臨床技術

論文受付
2011年5月25日
論文受理
2012年2月7日
Code No. 331

乳がんセンチネルリンパ節シンチグラフィにおける 半仰臥位正面像撮像体位の有用性

市原裕紀^{1,2} 小野口昌久² 日吉和久¹ 齋藤知子¹ 阿部俊子³

¹千葉県がんセンター核医学診療部

²金沢大学大学院医学系研究科保健学専攻量子医療技術学講座

³千葉県立佐原病院放射線科

緒言

腫瘍から最初に流入するセンチネルリンパ節(sentinel lymph node; SLN)に転移がなければ、その先の所属リンパ節にも転移がないと診断できる。

乳がんにおいては、手術は乳房切除から温存療法へと侵襲性の低い技法へ転換しているが、このSLNに転移が認められなければ腋窩リンパ節郭清は不要となり、さらなる低侵襲性の手術が選択され患者の負担軽減に寄与する。この概念はCabanaisら¹⁾の陰茎がんに対する報告から始まり、Mortonら²⁾のメラノーマでのステージング手法、そしてKragら³⁾が乳がんに応用した。

乳がんにおけるSLNの同定には、放射性同位元素

(radioisotope; RI)を用い、外科医が術中に体表面からガンマプローブにて検索するRI法⁴⁾が近年では増加している。しかし、やみくもに体表面を検索するのでは時間を要し、複数のSLNやUrenら⁵⁾が腋窩リンパ節以外にもトレーサの流入があると報告しているように、遠隔SLNの同定を見逃す可能性がある。そのため、RI法で術前にガンマカメラを用いたセンチネルリンパ節シンチグラフィ(sentinel lymphoscintigraphy; SLSG)を撮像し、描出したSLNの位置や個数の情報を外科医が参照しながら術中ガンマプローブ検索を行えば、SLNを迅速かつ見逃しなく同定できる。

しかしSLSGは、RI注射部位の高集積体とSLNの

Usefulness of Imaging Posture Using Anterior View of the Half Supine Position for Sentinel Lymphoscintigraphy in Patients with Breast Cancer

Hironori Ichihara,^{1,2} Masahisa Onoguchi,^{2*} Kazuhisa Hiyoshi,¹ Tomoko Saitou,¹ and Toshiko Abe³

¹Division of Nuclear Medicine, Chiba Cancer Center

²Department of Quantum Medical Technology, Division of Health Sciences, Graduate School of Medical Science, Kanazawa University

³Department of Radiology, Chiba Prefectural Sawara Hospital

Received May 25, 2011; Revision accepted February 7, 2012

Code No. 331

Summary

Objectives: Sentinel lymphoscintigraphy(SLSG) is focused on the visualization of an injection site and lymph nodes. Therefore, an anterior view is effective in identifying the location of a lymph node easily. For this reason, we devised a new imaging method of anterior view (Modified Anterior View; MAV), and the usefulness was assessed. **Methods:** SLSG was obtained in 166 patients with breast cancer. In MAV imaging, patients were laid in an oblique position on a triangular styrene foam elevating the target axillary side. The detector was also leaned. Just after the MAV were imaged, the patient was shifted to the supine position and the SAV imaging was also performed using the same acquisition times. **Results:** The detectability of MAV and SAV was 92.42% and 81.99%, respectively. However, the detectability of SAV showed the better value for the few cases which the lymph node detected by the inside of injection site. **Conclusion:** MAV may improve detectability of SLN. However, SAV is still required for a few cases in which lymph node is detected by the inside of injection site.

Key words: lymphoscintigraphy, sentinel lymph node, breast cancer, imaging posture

*Proceeding author

Fig. 1 Imaging posture of SAV (a) and MAV (b). Arm is elevated.

低集積体が同じ画像上に描出されるため、注射部位近傍に SLN が存在すると高集積体からの散乱成分によって SLN の描出が覆い隠され、信頼性の低い情報を外科医に提供することになり、ガンマプローブによる SLN の同定が不完全となる。よって、SLN が存在するリンパ節群から散乱成分の影響を回避させる必要があり、乳がんにおいては腋窩リンパ節群が対象となる。

患者の体位を半仰臥位とした斜位像(modified oblique view of the axilla; MOVA)を撮像する方法が散乱成分を回避でき、描出能が優れていると Haight ら⁶⁾は報告しているが、SLSG で描出されるのは注射部位とリンパ節だけであり、しかも術中ガンマプローブ検索時の外科医の視点は仰臥位にて正面を向いている患者であるため、SLSG にて描出した SLN の位置情報を容易に把握するには斜位像より正面像がよい。そこで、乳がんにおける SLSG に対し、高集積の RI 注射部位から発生する散乱成分の影響の回避、および SLN の位置や個数の描出能を向上させるための新たな正面像体位を考案し、臨床例で本法の有用性を検討した。

1. 方法

1-1 対象

細胞学的組織診断から乳がんと診断され、腫瘍径が 30 mm 以下、各種の画像診断で明らかな腋窩リンパ節転移が認められず SLSG を撮像した症例に対し、ルーチンで行っている撮像体位(MOVA および仰臥位正面像)に加えて新たに考案した正面像での追加撮像を行い、検討対象である二つの正面像撮像体位の両方もし

くはどちらか一方で、SLSG 上から SLN であると考えられる描出が確認できた 166 例(31-77 歳、平均 55.2 歳、全例女性、うち 1 例は両側乳がん)243 個の描出 SLN を対象とした。なお、MOVA も含めた全症例は 166 例 260 個の描出 SLN であった。

実施に際しては、患者に研究の概要および被ばく線量の増加がないこと、追加撮像に伴う 5 分程度の検査時間延長を説明し同意を得ている。使用データに関しては、個人を識別できる情報をすべて削除し連結不可能匿名化を行った。

1-2 使用機器と撮像条件

低エネルギー汎用型コリメータ(low energy general purpose; LEGP)を装着した 2 検出器型ガンマカメラ：GCA7200A/UI(東芝メディカルシステムズ、日本)にて撮像した。画像処理装置は、GMS5500(東芝メディカルシステムズ、日本)を用いた。

腫瘍摘出手術当日朝に、18.5 MBq/0.3 ml の^{99m}Tc-フチン酸を腫瘍直上皮下あるいは乳輪下に注射し、リンパ管にトレーサが流入するよう注射部位をマッサージした。その後すぐに、マトリックスサイズ 512×512 で 5 分間の撮像を行った。

1-3 撮像体位

比較検討する撮像体位は、仰臥位正面像(standard anterior view; SAV)および新たに考案した半仰臥位正面像(modified anterior view; MAV)である(Fig. 1)。

MAV は、発泡スチロールを直角二等辺三角形に切り

Table Measurement results of detected pattern and rate in SLSG

oSLN				iSLN			
SAV	MAV	Number of SLN	Rate (%)	SAV	MAV	Number of SLN	Rate (%)
+	+	172	81.52	+	+	41	83.67
+	-	1	0.47	+	-	5	10.21
-	+	23	10.90	-	+	1	2.04
-	-	15	7.11	-	-	2	4.08
Detection rate of SLN (%)		n=211		Detection rate of SLN (%)		n=49	
81.99		92.42		93.88		85.71	

出した専用台を製作し、その台に対象腋窩側が上方となるように体位を傾けた姿勢とした。傾斜角度は患者面と検出器面が平行になるように調整しているため、専用台の傾斜角度と同等の45度ではない症例もあるが、おむねそれに近い角度で撮像した。

体輪郭を描出するため、撮像中にRI注射後のシリンジ先針残存放射能(約3.7 MBq)を用い、頸部から上腕、腋窩から側腹部をトレースした。撮像は、MAV、SAVの順で行い、撮像中にトレースが流れたことによる新たなSLNが描出された場合は再度体位を変えて撮像した。

1-4 データ解析

CRTモニタ上から各撮像体位におけるSLSGを観察し、描出したSLNの個数を数え描出率を評価した。なお、描出率の評価に関してのみ、MAVの正確な描出率の算出のため、本研究での検討対象外の撮像体位(MOVA)も含めた166例260個の描出SLNを対象とした。

SAVおよびMAVの両方に描出が確認できた213個のSLNにおいて、RI注射部位と描出SLNの集積像間距離を画像処理装置のルーラ機能から計測し、式(1)で示す減算値を算出した。

$D_{MAV}=MAV$ における集積像間距離 - SAVにおける集積像間距離 (1)

式(1)の算出値からSLNの描出が確認できた全症例における評価のほかに、ブレストサイズおよび年齢の各因子における検討も加えた。

ブレストサイズ別評価におけるサイズ分けはS・M・Lとし、3名の放射線技師がそれぞれ担当した検査時に主観的に決定した。年齢別評価では、ブレストサイズによる交絡因子を除外するため、すべてのサイズにおける年齢別評価のほかに、ブレストサイズ別の年齢別評価も加え、相関係数と回帰直線を求めた。これらの評価に

は、描出SLNの出現部位の違いによる検討を含めるため、RI注射部位の集積像から体外側に描出されたSLN(outer SLN; oSLN)と体内側に描出されたSLN(inner SLN; iSLN)に区分けした。年齢別評価では、iSLNの標本数が少なく正当な評価が不可能であったため除外し、oSLNのみで評価を行った。統計学的検討には、Bartlett検定およびF検定にて等分散性が等しいと仮定された群による比較にはt検定、否定された群についてはWelch検定を、それぞれ両側有意水準0.05で行った。

2. 結果

2-1 SLN 描出率

各撮像体位における描出パターンと描出率をTableに示す。なお、SAVおよびMAVにて描出されなかったSLN数は、ルーチン検査で撮像しているMOVAのみで描出できたSLN数である。描出率は、oSLNではSAV(81.99%)、MAV(92.42%)であったのに対して、iSLNではSAV(93.88%)、MAV(85.71%)であった。二つの正面像のどちらでもSLNが描出できる症例が最も多かったが、どちらか一方の正面像でしかSLNの描出が確認できない症例もあった(Fig. 2)。

2-2 D_{MAV} の算出値

D_{MAV} の算出値をFig. 3に示す。oSLNでは、MAVにすることでSAVに比べ平均で18.1 mm離れたが、iSLNでは逆に-1.5 mmと距離が縮まり、検定にて有意な差が認められた。

2-3 ブレストサイズにおける評価

ブレストサイズにおける D_{MAV} の算出値をFig. 4に示す。oSLNでは、ブレストサイズが大きくなるほどMAVの体位で距離が離れ、すべての対で有意な差が認められた。iSLNでは、逆にサイズが小さいほど距離が離れる傾向があったが、有意な差はなかった。

Fig. 2 Clinical imaging of SAV and MAV.

- (a) SLN was detected in the MAV but not detected in the SAV in the same patient.
 (b) SLN was detected in the SAV but not detected in the MAV in the same patient.

Fig. 3 Comparison of D_{MAV} between oSLN and iSLN.
 *: $p < 0.05$

Fig. 4 Comparison of D_{MAV} between breast sizes.
 *: $p < 0.05$

2-4 年齢における評価

年齢における D_{MAV} の算出値を Fig. 5 に示す。ブレストサイズが L の場合には、年齢と D_{MAV} の間に $r=0.35$ の弱い相関が認められた。

3. 考 察

SLSG を行う目的は、術中にガンマプローブで SLN を検索する外科医に、描出したおよその位置と個数、遠隔 SLN の有無についての広範囲な情報を提供す

Fig. 5 Relationship between D_{MAV} and age in breast size.

Fig. 6 The anatomical position of SAV and MAV in oSLN.

(a) SLN covered by effect of scattered radiation in the SAV.

(b) SLN was detected by MAV because the breast shifted in inner.

ることである。外科医が SLSG を参照し術中ガンマプローブ検索を行えば、SLN を見逃すことなく迅速に術中同定することができる。しかし、高集積体である RI 注射部位近傍に SLN の集積が存在すると、散乱成分の影響で覆い隠され、個数や位置の情報を外科医に提供できず、同定できない SLN が発生する。スターアーチファクトの原因であるペネトレーションは、中エネルギーコリメータや本研究で用いた ^{123}I 製剤に対応する隔壁の厚い LEGP コリメータを用いることによって改善されるが、それでも RI 注射部位近傍の散乱成分の影響は残ってしまう。著者らのファントム実験では、RI 注射部位を模した点線源(直径 10 mm・18.5 MBq)において、20 mm 未満の距離では SLN の集積が散乱成分で覆い隠されてしまった⁷⁾。

著者らは、半仰臥位斜位像での撮像が SLN の描出能を最もよくする体位であると以前に報告したが⁸⁾、日

常行われている核医学イメージングでは用いない半仰臥位で撮像された奥行きのある斜位像を平面像で視覚化すると、描出された SLN の位置情報を即座に把握するのは難しい。そのような問題点を改善するには正面像が適しているが、乳がんでは腋窩リンパ節が対象になるため、斜位像に比べると正面像の描出能は劣る。しかし半仰臥位の利点を応用できれば正面像でも良好な結果が得られると考え、MAV の撮像体位を考案し、正面像での対比のため、SAV との検討を行った。

MAV の描出率は oSLN で 92.42% の良好な結果が得られ、今までの報告よりも高い描出率を示す正面像となった^{9,10)}。この描出率の向上は、Fig. 6 に示すように、半仰臥位にすることで乳房が自重によって内側に傾くため、目的とする腋窩領域のリンパ節群から散乱成分を遠ざけることができ、SAV にて覆い隠されていた SLN の描出が新たに確認できたためと考えられた。

Fig. 7 The anatomical position of SAV and MAV in iSLN.

(a) SLN was detected by SAV.

(b) SLN covered by Shine through in MAV because the breast shifted in inner.

術前 SLSG の有用性に疑問を呈する報告^{11, 12)}が見られるが、どれも SLN 描出率が術中ガンマプローブ検索での同定率よりも低いことを指摘している。しかし本研究で考案した MAV は、描出率の向上に加え、広範囲かつ位置関係を容易に把握できる正面像である利点を持ち得ているため有用な SLSG の撮像方法であると考えられる。このように、oSLN では良好な描出率を得たが、注意しなければならないのは、iSLN になると結果が逆転され、最も描出率が高かったのは SAV になったことである。D_{MAV} においても iSLN の結果は悪くなっており、oSLN と iSLN との間に有意な差が認められた。これは Fig. 7 に示すように、RI 注射部位よりも内側に描出した iSLN は、撮像体位を半仰臥位にすることで生じる乳房の移動で SLN の描出が散乱成分に近づいてしまい、oSLN とは全く逆の現象が生じるためと思われる。

この iSLN の存在を考慮するにあたり、内胸側の胸骨傍リンパ節群(internal mammary; IM)の重要性に関して論議されており、転移している場合はトレーサの流入がないと考えられ^{13, 14)}、SLSG は意味をなさないとの報告がある¹⁵⁾。本研究でも、IM への集積が認められたのは 5/260 個(1.92%)しかなく、IM の同定に関して SLSG で期待をもつべきではない。しかし腋窩リンパ節群への集積でも、RI 注射部位やプレストサイズによっては iSLN になる症例がある。また、散乱成分以外でも描出を妨げる因子として複数個描出した SLN どうしが重なり合い隠れてしまうこともある。よって、MAV のみではなく SAV を含めた複数方向で撮像することを推奨する。

プレストサイズでみると、oSLN ではサイズが大きいほど距離が離れる良好な結果が得られた。これは半仰臥位にすることで、自重によって乳房が内胸側に移動する割合が、プレストサイズ大きくなるほど顕著になるこ

とに起因し、男性乳がんや乳房厚のほとんどない症例では、半臥位にすることよりもバストバンドなどで強制的に乳房を内側に移動させるほうが有用であると考えられる。iSLN では、症例数が少ないために規則的な傾向は認められなかったが、iSLN が oSLN とは逆にプレストサイズが大きくなるほど、RI 注射部位と SLN 描出部位間距離が短くなると思われる。

D_{MAV} と年齢の間には、プレストサイズが L の場合で弱い相関が見られ、加齢ごとに自重による乳房の移動が大きくなった。これは、乳腺組織が若年齢では発達しており厚く密度もあり硬化しているが、閉経後は薄く軟化するためだと思われる。プレストサイズ S と M の年齢による相関傾向がなかったのは、プレストサイズ別評価で述べた主観的サイズ分けで曖昧になってしまったことのほかに、半仰臥位にしたときの移動がもともと小さいために、数値として顕著に現れなかったことが関係していると考えられる。

4. 結 論

乳がんにおける SLSG に対し、RI 注射部位の高集積からの散乱成分の影響の回避、および SLN の位置や個数を描出するための撮像体位(MAV 法)を考案し、臨床例で有用性を検討した。

MAV の描出率は SAV より優れ、プレストサイズが大きいほど散乱成分の影響の回避が顕著であった。

この撮像体位は解剖学的位置の把握が容易な正面像であることから、術中ガンマプローブ検索を行う外科医の迅速な SLN の同定に寄与できることが示唆された。しかし、ごく稀に注射部位の内側にリンパ節が描出するケースがあるため、SAV も含めた複数体位で撮像することを推奨する。

参考文献

- 1) Cabanas RM. An approach for the treatment of penile carcinoma. *Cancer* 1977; 39(2): 456-466.
- 2) Morton DL, Wen DR, Wong JH, et al. Technical details of intraoperative lymphatic mapping for early stage melanoma. *Arch Surg* 1992; 127(4): 392-399.
- 3) Krag DN, Weaver DL, Alex JC, et al. Surgical resection and radiolocalization of the sentinel lymph node in breast cancer using a gamma probe. *Surg Oncol* 1993; 2(6): 335-339; discussion 340.
- 4) Glass EC, Essner R, Giuliano AE. Sentinel node localization in breast cancer. *Semin Nucl Med* 1999; 29(1): 57-68.
- 5) Uren RF, Howman-Giles RB, Thompson JF, et al. Mammary lymphoscintigraphy in breast cancer. *J Nucl Med* 1995; 36(10): 1775-1780.
- 6) Haigh PI, Hansen NM, Giuliano AE, et al. Factors affecting sentinel node localization during preoperative breast lymphoscintigraphy. *J Nucl Med* 2000; 41(10): 1682-1688.
- 7) 市原裕紀. センチネルリンパ節シンチグラフィの撮像を始めてみよう. *日放技学誌* 2010; 66(6): 678-685.
- 8) 市原裕紀, 木下富士美, 日吉和久, 他. 乳がんセンチネルリンパ節シンチグラフィにおける撮像体位(modified oblique view of the axilla : MOVA 法)の検討. *日放技学誌* 2003; 59(6): 765-770.
- 9) Uren RF, Howman-Giles RB, Thompson JF, et al. Mammary lymphoscintigraphy in breast cancer. *J Nucl Med* 1995; 36(10): 1775-1780.
- 10) O'Hea BJ, Hill AD, El-Shirbiny AM, et al. Sentinel lymph node biopsy in breast cancer: initial experience at Memorial Sloan-Kettering Cancer Center. *J Am Coll Surg* 1998; 186(4): 423-427.
- 11) McMasters KM, Wong SL, Tuttle TM, et al. Preoperative lymphoscintigraphy for breast cancer does not improve the ability to identify axillary sentinel lymph nodes. *Ann Surg* 2000; 231(5): 724-731.
- 12) Burak WE, Walker MJ, Yee LD, et al. Routine preoperative lymphoscintigraphy is not necessary prior to sentinel node biopsy for breast cancer. *Am J Surg* 1999; 177(6): 445-449.
- 13) Noguchi M. Relevance and practicability of internal mammary sentinel node biopsy for breast cancer. *Breast Cancer* 2002; 9(4): 329-336.
- 14) Noguchi M. Internal mammary sentinel node biopsy for breast cancer: is it practicable and relevant? (Review). *Oncol Rep* 2002; 9(3): 461-468.
- 15) Noguchi M, Tsugawa K, Miwa K. Internal mammary chain sentinel lymph node identification in breast cancer. *J Surg Oncol* 2000; 73(2): 75-80.

図表の説明

- Fig. 1 SAV(a)とMAV(b)の撮像体位
上肢は挙上する.
- Fig. 2 SAV と MAV の臨床画像
(a)同一患者において, MAV では描出できた SLN が SAV では描出できなかった.
(b)同一患者において, SAV では描出できた SLN が MAV では描出できなかった.
- Fig. 3 oSLN と iSLN 間における D_{MAV} の比較
*: $p < 0.05$
- Fig. 4 プレストサイズ間における D_{MAV} の比較
*: $p < 0.05$
- Fig. 5 プレストサイズ別での D_{MAV} と年齢間の相関関係
- Fig. 6 oSLN における SAV と MAV の解剖学的位置関係
(a)SAV では, 散乱線の影響によって SLN が覆い隠されてしまう.
(b)MAV では, 乳房が内側に移動するため SLN が描出できる.
- Fig. 7 iSLN における SAV と MAV の解剖学的位置関係
(a)SAV では, SLN が描出できる.
(b)MAV では, 乳房が内側に移動するため, シャインスルーによって SLN が覆い隠されてしまう.
- Table SLSG における描出パターンと描出率の結果

問合先

〒 920-0942 石川県金沢市小立野 5-11-80

金沢大学医薬保健研究域保健学系量子医療技術学講座 小野口昌久