原 著

乳癌のセンチネルリンパシンチグラフィとMDCTによる
三次元画像合成法の検討太田勝郎・竹内美幸・戸崎光宏¹⁾・飯田哲也
大下 崇・高村公裕・藤岡 実・赤沢宏允論文受付
2004年1月9日論文受理
2004年8月5日

Code No. 390

東京慈恵会医科大学附属第三病院放射線部
1)東京慈恵会医科大学附属第三病院放射線科

緒 言

近年、外科腫瘍学の分野において所属リンパ節転移の陽性率が低い早期癌に対して、リンパ節郭清の縮小や省略が検討されている。所属リンパ節郭清の適否は、原発巣からのリンパ流を直接受けるリンパ節(センチネルリンパ節: sentinel lymph node以下SN)の転移の有無により決定される(sentinel node navigation surgery: 以下SNNS)。乳癌においては、SNNSによる腋窩リンパ節郭清の縮小により、術後の上肢浮腫や挙上困難などの合併症は有意に低下する。

SNの同定法としては色素を用いる方法と放射性医薬品を用いる方法(RI法)、またはその併用法が行われている¹⁻⁹⁾。RI法は色素法に比べその検出率が高く⁷⁾、また予期しないリンパ流にも対応できることが利点である⁸⁾。しかし、SNの解剖学的位置の同定が困難であり、術中に指向性の強い小型ガンマ線検出器でのサー

ベイには熟練を要するという欠点がある⁸⁾。

われわれは、乳癌の広がり診断において多列検出器型CT(以下MDCT)を用いており¹⁰⁾、MDCT画像とシンチグラフィの三次元画像合成によるSNの解剖学的位置関係の把握を試みた¹¹⁾。今回はさらに症例を重ね、三次元画像合成の有用性や問題点を検討したので報告する。

1. 対象および方法

1-1 対象

腫瘍径が3cm以下の原発性乳癌で、触診によるリンパ節転移を認めない連続25症例である。全例女性で、平均年齢は57.5歳である。また1例はアレルギーの既往により造影CTが施行できず、撮影補助台を用いて胸部単純CTを行った。

Efficacy of Three-dimensional Image Fusion of Lymphoscintigraphy and MDCT Data Sets in Breast Cancer

KATSUROU OHTA, YOSHIYUKI TAKEUCHI, MITSUHIRO TOZAKI,¹⁾ TETSUYA IIDA, TAKASHI OHSHITA, KIMIHIRO TAKAMURA, MINORU FUJIOKA, and HIROMITSU AKAZAWARadiological Division, Daisan Hospital, Jikei University School of Medicine
1)Department of Radiology, Daisan Hospital, Jikei University School of Medicine

Received Jan. 9, 2004; Revision accepted August 5, 2004; Code No. 390

Summary

The aim of this study was to evaluate the clinical usefulness of image fusion of lymphoscintigraphy with ^{99m}Tc phytate and volume-rendering images generated by multidetector-row CT (MDCT) in patients with breast cancer. The subjects were 25 patients with clinically negative nodes. Data from the two imaging modalities were fused on a personal computer. Thirty-five axillary sentinel nodes were identified by lymphoscintigraphy. The anatomical locations of sentinel nodes in 27 patients were clearly demonstrated by 3D-fusion imaging (84%). Image fusion of lymphoscintigraphy with ^{99m}Tc phytate and volume-rendering images is helpful for sentinel node biopsy in breast cancer.

Key words: Sentinel lymph node, Lymphoscintigraphy, Multidetector-row CT (MDCT), Fusion imaging, Breast cancer別刷資料請求先: 〒210-8601 東京都狛江市和泉本町4-11-1
東京慈恵会医科大学附属第三病院 放射線部 太田勝郎 宛

1-2 撮影補助台

MDCTおよびシンチグラフィを同一体位にて撮影可能な撮影補助台を発砲スチロールにて試作した(Fig. 1). CTでは患側乳頭を真上に向けた, 手術と同様の斜仰臥位を目標とし, 過去のCT検査15例の傾き(平均22度)を参考にして補助台の傾きを20度に設定した. 頭部および健側の体側面を固定し, 患側上肢の挙上角度を一定にすることで撮影体位の再現性を向上させた. また, 撮影補助台の側面の2点およびスライド式の患側体側に密着させるブロックに2点のマーキングを設置し, 希釈したテクネシウムやガストログラフィンを設置した.

1-3 シンチグラフィ

^{99m}Tc -phytate 10MBq/0.1mlを腫瘍直上, 腫瘍近傍の皮下3点の計4点(合計0.4ml)に投与し, ガンマカメラPRISM IRIX(島津製作所)で撮像した. 温めたタオルおよびマッサージにて血行を促進させ, 撮影補助台を用いて投与5分後より5分間隔で計30分間, 正面からのdynamic撮像を施行した. その1時間後, 3~4時間後, 24時間後にそれぞれ低エネルギー高分解能コリメーターを用い正面, 斜位, 側面をマトリックス512×512, エネルギーピーク140KeV±10%および, 体輪郭描出目的の散乱線領域を90KeV±25%のエネルギーウィンドウにて10分間(24時間後は15分間)のシンチグラフィを撮像した. 注射部位は専用のアーチファクト低減フィルターにて遮蔽した. 撮影補助台の4点と胸骨柄上端および剣状突起下端の計6点に, それぞれ希釈した ^{99m}Tc -phytateを入れたマーキングを設置した. 撮像終了後, センチネルリンパ節生検(sentinel node biopsy: 以下SNB)の指標として, SN描出部位の体側面の皮膚に放射線治療用インクにて印をつけた. また, 当施設は小型ガンマ線検出器を所有していないため手術時のサーベイは施行していない.

なお, センチネルリンパシンチグラフィの検査実施に際し, 慈恵大学倫理委員会の承認を得るとともに, 患者からは文書にて同意を得た.

1-4 MDCT

本法のための新たなCT検査の施行はせず, 乳癌の広がり診断の検査時に撮影補助台を用い, 乳頭が真上を向く斜仰臥位にて撮影した. 4 検出器CT装置SOMATOM Volume Zoom(Siemens Medical Solution)を使用し, 造影剤は非イオン性ヨード造影剤Iopamiron® 370を100ml使用した. 造影剤注入速度は3ml/secとし, 造影前, 造影剤注入開始60秒後(早期相)および4分後(遅延相)に吸気時の呼吸停止下で撮影を行った. 早期相および遅延相のコリメーションは

Fig. 1 Bed used to perform lymphoscintigraphy and MD-CT in the same posture.

1mmを使用し, 管電圧140kV, effective mAs 100mAs, ピッチ5にて行った.

1-5 画像合成

遅延相のvolume dataをwork stationに転送し, 三次元画像を作成した. volume rendering (VR)法を用い, 腋窩リンパ節が描出されている条件(Fig. 2a), マーキングが描出されている条件(Fig. 2b)をそれぞれパーソナルコンピュータにてJPEG画像に変換した. シンチグラフィも同様に体輪郭の強調されている画像(Fig. 2c), SNの描出されている画像(Fig. 2d)を作成しJPEG画像に変換した. それぞれをパーソナルコンピュータにてアプリケーションソフトウェアPhotoShop 6.0 (Adobe system製)を用いて画像合成を行った.

まず腋窩リンパ節の描出条件VR画像を背景とし, マーキングが描出されているVR画像をレイヤー1, 体輪郭の強調されたシンチグラフィをレイヤー2, SNの描出されたシンチグラフィをレイヤー3とし, マーキングを参考にVR画像とシンチグラフィの拡大率を揃える. 次に背景の上にレイヤー1を重ね, レイヤー2をマーキングおよび体輪郭が揃うように重ねる. さらにレイヤー3をマーキングが揃うように重ねたらレイヤー1, レイヤー2を消去し, 背景とレイヤー3のみが重なった状態にする. 最後に不透明度を調整し乗算にて画像合成を得る(Fig. 2e, f).

1-6 評価方法

シンチグラフィ(静態画像)で描出されるhot spotをSNと定義し, SNとVR画像のリンパ節との一致率を検討した. SNの部位にとらわれず画像合成を行い, SNの部位にVR画像のリンパ節が認められるものを一致と判断した.

また, センチネルシンチグラフィおよびVR画像の

Fig. 2 (a) Volume-rendering image obtained 4 min after intravenous injection of contrast material shows axillary lymph node (arrow). (b) Volume-rendering image assigned strong opaqueness shows bone and dense marking (arrowhead). (c) Lymphoscintigraphy obtained 4 hours after the injection of ^{99m}Tc -phytate in the right breast assigned strong opacity shows the body. (d) Lymphoscintigraphy obtained 4 hours after the injection of ^{99m}Tc -phytate in the right breast shows axilla hot node (arrow) and marking (arrowhead). (e), (f) Three-dimensional fusion images of lymphoscintigraphy obtained 4 hours after the injection of ^{99m}Tc -phytate and MDCT show the precise anatomical location of the sentinel node (arrow) and marking (arrowhead).

a	b	c
d	e	f

合成の指標として、マーキングと散乱線により描出された体輪郭のどちらも有効であったものをA群、マーキングのみが有効であったものをB群、体輪郭のみが有効であったものをC群、マーキングで合わせ、体輪郭をもとに微調整することで一致をみたものをD群、一致をみなかったものをE群と分類し、それぞれの一致率を求め、画像合成の指標について検討を行った。

判定は斜位像および側面像の2方向でそれぞれ行い、放射線科医師1名、診療放射線技師2名にて視覚的に評価し、評価の分かれた症例は合議により最終

判定とした。

また、手術時の色素法において三次元合成画像から予測された部位に染色されたリンパ節が存在するかを外科医が確認した。

2. 結果

25例中20例にシンチグラフィにてSNの検出があり、検出されたSNの数は1症例当たり1個から2個で、合計32個(平均1.2個)であり三次元画像合成は全例可能であった。SNとVR画像のリンパ節が一致と判

断したのは27個, 不一致と判断したものが4個であり, 一致率は84%であり1個はアレルギーの既往により造影CTが施行できなかった症例で一致の判定はできなかった。

また, 画像合成指標の一致率はA群 9個28.1%, B群 1個3.1%, C群 3個9.3%, D群14個43.8%, E群 4個12.5%であり1個は上記の理由で判定はできなかった(Table)。

手術時に色素法を併用した16例中10例が同部位に染色されたリンパ節の存在が確認でき, 1例が位置の不一致であった。残りの5例は色素法にて染色されたリンパ節を検出できなかった。シンチグラフィにてSNの描出されなかった5例と, 手術時の色素法において染色されたリンパ節を認めなかった5例は同一症例であった。

3. 考 察

手術時に色素法により染色されたリンパ節を脂肪組織のなかから探し出すSNBは術者に与えるストレスが大きいと、SNの解剖学的位置情報を術前に把握することは臨床上有用である。今回の検討において、三次元合成画像上のSNとVR画像のリンパ節の一致率は高く(84%), SNの解剖学的位置情報の把握に有効である。またCTを用いて患側乳輪下に非イオン性造影剤を皮下注入し、3D-CTによりリンパ路の描出を行いSNと血管や大胸筋などの関係を術前に把握する手法も報告されている¹²⁾。空間分解能に優れるCTを用いてリンパ路全体を描出することは有用であるが、SN自体の同定やその定義に関してさらに検討が必要と考えられる。一方、本法はシンチグラフィを重ね合わせることで外科医に有用な情報となる大胸筋とSNとの位置関係の把握も可能であり、術中ナビゲーション画像としてさらに有用な情報を得ることができると考えた。

画像合成指標の検討においては、マーキングのみが有効であったB群の一致率が3.1%と最も低く、マーキングで合わせ体輪郭にて微調整することで一致したD群が最も高い43.8%であったが、これは体表から胸骨柄上端および剣状突起下端マーキングをつけているため、体形により実際の胸骨と若干のずれを生じたためだと思う。また、マーキングと散乱線による体輪郭の両方が一致したA群と、マーキングで合わせ体輪郭にて微調整することで一致したD群を合わせると71.9%と高い一致率となり、予想以上に体輪郭が良い指標となった。これは撮影補助台を用いることでほぼ同じ体位をとることが可能であったためと考えられる。したがって今回の検討では、撮影補助台のマーキングによりそれぞれの拡大率を揃え胸骨柄上端および剣状突起

Table Coincidence ratio of all fusion methods using markers and scatter images.

group	No. of Lymph	coincidence ratio (%)
A	9	28.1
B	1	3.1
C	3	9.3
D	14	43.8
E	4	12.5

下端マーキングにより体の左右の傾きを合わせ、さらに散乱線による体輪郭と体表面が合うように微調整することで精度の高い合成画像が得られると考えられ、マーキングは撮影補助台に2点、胸骨柄上端および剣状突起下端に2点の合計4点が必要と考える。今回は胸骨柄上端および剣状突起下端のマーキングが診断の妨げとなった症例はみられなかったが、体表でのマーキングは診断の妨げとなる可能性があり、今後は数を減らす工夫を検討している。それに伴い撮影補助台の改良も検討中である。さらに、画像合成がより容易に行えるソフトウェア、シンチグラフィでの体輪郭およびSNの描出に最適なガンマ線エネルギーのウィンドウについての検討も今後の課題である。

不一致と判断した4個のリンパ節のうち1例は上肢の挙上が困難な患者であり撮影中の体動が大きかったためと考えた。また、CT撮影中に機械トラブルにより遅延相の撮影が遅れ、リンパ節の造影効果が弱くなった1例では、VR画像上に一致したリンパ節は認められなかったが、早期相のデータより作成したMPR画像においてほぼ一致するリンパ節を確認できた。またアレルギーの既往により造影CTが施行できなかった1例は、三次元合成画像上に示された部位に手術時の色素法において染色されたリンパ節を認めた。このことから不一致例のなかにもVR画像上に描出されていないリンパ節が存在する可能性も考えられる。

当院では小型ガンマ線検出器を用いていないが、もし小型ガンマ線検出器を持ち合わせない施設でもSNBが施行可能であれば、手術日と無関係にアイソトープ検査を行うことも可能となる。しかし、染色されたリンパ節がSNと同一であるかどうかは確認が困難であり、小型ガンマ線検出器の省略に関しては慎重になる必要がある。また、小型ガンマ線検出器やモバイル型半導体検出器等を本法に併用することで、さらに正確なSNBが可能になると考えられる。

4. 結 語

1) 撮影補助台を用いることで、MDCTとリンパシンチグラフィの三次元画像合成は全例可能であった。

- 2) SNとVR画像のリンパ節の一致率は84%であった。
- 3) 三次元合成画像はSNの解剖学的位置情報の把握に有効であると考えられた。
- 4) マーキングは撮影補助台に2点、胸骨柄上端および剣状突起下端に2点の合計4点が必要と考え、マーキングで合わせ、散乱線による体輪郭で補正することで高いリンパ節の一致率が得られた。
- 5) 小型ガンマ線検出器の省略に関しては慎重に検討する必要がある、マーキングの数や撮影補助台の改良、さらに画像合成法の簡略化などが今後の検討課題と考えられた。

謝 辞

本稿を終えるにあたり、ご享受をいただいた当外科、山下晃徳先生ならびに内田賢助教授、また、アーチファクト低減フィルターについて助言をいただいた、東京慈恵会医科大学附属柏病院核医学検査室の諸氏に深く御礼申し上げます。

本論文の要旨は第31回日本放射線技術学会秋季学術大会(2003年10月, 秋田)にて発表した。

参考文献

- 1) 日本核医学会：センチネルリンパ節の核医学的検出法ガイドライン. 核医学, 36, 1033-1688, (1999).
- 2) 藤井博史, 中原理紀, 中村佳代子, 他：センチネルリンパ節検索およびイメージング RI注入のテクニック. INNERVISION, 16(1), 119-121, (2001).
- 3) 福喜多博義, 佐藤 敬, 福島 均, 他：センチネルリンパ節検索およびイメージング 撮像のテクニック. INNERVISION, 16(1), 122-126, (2001).
- 4) Alazraki NP, Eshima D, Eshima LA, et al.: Lymphoscintigraphy, the sentinel node concept, and the intraoperative gamma probe in melanoma, breast cancer, and other potencial cancers. Semin. Nucl Med, 27, 55-67, (1997).
- 5) 藤井博史：Sentinel node conceptと核医学. 新医療, 3, 122-124, (2003).
- 6) Mateos JJ, Vidal-Sicarts, Zanon G, et al.: Sentinel lymph biopsy in breast cancer patients: subdermal versus peritumoural radiocolloid injection. Nucl Med Commun, 22(1), 17-24, (2001).
- 7) 藤井博史：これからセンチネル・リンパ節検索を始める人
- に. 臨床核医学, 33(6), 89-93, (2000).
- 8) Wong JH, Steinemann S, Jehoon Ko P, et al.: Lymphoscintigraphy in Breast Cancer: The Value of Breast. Lymphoscintigraphy in Breast Sentinel Node Staging. Clin Nucl Med, 26(6), 502-505, (2001).
- 9) 横山邦彦, 道岸隆敏, 絹谷清剛, 他：センチネルリンパ節検出法の現状と展望. 映像情報(M), 32(20), 46-49, (2000).
- 10) Tozaki M, Kawakami M, Suzuki M, et al.: Diagnosis of Tis/T1 breast cancer extent by multislice helical CT: a novel classification of tumor distribution. Radiation Medicine, 21, 187-192, (2003).
- 11) 戸崎光宏, 内田 賢, 山下晃徳, 他：乳癌のSentinel Node BiopsyにおけるリンパシンチグラフィとMDCTの3次元合成画像. 日本医放会誌, 63(8), 412-414, (2003).
- 12) Suga K, Yuan Y, Okada M, et al.: Brest Sentinel Lymph Node Mapping at CT Lymphography with Iopamidol: Preliminary Experience. Radiology, 230, 543-552, (2004).

図表の説明

Fig. 1 MDCTおよびシンチグラフィを同一体位にて撮影可能な撮影補助台

- Fig. 2 (a)腋窩リンパ節(矢印)を描出したVR画像
 (b)骨およびマーキングを描出したVR画像
 (c)体輪郭を強調したシンチグラフィ
 (d)SN(矢印)とマーキング(矢頭)を描出したシンチグラフィ
 (e), (f)本法にて得られた三次元合成画像

Table マーカーおよび体輪郭を指標として用い画像合成を行った各群の一致率