

ラジオ波焼灼療法における治療支援システムとしての Reference Image Viewer の有用性

中 村 洋 典 山 田 昌 彦 村 嶋 英 学
市 村 茂 輝 平 良 淳 一 杉 本 勝 俊
目 時 亮 古 市 好 宏 今 井 康 晴
中 村 郁 夫 森 安 史 典

東京医科大学内科学第四講座

【要旨】 ラジオ波焼灼術 (RFA) は肝癌に対する確立された局所治療法となった。RFA は、超音波ガイド下で経皮的に穿刺、展開、焼灼し治療を行う。術者は事前に穿刺開始点や焼灼範囲を治療前に計画し、治療時に計画に沿って穿刺、展開、焼灼を行っている。今回我々は、同一のモニターに2画面を表示し、一方に治療計画画像を表示し、他方にリアルタイムの超音波画像を表示する機能を持つ Reference Image Viewer (RIV) を RFA の治療支援に用いた。この、新たに開発された RIV は、超音波画像の客観性や再現性を高め、術者の技術や経験に関係なく治療を簡便、確実にを行い、RFA による治療をより完成度の高い治療にできる支援システムではないかと考えている。

はじめに

肝腫瘍に対する経皮的局所治療として、ラジオ波焼灼療法 (Radiofrequency ablation, RFA)¹⁾²⁾ は、1990 年代前半から欧米で報告され³⁾、1999 年ごろから本邦でも広く行われるようになり⁴⁾、最近では肝癌に対する確立された局所治療法となった。しかし、肝細胞癌は5年以内に70~90%の症例で再発がみられ、RFA 治療後、1年後の局所再発率は、4~19%⁵⁻⁷⁾と施設間による差が大きい。これは、一つに RFA が術者の技量に依存していることも考えられるが、RFA が更に普及するためには、治療をより簡便にし、合併症⁸⁾⁹⁾を少なくすることなどが、要求されると考える。

RFA は、超音波ガイド下で経皮的に穿刺、展開、焼灼を行うが、術者は事前に穿刺開始点や焼灼範囲を治

療前に計画し、治療時に計画に沿って穿刺、展開、焼灼を行っている。しかし実際のところ、術者の技術や経験により成績に大きな差が出てしまうこともある。

一般的に超音波検査による評価は、客観性や再現性などの面で CT や MRI と比べ劣るとされている¹⁰⁾。しかし最近の超音波画像診断の進歩は著しく、高度な画像処理により RFA の治療にも様々な工夫や応用がされてきている¹¹⁾¹²⁾。今回我々は、同一のモニターに2画面を表示し、一方に治療計画画像を表示し、他方にリアルタイムの超音波画像を表示する機能を持つ Reference Image Viewer (RIV) を RFA の治療支援に用いた。この、新たに開発された RIV は、超音波画像の客観性や再現性を高め、術者の技術や経験に関係なく治療を簡便、確実にを行い、RFA による治療をより完成度の高い治療にできる支援システムではないかと

平成 20 年 12 月 8 日受付、平成 21 年 5 月 19 日受理

キーワード：ラジオ波焼灼療法 (RFA)、超音波検査、肝細胞癌、RIV (Reference Image Viewer)

(別冊請求先：〒193-0998 東京都八王子市館町 1163 東京医科大学八王子医療センター 消化器内科 中村 洋典)

Tel: 0426-655-614 (内線 7772)

考えている。今回我々は、この RIV を用いた RFA を行い、その臨床的有用性を検討した。

対象と方法

2005年6月から2006年6月までに当科で RIV を用い RFA を施行した治療患者 53 例、63 結節について検討した。その内訳は、肝腫瘍患者 53 例 (63 結節) のうち肝細胞癌患者 46 例 (54 結節)、転移性肝癌患者 7 例 (9 結節)、平均腫瘍径 21.9(6~53) mm、平均年齢 67.4 (42~84) 歳、男女比 30:23、Child-Pugh は 53 例中 A が 92.5%、B が 7.5%、C が 0%、肝障害度は 53 例中 A が 94.3%、B が 5.7%、C が 0% で Child-Pugh および肝障害度共に C の症例は認めなかった。背景肝は、C 型肝硬変患者 34 例、B 型肝硬変患者 4 例、自己免疫性肝炎患者 4 例、原因不明の肝硬変患者 3 例、アルコール性肝硬変患者 1 例、正常肝患者 7 例であった。

方法は、超音波診断装置に APLIO (東芝メディカルシステムズ、東京) を用いた。APLIO の詳細な機能としては、プローブ: PVT-375BT (コンベックス)、PVT-382BT (マイクロコンベックス)、送信周波数/受信周波数: 2.5 MHz/5.0 MHz、MI: 1.6、フレームレート: 22 fps、治療支援システムとして RIV を APLIO に搭載した。RIV は、DICOM 変換から治療患者の過去の CT や超音波画像を抽出し、MO や CD-ROM などから診断装置に取り込みを行い、2 画面表示となっているモニターの一方に参照画面の画像として表示した。参照画面の画像として、治療前の B モードおよび造影超音波の動画、静止画、CT 画像、MRI 画像、マーキングなどで加工された画像を表示し、他方の画面にはリアルタイムの超音波画像を表示した。今回の検討では、この RIV を用い、参照画面に治療計画を行った静止画または動画の超音波画像を使用し、RFA を行った (Fig. 1)。また、参照画像はあらかじめ保存しておいた静止画または動画を必要に応じて切り替えて使用した。

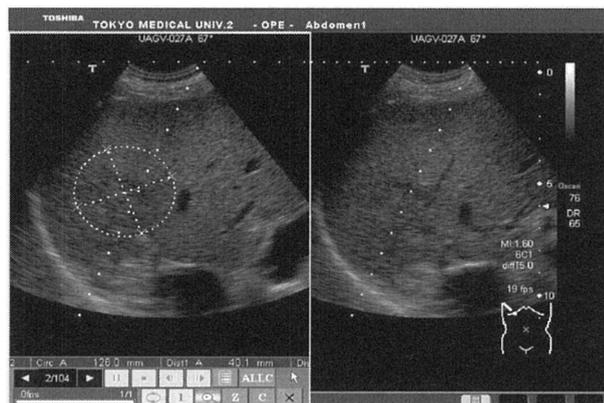


Fig. 1. Reference Image Viewer (RIV)

The left is a treatment plan image displayed by using the RIV. The range of the treatment schedule is displayed as a circle. The right is a real-time B mode image when this image is assumed to be a reference image. The diagonal dotted line in both is the puncture line.

造影超音波は SonoVue[®] または Sonazoid[®] を用い、APLIO に搭載された造影モードを用い、MI は 0.08 または 0.20 とし、フレームレートは 15 fps とした。

結 果

今回の症例では、すべての治療計画で超音波画像にサークルなどのマーキングを描いて治療計画を行った。この画像を含め、RIV で超音波画像を参照することにより、すべての症例で予定した治療域が明確となるとともに、近接臓器の位置が把握しやすくなり、安全に RFA を施行し得た。その中には初めから 2 回の穿刺を予定していた症例が 20 例あり、これらの症例において、参照画像は 2 回目の穿刺をする位置が明瞭であり、有用であった。さらに、予定の焼灼後に参照画像と比較することにより、焼灼が不十分と解り、焼灼を追加した例が 9 例あった。また、B モードでは不明瞭であった腫瘍が、造影超音波画像を参照画像とすることにより RFA が容易となった例が 17 例あった (Table 1)。

Table 1 Details of Cases in which RIV was Useful for RFA

A circle was created in the treatment plan imaging.	53/53 cases
Ablation ranges were easy to understand with reference imaging and safety regarding contiguous organs was improved.	53/53 cases
The treatment plan imaging was useful for multiple punctures and ablations.	20/53 cases
Additional treatment was provided after inadequate ablation was found when compared to the reference imaging.	9/53 cases
The range which requires ablation become apparent when contrast ultrasonic imaging was used for reference imaging.	17/53 cases

肝細胞癌に対して RFA を施行するとき、腫瘍より 1 cm までの近傍に臓器が存在することが多かったが、本研究の対象症例にはこれらの臓器に明らかな損傷を与えず、安全に RFA が施行されていた (Table 2)。以上の結果を症例を用いて具体的に説明する。

Table 2 The internal organs adjacent to hepatocellular carcinomas

Internal organs	Cases	Internal organs	Cases
Diaphragm	18	Gallbladder	8
Major Vascular	14	Kidney	1
Abdominal wall	11	Gut	1
Heart	9	Bile duct	1

症例 1 は肝 S6 の最大径 24 mm の肝細胞癌である。RFA により腸管を損傷する可能性があったため、腹腔内に生理食塩水を注入して治療を行った。参照画面にサークルを描いて治療計画した超音波画像を置き、RITA model 70 を用いて穿刺、展開した。治療計画画像を参照しながら穿刺するため、穿刺位置が明瞭であり、また、展開を開始する位置も明瞭であった (Fig. 2a)。焼灼を開始すると、ガスやアーチファクトにより、焼灼範囲が解り難いことが多いが、参照画像と比較することより焼灼範囲をより明瞭に判断できた (Fig. 2b)。1 回目の焼灼後に、参照画像と焼灼範囲をよく比較し、観察すると、一部が焼灼不十分である可能性が高いことが解った (Fig. 2c)。焼灼不十分と考えら

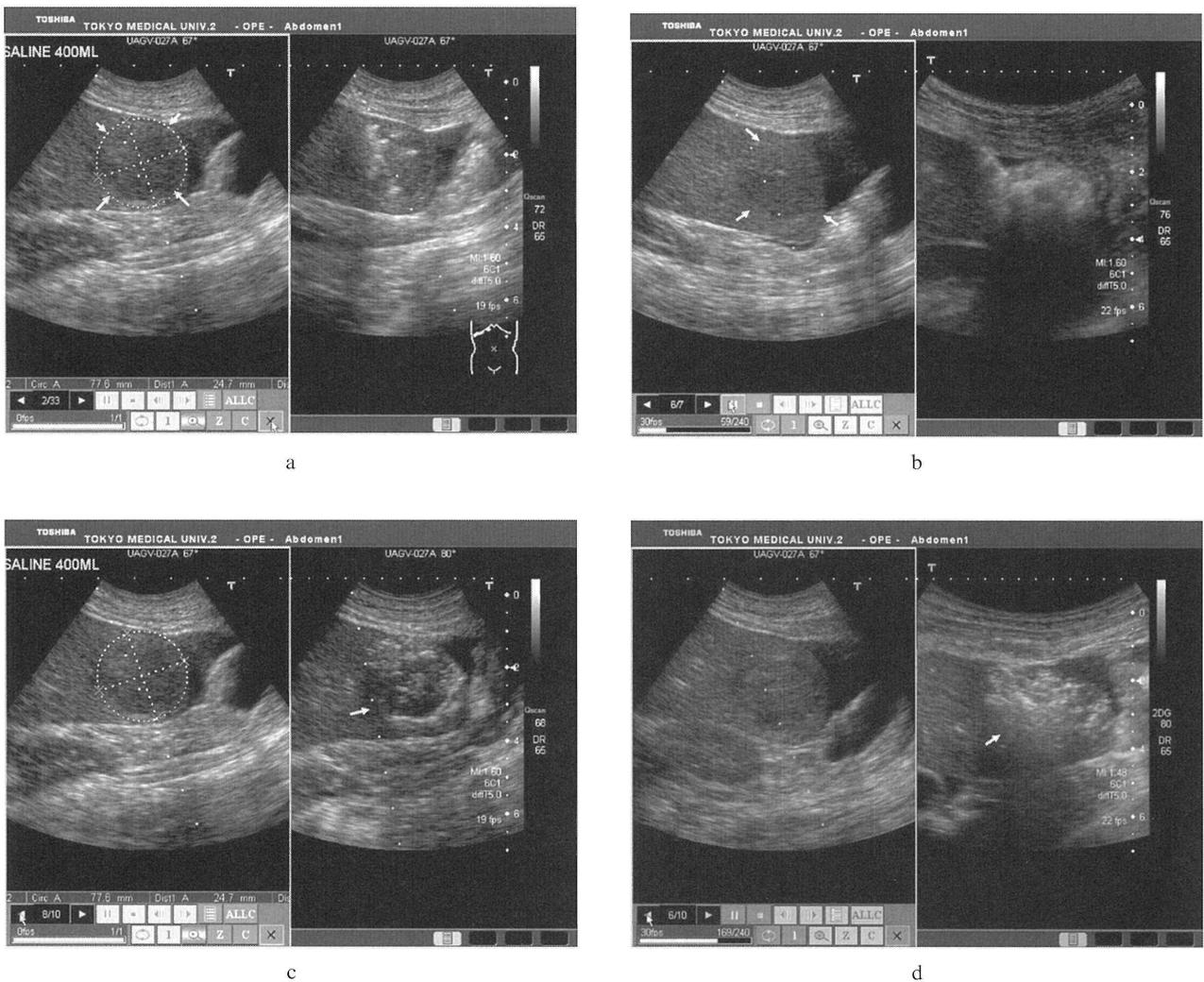


Fig. 2. Appearance of the first puncture, expansion, and ablation of case 1
 a: The appearance when the puncture of the expandable needle was able to be confirmed by comparison with the reference image. b: The reference screen and the ablation area were comparable in the image after the first ablation. The second ablation of case 1. c: The reference image was used and the arrow indicates the ablation was less than the range of the ablation schedule. d: Therefore, a second ablation was performed, and a sufficient ablated area was obtained.

れた部分に2回目の焼灼を追加し、再度参照画像とよく比較すると、焼灼範囲は十分となった (Fig. 2d)。

症例2は肝S6の最大径14mmの肝細胞癌である。腫瘍はBモードでは明瞭ではなかったが、造影超音波により腫瘍の範囲は明瞭となり (Fig. 3)、これをもとにRFAを施行した。

症例3は肝S6の最大径16mmの肝細胞癌である。腫瘍は肝表面にあり、1回の焼灼では不十分と考えられたため、はじめから、2回の焼灼を予定した。そのため参照画面には2つのサークルを描き、これをもと

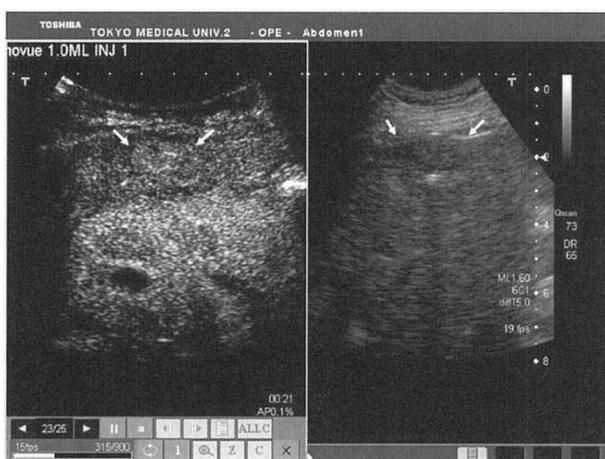


Fig. 3. Case 2 using the contrast-enhanced US as reference image

The contrast-enhanced US clearly showed the range of an indistinct hepatocellular carcinoma on the reference image in B mode.

にRFAを施行し、左右より2回の穿刺を行い、それぞれ焼灼した (Fig. 4a, b)。

症例4は肝S8の最大径15mmの肝細胞癌である。腫瘍は横隔膜に接しており、横隔膜を損傷しないようにRFAを施行する必要がある。参照画像をもとに穿刺、焼灼することにより、横隔膜にハンドピースが達していないことを確認でき、安全かつ十分に焼灼できた (Fig. 5a, b)。

症例5は肝S5の最大径20mmの肝細胞癌である。腫瘍は胆嚢の近傍にあり、胆嚢を損傷しないようにRFAを施行する必要がある。参照画像をもとに穿刺、焼灼することにより、胆嚢に焼灼域が達していないことを確認でき、安全かつ十分に焼灼できた (Fig. 6a, b)。

RFA治療後、1年後の局所再発率は、先にも述べたように4~19%と施設間による差が大きいが、今回検討した63結節に対する1年間の局所再発率は、9.5%で有意な結果ではなかった。しかし、このうち腫瘍径が3cmを超えるものが63結節中10例で最大腫瘍径は、5.3cmであったため、一般的にRFAの適応が腫瘍径3cm以下であることを考慮すると、治療成績は良好と考えられる。

考 察

肝癌に対するRFAの治療支援システムとしてはCT virtual ultrasound system¹³⁾やReal-time Virtual Sonography¹²⁾¹⁴⁾などが開発され、報告されている。こ

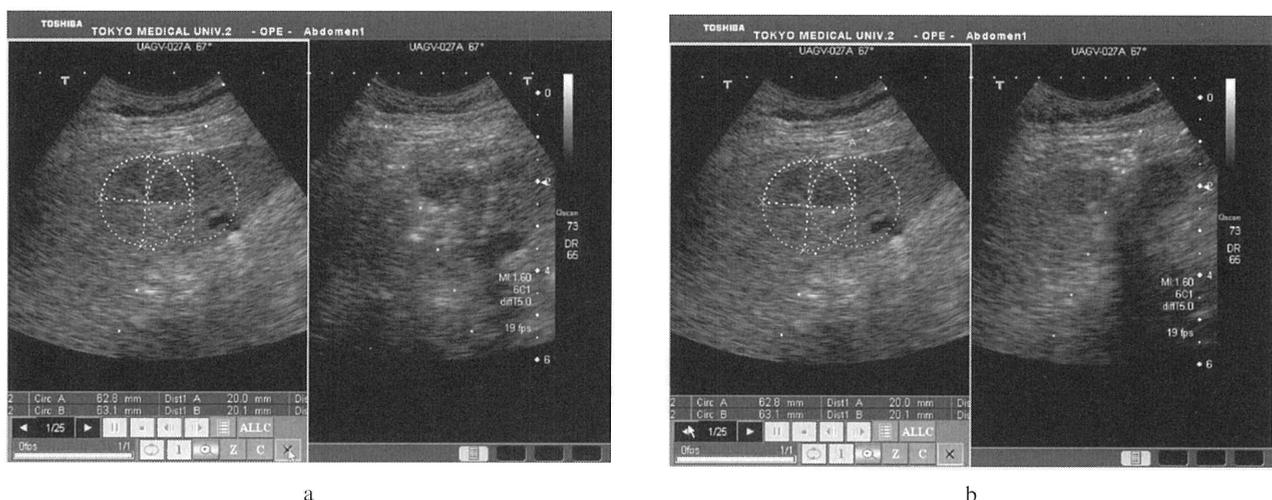


Fig. 4. Case 3 Procedures scheduling 2 punctures and ablations.

It was thought that the hepatocellular carcinoma extended to the liver surface, and for sufficient ablation area more than one ablation was necessary. Therefore, two circles were drawn, and 2 puncture and ablation procedures were scheduled. a: The image after ablation on the left side. b: The image after ablation on the right side.

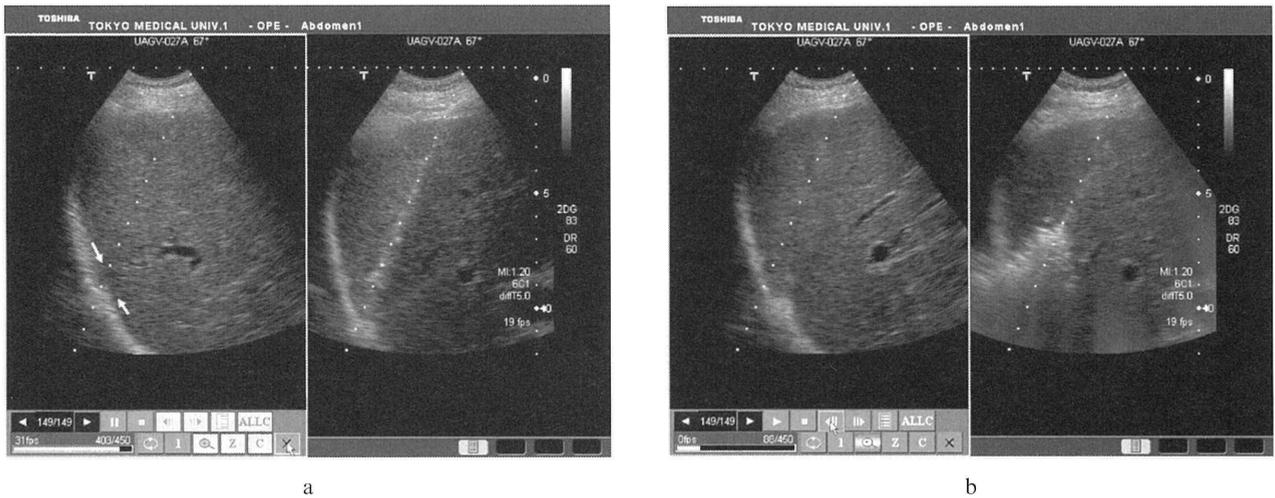


Fig. 5. Case 4 had hepatocellular carcinoma near the diaphragm.
 a : We punctured the hepatocellular carcinoma near the diaphragm, viewing the reference screen. b : The ablation area did not reach the diaphragm but the extent was sufficient.

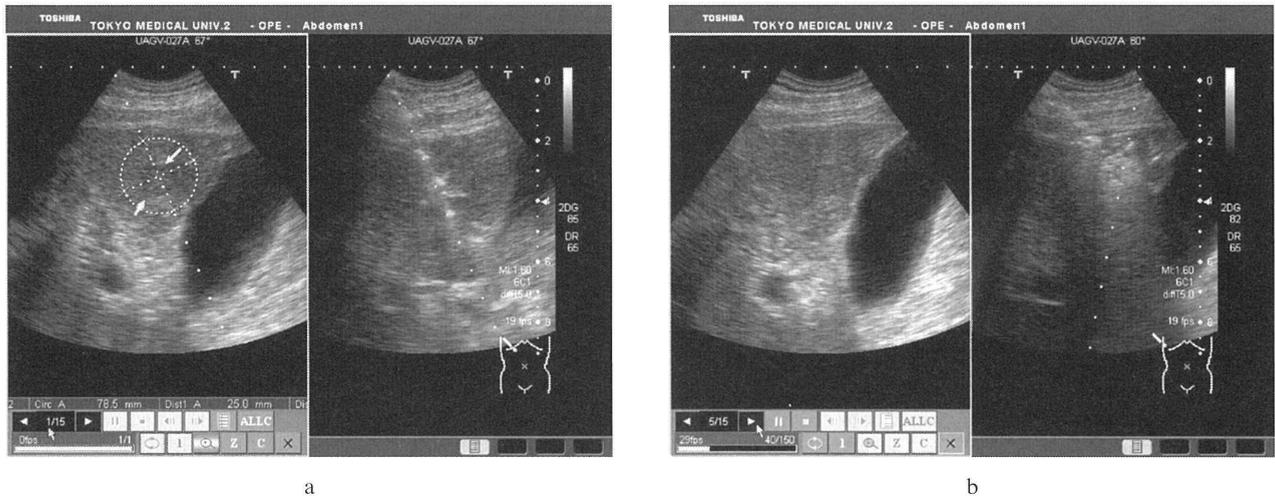


Fig. 6. Case 5 is hepatocellular carcinoma near the gallbladder.
 There was a hepatocellular carcinoma near the gallbladder, and the range of the schedule treatment was examined carefully. a : The puncture and deployment were based on the reference image. b : It was confirmed that the ablation area was sufficient in size and We did not ablate the gallbladder.

れらは予め撮影した CT 画像から、multi-planar reconstruction (MPR) を作成することにより、超音波画像と近似する断面を構築し、治療支援に用いるものである。これに対し、RFA は超音波ガイド下で施行されることがほとんどである。CT 検査時と超音波検査時は体位や呼吸により、臓器の移動や肝臓の形態の変化がおり、CT から作られた MPR は必ずしも正確に超音波画像に一致しない。それに比べ、RIV は超音波画像そのものを用いているため、ほとんど一致させることができる。超音波で見ることのできない病変は RFA の適応とならないが、そのような例ではこれらの治療支援システムより、CT などを用いた支援シ

テムや工夫が行われている。

今回用いた RIV は Table 2 で示された近接臓器に対する安全性の確保も重要であるが、特に有用である点は、Table 1 にあるように 2 回以上の焼灼を行う際に穿刺、焼灼すべき点が明瞭となる点である。はじめから 2 回以上を予定している場合においては 1 回目の焼灼でガスやアーチファクトが生じても、参照画像があるため、腫瘍周囲の画像と比較することにより 2 回目の穿刺位置がわかりやすくなる。また、そのため、焼灼後も焼灼域が予定した治療範囲まで達しているかどうかが明確となりやすいと言え、追加の焼灼も可能となる。

超音波検査は、非侵襲的ではあるが、技量に大きく依存する検査法の一つでもある。そのため、予め作成された治療計画画像は、RFA 治療にこれから携わる者、施設にとっては、シミュレーションとしても役立つと考える。また、RIV により有意な再発率の低下を認める結果とはならなかったが、再発率は施設間により差が大きく、RFA の適応拡大、技量の影響も関係しており、再発率を検討する上での検討項目も施設により様々である。今後、局所再発率を検討して行く上では、RFA の適応の共通化と検討項目の共通化が重要なことではないかと考える。治療支援システムとして RIV は有用であるが、前記の CT から作成した MPR は断面を自由に变化させられることができるのに対し、RIV は過去にとっておいた画像しか参照することができず、予定した方向からの観察であれば参照画像と比較することができるが、それ以外の新しい断面の構築は不可能である。

現在、画像処理能力の向上が著しく画像診断の進歩と共に治療が進歩し、超音波画像も 3 次元超音波や 4 次元超音波などに発展してきている。これにより任意断面の過去画像を参照できるようになることが予想される。今後、画像診断の向上が治療成績の向上に貢献し、さらに発展していくことが期待される。

結 語

RIV は肝細胞癌の RFA の治療支援システムとして有用である。

謝 辞

本稿を終えるにあたり、本研究に関してご指導、ご協力をいただいた内科学第四講座の教室員の方々および東芝メディカルシステム社に対して、心より感謝致します。

文 献

- 1) 森安史典: 肝癌診療の Controversy ラジオ波治療はアルコール注入療法に取って代わるか? 臨床消化器内科 **17**: 1341-1347, 2002
- 2) Rossi S, Fornari F, Buscarini L: Percutaneous ultrasound-guided radiofrequency electrocautery for the treatment of small hepatocellular carcinoma. *J Intervent Radiol* **8**: 97-103, 1993
- 3) McGahan JP, Browning PD, Brock JM, Tesluk H: Hepatic ablation using radiofrequency electrocautery. *Invest Radiol* **25**: 267-270, 1990
- 4) 椎名秀一郎、寺谷卓馬、小尾俊太郎、佐藤新平、小池幸宏、段 佳之、赤松雅俊、藤島知則、吉田英雄、加藤直也、今井康雄、今村雅俊、浜村啓介、白鳥康史、小俣政男: Cool-tip 型電極を用いた経皮的ラジオ波焼灼療法による肝細胞癌の治療。肝臓 **41**: 24-30, 2000
- 5) Ikeda M, Okada S, Ueno H, Okusaka T, Kuriyama H: Radiofrequency ablation and percutaneous ethanol injection in patients with small hepatocellular carcinoma: a comparative study. *Jpn J Clin Oncol* **31**: 322-326, 2001
- 6) Livraghi T, Goldberg SN, Lazzaroni S, Meloni F, Solbiati L, Gazelle GS: Small hepatocellular carcinoma: treatment with radiofrequency ablation versus ethanol injection. *Radiology* **210**: 655-661, 1999
- 7) Khan KN, Yatsushashi H, Yamazaki K, Yamazaki M, Inoue O, Koga M, Yano M: Prospective analysis of risk factors for early intrahepatic recurrence of hepatocellular carcinoma following ethanol injection. *J Hepatol* **32**: 269-279, 2000
- 8) 春日井博志、大崎住夫、岡 博子、工藤正俊、関 寿人: 多施設 (38 施設) 調査に基づくラジオ波治療の現状と問題点 **44**: 632-640, 2003
- 9) Mulier S, Mulier P, Ni Y, Miao Y, Dupas B, Marchal G, DeWever I, Michel L: Complications of radiofrequency coagulation of liver tumors. *British Journal of Surgery* **89**: 1206-1222, 2002
- 10) 小川 真、荒川泰行: 肝癌に対する RFA 治療における造影超音波検査を用いた治療効果判定法。医学のあゆみ 別冊超音波医学最前線-新技術と臨床応用 192-197, 2004
- 11) Sato M, Watanabe Y, Tokui K, Kawachi K, Sugata S, Ikezoe J: CT-guided treatment of ultrasonically invisible hepatocellular carcinoma. *Am J Gastroenterology* **95**(8): 2102-2106, 2000
- 12) Iwasaki T, Mikami E, Shimosegawa T: Multi-Phase Real-time Virtual Sonography: a novel evidence-based imaging for hepatocellular carcinomas: Radiological Society of North America scientific assembly and annual meeting program. Oak Brook, III: Radiological Society of North America **389**, 2004
- 13) Kudo K, Moriyasu F, Mine Y, Miyata Y, Sugimoto K, Metoki R, Kamamoto H, Suzuki S, Shimizu M, Miyahara T, Yokoi M, Horibe T, Yamagata H: Preoperative RFA simulation for liver cancer using a CT virtual ultrasound system. *Eur J Radiol* **61**(2): 324-331, 2007
- 14) Kudo M: New sonographic technique for the diagnosis and treatment of hepatocellular carcinoma. *Hepatol Res* **37**(2): S193-S199, 2007

Reference Image Viewer in Radiofrequency Ablation as a Treatment Support System

Hironori NAKAMURA, Masahiko YAMADA, Eigaku MURASHIMA,
Shigeki ICHIMURA, Junichi TAIRA, Ryo METOKI,
Katsutoshi SUGIMOTO, Yoshihiro FURUICHI,
Yasuharu IMAI, Ikuo NAKAMURA
and Fuminori MORIYASU

Fourth Department of Internal Medicine, Tokyo Medical University

Abstract

Radio frequency ablation (RFA) has become an established local treatment method for liver cancer. RFA treats a patient with ultrasonic guidance during percutaneous needle insertion, deployment and ablation. The surgeon plans the needle entry point and ablation ranges before the treatment, and proceeds with the needle insertion, deployment and ablation according to that plan. As a support for treatment with RFA, we used the Reference Image Viewer (RIV) which displays 2 screens on one monitor, showing the treatment plan imaging on one screen and the ultrasonic imaging in real time, on the other screen. This newly developed RIV can be a support system which can make treatment with RFA more accurate by increasing the objectivity and reproducibility of ultrasonic imaging; facilitating ease and stability of the treatment, regardless of the skill or experience of the surgeon.

<Key words> Radiofrequency ablation (RFA), Ultrasonography, Hepatocellular carcinoma, RIV (Reference Image Viewer)
