Original

MR空間における microwave surgery の各種疾患への応用
— 骨盤内腫瘍 —

遠藤善裕¹⁾ 来見良誠¹⁾ 目片英治¹⁾ 田畑貴久¹⁾ 佐藤浩一郎¹⁾
出村公一¹⁾ 井内武和¹⁾ 小川智道¹⁾ 山口 剛¹⁾ 星 寿和¹⁾
塩見尚礼¹⁾ 仲 成幸¹⁾ 花澤一芳¹⁾ 森川茂廣²⁾ 犬伏俊郎²⁾ 谷 徹¹⁾

Application of microwave surgery under MR space mapping — plevic tumor

Yoshihiro Endo¹⁾, Yoshimasa Kurumi¹⁾, Eiji Mekata¹⁾, Takahisa Tabata¹⁾, Koichiro Sato¹⁾,
Koichi Demura¹⁾, Takekazu Iuchi¹⁾, Tomomichi Ogawa¹⁾, Tsuyoshi Yamaguchi¹⁾, Hisakazu Hoshi¹⁾,
Hisanori Shiomi¹⁾, Shigeyuki Naka¹⁾, Kazuyoshi Hanasawa¹⁾, Shigehiro Morikawa²⁾, Toshiro Inubushi²⁾ and Tohru Tani¹⁾

Abstract

Microwave has been used to ablate liver tumor for 15 years, however, there was no imaging technique that monitor the effect during the treatment. Since application of MR space mapping technique by the open vertical MRI, we could delineate real time internal architectural change in multiple imaging planes simultaneously. We have successfully treated locally advanced pelvic tumors with this approach. In the article we will review the technique and short term outcome.

Key words : MR-Navigation System, MR-space, microwave surgery, pelvic tumor

Accepted on Aug. 6, 2004

滋賀医科大学外科学講座¹⁾, MR医学総合研究センター²⁾ 〒520-2192 大津市瀬田月輪町

Department of Surgery¹⁾, Biomedical MR Science Research Center²⁾, Shiga University of Medical Science
Address : Seta Tukinowa-cho, Ohtsu-city, Shiga, 520-2192, Japan

緒 言

マイクロ波凝固装置が開発されてから既に25年が経過した¹⁾。肝切除術において出血をコントロールするための使用法が主体であった時期を経て、肝腫瘍マイクロ波凝固療法が開発された。肝腫瘍マイクロ波凝固療法が肝腫瘍に対する局所制御療法の主役になって以来、15年が経過している。この間、肝臓以外の臓器への応用も進み、現在では体内の至るところで使用されつつある。しかしながら、生体内部の変化を観察できる検査機器がないため、その応用範囲には限界がある。マイクロ波凝固時の臓器内部の変化はマイクロ波凝固時に微小気泡が発生するため、超音波では観察できなくなることが、その普及に影響を与えている可能性も否定できない。2000年1月に当院に導入された縦型オープンMR装置は、MR装置内での手術が可能な装置で、リアルタイムに内部構造の変化を観察することが可能である(図1)。本装置を用いることにより、マイクロ波凝固装置本来の性能を最大限に引き出し、より多くの臓器への臨床応用が可能になると考える。局所進行骨盤腫瘍に対する治療法として、MR環境下マイクロ波凝固療法を施行したので、治療の基本手技と有効性について報告する²⁾⁻²¹⁾。

I. 症例 1

68歳、男性。直腸癌術後、仙骨に浸潤する直腸癌再発を認めた。開腹による腹腔内からのマイクロ波凝固療法の適応と考え、開腹下MR環境下マイクロ波凝固療法を予定した。再発腫瘍を開腹手術により可及的に摘出した後、残存した仙骨浸潤腫瘍に対してMR環境下マイクロ波凝固療法を施行した(図2)。マイクロ波凝固療法中、温度計測モニターにより腫瘍部位の十分な温度上昇を認めた。また、その背側にある神経周囲の温度上昇が見られないことをリアルタイムMR温度画像で確認し、治療の有効性が明らかになった。マイクロ波凝固中も微小気泡の影響を受けることなく鮮明なリアルタイムMR画像が表示されていたため、安全かつ確実な治療を施行し得た。

II. 症例 2

71歳、男性。2001年8月、直腸癌に対して直腸切断術施行。2003年6月、臀部痛が出現し、CT画像にて再発が認められたため当科紹介受診となった。仙骨右側前面に再発腫瘍が見られマイクロ波凝固療法が可能であると判断し、開腹によるMR環境下マイクロ波凝固療法を予定した。開腹下に周囲臓器を剥離し、腫瘍部位を生検することによって悪性所見を確認した後、MR環境下マイクロ波凝固療法を施行した。再発腫瘍近傍の腸管を剥

図1 オープンMR装置 (GE社製Signa SP/i)
ベッドの接続は前方、側方のいずれも可能。

離し、樹脂製の円筒を用いて周囲組織との間に治療に必要な操作スペースを作製し、骨盤内に腫瘍残存部のみと

なるようにした後、MR 環境下経皮マイクロ波凝固療法を施行した (図 3 ~ 5)。

図 2 開腹による術野の確保

A : リアルタイム MR 画像, B : 術野, C : リスライス画像 (軸断図), D : リスライス画像 (矢状断図)。

図 3 開腹 MR 環境下マイクロ波凝固療法 (術野)

A : 開腹による剥離操作, B : アクリル円筒の挿入と腸管の圧排, C : 腫瘍直上の自由空間の確認, D : Scan Plane Pointer を用いたリアルタイム MR 画像の断面設定。

図 4 MR-Navigation Surgery (術中画像)

A : 仙骨直上の矢状断リアルタイム MR 画像
B : 仙骨右方 2 cm の矢状断リアルタイム MR 画像
C : 仙骨右方 4 cm の矢状断リアルタイム MR 画像

図5 MR-Navigation Surgery (術中温度画像)

A:リアルタイムMR画像(矢状断面), B:リアルタイムMR画像(軸断面), C:シリンダービームナビゲーション画像, D:バーチャル画像(矢状断面), E:バーチャル画像(軸断面).

Ⅲ. MR空間における骨盤内腫瘍に対する microwave surgeryの手技

骨盤内腫瘍へのアプローチには、経腹的アプローチと経皮的アプローチがある。腫瘍周辺に腸管や膀胱が見られず会陰部からの距離が短い症例や、臀部より穿刺可能な症例などに対しては経皮的アプローチが用いられる。経皮的アプローチが困難な症例には、開腹して癒着剥離操作を行い、更に腫瘍を可及的に切除した後、残存腫瘍に対してMR環境下マイクロ波凝固療法を行っている。MR環境下マイクロ波凝固療法には、独自に開発した各種ソフトウェアを統合したMRナビゲーションシステムを用いているので、その詳細を紹介する。

当院に導入されている0.5 T垂直型オープンMR装置(GE社製Signa SP/i)は、2秒ごとに撮像されたリアルタイムMR画像を装置内の液晶モニターに表示できる装置である。撮像の断面は、術者が持つscan plain pointerで決定される。この機能に統合画像処理ソフトを用いることにより、作製された3D仮想画像をリアルタイム画像と同期させ、同一画面上に表示して治療を行う。ターゲティングには円筒状の凝固領域を表すシリンダービームで仮想画像に書き込まれた腫瘍を狙い、それに追従してリアルタイムMR画像が表示される。そのリアルタイムMR画像を見ながら実際の穿刺を行う。穿刺針は外套針を用い、外筒を通してマイクロ波電極を挿入し、マイクロ波凝固を行う。マイクロ波凝固は通常は60 W・60秒を1セッションとし、必要に応じて複数回の凝固を行っている。当科で開発したMRナビゲーションシステムでは、リアルタイム画像で描出困難な症例の治療も可能である。治療中の経過を温度画像で表示することも可能であり、安全かつ確実な腫瘍の焼灼ができる

22) - 23)

Ⅳ. 考察

MR空間はオープンMR装置内でMR画像の撮像可能な空間と定義している。この空間においては、従来のmicrowave surgeryは、MR対応の器具に置き換えることにより施行可能になる。オープンMRでは、リアルタイムMR画像を装置内のモニターに表示できるため、超音波で獲得できない別の画像情報を獲得できる利点は大きく、その使用意義は大きい。

再発大腸癌は癌化学療法が無効な症例も多くみられ、放射線治療のほか、マイクロ波やラジオ波による焼灼療法が行われているが、治療中にリアルタイムに効果を把握する手法がないため、必要十分な治療が行われたかどうかの判断が困難であった。

当科で開発したMR空間におけるナビゲーション外科の特徴は、①描出困難な腫瘍の治療が可能、②治療中に内部構造の変化の観察が可能、③治療域・未治療域の描出が可能、④未治療域への術中治療プランニングが可能、などの特徴があり、これらを利用することにより、リアルタイムに治療が有効であることのエビデンスが得られ、より精度の高い治療が可能となる。

他臓器への応用として、現在までに頸部腫瘍、乳腺腫瘍、膵癌腹壁転移などの軟部腫瘍に対するMR環境下microwave surgeryを導入しており、今後更にその応用の場を拡張する方針である。

(本疾患へのmicrowave surgeryの臨床応用は、本学倫理委員会の承認を得て施行したものである。)

References

- 1) Tabuse K : A new operative procedure of hepatic surgery using microwave tissue coagulator. Arch Jpn Chir **48** : 160-172, 1979
- 2) 来見良誠, 谷 徹, 花澤一芳, 仲 成幸, 目片英治, 村田 聡, 田村祐樹, 遠藤善裕, 小玉正智, 石塚義之, 新谷 寛, 馬場忠雄, 山崎道夫, 古川 顕, 村田喜代史, 森川茂廣, 犬伏俊郎 : MRガイド下肝腫瘍穿刺術におけるスぺーサの有用性. 肝臓 **41** : 507-508, 2000
- 3) 来見良誠, 谷 徹, 花澤一芳, 仲 成幸, 小玉正智, 馬場忠雄, 村田喜代史, 野坂修一, 森川茂廣, 犬伏俊郎 : リアルタイム画像を用いた垂直アクセスによるMRガイド下肝腫瘍マイクロ波凝固壊死療法. 臨床外科 **55** : 1199-1202, 2000
- 4) 森川茂廣, 犬伏俊郎, 松田昌之, 来見良誠, 藤村昌樹, 野坂修一, 村田喜代史, Viswanathan Seshan : インターベンション治療における縦型オープンMR装置の初期経験. 日磁医誌 **21** : 41-47, 2001
- 5) Morikawa S, Inubushi T, Kurumi Y, Naka S : Feasibility of microwave ablation by MR-guided interstitial thermal therapy : An experimental study using 2T MR system. 日磁医誌 **21** : 79-84, 2001
- 6) 来見良誠, 谷 徹, 仲 成幸, 佐藤浩一郎, 遠藤善裕, 花澤一芳, 森川茂廣, 犬伏俊郎, 野坂修一, 村田喜代史 : 多方向アクセスによるMRガイド下肝腫瘍マイクロ波凝固療法. J Microwave Surg **19** : 99-103, 2001
- 7) 来見良誠, 仲 成幸, 遠藤善裕, 花澤一芳, 谷 徹, 森川茂廣, 犬伏俊郎, 山崎道夫, 古川 顕, 村田喜代史, 石塚義之, 馬場忠雄, 野坂修一 : 垂直型オープンMR装置を用いたMRガイド下肝腫瘍治療. 日磁医誌 **21** : 170-180, 2001
- 8) 森川茂廣, 犬伏俊郎, 来見良誠, 仲 成幸, 谷 徹, 手塚 圭, 脇街道孝一, Viswanathan Seshan : MRガイド下Microwave Surgeryにおけるノイズの問題とその対策. J Microwave Surg **19** : 35-38, 2001
- 9) 谷 徹, 仲 成幸, 来見良誠, 遠藤善裕, 森川茂廣, 村田喜代史 : 腹部病変に対するオープンMRIを用いたMicrowave Surgery : Radiology Frontier **5** : 31-36, 2002
- 10) 仲 成幸, 来見良誠, 清水智治, 近藤浩之, 目片英治, 内藤弘之, 川口 晃, 阿部 元, 遠藤善裕, 花澤一芳, 谷 徹, 森川茂廣, 石塚義之, 山崎道夫, 古川 顕 : MRIナビゲーションによるTumor Ablation —肝腫瘍マイクロ波凝固療法の新たな展開—. 癌と化学療法 **28** : 1591-1594, 2001
- 11) 来見良誠, 谷 徹, 仲 成幸, 遠藤善裕, 清水智治, 花澤一芳, 森川茂廣 : MR監視下肝腫瘍マイクロ波凝固療法. 臨床消化器内科 **17** : 523-528, 2002
- 12) 仲 成幸, 来見良誠, 遠藤善裕, 花澤一芳, 森川茂廣, 谷 徹. MRIガイド下における肝腫瘍治療 手術 **56** : 1053-1059, 2002
- 13) 谷 徹, 来見良誠, 森川茂廣, 腹部外科とナビゲーションサーージェリー. 手術 **56** : 1451-1460, 2002
- 14) 来見良誠, 森川茂廣, 仲 成幸, 近藤浩之, 遠藤善裕, 花澤一芳, 谷 徹, 犬伏俊郎, Viswanathan Seshan, 波多伸彦 : 3Dスライサーを用いた腹部外科領域におけるNavigation Surgery. J JSCAS **3** : 185-186, 2001
- 15) 森川茂廣, 犬伏俊郎, 来見良誠, 椎野顕彦, 鈴木幹男, Viswanathan Seshan, 波多伸彦 : MRガイド下手術における新しいデバイスとソフトウェア. J JSCAS **3** : 123-124, 2001
- 16) 谷 徹, 来見良誠, 遠藤善裕, 仲 成幸 : 垂直型オープンMRIを用いた癌治療. 血液・腫瘍科 **44** : 195-202, 2002
- 17) Morikawa S, Inubushi T, Kurumi Y, Naka S, Sato K, Tani T, Yamamoto I, Fujimura M : MR-guided microwave thermocoagulation therapy of liver tumors : Initial clinical experiences using a 0.5T open MR system. Magn Reson Imaging **16** : 576-583, 2002
- 18) 森川茂廣, 犬伏俊郎, 来見良誠, 仲 成幸, 佐藤浩一郎, 椎野顕彦, 波多伸彦, Viswanathan Seshan, Hasnine A. Haque : リアルタイムMR画像ガイド下手術へのカスタマイズしたナビゲーションソフトウェアの統合. J JSCAS **4** : 27-33, 2002
- 19) 遠藤善裕, 目片英治, 塩見尚礼, 仲 成幸, 来見良誠, 花澤一芳, 谷 徹 : 進行・再発大腸癌に対するinterventional MR navigation surgery. 外科 **65** : 1147-1152, 2003
- 20) Morikawa S, Inubushi T, Kurumi Y, Naka S, Sato K, Tani T, Haque HA, Tokuda J, Hata N : New assistive devices for MR-guided microwave thermocoagulation of liver tumors. Acad Radiol **10** : 180-188, 2003
- 21) Morikawa S, Inubushi T, Kurumi Y, Naka S, Sato K, Demura K, Tani T, Haque HA, Tokuda J, Hata N : Advanced computer assistance for magnetic resonance-guided microwave thermocoagulation of liver tumors. Acad Radiol **10** : 1442-1449, 2003
- 22) 森川茂廣, 犬伏俊郎, 来見良誠, 仲 成幸, 谷 徹, 手塚 圭, 脇街道孝一, Hasnine A. Haque : マイクロ波出力と針状電極の形状による加温領域への影響 —MR温度画像を用いた連続的モニタリング—. J Microwave Surg **20** : 27-33, 2002
- 23) 森川茂廣, 犬伏俊郎, 来見良誠, 仲 成幸, 佐藤浩一郎, 出村公一, 谷 徹, 脇街道孝一, Hasnine A. Haque : 肝腫瘍マイクロ波凝固治療におけるMR温度モニタリングの改良. J Microwave Surg **21** : 43-47, 2003