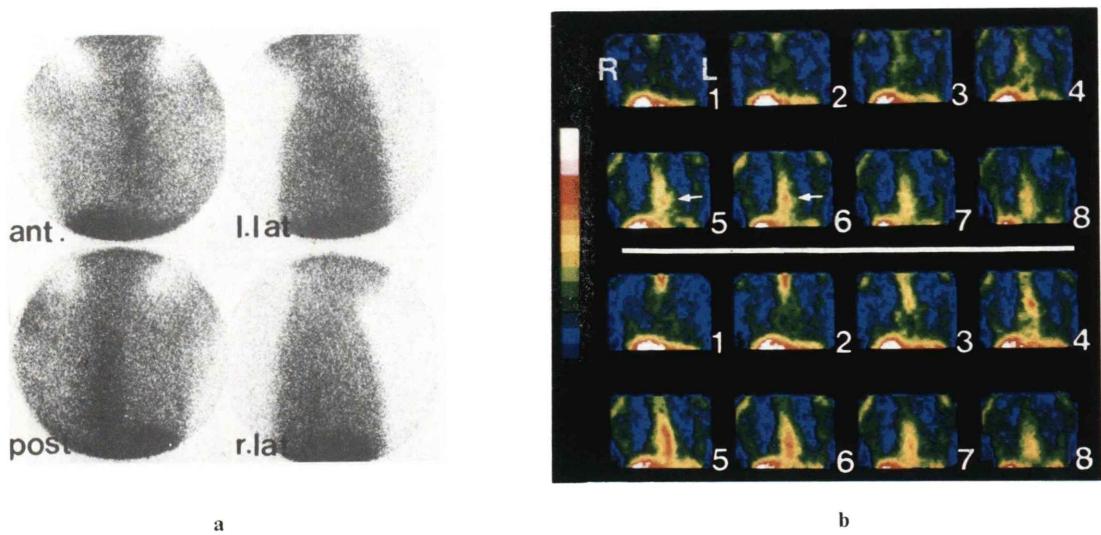
一般に通常のシンチグラムでは、病巣部で検出される放射能には病巣の前後にあるバックグランドの放射能が加わる。したがって病巣領域と病巣周囲領域とでそれぞれ検出される放射能の比は当然減少し、病巣と周囲組織に著しい濃度差があるか、あるいは、病巣が大きくなないと診断され得ない。これに対してECTでは、三次元情報として病巣の放射能が周囲組織の放射能と区別して描出されるため、検出が容易となると考えられる。本研究の6症例は、ECT像では全例において病巣部の集積が明瞭に示された。ガリウムシンチグラフィーは一般にバックグランドが高く、種々の正常組織に集積があるため、ECTの価値は特に高いと思われる。

われわれの考案した食道内に<sup>67</sup>Gaを満したチューブを留置してECTを撮像する方法は、病巣と食道との位置関係が判定されるため、食道癌を

初め、縦隔、肺門部の病巣の診断に有益と思われる。食道癌では腫瘍の食道外への進展の有無、ことに縦隔への進展の深さや方向が明示され、治療方針の決定などに対し臨床上有用な情報が得られた。また、実際の診断において食道部の集積であることを確信を深めるためにも有用であった。例えば、Fig. 4dの放射線治療後の食道の微少集積はチューブイメージと対比しないと食道の集積と判定することは困難である。この方法ではあらかじめ空のチューブを食道内に留置しておき、1回目のECTデータ収集を行った後、患者の体位を変えずに<sup>67</sup>Gaを注入して2回目のECTのデータ収集を行うことが必要である。この方法により食道内に放射能があるイメージとないイメージとの位置的に一致したスライスが対比できる。この場合チューブ内<sup>67</sup>Gaのあるイメージのみにて診断する試みについてはわれわれの経験からはかえってチューブ内放射能が腫瘍集積の判定に邪魔となり望ましくない。

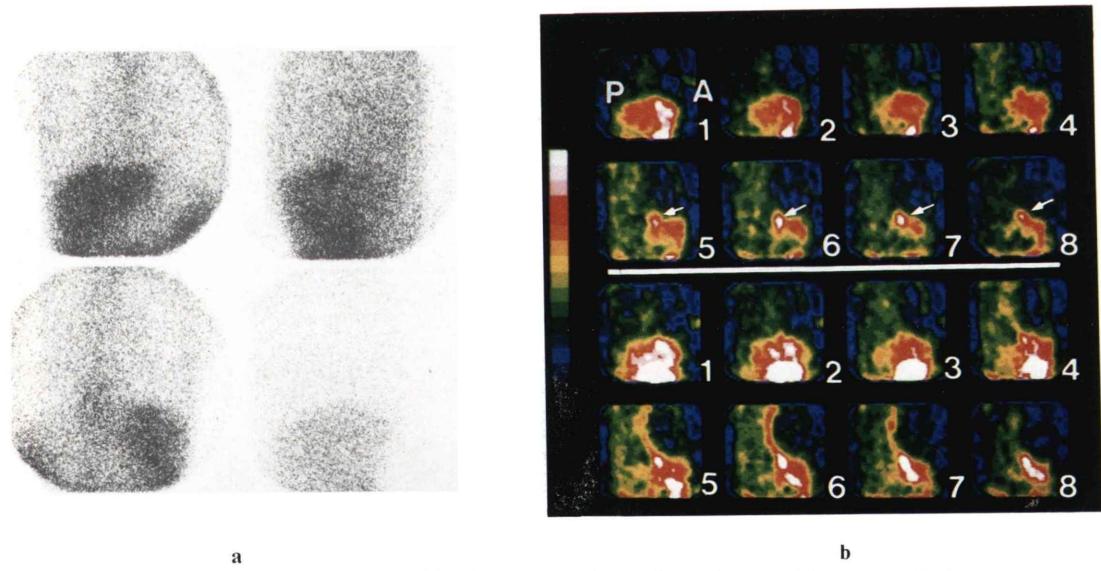
食道癌における<sup>67</sup>Gaの腫瘍集積は2,000 rads以上の放射線治療により減少するとされている<sup>4)</sup>。われわれの症例のうち超高压X線4,000 radsが照射された例において、照射前後の腫瘍集積の程度を比較したが、通常のシンチグラムでは全く消失したと判定されたにもかかわらず、ECTでは少量の残存集積が認められた。ECTは照射後の<sup>67</sup>Ga集積の減少程度をより明瞭に示し、食道癌の放射線治療、あるいは外科治療に際して、治療効果の判定や再発の発見をより正確かつ早期に行うために有用な手段となり得るものと期待される。しかし、<sup>67</sup>Gaの集積低下と治療効果および予後との正確な関係についてはさらに長期的な詳細な検討を要すると思われる。

本検査法の難点は、<sup>67</sup>Gaの許容投与量が比較的少なく、また、病巣部の集積も少ない例が多いため、画像再構成をするうえに十分な量のデータを得るには時間をかけてデータ収集をする必要があり、そのため検査時間が長くなり、患者に苦痛を強いる点にある。福永らの用いたガンマカメラ1台による回転型ECT装置では、検査時間に22



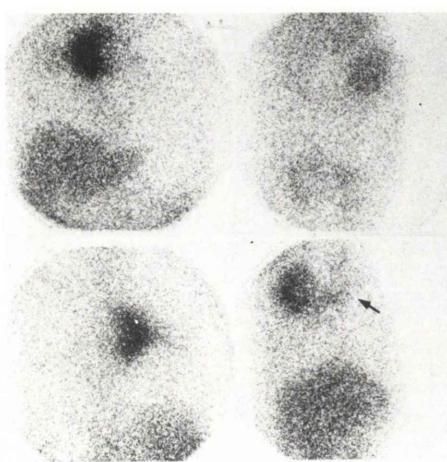
**Fig. 1a** A 65-yr-old female with a middle thoracic esophageal cancer. Tumor uptake is not detected on the conventional images.

**Fig. 1b** Paired series of coronal ECT sections without tube activities (upper two rows) and with tube activities in the esophagus (lower two rows), recorded from the most anterior images backwards. Areas of tumor uptake (arrows) are coincident with those of the tube activities on the matched sections (sections 5 and 6).



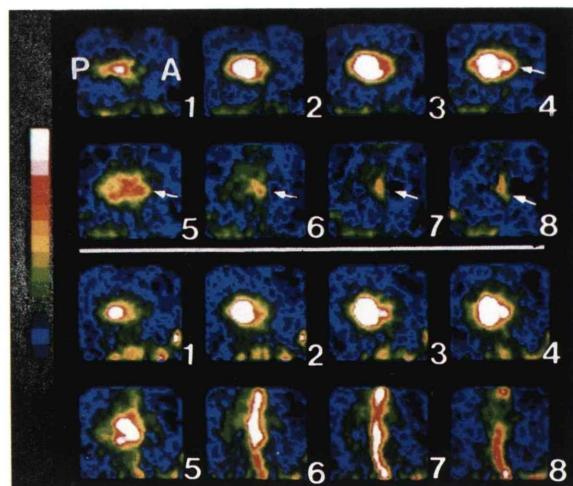
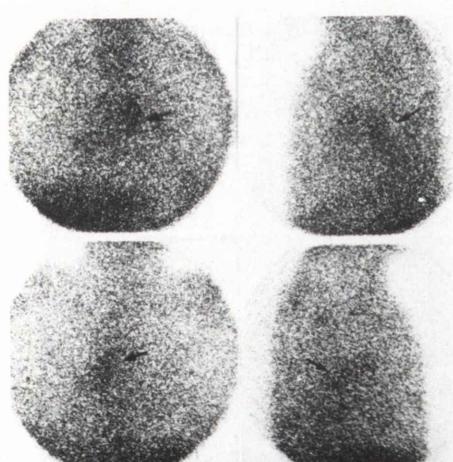
**Fig. 2a** A 68-yr-old male with a lower thoracic esophageal cancer. Tumor uptake is not clearly visualized on the conventional images.

**Fig. 2b** Paired series of sagittal ECT sections with and without the intraesophageal tube activities, recorded from the most righthand images leftwards. Hot areas of tumor uptake (arrows) are separated from the liver images and overlapped with the tube images on the matched sections (sections 5, 6, 7 and 8).

**a**

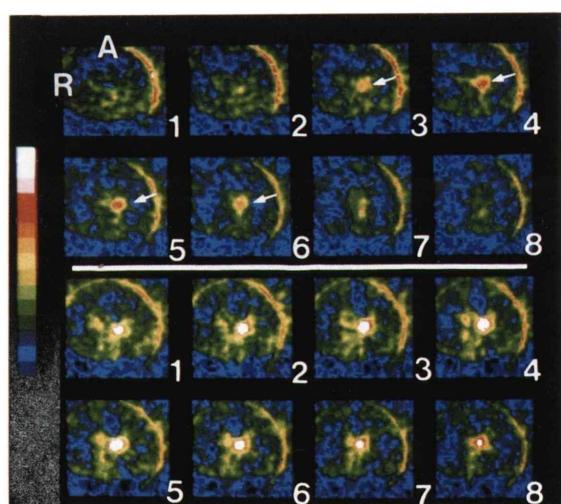
**Fig. 3a** A 67-yr-old male with a middle thoracic esophageal cancer with an abscess formation in the mediastinum. On the conventional images tumor uptake is obscured by the marked uptake of the abscess. Small uptake of the tumor is suspected only on the right lateral view (arrow).

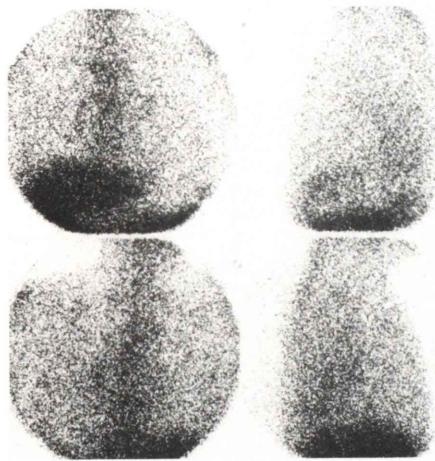
**Fig. 3b** Paired series of sagittal ECT sections with and without the tube activities reveal right antero-lateral extension of the tumor uptake (arrows) and right postero-lateral location of the abscess uptake against the intraesophageal tube images.

**b****a**

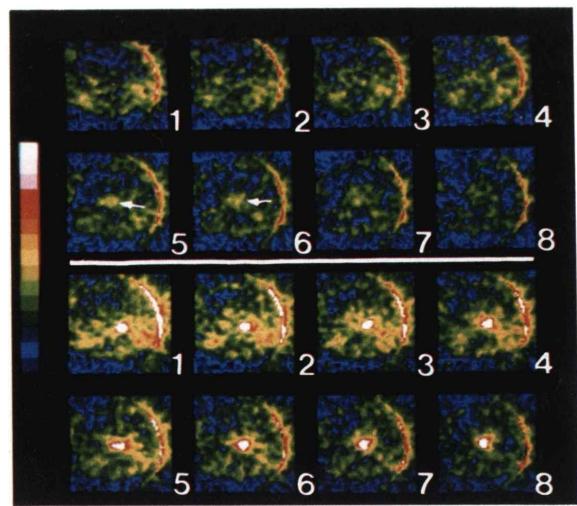
**Fig. 4a** A 68-yr-old male with a middle thoracic esophageal cancer. On the conventional images before radiotherapy tumor uptake (arrows) is visualized in all views.

**Fig. 4b** Paired series of transaxial ECT sections, recorded from the most inferior images upwards. Hot areas of tumor uptake are located in the center of the thorax extending over four slices (arrows). These hot areas are just coincident with the tube images on the matched sections (sections 3, 4, 5 and 6).

**b**



**Fig. 4c** On the conventional images after radiotherapy (4000 rads) tumor uptake is not identified.  
**Fig. 4d** Transaxial ECT sections after radiotherapy reveal markedly decreased tumor uptake (arrows).





分間を要したとされている。しかし、われわれの装置では対向させたガンマカメラ 2 台でデータ収集が行われるため、180 度回転で 360 度分のデータが得られ、検査時間は福永らの装置の半分の 12 分と短縮できた。したがって、チューブイメージのデータ収集を追加しても 1 台のガンマカメラによる 1 回の収集時間とほぼ等しくなる。逆に、1 台のガンマカメラでチューブイメージのデータ収集を行うと 50 分近くの検査時間がかかり患者の苦痛も大きく重症患者では行うことが困難である。

以上の成績から ECT による  $^{67}\text{Ga}$  シンチグラフィーの臨床的価値は疑いないと思われる。しかし、縦隔、肺門部によくみられる正常集積との鑑別、リンパ節転移の有無の判定には限界があると思われ、今後さらに多くの症例を検討して原発巣、転移病巣、治療経過など種々の臨床的見地から陽性率、偽陽性率の検討を加える必要があると考える。

## V. 結 語

1) 2 台の対向させた回転型ガンマカメラを用いた ECT によるガリウム断層シンチグラムを 6 例の食道癌患者に施行して、通常のシンチグラム像との比較を行った。

2) 微少集積のため、あるいは、胸骨、椎骨、肺門などの正常集積と重なるために通常のシンチグラムで判定困難であった 3 例を含めて ECT では 6 例全例において腫瘍集積が明瞭にしかも三次元的に描出された。

3) 食道に細いチューブを留置し、 $^{67}\text{Ga}$  溶液を満たした状態で ECT を再度行う方法を考案した。この方法により、食道腫瘍への集積が確認され、その広がり、方向が認識可能となった。

4) 2 台のガンマカメラを用いた ECT 装置は検査時間が半減され、患者の苦痛を軽減し、多くの件数を処理するためにも臨床的価値が高い。

5) 腫瘍による異常集積のみならず、放射線治療などによる集積減少程度が明瞭となり、治療効果判定に有用である。

## 文 献

- 1) Edward BS: The role of tumor-imaging radiopharmaceuticals. Am J Med **60**: 226-237, 1976
- 2) Hoffer PB: Status of  $^{67}\text{Ga}$  in tumor detection. J Nucl Med **21**: 394-398, 1980
- 3) Chang L: A method for attenuation correction in radionuclide computed tomography. IEEE transaction on nuclear science NS-**25**: 638-639, 1978
- 4) Edwards CL, Hayes RL: Tumor scanning with  $^{67}\text{Ga}$  citrate. J Nucl Med **10**: 103, 1969
- 5) Kondo M, Hashimoto S, Kubo A, et al:  $^{67}\text{Ga}$  scanning in the evaluation of esophageal carcinoma. Radiology **131**: 723-726, 1979
- 6) Pearlman AW: Gallium imaging in cancer of the esophagus. Clin Nucl Med **8**: 380-383, 1981
- 7) Burdine JA, Murphy PH, DePuey EG: Radioisotope computed tomography of the body using routine radiopharmaceuticals. J Nucl Med **20**: 108-114, 1979
- 8) 福永仁夫, 向井孝夫, 藤田透, 他: 回転型ガンマ・カメラを用いた Ga-67 citrate による腫瘍イメージの emission computed tomography. 核医学 **18**: 1343-1351, 1981

## Summary

### **Gallium Tomoscintigraphic Imaging of Esophageal Cancer Using Emission Computed Tomography**

Takao HATTORI\*, Tsuyoshi NAKAGAWA\*, Kan TAKEDA\*,  
Hisato MAEDA\* and Mitsuo TAGUCHI\*

*Department of Radiology, Mie University, School of Medicine*

Emission computed tomography (ECT) was clinically evaluated in  $^{67}\text{Ga}$  imaging of esophageal cancer. ECT system used in this study is equipped with opposed dual large-field-of-view cameras (GCA 70A-S, Toshiba Co.). Data were acquired by rotating the two cameras 180° about the longitudinal axis of the patient. Total acquisition time was about 12 minutes. Multiple slices of transaxial, sagittal and coronal sections were reconstructed in a  $64 \times 64$  matrix form using convolution algorithms.

In three out of six cases studied the tumor uptake was not detected on conventional images, because the lesion was small, concentration of activity was poor or the lesion activity was overlapped with the neighbouring activities distributed to normal organs such as sternum, vertebra, liver and hilus. On ECT images, by contrast, abnormal uptake of the tumors was definitely detected in all the six

cases. ECT imaging was also useful in estimating the effect of treatment by the decrease in  $^{67}\text{Ga}$  concentration.

We have devised a special technique to repeat ECT scan with a thin tube filled with  $^{67}\text{Ga}$  solution inserted through the esophagus. By this technique, comparing paired images with and without the tube activity, exact location of the uptake against the esophagus and extraesophageal extension of the disease could be accurately evaluated in a three-dimensional field of view.

ECT in gallium scanning is expected to be of great clinical value to elevate the confidence level of diagnosis in detecting, localizing and following up the diseases.

**Key words:** Emission computed tomography,  $^{67}\text{Ga}$  imaging, Esophageal cancer, Radiation therapy.