

## 総説

## 腎悪性腫瘍のラジオ波焼灼術の画像評価

生口 俊浩<sup>1)</sup>、平木 隆夫<sup>2)</sup>、郷原 英夫<sup>2)</sup>、三村 秀文<sup>2)</sup>、金澤 右<sup>2)</sup><sup>1)</sup> 福山市民病院 放射線科<sup>2)</sup> 岡山大学 放射線科Evaluation of Images of  
Radiofrequency Ablation of Malignant Renal TumorToshihiro Iguchi <sup>1)</sup>, Takao Hiraki <sup>2)</sup>, Hideo Gobara <sup>2)</sup>,  
Hidefumi Mimura <sup>2)</sup>, Susumu Kanazawa <sup>2)</sup><sup>1)</sup> Department of Radiology, Fukuyama City Hospital<sup>2)</sup> Department of Radiology, Okayama University Medical School

## 要旨

主として手術適応外の患者において、悪性腎腫瘍に対する低侵襲治療の一つとして経皮的なラジオ波焼灼術(RFA)が行われている。この治療法に対してCT、MRI、核医学などさまざまな画像検査が、術前・術中・術後に重要な役割を果たしている。特にCTとMRIでの術後の評価においては、いくつかの特徴的な所見が報告されている。現在我が国では、この治療は一部の施設においてのみ施行されているが、その特徴(易実効性、低侵襲性、低い死亡率と合併症率、高い局所制御率)から、今後より多くの施設で施行されることが期待される。本稿では、腎悪性腫瘍に対するRFAにおける画像評価について述べる。

## Abstract

Radiofrequency ablation (RFA) has been used as a minimally invasive therapy for malignant renal tumors, mainly in nonsurgical candidates. Various images, including CT, MRI, and nuclear images, play important roles for this therapy before, during, and after procedures; especially, some characteristic findings after RFA were shown in CT and MRI. Though, now, patients with malignant renal tumors undergo RFA in only some institutions in Japan, we hope that this therapy is performed in more institutions in future because of its many advantages, including feasibility, low invasiveness, low morbidity and mortality, and high tumor control. In this article, we describe the evaluation of various images of RFA of malignant renal tumors.

**Key words** | radiofrequency ablation, kidney, CT, MRI, image

別刷請求先：〒721-8511 広島県福山市蔵王町5丁目23-1  
福山市民病院 放射線科 生口 俊浩  
TEL：084-941-5151 FAX：084-941-5159

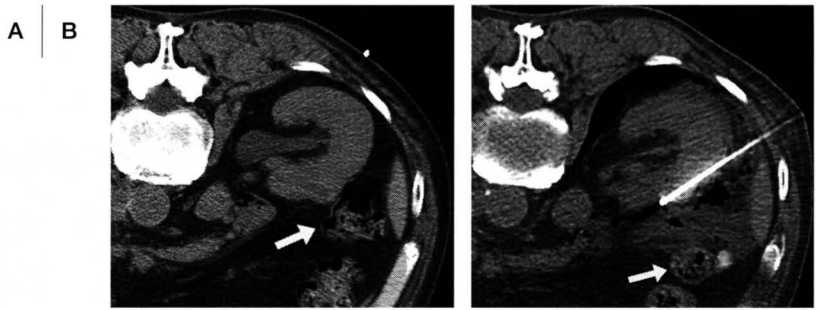


図1.

A：RFA前単純CT像。外方へ突出するRCCと上行結腸(矢印)が近接している。この状態でRFAを施行すると上行結腸壁に穿孔が生じる可能性がある。  
 B：RFA時CT透視像。RCCと上行結腸の間に蒸留水を貯留させることにより、上行結腸(矢印)が離れているのがわかる。この状態なら消化管穿孔の危険はない。

図2. 25歳、男性。

A：RFA前dynamic CT像(皮髄相)。左腎内に12mm大のRCCを認める(矢印)。  
 B：RFA前単純CT像。腫瘍の正確な同定はできず、CT透視下での穿刺は困難である。  
 C：RFA時CT透視像。RFA以前に施行したlipiodolを用いての選択的動脈塞栓術により、腫瘍にlipiodolが集積している(矢印)。これによりCTでは標的腫瘍の同定が容易である。

はじめに

ラジオ波焼灼術(以下RFA)は、電極針を刺入しラジオ波を流すことにより針周囲を凝固壊死させる局所に対する治療法である。現在日本では悪性肝腫瘍にのみ保険適応され、腎腫瘍に関しては一部の施設において先進医療、または自費診療として行われている。他臓器の腫瘍同様、腎腫瘍に対するRFAも低侵襲、高い局所制御率と安全性が報告されている<sup>1)~8)</sup>。通常RFAの適応となる悪性腫瘍は腎細胞癌(以下RCC)であり、腎転移はじめ他の悪性腎腫瘍に対するまとまった報告はない。平均観察期間1年以上の報告では、その局所制御率は90~95%<sup>1)~3)</sup>とされている。主な合併症は出血であり、多くの場合重篤な合併症はきたさない。我々は、2002年5月に本邦で最初にRCCに対して、CT透視を用いて経皮的にRFAを施行した<sup>9)</sup>。以来6年にわたる経験と文献的考察を交えて腎悪性腫瘍に対するRFAにおける画像評価について述べていただく。

腎RFA前

dynamic CTまたはdynamic MRIにより腎腫瘍

の数・大きさ・局在を評価し、用いる電極針の選定、最適な穿刺経路を計画する。右腎前側に存在する場合には、時に経肝的に穿刺することもある<sup>10)</sup>。腫瘍径と腫瘍の局在は重要で、RFAの治療成績に反映される。3cm以下の外方へ突出する腫瘍は100%制御できるとされているが、腎門側へ突出する腫瘍は近接する血管によるcooling effectにより時にRFAでの治療が困難なことがある<sup>2~4)</sup>。加えて、腎門側に突出する場合は近接する構造物の損傷(出血、尿管損傷)、およびこれらによる水腎症・腎機能低下など重篤な合併症が生じることなどから慎重な治療が必要とされる<sup>3)</sup>。

腎RFA中

通常、経皮的な腎RFAはCTガイド下または超音波ガイド下に行われる。我々は多くの場合CT透視ガイド下に施行している。CT透視は、超音波、X線透視と同様に手技中real timeな画像の作成が可能であり、様々なinterventional radiologyの手技においてその有用性は認知されている。超音波ガイド下に腎RFAを施行する場合と比べての問題点として



図3. 60歳、男性。

A：RFA直後の単純CT像。治療直後のRCCは高吸収を呈している（矢印）。周囲には脂肪織の濃度上昇、索状影の出現、Gerota筋膜の軽度肥厚を認める。腎周囲にはごく少量の血腫が生じている（矢頭）。  
B：RFA直後のdynamic CT像（皮髄相）。腫瘍は良好に治療され、造影効果を認めない。



図4. 62歳、男性。

RFA6日後、dynamic CT像（皮髄相）。腫瘍の前側は残存し、三日月状の造影効果が認められる（矢印）。

は放射線被曝が生じること、CTガントリー内での操作がときに困難なことがある。前者に関しては、必要とときのみ最小限の間歇的透視を使用し、かつ線量を落とすなど工夫して使用している。後者に関しては、患者の寝台での位置の工夫や寝台の高さの工夫で対処することがある。

周囲に熱傷害を受ける可能性のある消化管が近接している場合、CO<sub>2</sub>や液体を注入して距離を離して安全にRFAを施行することがある<sup>11)</sup>。注入後には腫瘍と周囲臓器が離れたのが画像上確認できる（図1）。また、治療成績を高めるためにRFA前にlipiodolをもちいての経カテーテル的動脈塞栓術を併用することもあり<sup>12)</sup>、塞栓術後にCTガイド下に腎RFAを施行する際にはlipiodolが標的となり非常にわかりやすい（図2）。

最近ではあらかじめ撮像したCT画像のデータから、超音波と同じ断面を再構成して表示し、超音波ガイド下の穿刺を補助するReal-time Virtual Sonographyを用いた報告もみられる<sup>13)</sup>。

### 腎RFA直後

腎RFA直後の単純CTでは、焼灼腫瘍の高吸収化、周囲脂肪織の濃度上昇、筋膜・腹膜の肥厚、小さなgasなどがみとめられる<sup>14)~16)</sup>（図3）。直後の腫瘍径はRFA前に比して縮小する<sup>17)</sup>。また、ときに合併症もみられる。腎機能低下・過去のアレルギー歴など問題ない限り腎RFA後には造影CTを施行し、不十分な焼灼域、残存病変がないこと、重篤な合併症がないことを確認して終了している。完全に腫瘍が焼灼されていれば造影されることはない<sup>14)</sup>（図3）。もし、腫瘍の残存が確認された場合は同部に追加焼灼を施行し終了している。我々は、第1例目において終了時に

造影CTを施行せず終了し、退院前の確認CTで残存が認められたため、入院を延長し追加のRFAを施行した苦い経験がある（図4）。

### 治療後評価

治療後の画像評価は造影CTまたはMRIを、1ヵ月後、3ヵ月後、6ヵ月後、以後6ヶ月毎に、腎機能検査とあわせて行っている。造影CTが効果判定に最も有効との報告<sup>15)</sup>もあるが、最適な治療評価法、評価時期はいまだ定まっていない。以下CTとMRIでの評価の利点・欠点をあげてみる。

#### <CT>

以前はCTは横断像のみの評価であり、任意の軸による評価は困難であったが、現在CTの多列化にともない任意の軸での再構成による評価も可能となっている。広範な撮影も可能であることから、遠隔転移の有無の評価も同時に可能である。CT検査の欠点としては以下の点があげられる。

- ①放射線被曝が生じる。
- ②造影剤を用いることができない場合（腎機能不良、喘息の既往、造影剤アレルギーの既往など）に残存・再発の評価が困難となる。

#### <MRI>

MRIにはCTにまさる点はいくつかある。

- ①非造影での撮影においても凝固壊死を反映した信号変化（T1強調像での高信号、T2強調像での低信号）をきたす<sup>18), 19)</sup>（図5）。
- ②造影剤の使用の際に腎への負担が少ない。ただし、もともと高信号となっているので造影効果の有無の評価が困難なことがある。この場合にはsubtractionが有用とされる<sup>14)</sup>。

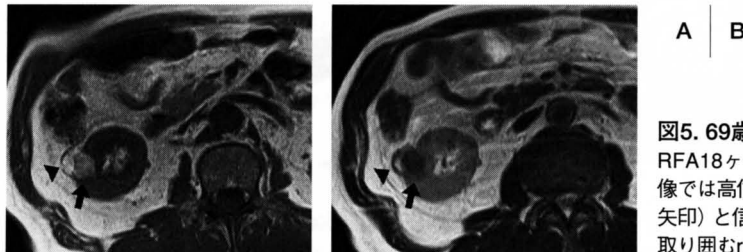


図5. 69歳、男性。  
RFA18ヶ月後のMRI像。腫瘍は凝固壊死を反映しT1強調画像では高信号(図5A、矢印)にT2強調画像では低信号(図5B、矢印)と信号変化をきたしている。周囲脂肪織には腫瘍を取り囲むrimを認める(矢頭)。

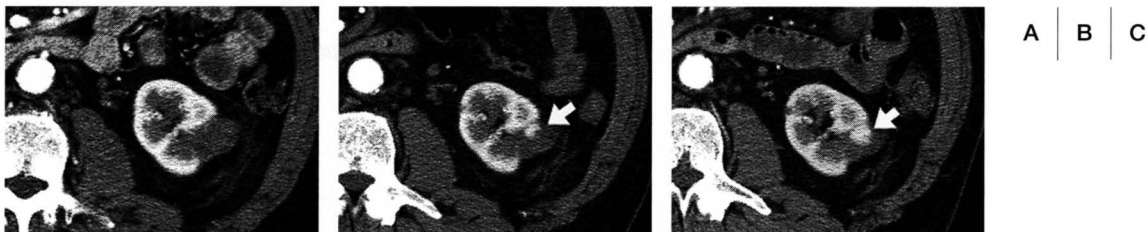


図6. 62歳、男性。  
A：RFA1ヶ月後dynamic CT像(皮髄相)。腫瘍に造影効果はみられず、再発なしと判断した。  
B：RFA6ヶ月後dynamic CT像(皮髄相)。治療した腫瘍の前側に小さな造影結節が出現している(矢印)。  
C：RFA9ヶ月後dynamic CT像(皮髄相)。造影結節はさらに増大している(矢印)、再発である。

逆に欠点は、腎RFA後の評価に限ったことではないが、

- ①MRIの撮影が禁忌・困難となる患者がいる(体内金属、ペースメーカー、閉所恐怖症、同一体位の保持困難など)。
- ②検査時間がCTより長い。
- ③高度腎機能低下患者においては造影剤をもちいることによる腎性全身性線維症(NSF)の発症の危険がある。

<PET>

RFA後の評価として他の臓器ではCT/MRIに加えてFDG-PETが有用とする報告がある<sup>20)</sup>。しかしながら、PETは御存知のとおり腎への生理的な集積が強く腎RFA前後の治療効果の評価には適していない。

治療後の画像変化

CTとMRIを毎回同時に施行して腎RFAの治療評価をすることはおそらくなく、患者に応じてまたは各施設の状況によって使い分けられると思われる。通常RCCは緩徐な発育をきたすため、再発と診断するにはときに時間を要するかもしれない。RFA後の再発は、治療後の持続する腫瘍の増大と、結節状・三日月状の造影領域の出現とその増大と定義している<sup>14)</sup>

(図6)。造影効果に関して、我々は偽病変の除外のためCT値20HU以上の上昇を再発と定義している<sup>21)</sup>が、文献的には10HU以上の上昇を再発と定義しているものもある<sup>1), 5)</sup>。

以下に典型的な治療後の画像変化を述べる。CT/MRIともに共通する変化として(図5、図7)

・腫瘍の不染<sup>1), 3) ~5), 15), 18), 19)</sup>

当然だが、完全に焼灼されている場合には腫瘍は凝固壊死しているため造影されない。

・腫瘍径の不変または経時的な縮小<sup>4), 6), 14), 15)</sup>

これも当然だが、完全制御されている場合には腫瘍がその経過において増大し続けることはない。

・脂肪置換<sup>4), 15), 22)</sup>

外方突出型の腫瘍において腫瘍が縮小したのち、正常腎実質と焼灼腫瘍のあいだに脂肪が入り込んだような像を呈する。

・bull's-eye appearance<sup>4), 14), 15), 19)</sup>

外方に突出する腫瘍において焼灼された腫瘍を取り囲むような薄いrim (halo) がときに出現する。周囲脂肪織の炎症変化によって生じるとされている。

加えて、MRIでは前述のごとく凝固壊死を反映した信号変化(T1WIでの高信号、T2WIでの低信号化)を認める。

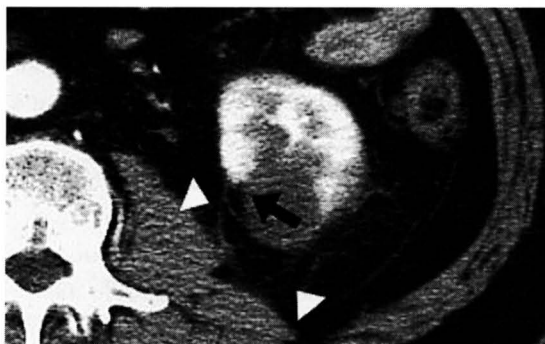


図7. 62歳、男性。

RFA6ヶ月後のdynamic CT像(皮髄相)。焼灼された腫瘍には造影効果はみられず、周囲脂肪織には腫瘍を取り囲むrimが出現(矢頭)。腫瘍と腎実質の間には脂肪が入り込むような像がみられる(矢印)。



図8. 76歳、女性。

RFA3時間後単純CT像。右後腹膜には大量の血腫が認められる。

## 合併症

まれに重篤な、致死的な合併症も報告されているが、諸家の報告では腎RFAは安全な治療とされている。もっとも頻度の高い合併症は出血であり、術中・術直後に出血、血腫を認めることがある(図8)。多くの場合臨床的に問題とはならず、保存的治療で終わるが、時に重篤な出血も生じうる<sup>1),4)</sup>。他の合併症としては消化管損傷、播種、膿瘍、穿刺ルートによっては気胸もある。

## 核医学による腎機能評価

単腎患者においては、腎RFA前後での血漿クレアチニン値、クレアチニクレアランスといった腎機能の変化がそのままRFAによる腎機能への影響として判断できるが、これらでは両腎患者においては治療腎のみの片腎機能の評価できない。今でこそ、RFAによる腎機能への影響は乏しいことが経験的に

も、文献的にもわかっているものの<sup>7),8)</sup>、腎RFAを開始した初期には我々は分腎機能を評価するため腎RFA前後でTc-99m-MAG3 レノグラムを施行し分腎機能を測定していた。その際の検討では、腎RFA前後での腎機能の有意な低下はみられず、加えて両腎患者では、腎RFA後には健側腎に代償機能が働く可能性が示唆された<sup>23)</sup>。

## おわりに

最近では中期的な腎RFAの成績の報告も散見され始めているが、依然として原発性の悪性腎腫瘍に対する基本治療は外科的切除であることに異論はない。しかし、若年のvon Hippel-Lindau病患者、腎機能の低下した単腎患者など腎RFAの適応として大変好ましいと思われる対象があることから、今後は腎RFAに関連する画像を目にする機会が増すかもしれない。その際に本稿が何かしらのお役に立てば幸いである。

## 参考文献

1. Zagoria RJ, Traver MA, Werle DM, et al. Oncologic efficacy of CT-guided percutaneous radiofrequency ablation of renal cell carcinomas. *AJR Am J Roentgenol* 189 (2) : 429-436, 2007.
2. Varkarakis IM, Allaf ME, Inagaki T, et al. Percutaneous radio frequency ablation of renal masses: results at a 2-year mean follow up. *J Urol* 174 (2) : 456-460, 2005.
3. Gervais DA, McGovern FJ, Arellano RS, et al. Radiofrequency ablation of renal cell carcinoma: part 1, indications, results, and role in patient management over a 6-year period and ablation of 100 tumors. *AJR Am J Roentgenol* 185 (1) : 64-71, 2005.
4. Gervais DA, McGovern FJ, Arellano RS, et



- al. Renal cell carcinoma: clinical experience and technical success with radio-frequency ablation of 42 tumors. *Radiology* 226 (2) : 417-424, 2003.
5. Farrell MA, Charboneau WJ, DiMarco DS, et al. Imaging-guided radiofrequency ablation of solid renal tumors. *AJR Am J Roentgenol* 180 (6) : 1509-1513, 2003.
6. Veltri A, De Fazio G, Malfitana V, et al. Percutaneous US-guided RF thermal ablation for malignant renal tumors: preliminary results in 13 patients. *Eur Radiol* 14 (12) : 2303-2310, 2004.
7. Hwang JJ, Walther MM, Pautler SE, et al. Radio frequency ablation of small renal tumors: intermediate results. *J Urol* 171 (5) : 1814-1818, 2004.
8. Johnson DB, Taylor GD, Lotan Y, Sagalowsky AI, Koenemann KS, Cadeddu JA. The effects of radio frequency ablation on renal function and blood pressure. *J Urol* 170 (6 Pt 1) : 2234-2236, 2003.
9. 安井 光太郎、金澤 右、生口 俊浩、他。術後単腎に発生した腎癌に対してラジオ波凝固療法を施行した1例。日本医放会誌 63 (1) : 59-61, 2003.
10. Iguchi T, Hiraki T, Gobara H, et al. Transhepatic approach for percutaneous computed-tomography-guided radiofrequency ablation of renal cell carcinoma. *Cardiovasc Intervent Radiol* 30 (4) : 765-769, 2007.
11. Farrell MA, Charboneau JW, Callstrom MR, et al. Paranephric water instillation: a technique to prevent bowel injury during percutaneous renal radiofrequency ablation. *AJR Am J Roentgenol* 181 (5) : 1315-1317, 2003
12. Arima K, Yamakado K, Kinbara H, et al. Percutaneous radiofrequency ablation with transarterial embolization is useful for treatment of stage 1 renal cell carcinoma with surgical risk: results at 2-year mean follow up. *Int J Urol* 14 (7) : 585-590, 2007.
13. Ukimura O, Mitterberger M, Okihara K, et al. Real-time virtual ultrasonographic radiofrequency ablation of renal cell carcinoma. *BJU Int* 101 (6) : 707-711, 2008.
14. Wile GE, Leyendecker JR, Krehbiel KA, et al. CT and MR imaging after imaging-guided thermal ablation of renal neoplasms. *Radiographics* 27 (2) : 325-339, 2007.
15. Rutherford EE, Cast JE, Breen DJ. Immediate and long-term CT appearances following radiofrequency ablation of renal tumors. *Clin Radiol* 63 (2) : 220-230, 2008.
16. Lui KW, Gervais DA, Arellano RA, et al. Radiofrequency ablation of renal cell carcinoma. *Clin Radiol* 58 (12) : 905-913, 2003.
17. Ganguli S, Brennan DD, Faaintuch S, et al. Immediate renal tumor involution after radiofrequency thermal ablation. *J Vasc Interv Radiol* 19 (3) : 412-418, 2008.
18. Svatek RS, Sims R, Anderson JK, et al. Magnetic resonance imaging characteristics of renal tumors after radiofrequency ablation. *Urology* 67 (3) : 508-512, 2006.
19. Merkle EM, Nour SG, Lewin JS. MR imaging follow-up after percutaneous radiofrequency ablation of renal cell carcinoma: findings in 18 patients during first 6 months. *Radiology* 235 (3) : 1065-1071, 2005.
20. Higaki F, Okumura Y, Sato S, et al. Preliminary retrospective investigation of FDG-PET/CT timing in follow-up of ablated lung tumor. *Ann Nucl Med* 22 (3) : 157-163, 2008.
21. Bae KT, Heiken JP, Siegel CL, et al. Renal cysts: is attenuation artifactually increased on contrast-enhanced CT images? *Radiology* 216 (3) : 792-796, 2000.
22. Matsumono ED, Watumull L, Johnson DB, et al. The radiographic evolution of radio frequency ablated renal tumors. *J Urol*; 172 (1) : 45-48, 2004.
23. Mukai T, Sato S, Iguchi T, et al. Effects of radiofrequency ablation on individual renal function: assessment by technetium-99m mercaptoacetyl triglycine renal scintigraphy. *Acta Med Okayama* 60 (2) : 85-91, 2006.

ダウンロードされた論文は私的利用のみが許諾されています。公衆への再配布については下記をご覧ください。

### 複写をご希望の方へ

断層映像研究会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。

本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(社)学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター((社)学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体)と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はございません(社外頒布目的の複写については、許諾が必要です)。

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会  
〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル3F FAX:03-3475-5619 E-mail:info@jaacc.jp

複写以外の許諾(著作物の引用、転載、翻訳等)に関しては、(社)学術著作権協会に委託致しておりません。

直接、断層映像研究会へお問い合わせください

### Reprographic Reproduction outside Japan

One of the following procedures is required to copy this work.

1. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has concluded a bilateral agreement with an RRO (Reproduction Rights Organisation), please apply for the license to the RRO.

Please visit the following URL for the countries and regions in which JAACC has concluded bilateral agreements.

<http://www.jaacc.org/>

2. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has no bilateral agreement, please apply for the license to JAACC.

For the license for citation, reprint, and/or translation, etc., please contact the right holder directly.

JAACC (Japan Academic Association for Copyright Clearance) is an official member RRO of the IFRRO (International Federation of Reproduction Rights Organisations).

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC)

Address 9-6-41 Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan

E-mail info@jaacc.jp Fax: +81-33475-5619