

Title	Bilateral Collimatorを用いた胸骨傍リンパ節シンチグラフィ -新しいリンパ節の深度測定法-
Author(s)	大竹, 英二; 飯尾, 正宏; 外山, 比南子 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1981, 41(3), p. 235-241
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20431
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

Bilateral Collimator を用いた胸骨傍リンパ節シンチグラフィ

—新しいリンパ節の深度測定法—

東京都養育院付属病院核医学放射線部

大竹 英二 飯尾 正宏 外山比南子

川口新一郎 村田 啓

横浜市立大学医学部放射線医学教室

松 井 謙 吾

(昭和55年9月17日受付)

Parasternal Lymphoscintigraphy using the Bilateral Collimator

—A New Method for Measuring the Depth of the Lymph Node—

Eiji Ohtake, Masahiro Iio, Hinako Toyama, Shinichiro Kawaguchi

and Hajime Murata

Department of Nuclear Medicine and Radiological Sciences, Tokyo Metropolitan

Geriatric Hospital

Kengo Matsui

Department of Radiology, Yokohama City University School of Medicine

Research Code No.: 705.1, 729.1

Key Words: Parasternal lymphoscintigraphy, Bilateral collimator,
Depth measurement

This study was undertaken to estimate a new method for measuring the depth of the parasternal lymph node, using the bilateral collimator originally designed for cardiac study.

The bilateral collimator used in this study consisted of two arrays of parallel holes which were slanted at ± 30 degrees, respectively, to the vertical line. When the collimator was set to image the object in both sides of the field, the object and the dual images formed a regular triangle. The distance (D) from the image (crystal) plane to the object can be expressed by the equation:

$$D = 1/2 \cdot L \cdot \cot 30^\circ = 0.866 \cdot L$$

where L is the interval between the dual images calibrated to the real length. The distance from the collimator surface to the object is obtained by subtracting the effective thickness (T) between the image plane and the collimator surface from D. T was experimentally measured by the above equation, placing point sources on the collimator surface. The principle was applied to measure the depth of the parasternal lymph node.

The parasternal lymphoscintigram was obtained four hours after bilateral subcostal injection of

^{99m}Tc -sulfur colloid and the image was taken by a Searle Pho/Gamma LFOV camera equipped with the bilateral collimator. When the scintigraphic image was made, radioactive markers were placed at the body surface to measure the distance from the collimator surface to the body surface. Nineteen patients were examined by this method.

As a result, the lymph nodes were found to be located in the depths ranging widely from 0.4 to 6.5 cm from the anterior surface of the chest wall. These lymph nodes were thought to contain the deeply seated mediastinal nodes, and the superficial nodes located directly beneath the skin. Model studies were also performed to estimate the accuracy of this method and satisfactory results were obtained.

The usefulness of this method for the planning of the irradiation of the parasternal lymph nodes was discussed.

I. はじめに

胸骨傍リンパ節は乳癌の転移経路の一つとして臨床的に重要な場所である。同リンパ節は造影剤注入による描出が技術的にむずかしく、放射性コロイドを用いたリンパ節シンチグラフィによることが多い^{1)~4)}。胸骨傍リンパ節の深さは乳癌症例の放射線治療などに際し、参考としたいところであるが、その測定法に関する報告は少ない。今回、我々は心臓核医学の分野で、異なる二方向から同時に心臓の動態機能をとらえる目的で広まってきた bilateral collimator^{5)~7)} を胸骨傍リンパ節シンチグラフィに応用し、容易に、かつ良好な精度で同リンパ節の深さを測定し得たので報告する。Bilateral collimator のこの種の応用に関しては、我々の報告が始めてのものである。

II. 原理

Bilateral collimator (Cardiac Medical Systems 社製) は Fig. 1 に示すように、コリメータ表面に垂直な直線に対して $\pm 30^\circ$ の角度を持ったパラレルホール型の二つのスラント・コリメータから構成されている。したがって、目的物(P)を両方のスラント・コリメータの視野内に像を結ぶようにすると、Pとその一對の二つの像(P', P'')は正三角形を形づくる。故に、イメージ面からPまでの距離をD、真の長さに較正した点P'と点P''の間の距離をLとすると次の式(i)が成り立つ。

$$D = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \cot 30^\circ = 0.866 \cdot L \quad (i)$$

コリメータ表面からPまでの距離はイメージ面

からコリメータ表面までの厚さ(T)をDから引くことによって求められる。Tはコリメータ表面上、二つのスラント・コリメータの分離線に垂直な直線の中央に5cm間隔の二つの $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 溶液で作った点線源を置き、式(ii)を用いて実験的に求めた。つまり、Fig. 2に示すように5cm間隔にある点線源をP₁, P₂, その像を各々P'₁, P'₂, 直線P₁P₂, 直線P'₁P'₂を二等分する点を各々Q, Q', 直線P'₁P₁と直線P'₂P₂の交差する点をOとするとTは次の式(ii)によって求められる。

$$\begin{aligned} T &= OQ' - OQ = \frac{1}{2} \cdot P'_1 P'_2 \cdot \cot 30^\circ \\ &\quad - \frac{1}{2} \cdot P_1 P_2 \cdot \cot 30^\circ = 0.866 \cdot (L_1 - 5) \end{aligned} \quad (ii)$$

ここで、L₁は真の長さに較正した点P'₁と点P'₂の間の距離である。

III. 対象および方法

Bilateral collimator (CMS) を Searle 社製 Pho/Gamma LFOV に装着し、Micro Dot Imager (Searle 社製) を用いて撮影した。また、同時にコンピュータシステム COSNM-TMGH を使用して、64×64または128×128マトリックスサイズのイメージを集録した。イメージ面における長さの較正はコリメータ表面に平行な面に置いた5cm間隔の二つの点線源を用いて行った。

1) 基礎的検討

本法の精度を確かめるため次のような模型実験を行った。定規に点線源を入れるための穴を開

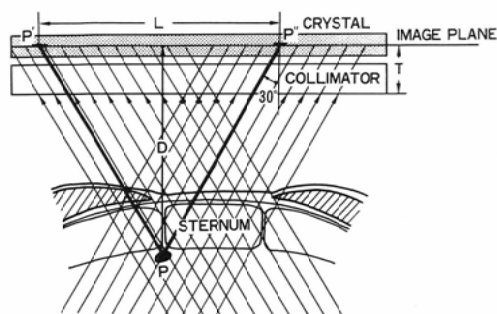


Fig. 1 Schematic illustration showing how the dual images of P were made with the bilateral collimator.

- P : Parasternal lymph node.
- P' and P'' : Dual images of P.
- L : Length between P' and P''.
- D : Distance from image plane to P.
- T : Thickness from image plane to collimator surface.

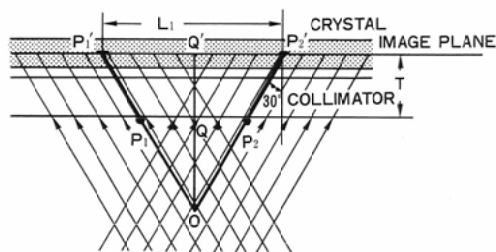


Fig. 2 Schematic illustration showing how the effective thickness (T) between the image plane and the collimator surface was measured.

- P₁ and P₂ : Point sources with 5cm interval.
- P₁' and P₂' : Images corresponding to P₁ and P₂.
- Q and Q' : Midpoints of P₁P₂ and P₁'P₂'.
- O : Cross point of P₁'P₁ and P₂'P₂.

け、その定規を bilateral collimator に垂直に置いた。 コリメータ表面からその穴までの距離は 5.3cm と 10.3cm となり、ここに $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 溶液を入れ点線源とし、式 (i) を使ってその距離を求めた。 場所を変えて各々 8 回、12 回行い、その平均値を算出した。 また、8.5cm、18.5cm の位置に同様の点線源を置き、その点線源が空気中にある時と水中にある時の距離をそれぞれ式 (i) によって求めた。 ここで、点線源を水中に入れた時の各々の点線源の水面からの深さは 2.3cm、12.3

cm であった。

2) 臨床的検討

東京都養育院付属病院核医学放射線部で、bilateral collimator (CMS) を用いて胸骨傍リンパ節シンチグラフィを行った19症例を対象とした。 男性 4 例、女性 15 例で、年齢は 26 歳から 82 歳まで、平均 57 歳であった。 疾患の内訳は乳癌 13 例 (術前 1 例、術後 12 例)、悪性リンパ腫およびその疑いのあるもの 4 例、肺癌 2 例であった。 胸骨傍リンパ節シンチグラフィには ^{99m}Tc -硫黄コロイドを用い、両側季肋下、深さ約 2cm の部位に局麻後、各々 2.5mCi から 3mCi 注入した。 撮影は注射約 4 時間後に conventional collimator と bilateral collimator を用いて行った。 Bilateral collimator で撮影する際には、胸骨傍リンパ節が両方のスラント・コリメータの視野に入るように位置を定めた。 また、コリメータ表面から体表面までの距離を測る目的で、 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 溶液で満たした内径約 1mm のビニールチューブまたは二つの ^{57}Co マーカーを体表面、胸骨正中線上に置いた。 二つの ^{57}Co マーカーを使用した時には、さらにコリメータ表面から胸骨上縁までの距離を実測し、以上の 3 点を結んだ線を体表面の位置とした。 なお、胸骨傍リンパ節シンチグラフィにより、鎖骨上・下リンパ節、腋窩リンパ節が描出された場合、これらのリンパ節は深度測定の対象から除外した。

IV. 結果

実験的に求めたイメージ面からコリメータ表面

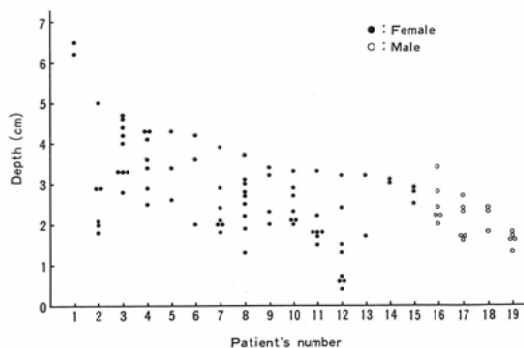


Fig. 3 Depth distribution of the lymph nodes of 19 cases examined using the bilateral collimator.

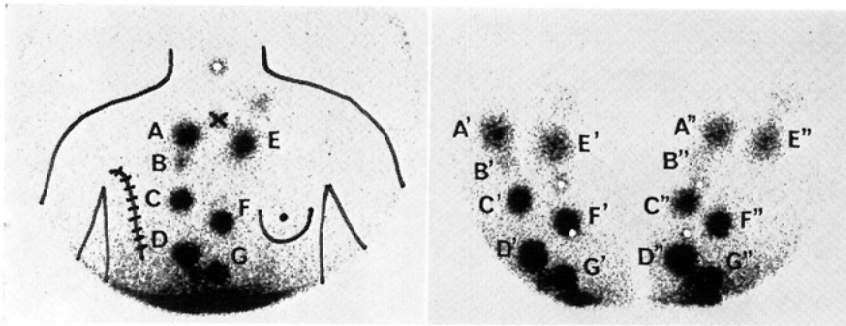


Fig. 4 Parasternal lymphoscintigram from a 49-year-old post-mastectomy female with right breast cancer, clinical Stage IIIa (T3N1M0).

Left: This image was obtained with a conventional collimator. Seven lymph nodes were visualized.

Right: These images were obtained with a bilateral collimator. The marks with white point in the center represent ^{57}Co markers. The position of the mark imaged upon the lymph node was identified by the subtraction method. Using our method, the depth from the body surface to each lymph node was measured as follows: A; 4.3cm, B; 3.4cm, C; 2.9cm, D; 3.6cm, E; 4.3cm, F; 2.5cm and G; 4.1cm.

までの厚さTは4.5cmであった。コリメータ表面から5.3cm, 10.3cmの位置に置いた点線源までの距離(平均値±標準偏差)は、各々、 5.4 ± 0.2 cm (n=8), 10.2 ± 0.3 cm (n=12)であった。コリメータ表面から8.5cm, 18.5cmの位置に点線源を置き、空気中で求めた距離は、各々、8.6cm, 18.6cmであり、点線源を水中に入れて求めた距離は8.7cm, 18.5cmであった。

19人の患者で胸骨傍領域に合計99個のリンパ節が撮影され、そのリンパ節の体表面からの深さは0.4cmから6.5cmの範囲に分布していた(Fig. 3). Fig. 4にPatient No. 4の胸骨傍リンパ節シンチグラムを示す。

V. 考 察

乳癌の胸骨傍リンパ節への転移は報告者により異なるが、22%から33%^{8)~12)}と高頻度に観察されている。この転移の有無を調べるには、一般に行われている方法として、胸骨傍リンパ節の生検¹³⁾とリンパ節シンチグラフィとがあるが、前者は観血的で、危険を伴うため、安全で容易に行える後者の方法が用いられることが多い。骨盤部や大動脈周囲のリンパ節描出にしばしば行われている造影剤注入によるX線リンパ造影は胸骨傍リン

パ領域への造影剤注入が技術的にむずかしく、一般的な方法とはなっていない。

胸骨傍リンパ節シンチグラフィに関する研究はEgeら^{4)~16)}を中心に数多く行われてきているが、シンチグラムの読影上はもちろん、手術および放射線治療計画に際して重要となる同リンパ節の深度測定に関する報告は少ない。従来、胸骨傍リンパ節の深度測定法には、放射能の減衰を利用する方法¹⁷⁾と他の臓器の検索と同様、側面像を撮影する方法^{17)~18)}とがあった。放射能の減衰を利用する方法は減衰係数を求めて行う煩雑な方法で、精度の点でも若干問題がある。側面像から深さを求める方法は容易ではあるが、胸壁の組織が厚くなるため放射能の減衰が大きくなり、バックグラウンドが高く測定できないことがあり¹⁷⁾、また左右の像が重なるため、左右別々に時間を変えて検査しなければならないなど難点がある。

今回、我々が報告したbilateral collimatorを用いてリンパ節の深さを測定する方法は容易に行え、かつ基礎的検討の結果からも明らかなように精度の点でもまず満足のいくものであった。残念ながら、臨床的に検討した胸骨傍リンパ節の深さを他の方法、例えばX線リンパ造影を利用する方

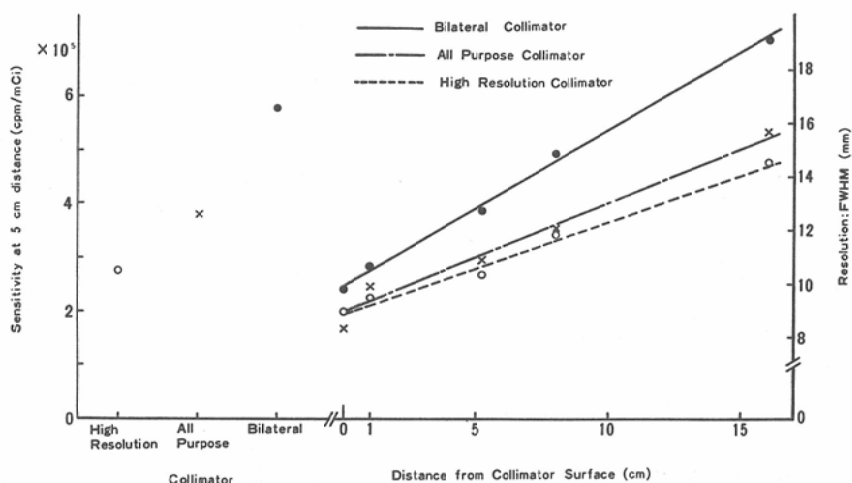


Fig. 5 Characteristics of three different collimators attached to a Searle Pho/Gamma LFOV camera. Each point was experimentally measured and each line was drawn as a guide. The bilateral collimator used in this study was a high sensitivity and low resolution type, compared with the other conventional collimators.

法や手術中に実測する方法などと比較することはできなかったが、これに関しては点線源を水中に置いてその距離を求めることで代用し、良好な精度であることを確認した。ただし、今回使用した bilateral collimator は心臓核医学の目的に開発されたものであるため、高感度、低分解能のものであり (Fig. 5), 隣接するリンパ節の分離描出にやや不満が残る。しかし、今後、高分解能を有する bilateral collimator が開発されれば、その分解能に関する問題はなくなるものと考えられる。

生体に本法を応用した場合、呼吸性移動が問題となると思われるが、胸郭は変化しても胸壁の厚さはほとんど変わらず、胸骨傍リンパ節の体表面からの深さはほぼ一定しているものと考えられる。次に、体表面までの距離を求めるための位置設定についてであるが、各々のリンパ節直上の体表面をその位置とするのが理想的である。しかし、実際には非常にむずかしく、我々は両側の胸骨傍リンパ節を垂直の1門で照射する場合の照射野の中心とほぼ一致する胸骨正中線上で、目的とするリンパ節に最も近い位置をそのリンパ節の体表面とした。したがって、理想とする体表面の位置とはやや異なっており、若干誤差が生じている

かも知れない。

今回検討したリンパ節の深さは0.4cm から6.5 cm と広範囲に分布していた。数 mm 程度の浅いリンパ節は胸骨と同じか、それよりも体表に近いものであり、5cm 以上の深いリンパ節は気管周囲のリンパ節など縦隔リンパ節の可能性が大きい。これらの正確な情報は conventional collimator からは得られないものであり、本法は conventional collimator による二次元的情報を加えることにより、リンパ節の正確な三次元的位置関係をとらえることを可能とした。

胸骨傍リンパ節の深さの情報は乳癌症例でのリンパ節生検にはもちろん、放射線治療に際しても重要である¹⁸⁾。例えば、深さ3cm の部位における深部線量に比較し、深さ4.7cm での線量は⁶⁰Co-γ線 で約90%、12MeV 電子線で50%以下に減少する。このようなことから、Munzenrider ら¹⁹⁾は、特に太った患者の治療や電子線での治療に際して、胸壁の厚さを測定し、症例に応じた照射計画を立てることの必要性を強調している。従来、乳癌症例の照射計画のために、コンピュータ断層撮影¹⁹⁾や超音波²⁰⁾を用いて胸壁の厚さを測定する試みはあったが、これらの方法では特殊な場合を

除いてリンパ節自体の深さを測定することは不可能であった。

我々が報告した方法は個々のリンパ節の深度測定を可能としたが、今回用いた放射性コロイドは転移を有するリンパ節には集積せず、真の病巣リンパ節を描出することはできない。この点で、本法にも未だ限界があるが、最近報告された抗CEA抗体²¹⁾や抗腫瘍抗体²²⁾など悪性病変に特異的に集まる放射性医薬品の開発、普及に伴い、今回報告した深度測定法はさらに有用性を増すものと思われる。なお、我々も現在これら放射性医薬品の開発、応用を進めている。

VI. まとめ

Bilateral collimator を胸骨傍リンパ節シンチグラフィに適用し、同リンパ節の深さを測定する方法を開発、報告した。本法は conventional collimator と併用することにより、胸骨傍リンパ節の三次元的情報を提供し、シンチグラム読影にはもちろん、手術および放射線治療計画に際し、役立つものである。

また、悪性腫瘍に特異的に集まる放射性医薬品や高解像力を有する bilateral collimator の開発により、本法の有用性がさらに増す可能性があることを示唆した。

本論文の要旨は第27回米国核医学会年次総会（1980年6月，デトロイト），IAEA シンポジウム（IAEA-SM-247/10；1980年9月，ハイデルベルク）において発表した。また、本研究の一部は1980年度厚生省新薬開発放射性医薬品研究班（班長：飯尾正宏）の援助によって行った。

文 献

- Rossi, R. et Ferri, O.: La visualizzazione della catena mammaria interna con ¹⁹⁸Au. Presentazione di una nuova metodica: la linfoscintigrafia. *Minerva Med.*, 57: 1151—1155, 1966
- Schenck, P.: Szintigraphische Darstellung des parasternalen Lymphsystems. *Strahlentherapie*, 130: 504—508, 1966
- Matsuo, S.: Studies on the metastasis of breast cancer to lymph nodes. II. Diagnosis of metastasis to internal mammary nodes using radiocolloid. *Acta Med. Okayama*, 28: 361—371, 1974
- Ege, G.N.: Internal mammary lymphoscintigraphy. The rationale, technique, interpretation and clinical application: A review based on 848 cases. *Radiology*, 118: 101—107, 1976
- Byrom, E. and Pavel, D.G.: Improved high framing rate time-activity curves in first transit cardiac studies: Advantages of a bilateral collimator. *J. Nucl. Med.*, 19: 670, 1978
- Tatum, J.L., Beck, J.W., Goodrich, J.K. and Jones, R.H.: Dual angle simultaneous imaging: A new concept in collimation. *J. Nucl. Med.*, 19: 730, 1978
- Boucher, C.A., Strauss, H.W., Okada, R.D., Kirshenbaum, H.D., Kushner, F.G., Mc Kusick, K.A., Block, P.C., Leask, J.W. and Pohost, G.M.: The bifocal diverging collimator: A means of simultaneous biplane imaging of the heart during equilibrium radionuclide ventriculography. *J. Nucl. Med.*, 21: 71—76, 1980
- Hutchinson, W.B. and Kiriluk, L.B.: Internal mammary node investigation in carcinoma of the breast. *Am. J. Surg.*, 92: 151—155, 1956
- Caceres, E.: Incidence of metastasis in the internal mammary chain in operable cancer of the breast. *Surg., Gynec. & Obst.*, 108: 715—720, 1959
- Handley, R.S.: The early spread of breast carcinoma and its bearing on operative treatment. *Brit. J. Surg.*, 51: 206—208, 1964
- Bucalossi, P., Veronesi, U., Zingo, L. and Cantù, C.: Enlarged mastectomy for breast cancer. Review of 1213 cases. *Am. J. Roentgenol.*, 111: 119—122, 1971
- Urban, J.A. and Marjani, M.A.: Significance of internal mammary lymph node metastases in breast cancer. *Am. J. Roentgenol.*, 111: 130—136, 1971
- Haagensen, C.D.: Lymphatics of the breast. (In) Haagensen, C.D., Feind, C.R., Herter, F.P., Slanetz, C.A. Jr., Weinberg, J.A., ed.: *The lymphatics in cancer*. pp. 300—398, 1972, W.B. Saunders Company, Philadelphia. London. Toronto
- Ege, G.N.: Internal mammary lymphoscintigraphy in breast carcinoma: A study of 1072 patients. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 2: 755—761, 1977
- Ege, G.N. and Warbick, A.: Lymphoscintigraphy: a comparison of ⁹⁸Tc^m antimony sulphide colloid and ⁹⁸Tc^m stannous phytate.

- Brit. J. Radiol., 52: 124—129, 1979
- 16) Bronskill, M.J., Harauz, G. and Ege, G.N.: Computerized internal mammary lymphoscintigraphy in radiation treatment planning of patients with breast carcinoma. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 5: 573—579, 1979
- 17) Aspegren, K., Strand, S.-E. and Persson, B.R.R.: Quantitative lymphoscintigraphy for detection of metastases to the internal mammary lymph nodes. Biokinetics of $^{99}\text{Tc}^m$ -sulphur colloid uptake and correlation with microscopy. *Acta Radiol. Oncol.*, 17: 17—26, 1978
- 18) Rose, C.M., Kaplan, W.D. and Marck, A.: Lymphoscintigraphy of the internal mammary lymph nodes. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 2 (Suppl. 2): 102, 1977
- 19) Munzenrider, J.E., Tchakarova, I., Castro, M. and Carter, B.: Computerized body tomography in breast cancer. I. Internal mammary nodes and radiation treatment planning. *Cancer*, 43: 137—150, 1979
- 20) Jackson, S.M., Naylor, G.P. and Kerby, I.J.: Ultrasonic measurement of post-mastectomy chest wall thickness. *Brit. J. Radiol.*, 43: 458—461, 1970
- 21) DeLand, F.H., Kim, E.E., Corgan, R.L., Casper, S., Primus, F.J., Spremulli, E., Estes, N. and Goldenberg, D.M.: Axillary lymphoscintigraphy by radioimmuno-detection of carcinoembryonic antigen in breast cancer. *J. Nucl. Med.*, 20: 1243—1250, 1979
- 22) Levine, G., Ballou, B., Reiland, J., Solter, D., Gumerman, L. and Hakala, T.: Localization of I-131-labeled tumor-specific monoclonal antibody in the tumor-bearing BALB/c mouse. *J. Nucl. Med.*, 21: 570—573, 1980
-