

マイクロ波凝固法による脾温存法  
—脾損傷における止血性の実験的検討—

和歌山県立医科大学消化器外科教室（指導：勝見正治教授）

小林 康人, 田伏 克惇, 田伏 洋治, 青山 修, 江川 博  
永井 祐吾, 森 一成, 山上 裕機, 東 芳典  
辻 毅, 勝見 正治

〔原稿受付：昭和59年11月26日〕

Microwave Surgery for Splenic Preservation:  
An Experimental Study

YASUHITO KOBAYASHI, KATSUYOSHI TABUSE, YOJI TABUSE, OSAMU AOYAMA,  
HIROMU EGAWA, YUGO NAGAI, KAZUNARI MORI, HIROKI YAMAUE,  
YOSHINORI AZUMA, TAKESHI TSUJI and MASAHARU KATSUMI

Department of Gastroenterological Surgery, Wakayama Medical College  
(Director: Prof. MASAHARU KATSUMI)

Experimental studies on hemostatic performance for splenic injury using a microwave tissue coagulator (MTC) devised by us were carried out in mongrel dogs.

Coagulating time and bleeding volume during the hemostatic procedure, and the histology of the coagulated stumps by MTC were examined as compared with those by electrocautery (EC). Splenic parenchymal defects, 6 mm in diameter and 5 to 10 mm in depth, using an ulcer maker were made as a splenic injury model. After complete hemostasis, the microangiogram was taken, inserting a cannula into the splenic artery and perfusing with heparinized saline and barium sulfate. The coagulated stumps were examined immediately, 1, 2, and 4 weeks after operation respectively.

MTC provided more effective results than EC in intraoperative hemostasis of the injured spleen. The microangiogram revealed the complete obstruction of splenic arterioles, and coagulated stumps healed in more favorable process in MTC group than in EC group.

These results suggest that this apparatus may well be recommended as a quite useful medical electronics in the splenic surgery.

Key words: Microwave surgery, Microwave tissue coagulator, Splenic preservation, Partial splenectomy, Splenic injury.

索引語：マイクロ波凝固法，マイクロ波メス，脾温存法，脾部分切除，脾損傷。

Present address: Wakayama Medical College, 1, 7-bancho Wakayama city, 640, Japan.

## 緒 言

外傷性脾損傷や術中脾損傷は腹腔内出血の原因として代表的なものであり、その頻度は高く、外科的治療の対象となるが、止血の困難さから従来より脾摘術が行われることが多かった。しかし近年、成人においても、免疫能低下による脾摘後敗血症が注目を集め、脾の温存が重要視されるようになってきた。脾損傷の程度により、なるべく局所的止血、縫合、部分切除にとどめ、脾の挫滅が強い場合でも自家移植により脾の温存が試みられつつある。

当教室では肝、脾などの実質性臓器の凝固止血、切除、および消化管の腫瘍あるいは潰瘍性病変の凝固止血にマイクロ波メスを応用してきたが<sup>(1)(16)(17)(21)(22)(23)</sup>、脾臓外科領域においてもその止血性に注目し、1980年12月15日、世界で初めて脾嚢腫症例に応用し、部分切除に成功して著者の二人、Tabuse らが報告した<sup>24)</sup>。本稿ではマイクロ波メスの脾損傷における止血性および凝固断端の治癒過程について実験的に検索し、脾温存における本法の有用性につき電気メスと比較検討したので報告する。

## 実験材料および方法

体重 10 kg の雑種成犬10頭を用い、GOF による全身麻酔下に開腹し、以下の実験を行った。マイクロ波メス (microwave tissue coagulator, 以下 MTC, Microtaze<sup>®</sup>, 平和電子 K. K. 製) では発振周波数 2450 MHz, 最大出力 150 watt を用い、凝固条件は 50 watt, 電気メス (以下 EC, MERA-E-55 RP, 泉工医科工業

K. K. 製) では凝固 position 4~6 であった。

脾損傷モデルとしては、トレビンを用い、脾門部に向って直径 6 mm, 深さ 5~10 mm の円筒状の脾欠損部を一頭あたり 6 個作製した (図 1)。

脾損傷作製直後より 1 分間の出血量を重量法により測定後、MTC あるいは EC で止血が完全となるまで凝固を行い、止血に要した時間およびその間の出血量を測定した。この実験はヘパリン使用群と非使用群に分けて行い、使用群では 200 単位/kg を静脈内投与後操作を行った。

次に両装置を用い脾の長軸に直角な切除、すなわち segmental resection を行い、その止血性を検討した。MTC 群では切離線に沿って 2~3 回凝固後鋭的に切離したが、脾動脈およびその分枝の遮断や結紮は行わなかった。EC 群では止血が困難であったため脾動脈の分枝を結紮後 segmental resection を行った。

引き続き脾動脈内に Fr. 5 のビニールチューブを挿入し、脾静脈を開放してヘパリン加生理食塩水約 2000 ml で灌流後、ゼラチンおよび寒天を加えた硫酸バリウム製造造影剤 (Micropaque<sup>®</sup>) を注入し、氷冷、ホルマリン固定後、厚さ 3 mm のスライスとし、Softex type CMB<sup>®</sup> (日本 Softex K. K. 製) により超軟線撮影を行った。凝固断端部は術直後、1 週、2 週、4 週後に、hematoxilin-eosin 染色により組織学的に検索した。

## 結 果

### 1) 肉眼的所見

トレビンで作製した損傷脾からの出血は噴出性であり、ガーゼによる圧迫では止血不能であった。MTC

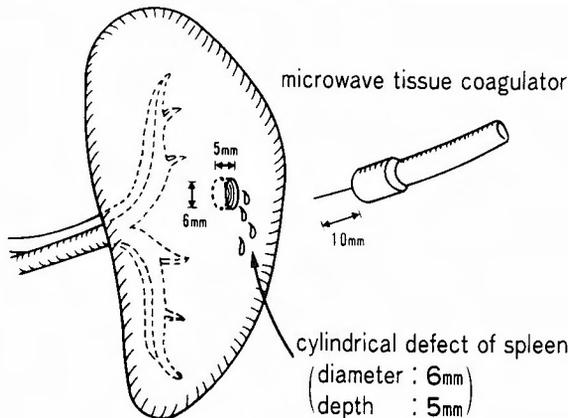


図1. 脾損傷作製法

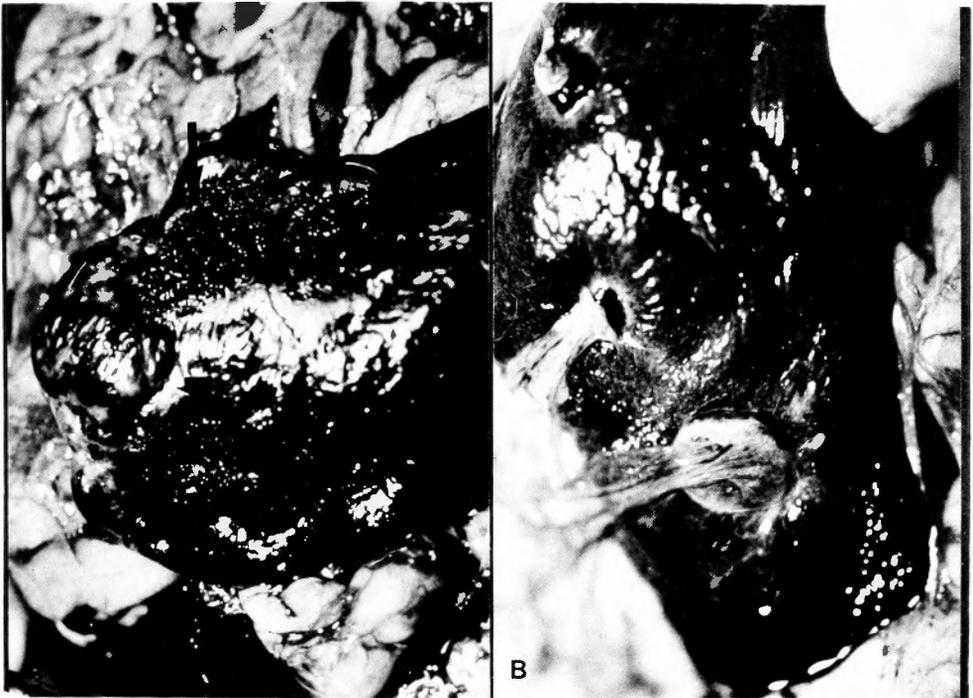


図2. A : 脾凝固直後 ↓ : EC → : MTC  
EC ではより頻回の凝固操作を必要とする。

B : 脾凝固1カ月後  
凝固部は縮小し、舌状に伸びた大綱がこれを被う。

では出血部に電極を刺入し、圧迫を加えながら凝固するため 50 watt, 30 秒の凝固1~2回で容易に止血したが、EC では血液が噴出している状態では止血不能で、用手的な圧迫を加えながら凝固する必要があった。図2左に脾凝固直後の肉眼写真を示す。上段の2個がEC、下段がMTCによるものである。ECでは止血に、より頻回の操作を要するために凝固部は広範となり、組織の炭化も著明であった。又、ヘパリン使用時には、一度止血していても、後に再度 oozing が見られることが多かった。MTCでも中心部に炭化が認められたが、その範囲は狭く、周辺にうっ血による膨隆が認められた。1カ月後には図2のごとく、凝固部に大綱が舌状に延び、癒着していたが、血腫、膿瘍の形成は認められなかった。凝固塊は癒着した大綱を剥離することにより、断端から容易にはがれるが、この時期にはもはや後出血は全く見られなかった。

## 2) 止血時間および出血量

凝固開始前の出血量はヘパリン非使用時には MTC 群 :  $2.88 \pm 0.75$  g/分 (M - SE), EC 群 :  $2.35 \pm 0.56$  g/

分、ヘパリン使用時には MTC 群 :  $2.75 \pm 0.86$  g/分, EC 群 :  $2.35 \pm 0.49$  g/分で、全群間に有意差はなかった。

止血時間を見ると、ヘパリン非使用時には MTC 群 :  $51.00 \pm 6.86$  秒, EC 群 :  $60.00 \pm 7.18$  秒と差はないが、ヘパリンを使用すると、MTC 群 :  $76.42 \pm 16.47$  秒に対し、EC 群 :  $182.46 \pm 52.65$  秒と明らかに MTC 群では短時間に止血が可能であった(図3)。

止血完了までの出血量では、ヘパリン非使用時には MTC 群 :  $0.36 \pm 0.19$  g, EC 群 :  $1.04 \pm 0.27$  g と前者で少なく、ヘパリン使用により MTC 群 :  $0.38 \pm 0.20$  g, EC 群 :  $2.84 \pm 0.88$  g と MTC 群ではヘパリンの使用の有無にかかわらず一定であるのに対し、EC 群では2倍以上となり、その差は大きくなった(図4)。

## 3) 動脈造影

図5に上、下極の segmental resection と、2カ所の凝固のみ施行した脾の細動脈の超軟線撮影写真を示す。厚さ 3mm の連続したスライスであるが、まず segmental resection において断端の凝固幅を見ると、

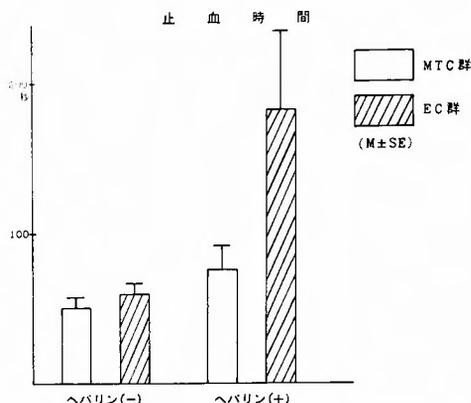


図3.

MTCでは12mm, ECでは7mmと, MTCでその幅が厚く, 動脈の凝固性はより完全であった. 又, 凝固のみの部位についても, 扇状の無血管野はMTCでより明らかであった.

#### 4) 組織学的所見

図6にMTC群の切離端を示す. 直後では幅約10mmの範囲が膨隆し, 凝血および凝固壊死塊で満たされていたが, 断端に炭化は少なく, 1週間後には凝固塊の中央部に蜂巢様の構造が明らかとなり, 2週間にはそれが一層著明となった. 又, この頃には健常部との境界に厚い結合織が增生していた. 1カ月後には蜂巢様構造部から外側が吸収され, 厚い肉芽組織が断端を被った形で治癒した. 図7のEC群では直後および1週間後において断端に幅約1mmの炭化層が認められた. 蜂巢様構造はほぼ同様であるが, 健常部との境界の結合織の幅がMTC群と比較して薄かった. 1カ月後にはMTC群と同様の治癒過程をたどった. 更に強拡大では, MTC群は図8のごとく, 全体に凝固壊死, うっ血が著明であり, 断端では脾柱の変性も強かった. 一方, EC群では図9のごとく断端の変化がより強く, 脾索構造は完全に破壊され, 炭化も著明であった. 両群とも2週間後には, 凝固塊の中央部に蜂巢様の構造が明らかで, 健常部との境界付近に結合織の增生が認められた. 以上の修復過程を模式的に表わすと図10のごとくとなる. 凝固塊は断端が肉芽組織により修復した後に吸収され, 早期の脱落は認められなかった.

#### 考 案

今日のように免疫機構が明らかにされ, 脾摘と術後

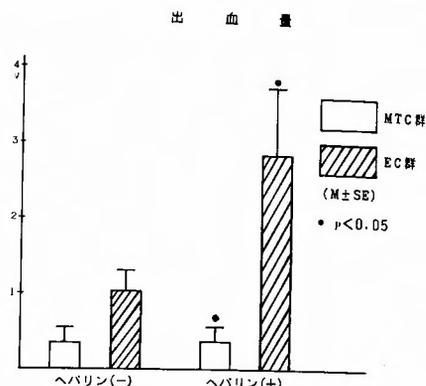


図4.

敗血症との関係が唱えられる以前より, 脾を温存しようとする考え方はあったが, 脾損傷時の出血は致命的な事が多く, 又, 脾の止血の困難さから確実な治療手段として脾摘が行われるようになり, これが普及した. しかし, 1952年 King と Schumacker<sup>59</sup> が初めて脾摘後敗血症を報告して以来, 多くの敗血症症例や死亡例の報告が相次ぎ<sup>11, 15, 20, 25</sup>, 脾摘後の免疫能の低下が明らかにされるにつれ, 脾の温存が叫ばれるようになった. Buntain と Lynn<sup>3</sup> によると, 1902年 Berger<sup>2</sup> が初めて脾の縫合例を報告し, 1930年に Dretzka<sup>7</sup>, 1932年に Mazel<sup>12</sup> が cat gut によるマットレス縫合法を, その後1962年に Campos Christo<sup>5</sup> が初めてマットレス縫合による segmental resection を行い, 引き続き Morgenstern<sup>14</sup> が局所止血剤を併用した partial splenectomy に成功している. その後縫合面や切離面への大網の挿入, 縫着などが多く報告されている<sup>4, 13</sup>. 最近では, ゼラチンスポンジ (Gelform®), 酸化セルロース (Oxycel®), 牛腱のコラーゲン (Collastat®), microfibrillar collagen (Avitene®), トロンピン, フィブリン糊などの種々の局所止血剤が開発され, 特に oozing の止血に有用とされている.

脾の血管構築の特異な点として, 脾動脈は脾門部に数本に分枝し, それらが実質的に更に segmental artery に分枝しており, 互いに交通することがなく, 脾の長軸に直角な方向に放射状に伸びるため, 脾損傷の型としては水平方向のものが多く<sup>19</sup>. Barrett<sup>11</sup> らは損傷脾の所見からこれを4型に分類した. すなわち, I型は実質損傷のない被膜損傷であり, II型は脾門部に至らない実質損傷, III型は脾門部に至るものの, IV型は粉碎されたもの, である. 前述の局所止血剤はI型に適応があり, II型になると種々の縫合が必要となる.

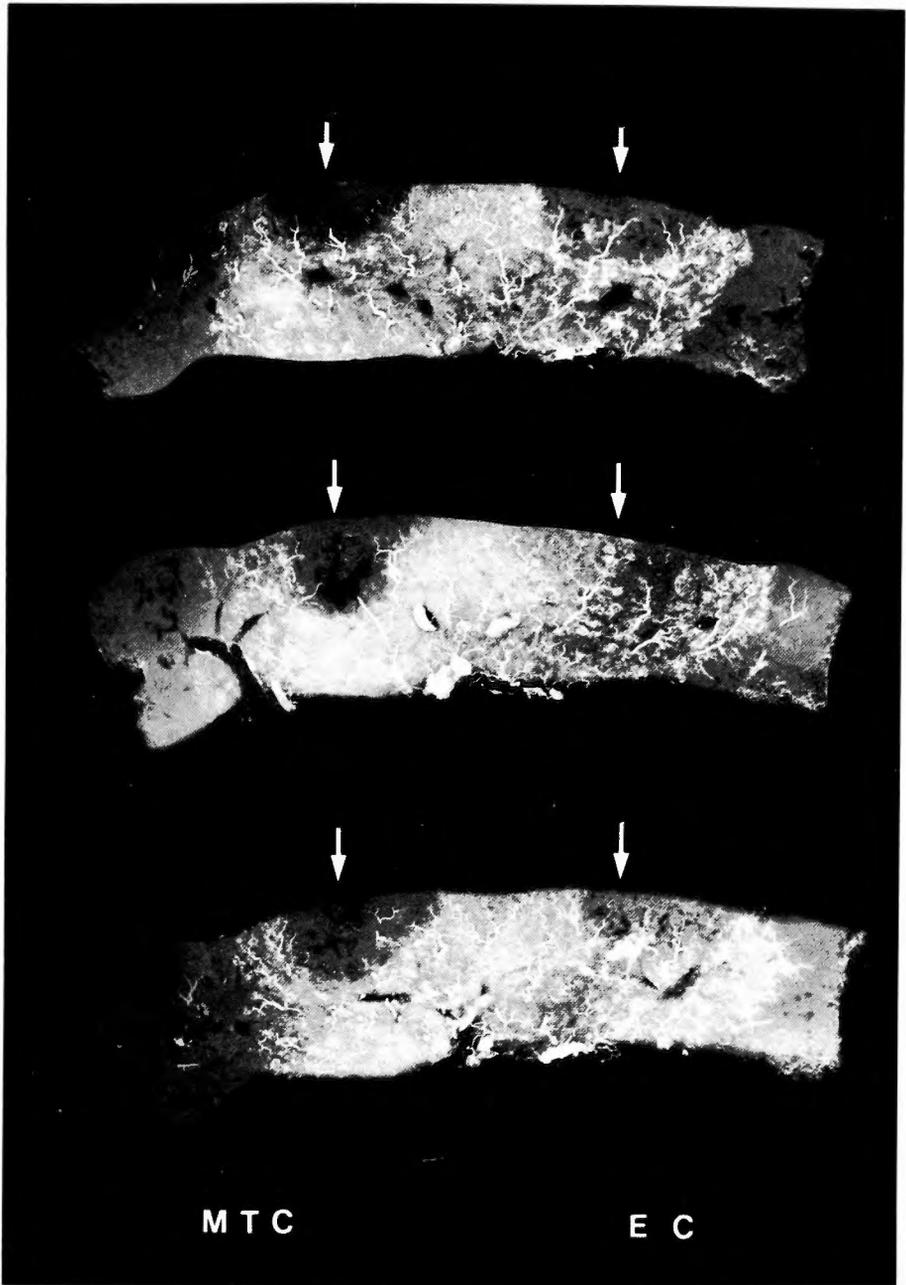


図5. Microangiography (×1.6)  
MTC では凝固幅が厚く、細動脈の閉鎖性もより確実である。

Ⅲ型が部分切除，Ⅳ型が脾摘の適応と、一応病型と術式を対応することができる。脾の部分切除としては、血管構築の特異性より segmental resection が行われることが多い。そして、その切離端の止血には cat gut

などによるマットレス縫合、縫合部への大網の縫着などが一般的であったが、最近、laser, 超音波吸引装置が脾の部分切除にも応用されるようになった。Dixon<sup>9)</sup>らは成犬を用いて損傷脾の止血および segmental re-

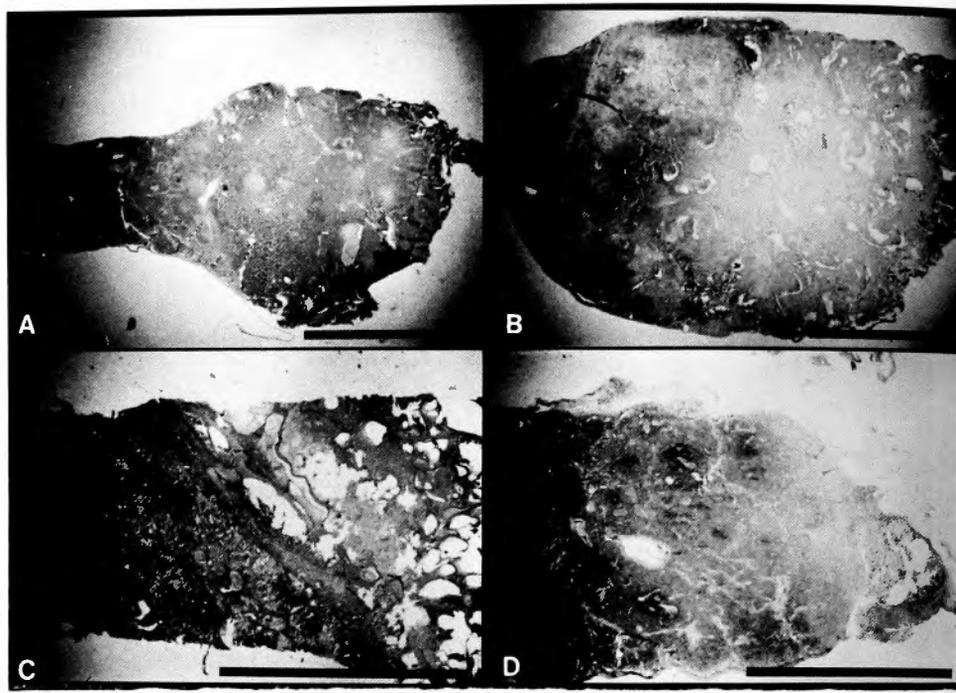


図6. MTC による凝固断端部の組織学的所見 (———— はすべて 5mm)  
 A: 凝固直後 B: 1週間後 C: 2週間後 D: 1カ月後

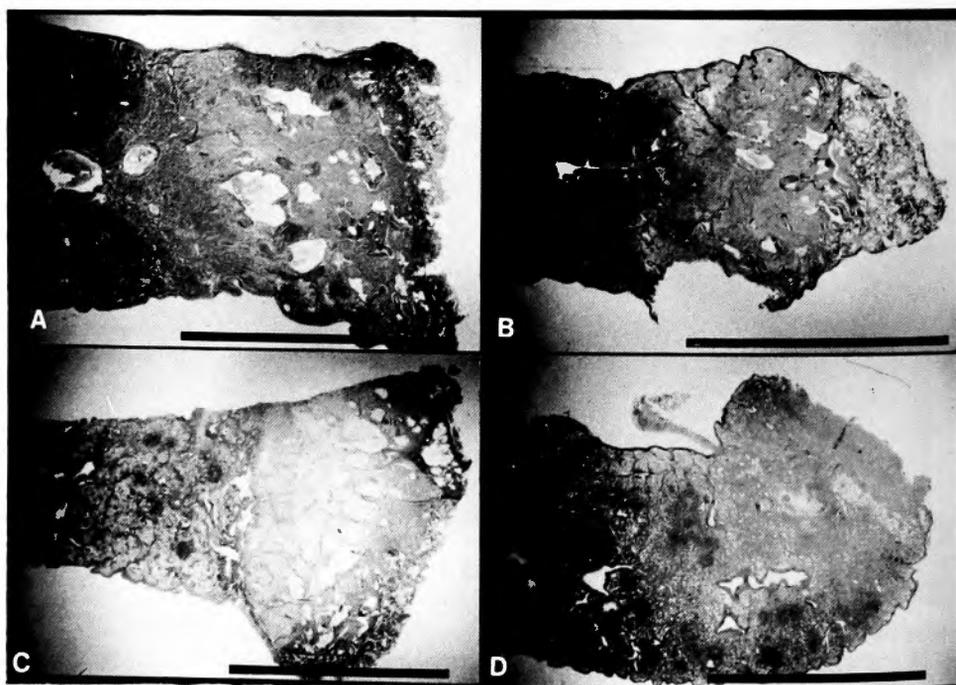


図7. EC による凝固断端部の組織学的所見 (———— はすべて 5mm)  
 A: 凝固直後 B: 1週間後 C: 2週間後 D: 1カ月後

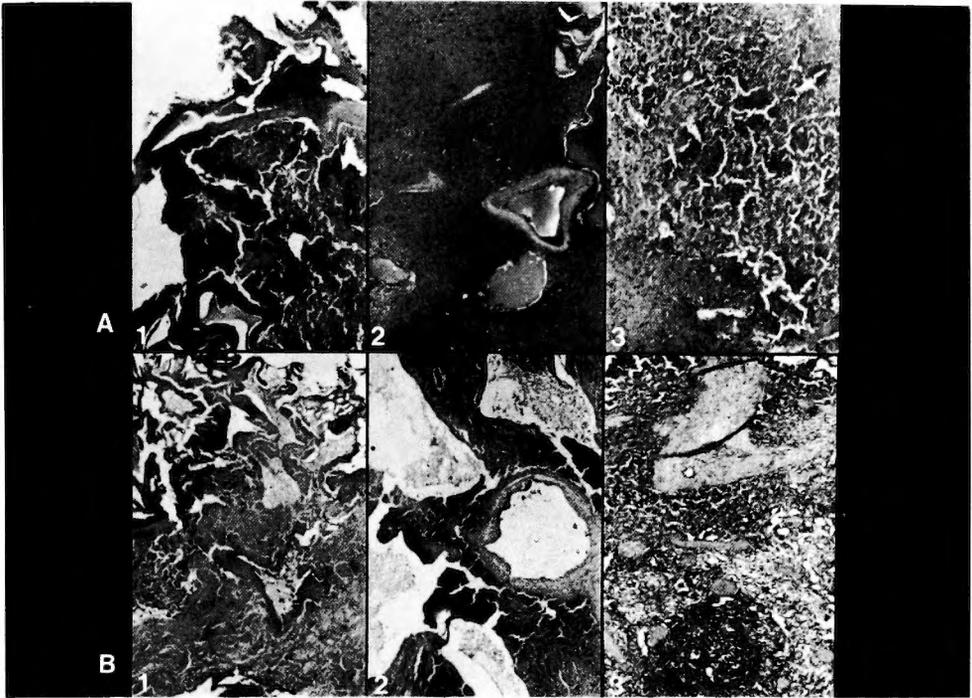


図8. MTC による凝固断端部の組織学的所見 (H-E 染色×40)

A : 凝固直後 B 2週間後

1 : 最外側部, 脾柱の凝固壊死が強い. 2 : 中間部, うっ血が著明, 2週間後には蜂巢様となる. 3 : 健常部との境界部, 2週間後には, 結合織が増生する.

section を行っているが, YAG-laser では脾門部近くの数 mm の血管を除けばほぼ止血が可能であり, I ~ II 型の脾損傷では microfibrillar collagen より優れていた超音波吸引装置(CUSA®)については Hodgson<sup>8)</sup>らが3例の partial splenectomy 症例を報告しており, マットレス縫合法では被膜や実質の亀裂をおこすことがあり, laser では組織損傷が大ききことなどにより, 超音波吸引装置が最良としている.

さて, 当教室ではマイクロ波組織凝固装置を開発し, 肝, 脾, 脾等の実質性臓器の凝固, 切除に応用し, 同軸ケーブルの細径化により内視鏡への応用が可能となり, 消化管の凝固, 止血に頻用されるようになった<sup>16,23)</sup>最近では更に細径の針状電極を用いて, 超音波ガイド下に肝腫瘍などの経皮的凝固を行っている<sup>18)</sup>.

脾においては, 1980年脾臓腫瘍症例において部分切除に成功し, その後術中脾損傷症例などにも応用している. Toy<sup>26)</sup>らも独自に microwave coagulating scalpel を開発し, 成犬脾の部分切除に応用し報告している.

彼らの装置は組織を“切る”ことを目的としており, われわれと目的を異にしている. われわれは手術用電極を針状にしており, このことが内視鏡や超音波ガイド下の経皮的凝固への応用を可能にし, その適応が大きく拡大されたのである. 本法の良好な止血性は, laser, 電気メスと異なり組織に刺入あるいは接触させながら操作するため, 圧迫により出血を control できること, 凝固幅が厚く, 組織の炭化が少ないため凝固組織の脱落による後出血がないこと, および組織解離装置の開発により凝固塊の付着がほとんどないこと, などによるところが大きく, 基礎実験では径 3 mm の血管の止血も可能であった<sup>21)</sup>今回は最も含有血液量の多い臓器である脾を用いて, なるべく実際の臨床例に近い形で, その止血性を検討した. その結果, EC では創面から血液が流出している wet な状態ではほとんど効果がなく, 手動的な圧迫が必要であったが, MTC では手術電極の圧迫で出血を control でき, たとえ wet な状態でも充分止血可能であった. 又, Dixon<sup>9)</sup>らの

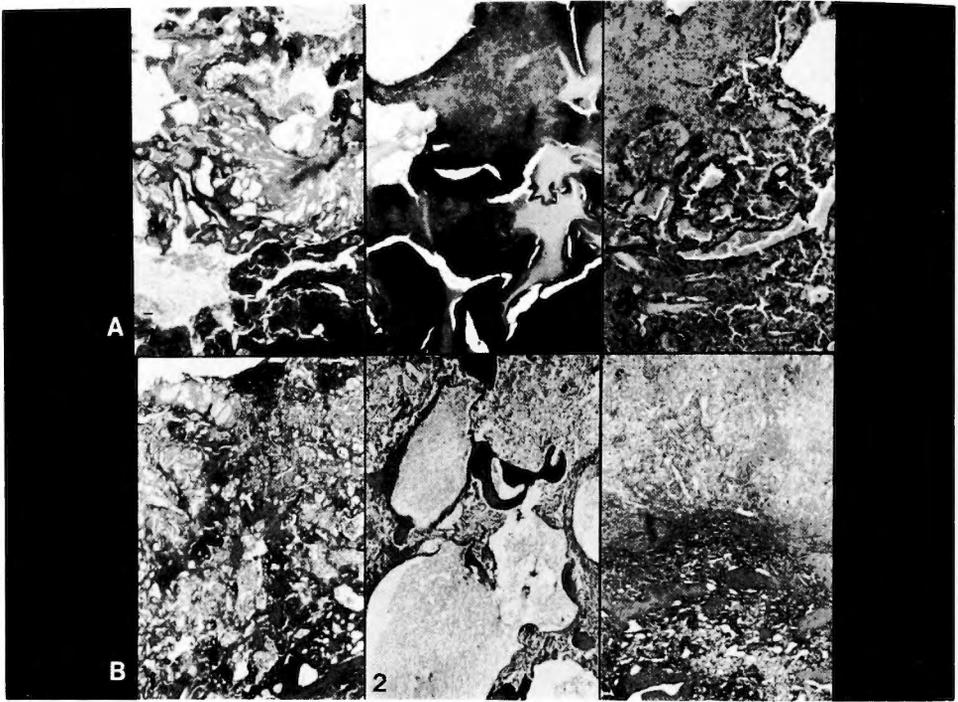


図9. ECによる凝固断端部の組織学的所見 (H-E 染色×40)

A: 凝固直後 B: 2週間後

1: 最外側部, 炭化が著明である. 2: 中間部, うっ血が強い.  
3: 健全部との境界部.

実験と比較しても, YAG-laser では  $2.22 \pm 0.93$  mg/分の出血に対して  $1.88 \cdot 0.97$  分止血に要しており, 本法はより止血性において優れていると考えられる. 凝固組織の幅は YAG-laser の 5 mm に対し厚いが, 共に約30日で肉芽組織で被われ, 同様の良好な治癒過程

を示している.

本法を用いれば, 脾損傷のみならず, 脾の腫瘍性病変, 血液疾患などにおいても, 少量の出血量で安全かつ容易に脾の部分切除が可能と考えられる.

### 結 語

本法は損傷脾の止血時間, 止血完了までの出血量が少なく, 止血性に優れているが, このことは微細動脈造影像においても証明され, 創傷治癒の面でも良好であり, 脾臓外科領域においても有力な一手術手段になるものとする.

本論文の要旨は第23回日本消化器外科学会総会において発表した.

### 文 献

- 1) Barrett J, Sheaff C, et al: Splenic preservation in adults after blunt and penetrating trauma. *Am J Surg* **145**: 313-317, 1983.
- 2) Berger E: The injuries to the spleen and their surgical treatment. *Arch Klin Chir* **68**: 865, 1902.

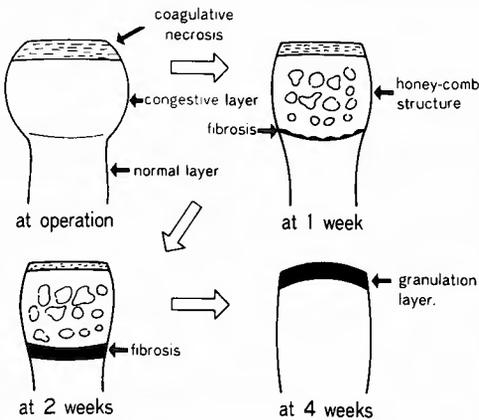


図10. 脾切離端修復過程 (MTC)

- 3) Buntain WL, Lynn HB: Splenorhaphy: Changing concepts for the traumatized spleen. *Surgery* **86**: 748-760, 1979.
- 4) Burrington JD: Surgical repair of a ruptured spleen in children. *Arch Surg* **112**: 417-419, 1977.
- 5) Campos Christo M: Segmental resection of the spleen. *Hosp Rio* **62**: 575, 1962.
- 6) Dixon JA, Miller F, et al: Anatomy and techniques in segmental splenectomy. *Surg Gynec & Obstet* **150**: 516-520, 1980.
- 7) Dretzka L: Rupture of the spleen. *Surg Gynec & Obstet* **51**: 258, 1930.
- 8) Hodgson WJB, McElhinney AJ: Ultrasonic partial splenectomy. *Surgery* **91**: 346-348, 1982.
- 9) King H, Schumacker HB Jr: Splenic studies. I. Susceptibility to infection after splenectomy performed in infancy. *Ann Surg* **136**: 239-242, 1952.
- 10) 小林康人, 勝見正治, 他: マイクロ波メスによる肝血管腫切除症例の検討. *日消外誌* **16**: 2081-2087, 1983.
- 11) Leonard AS, Giebink GS, et al: The overwhelming postsplenectomy sepsis problem. *World J Surg* **4**: 423-432, 1980.
- 12) Mazel MS: Traumatic rupture of the spleen. III. *Med J* **62**: 170, 1932.
- 13) Mishalany H: Repair of the ruptured spleen. *J Pediatr Surg* **9**: 175-178, 1974.
- 14) Morgenstern L, Kahn FH, et al: Subtotal splenectomy in myelofibrosis. *Surgery* **60**: 336-339, 1966.
- 15) Morgenstern L: The avoidable complications of splenectomy. *Surg Gynec & Obstet* **145**: 525-528, 1977.
- 16) 永井祐吾, 勝見正治, 他: 内視鏡的マイクロ波凝固法の新しい試み: 悪性腫瘍による食道狭窄に対する姑息的療法. *Gastroenterol Endosc* **25**: 1484-1491, 1983.
- 17) Noguchi H: Experimental studies of anti-tumor effect induced by microwave tumor coagulation. *Arch Jpn Chir* **53**: 324-337, 1984.
- 18) 奥 篤, 西岡新吾, 他: マイクロ波による超音波ガイド下狙撃凝固術を施行した肝血管腫の一例. *日消誌* **80**: 1504, 1983.
- 19) Ratner MH, Garrow E, et al: Surgical repair of the injured spleen. *J Pediatr Surg* **12**: 1019-1025, 1977.
- 20) Singer DB: Postsplenectomy sepsis. Perspectives in pediatric pathology 1. p. 285-305. Year Book Medical Publishers, Chicago, 1973.
- 21) Tabuse K: A new operative procedure of hepatic surgery using a microwave tissue coagulator. *Arch Jpn Chir* **48**: 160-172, 1979.
- 22) Tabuse K, Katsumi M: Application of microwave tissue coagulator to hepatic surgery: The hemostatic effect on spontaneous rupture of hepatoma and tumor necrosis. *Arch Jpn Chir* **50**: 571-579, 1981.
- 23) 田伏克惇, 勝見正治, 他: 内視鏡的マイクロ波凝固止血法. *Gastroenterol Endosc* **24**: 1526-1535, 1982.
- 24) Tabuse K, Katsumi M: Microwave tissue coagulation in partial splenectomy for non-parasitic splenic cyst. *Arch Jpn Chir* **50**: 711-717, 1981.
- 25) 田伏克惇, 勝見正治, 他: 脾摘後合併症の検討. *日外室* **49**: 893-899, 1980.
- 26) Toy FK, Reed WP, et al: Experimental Splenic preservation employing microwave surgical scalpel techniques: A preliminary report. *Surgery* **96**: 117-121, 1984.