マイクロ波と解離電流の同時通電法による 経皮的マイクロ波凝固療法

森 一成, 田伏 克惇, 杉本 恵洋, 辻 毅
岡 正巳, 朝野 聡, 尾崎 敬, 平井 久也

Percutaneous microwave coagulation therapy by the the new synchronous use of microwave and dissociating electric current method

Kazunari Mori, Katsuyoshi Tabuse, Yoshihiro Sugimoto, Takeshi Tsuji
Masami Oka, Satoshi Asano, Takashi Ozaki and Hisaya Hirai

Abstract

The synchronous use of microwave irradiation (50–60 Watt) and dissociating electric current (20mA) was newly applied to the percutaneous microwave coagulation therapy. The color evaluation in the albumen of eggs revealed that the microbubbles generated by synchronous dissociating electric current prevented the coagulated albumen from gluing on the needle–electrode. The fine needle–electrode which was 250 mm in length and 1.6mm in diameter produced by Heiwa Electronic Co. Ltd. was used for the microwave coagulation of the tumors through the Tru–Cut biopsy needle under ultrasound guidance. This method was newly applied to 2 clinical cases. The case 1 was the 74 female, metastatic liver cancer patient, who had the history of colectomy and left lobectomy of the liver. The target was the solitary 2.5 cm sized lesion located in the Couinaud's segment 6. The enhanced CT scan after the microwave coagulation therapy revealed that the lesion became 3 cm sized low density area, which implied the lesion was successfully coagulated. The case 2 was the 63 male, recurrent hepatocellular carcinoma patient, who had the history of partial resection of the liver and transcatheter arterial embolization. The targets were multiple but they were less than 2 cm in diameter. After the treatment, the tumor stains were disappeared on the dynamic CT scan. The outcome of these cases were 14 months and 12 months survival after the treatment, respectively. It is demonstrated that the liver tumor less than 3 cm in diameter may become therapeutic indication of the percutaneous microwave coagulation therapy by the synchronous use of microwave irradiation and dissociating electric current.

国立大阪南病院 外科 〒586 大阪府河内長野市木戸町 677-2
Department of Surgery, Osaka–Minami National Hospital
Address : 677-2, Kido-cho, Kawachinagano, Osaka, 586, Japan

緒 言

細径の電極を用いたマイクロ波凝固では、電極に至る同軸ケーブル内での出力減衰や、定常波発生による細径電極内での発熱そのものによる耐用性の点で、手術用針状電極に比較して凝固力が弱い。したがって、いかにして広範囲にマイクロ波凝固ができるかを工夫することは、肝腫瘍の経皮的凝固療法の成否の鍵となる。今回、この目的のために効率性を上げる工夫として、マイクロ波と解離電流を同時に通電しながら間歇的照射する新しい方法を2症例に施行したので方法とその効果について報告する。

対象と方法

1. 卵白凝固実験

室温下の卵白中に細径のマイクロ波凝固電極を浸し、MW (60W)・DC (20mA) 同時通電・30秒間歇照射およびMW (60W) 単独・30秒間歇照射を行い、新しい同時通電法と従来の方法の違いを電極の周囲に生じる蛋白凝固物の形状で肉眼的に観察し評価した。

マイクロ波発信装置は、Microtazeの本体をマイクロ波と同時に解離電流も通電するように一部改造して使用した。マイクロ波凝固電極は、外径1.6mm、軸の長さ250mm、先端アンテナの長さ10mm規格の製品を使用した (Fig.1)。

2. 臨床例

症例1: 74歳, 女性。直腸癌異時性肝転移に対し, 1992年3月, 肝左葉切除を施行したが, 1993年5月, 残肝の後下亜区域に 2.5×2.0 cmの新たな転移病巣が見つかった。患者は高齢であり, 再度の肝切除より非侵襲な治療が好ましいと判断し, 1993年7月, 経皮的マイクロ波凝固療法を施行した。

症例2: 63歳, 男性。多発肝細胞癌に対し, 1990年2月, S₃とS₅2箇所 of 非定型的肝切除を施行した。術後残肝再発に対し, 1992年2月, 8月および1993年5月の3回, 経カテーテル的肝動脈塞栓療法を施行したが, その後も次々とdynamic CTで濃染する肝内再発病巣が見つかった。これら経過中に発生した新たな病巣に対して, 経皮的マイクロ波凝固, 小開胸・経横隔膜的マイクロ波凝固, およびlipiodol-TAEを施行した。標的とした腫瘍の大きさは30mmまでであった (Tab.1)。

Fig.1 The fine needle-electrode of the microwave produced by Heiwa Electric Co. Ltd. is 250 mm in length and 1.6 mm in diameter

Tab.1 Clinical cases

	patient	past history	lesion	indication
1	74y female metastatic liver cancer	・ operation for the rectal cancer ・ left hepatectomy	S ₆ 2.5 × 2.0 cm	・ high age ・ history of hepatectomy
2	63y male hepatoma	・ partial resection for the multiple hepatoma ・ 3 times of TAE	S ₅ 1.9 × 1.6 cm	・ unsatisfactory effect of the TAE

Fig.2 Illustration of the technique of microwave coagulation therapy is shown
In this time, the technique of (b) was chosen.

Tab.2 The time schedule of the microwave irradiation

Case1	60watt	20watt	60watt	20watt	60watt	20watt
	→	→	→	→	→	→
	30sec.	30sec.	30sec.	30sec.	10 cycle	30sec.
Case2	60watt	20watt	pull back			
	→	→	electrode 1cm			
	30sec.	30sec.	3 cycle			
	60watt	20watt	60watt	60watt	60watt	
	→	→	→	→	→	
	30sec.	30sec.	10 cycle	30sec.	30sec.	30sec.

マイクロ波発信装置およびマイクロ波凝固電極は、前述の卵白凝固実験に使用したのと同じ規格を使用した。マイクロ波凝固電極の腫瘍への穿刺は、超音波画像誘導下に標的を穿刺したdilator付きsheath、もしくはTru-cut biopsy needleの外筒内に凝固電極を挿入し、先端を腫瘍の中心軸に誘導した (Fig.2) ¹⁾。マイクロ波・解離電流同時通電は、間歇的に強弱をつけ繰り返し行った (Tab.2)。治療効果はCTで追跡した。

結 果

1. 卵白凝固実験

MW単独・間歇照射した場合と異なり、MW・DC同時通電・30秒間歇照射では、①凝固電極先端1cmのア

ンテナ部分で小さい気泡が生じ、②その部分での卵白凝固物の付着が少なく、③細かい泡が連なって液面に向かって延びてゆくのが観察された (Fig.3)。

2. 臨床例

症例1：治療後の造影CTで、標的部位は内部が辺縁に比べてややdensityの高い、径約3cmのlow density areaを呈した (Fig.4)。治療中、治療後の合併症はなかった。多数の肝内転移と肝門部リンパ節転移を生じたものの、治療後1年2か月経過した現在、PTCD tubeを内瘻化して外来通院中である。

症例2：初回治療 (1993年8月) は、S₅の病巣を標的とし、径約2cmのlow density areaを呈した (Fig.5)。

Fig.3 The color evaluation in the albumen of eggs is shown
 Left : Synchronous use of microwave irradiation (60 Watt) and dissociating electric current (20mA), every 30 seconds intermittent.
 Right : Microwave irradiation (60 Watt), every 30 seconds intermittent.

Fig.4 Enhanced CT scan after the percutaneous microwave coagulation therapy of the case 1 shows the 3 cm sized low density area

Fig.5 Enhanced CT scan of the case 2 after the coagulation therapy shows the 2 cm sized low density area

なお、凝固部位の一部に既往のTAEのによるリビオドールの残存が見られる。この標的(病巣①)には、1993年9月にTAEと、1993年10月にもう1度、第2回の凝固を施行した。しかし、その後dynamic CT

(1994年2月)で、初回標的とした病巣の後区域寄りに、新たな病巣②が確認された(Fig.6)。これに対し、1994年3月、第3回の経皮的凝固(マイクロ波60ワッ

Fig.6 Clinical course of the case 2 by dynamic CT scan is shown

Three times treatments of the percutaneous therapy under local anesthesia (the 1st. and the 2nd. treatment for the lesion ① located in the Couinaud's segment 5, and the 3rd. treatment for the lesion ② in the segment 5), and the trans-diaphragmatic treatment under general anesthesia (the 4th. treatment for the lesion ③ in the segment 5 and the lesion ④ in the segment 6) were performed during the period from August, 1993 to April, 1994.

1994. 2. 2 : The low density area is the lesion ① after percutaneous treatment. In the same slice of the CT scan the tumor stain of the lesion ② is seen.

1994. 3. 29 : The low density areas are the lesion ① and ② after percutaneous treatment. The tumor stain of the lesion ② has disappeared. The tumor stain of the lesion ③ and ④ are seen.

1994. 4. 19 : The low density areas are the lesion ③ and ④ after trans-diaphragmatic treatment. All the tumor stain has disappeared.

ト・解離電流 20mA・同時通電, 30 秒間歇照射, 計 20 回) を施行した。標的は治療後の dynamicCT (3 月 29 日施行) で径約 3cm の low density area を呈し, 腫瘍濃染は消失した。しかし, この時さらに 2 個の新たな腫瘍濃染 (病巣③, ④) が下大静脈寄りに認められた。これらは US での描出が困難であったため, 経皮的治療は断念し, 1994 年 4 月, 小開胸, 経横隔膜的に穿刺し, マイクロ波凝固を行った。いずれの治療中にも合併症はなかったが, 開胸・経横隔膜的治療後に開胸手術創に持続的に排膿する難治性の瘻孔が生じた。1994 年 8 月, 肺転移にて癌死した。

考 案

細径の経皮電極の凝固力を増強させる工夫として, 最近, 新しく 2 つ試みた。1 つは体外 RF 波との combination 法で, マイクロ波による経皮電極先端のアンテナ部分の発熱に, 体外 RF 波が引き起こす電流損による経皮電極全体の発熱が加わり, マイクロ波単独の場合と比較して大きい範囲の凝固の得られることが確認できた²⁾。

他の 1 つの工夫は, 本文で記したマイクロ波と解離電流を同時に間歇的に強弱をつけて通電する方法である。

Fig.7 The intraoperative photograph shows the percutaneous microwave coagulation therapy

すなわち、解離電流通電は電気化学作用によってマイクロ波電極周辺に水分を凝集させるもので³⁾、電極抜針が円滑に行えるように、肝切除時には、マイクロ波凝固を1回完了する度に引き続き20秒間の通電を行ってきた。しかし、マイクロ波・解離電流の両者を同時に通電できるマイクロ波凝固装置の改良試作品を1993年夏に作成し肝切除に使用したところ、肝表面から刺入したmonopolar型電極やblade型電極への凝固組織の付着がないばかりか、マイクロ波の凝固に要する時間も短縮した⁴⁾。そこで今回、初めて細径の電極によるマイクロ波凝固にもこの新装置を用いた。

マイクロ波凝固装置の特徴はマイクロ波を電極周囲に集束させたことであるから⁵⁾、マイクロ波の影響の及ぶ範囲は限られており、この事実が肝実質切離の際に残肝障害の範囲が予測できる根拠⁶⁾、すなわちマイクロ波凝固装置を肝切除に応用する場合の安全性の根拠の1つでもある。しかるに、経皮的経肝的に用いた場合、同時通電法ではより広い範囲で組織の凝固壊死が得られると考える根拠は何か。1つに、同時通電法では解離電流により凝集した水分が常に電極と電極の刺入した組織との間を充填し、マイクロ波の伝達効率を高めたと考えられる。また今回、30秒間隔の強弱を間歇的に

Fig.8 The intraoperative photograph shows the trans-diaphragmatic microwave coagulation therapy by US guidance

行った、これは連続使用することによる電極の破損を危惧したこともあるが、この弱通電の期間中に凝固の及ばない周囲の組織中の水分が凝固部に拡散してくることを期待した。腹部超音波像で約20分間凝固治療の過程を観察すると、治療の始めにはmicro bubbleによるhyperechoic areaがどんどん拡散していくのが観察されるが、約10分間経過すると、かえってhyperechoic areaが縮小することをよく経験する。すなわち、マイクロ波凝固の熱は水分の内部誘電加熱によるので、マイクロ波の及ぶ電極周囲の組織に水分を含むことが発熱には必須である。その水分はマイクロ波により熱い水蒸気になり、電極周囲の水が全く枯渇するまで、次々と発生してくる水蒸気の圧に押されて肝のグリッソン内の疎な結合織に添って周囲に拡散し、マイクロ波の誘電加熱が直接及ぶ領域外まで押し広げられ、周囲の組織が加熱されと考えられる。

細径の電極を用いたマイクロ波凝固療法では、電極に至るまでの途中の出力減衰や電極そのものの耐熱性など制限が多い。肝腫瘍を穿刺し、1回の治療で完全に凝固壊死させることを期待する場合、今後、1つの病巣に対しても複数の凝固電極による治療を加えることなど、さらなる工夫が必要である。

結 語

マイクロ波と解離電流を同時に通電しながら間歇的照射する新しい方法を2症例に施行した。CT上最大3cmの変化を認め、治療後約1年の生存が得られた。

文 献

- 1) Tabuse, Y., Tabuse, K., Mori, K., Nagai, Y., Kobayashi, Y., Egawa, H., Noguchi, H., Yamaue, H., Katsumi, M. and Nagasaki, Y.: Percutaneous microwave tissue coagulation in liver biopsy: experimental and clinical studies. Arch. Jpn. Chir., 55: 381-392, 1986.
- 2) 森 一成, 田伏克惇, 田伏洋治, 銭谷利男, 脇海道孝一: 経皮的マイクロ波凝固とRF波の併用法に関する基礎的検討. Journal of Microwave Surgery, 11: 25-32, 1993.
- 3) 銭谷利男: マイクロ波の誘電加熱とマイクロ波手術器の安全対策. マイクロウェーブ・サージェリー, 6: 3-13, 1988.
- 4) 田伏克惇: 内視鏡下外科手術の進歩マイクロウェーブ. 出月康夫編. 消化器外科セミナー 55. ヘルス出版, 東京, p45-50, 1994.
- 5) Tabuse, K.: A new operative procedure for hepatic surgery using a microwave tissue coagulator. Arch. Jpn. Chir., 48: 160-172, 1979.
- 6) 森 一成, 谷村 弘, 田伏克惇, 田伏洋治, 永井裕吾, 辻 毅, 中井健裕, 矢本秀樹: マイクロ波組織凝固装置使用肝切除の術後CT像における断端近傍 low density areaの経時的変化. Journal of Microwave Surgery, 9: 15-22, 1991.