

マイクロ波メスの肝手術への応用

千葉大学第2外科

竜 崇正 渡辺 義二 尾崎 正彦
山本 宏 長島 通 有我 隆光
山本 義一 碓井 貞仁 小高 通夫
佐藤 博

CLINICAL EXPERIENCE OF MICROWAVE TISSUE COAGULATOR FOR HEPATIC SURGERY

Munemasa RYU, Yoshiji WATANABE, Masahiko OZAKI, Hiroshi YAMAMOTO
Toru NAGASHIMA, Takamitsu ARIGA, Yoshikazu YAMAMOTO,
Sadahito USUI, Michio ODAKA and Hiroshi SATO
The Second Dept. of Surgery, Chiba Univ. School of Medicine

マイクロ波メスとはマイクロ波組織凝固装置の一般名であり、最近登場した新しい手術機器である。マイクロ波メスの肝組織に対する組織学的変化、および肝手術に対する有用性について検討した。マイクロ波メス80W60秒で肝は径1.5cmの範囲で凝固される。その組織所見は針状電極刺入部位は炭化するがその範囲は狭く、全体的に肝小葉構造および sinusoid の消失、肝細胞境界が不明瞭となり互いに密着した細胞集団となっている。そして中の直径3mm 程度までの血管は壁の構造もよく保たれ内腔に血栓形成をみとめる。マイクロ波メスを用い11例に肝切除を施行し、最少の出血で安全に肝切除が施行でき非常に有用であった。また切除不能肝癌3例に対して凝固療法を施行したが、切除不能例に対する新しい治療法となると思われた。

索引用語：マイクロ波、肝癌、肝切除

はじめに

マイクロ波メスとはマイクロ波組織凝固装置の一般名であり、マイクロ波の生体組織への集束照射によって発生する熱エネルギーと滅菌性を局所的に高度に利用した組織凝固装置である。和歌山医大消化器外科の田伏らにより開発された新しい手術機器であり、脆くて含有血液量の多い実質臓器の手術に有用であることが報告されている¹⁾²⁾。われわれも1982年3月より肝手術に積極的にマイクロ波メスを使用しているため、われわれの使用経験について報告する。

I. マイクロ波メスの概念

マイクロ波組織凝固装置（マイクロ波メス）は、マイクロ波が組織内に照射されると組織自身が発熱し凝固される内部誘電加熱を利用した手術機器である。モノポーラ型針状電極を生体組織に刺入すると、組織が凝固されるがマイクロ波の特性から熱エネルギーの及

ぶ範囲が限局的であり、刺入部位から離れた部位では変化が及ばないので安全性にもすぐれている。

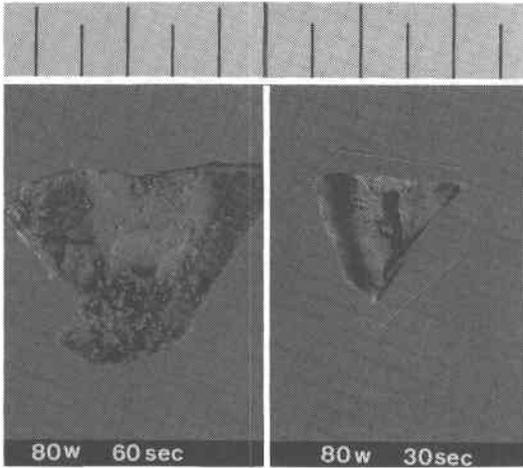
装置は本体と手術用ハンドピースにわかれている。本体にはマイクロ波出力を調節するダイヤルと、照射時間を調節するタイマーがついていて、両者を自由にコントロールできるようになっている。ハンドピースの先端にモノポーラ型針状電極が接続され、この針状電極を直接組織に刺入してマイクロ波を照射して使用する。針状電極は15mm、30mm、50mmの3種類の長さがあり、目的に応じて使いわけることができる。

この装置はマイクロ波メスと一般的に呼称されているが、凝固装置であり、切る能力は無いので、凝固した後はペアンや、メスなどで改めて切離する必要がある。

II. マイクロ波メスによる肝の組織学的変化

モノポーラ型針状電極を肝に刺入すると、50W30秒

図1 1.5cmのモノポーラ型電極を刺入すると、80W60秒で直径1.5cm 深さ1.5cmの範囲が凝固され、80W30秒では直径1cmの範囲が凝固される。



では刺入部位を中心に直径1cmの範囲が凝固され、80W30秒では1.2cm、80W60秒では1.5cmの範囲が凝固される(図1)。針状電極の先端より深くは凝固されないため凝固の深さは針状電極の長さを変えることによりコントロールできる。

凝固肝組織の組織学的変化について、雑種成犬の肝に対して80W60秒で凝固した例で検討する。凝固された肝組織は針状電極刺入部位より外側に向って三層の組織学的変化がみられる。針状電極が刺入された最も内側では、肝組織は肝細胞、グリソン鞘も含め完全に炭化しているがその範囲は非常に狭い(図2 a)。その外側は2~3mmの層で、肝小葉構造は全く消失し、肝細胞は完全に凝固壊死となっており、凝固組織の間隙が著明となっている(図2 b)。しかしその中に散在する小血管は、壁の構造もよく保たれており破綻せず内腔に血栓形成を認めるのみである(図3)。その外側は凝固された肝組織の大部分をしめる層であり、肝小葉構造は失なわれ、sinusoidも消失し、肝細胞は互いに癒合してその境界が不明瞭となっている。しかし核はよく保たれている。凝固された肝細胞集団の間に空洞様の間隙が認められる(図2 c)。非凝固部位との境界は明瞭である。

3mm以上の太い血管に針状電極を刺入した所見では、血管壁が破綻し、出血が著明で、内腔の血栓形成は軽度で、完全に内腔を凝固閉鎖できない所見であった。

図2 マイクロ波メスによる犬肝の組織学的変化。凝固された部位は以下の3層に大別される。針状電極に接した最も内側は、肝組織が完全に炭化しているが、その範囲は非常に狭い(a)、その外側の層では組織は炭化しないが肝小葉構造は完全に失なわれ、肝細胞の凝固壊死と凝固された肝組織と肝組織の間隙の空間形成が著明である(b)、凝固部位の大部分をしめる外側の層ではやはり肝小葉構造の消失、sinusoidの消失、肝細胞は互いに癒合するように密着して境界が不明瞭となっている。しかし核はよく保たれている(c)。また肝組織間隙の間隙が著明である。

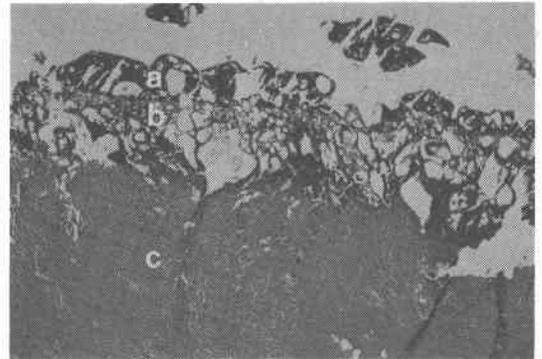
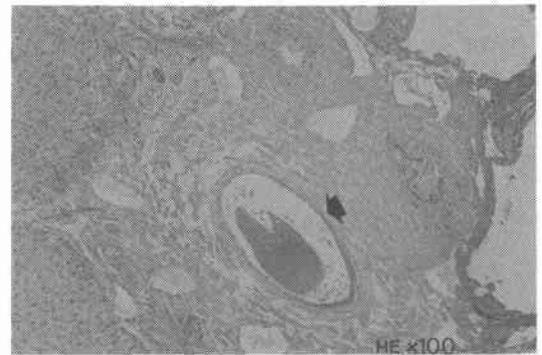


図3 肝細胞の凝固壊死をみとめるが、その中にある血管は壁の構造はよく保たれており、内腔に血栓形成をみとめる。



III. マイクロ波メスによる肝手術の手技

1. 肝切除術

術中超音波検査(術中US)で切除範囲を決定し、それに沿って針状電極を刺入していく。通常80W60秒で1.5cmごとに針状電極を刺入し、切除予定線を完全に凝固しておく。門脈主区域枝や主肝静脈枝に刺入しないよう術中USで十分確認する必要がある。

切除予定線に沿って完全に凝固したら、ペアン先の先を用いて肝実質をこするようにして離断をすすめる。

血管は破壊されずに露出されるので1mm程度の細いものは切離し、2~3mmのやや太いものは結紮して切離す。血管内腔は血栓が充満しておりそのまま切離しても出血しないが、後出血を完全に予防するためには結紮してから切離した方が無難である。深部では凝固が不十分となりやすいので、肝離断をすすめていく中で、再び凝固が不十分な部位へ針状電極を刺入して凝固する。

門脈区域枝や主肝静脈近辺の操作には十分な注意が必要である。太い血管を盲目的に穿刺することにより血管が破壊されて思わぬ大出血を来したり、逆に温存すべき血管を凝固閉鎖してしまう可能性があるからである。われわれはこの近辺の操作ではマイクロ波メスはいらず、manualで門脈区域枝や、肝静脈を露出して、切除予定領域への血管のみをていねいに結紮切離するようにしている。

最少の出血で肝切除をするコツは、忍耐強く、切除予定線に沿って完全に凝固してから肝離断をすすめることである。もし出血させてからマイクロ波メスを用いても、マイクロ波のエネルギーが血液に吸収されてしまい十分な止血効果が得られないからである。

肝部分切除であれば、肝切離のみに関してはマイクロ波メスを用いることにより、出血させずに施行することができる。

2. 肝腫瘍に対する凝固療法

肝機能上の制約や、癌腫の進展範囲により切除不能と判断された場合は、マイクロ波メスにより癌腫を凝固することができる。術中USで癌腫の部位を確認し、癌腫を穿刺してくまなく凝固する。単発性の癌腫では

図4 凝固部位の大部分をしめる組織像であり、肝小葉構造およびsinusoidの消失がみられ、肝細胞は癒合して、その境界が不明瞭となっているが核は比較的よく保たれている。

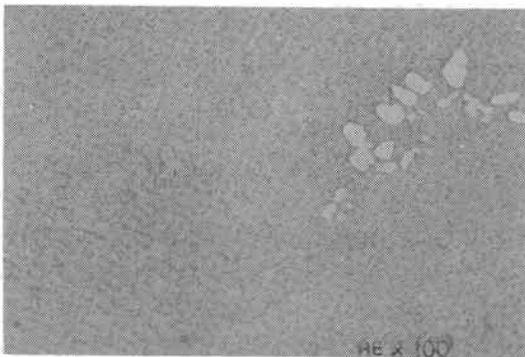
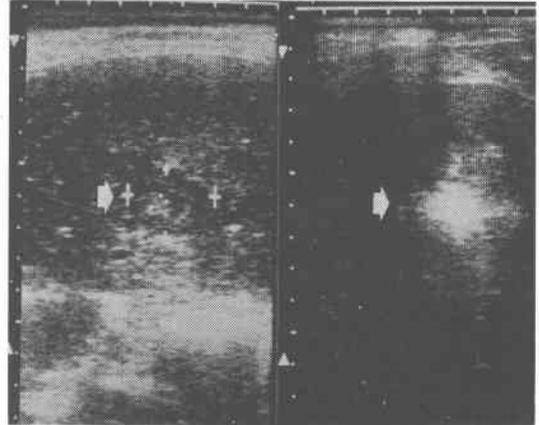


図5 凝固療法術中エコー像。凝固前の低エコーの癌腫が高エコーに変化するので凝固範囲をUSで確認することができる。



癌全体を凝固するのは容易だが、多発例では術中USを十分に利用して、深部も含めすべての癌腫をくまなく凝固する必要がある。癌腫が凝固されたかどうかの判定には術中USが有用であり、低エコー域の癌腫が高エコーに変化するのでその確認は容易である(図5)。

また持続動注療法と併用することもでき、より一層の治療成績向上が期待できる。

癌の破裂による腹腔内出血に対してもマイクロ波メスで凝固することにより止血できる。この際はまず肝十二指腸靭帯をテーピングして肝への血流を遮断しておいて、出血部位を巾広く凝固することにより完全に止血することができる。

IV. マイクロ波メスの臨床応用

1. 肝切除(表1)

1982年3月から1983年1月までに11例にマイクロ波メスを用いて肝切除を施行した。疾患別には肝細胞癌7例、転移性肝癌4例である。術式は部分切除8例(肝

表1 マイクロ波メスによる肝切除術式
1982.3~1983.1 千大二外

術式	例数	疾患	
		肝細胞癌	転移性肝癌
部分切除	8	6	2*
左外側区域切除	1		1*
2区域切除	2	1	1
計	11	7	4

* 原発巣同時切除

細胞癌 6 例, 転移性 2 例), 左外側区域切除 1 例(転移性), 2 区域切除 2 例(肝細胞癌, 転移性, 各 1 例)である。全例安全に切除でき, 術後出血などの合併症は認めていない。

症例 1. 55 歳, 女性, 肝細胞癌

ICG R₁₅, 52.7%, ICG Rmax 0.21, ヘパプラスチンテスト 38%, Total bilirubin 2mg/dl と critical condition にある肝細胞癌症例である。血管造影で後下区域に直径 3cm の hyper vascular な腫瘍をみとめ, X 線 CT でも後下区域に径 3cm の low density area を認める。当院第 1 内科で血管造影の際に肝動脈より MMC マイクロカプセル 20mg を one shot 動注した。one shot 動注後 40 日目にマイクロ波メスを用い肝部分切除を施行した。右関胸経横隔膜のアプローチにより肝に達し, 術中 US で癌腫の位置を同定し, マイクロ波メスを用いて核出に近い形で肝部分切除を施行した(図 6)。手術時間 2 時間 40 分で, 出血量は計 230ml であっ

図 6 マイクロ波メスによる肝部分切除術。術中エコーで癌腫を見出し, 切除範囲を決定し, マイクロ波メスで凝固した後肝切除を施行した。出血量 230 ml 手術時間 2 時間 40 分であった。

6-1. マイクロ波メスで凝固中

6-2. 切除後断端

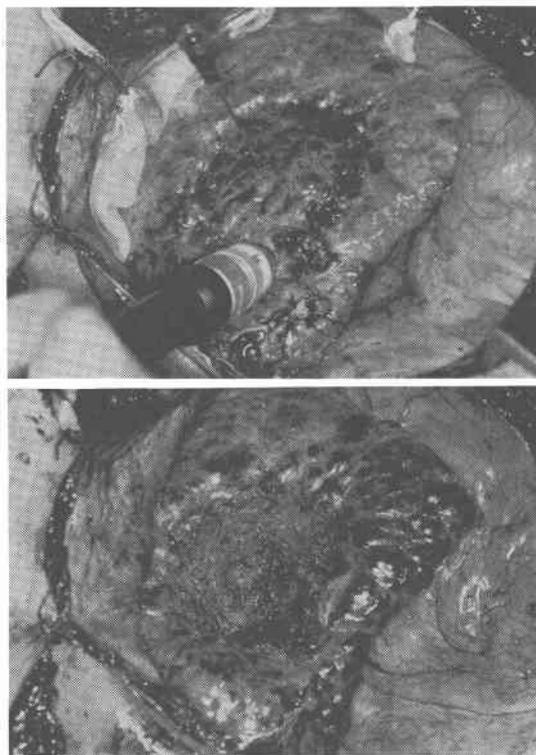


表 2 凝固療法施行例

		千六 二外	
症例	疾患	術式	
1	58 ♂ S 状結腸癌 肝転移 (H ₃)	S 状結腸切除 左外側区域切除 凝固療法・持続動注	
2	72 ♀ 肝転移 (H ₂) (直腸癌術後)	凝固療法	
3	70 ♂ 胃癌 肝臓癌破裂	止血凝固	

た。出血のほとんどは開胸, 横隔膜切開に伴うものであり, 肝離断に関してはほぼ無血的に施行できた。術後経過は良好で, 6 カ月を経過した現在, 再発の徴候なく健在である。マイクロ波メスを用いたために肝の遊離操作もせず, 経胸的アプローチにより直線的に肝へ達して, 最小の手術侵襲で切除できた症例である。

2. 凝固療法(表 2)

3 例に凝固療法を施行した。症例 1 は S 状結腸癌およびその肝転移 (H₃) であり, S 状結腸切除と肝左外側区域切除を施行し, 残存する肝転移巣をマイクロ波メスで凝固し, 合せて持続動注療法を施行した。6 カ月を経た現在健在である。症例 2 は 72 歳女性で直腸癌術後肝再発例である。癌腫が肝両葉に及ぶため, 術中 US で癌腫の位置, 数を確認して, 確認できる全ての癌腫をマイクロ波メスで凝固して手術を終了した(図 7)。凝固した範囲が広がったにもかかわらず, 術後経過良好であり 3 カ月現在健在である。このような凝固療法だけでなく肝臓破裂の腹腔内出血に対しても有用であった。症例 3 は胃癌と肝細胞癌の同時性重複癌であり, 肝細胞癌の破裂により腹腔内出血を来していた。しかしマイクロ波メスを用いることにより, 破裂部位を広く凝固し止血することができた。

V. 考 察

現在肝手術においては従来より広く用いられていた電気メスに加え, 超音波外科用吸引装置 (Cavitron Ultrasonic Surgical Aspirator CUSA)³⁾⁴⁾, レーザーメス⁵⁾⁶⁾などの新しい手術機器が使用されているが, ここにさらにマイクロ波メスが登場したわけである。これらの新しい手術機器を用いることにより, 肝切除が安全, 確実な手術として確立できれば, 非常に有意義であると考えられる。しかしこのためにはこれらの手術機器の長所, 短所を知り, 十分に使いこなす必要がある。現在最も一般的に広く使用されているのは電気メスで

図7 肝癌凝固療法(H₂・直腸癌術後肝再発)。術中エコーで癌腫を見出し、エコー下に確認できる全ての癌腫を凝固した。GB:胆嚢



ある。電気メスは0.3~10MHzの周波数を用い、出力200~500Wで、ハイポラ型手術電極で使用されている。電気メスは取扱いも容易であり、肝被膜の切開や、1~2mm程度の血管も凝固閉鎖でき、切開力と凝固力の両者にすぐれた手術機器である。しかし2mm以上の血管には止血効果がなくなり、また組織の炭化を来すため術後脱落して後出血をきたす危険性もある¹⁾。また対極板が必要で時として熱傷の発生も認められ、電波障害により他の手術機器に影響を与えるなどの欠点もみとめられている。

レーザーメスは、炭酸ガスレーザーとNd-YAGレーザーカールを用いる場合がある。Kaplan²⁾は炭酸ガスレーザーメスの長所について、1)非接触性の外科手術ができる。2)無血手術ができる。3)殺菌作用がある。4)顕微鏡手術へ応用して正確な操作ができる。5)創傷の治癒がはやく、術後の腫脹や瘢痕が少ない。6)術後の疼痛が少ない。7)ほかのモニター装置への電氣的干渉が無い。などの利点をあげている。しかしわれわれの経験では肝切除において止血力は電気メスにもおとり、1mm程度の血管も全く閉鎖できなかつた。またいったん出血すると血液にエネルギーが吸収されかえって大出血となることも考えられ、肝切除には有用といえないと考える。丸山³⁾も炭酸ガスレーザーメスは体表の手術に有用だが、そして切開力には

すぐれているが止血力には問題があることを報告している。丸山³⁾はさらにNd-YAGレーザーカールの有用性について強調し、切開速度は遅いが止血力にすぐれており、肝切除にも有用であると述べている。われわれはNd-YAGレーザーカールの使用経験は無い。

CUSAはレーザーメスや電気メスのように血管を肝組織とともに凝固閉鎖して止血するのは全く異なり、肝実質を吸収除去し、血管や胆管などを損傷せずに露出することのできる手術機器である。CUSAは肝静脈や区域門脈枝などの主要脈管を安全に露出することができ肝切除にきわめて有用である³⁾。また肝門部で操作することにより胆管3次分枝まで露出することも可能であり、肝門部胆管癌の胆管切除にも有用である。しかし肝硬変例では肝実質ともに血管も吸引損傷されてしまい、CUSAによりかえって出血が増し、肝硬変の肝切除には全く無効である³⁾。

しかしこのような肝硬変例の肝切除にも、マイクロ波メスを用いれば、最少の出血で肝切除ができ、きわめて有用である。

マイクロ波メス80W60秒では直径1.5cmの範囲が凝固されるがその組織学的変化は三つの層に大別される。針状電極が刺入された部位に接した肝組織は肝細胞もグリソン鞘も全て炭化するがその範囲は非常に狭

く、その外側の2~3mmの層は肝小葉構造の消失、肝細胞、グリソン鞘も凝固壊死となっている。さらにその外側の凝固された組織の大部分をしめる層では小葉構造の消失、sinusoidの消失、肝細胞の境界が不明瞭となり互いに密着した集団となっている。しかしこれらの変化にもかかわらず3mm程度までの血管壁の構造は破綻せずに保たれ、内腔に血栓形成をみとめる。すなわちマイクロ波メスのすぐれた止血力は、1) sinusoidの消失および肝細胞が密着した集団となるために実質からの出血が無くなる。2) 3mm程度までの血管は内腔に血栓が形成されるために閉鎖される。の2点によるものであると思われる。

症例呈示したごとく硬変合併肝癌のcritical conditionにある例でも230mlと非常に少ない出血で安全に肝切除が施行できた。しかもこの出血も開胸、横隔膜切開に伴うもので、肝離断時にはほとんど出血がなく、マイクロ波メスにより最少の出血で肝切除が可能であった。このようにマイクロ波メスは止血力が非常にすぐれているが、肝癌破裂に対する止血にも有用である。田伏⁷⁾も肝癌破裂による腹腔内大量出血に対するマイクロ波メスによる止血成功例を報告している。

マイクロ波メスの肝手術における有用性の1つは後出血の危険性が少ない点である。田伏⁷⁾はこの点に関して組織の炭化変性が少ないため術後脱落の危険が無いことをあげており、われわれも同意見である。また肝切除に際しては針状電極刺入部位を結ぶ線で切除するので、残在肝断端には7~8mmの巾で凝固された肝組織が残存することになる。この点も後出血の危険が少ない大きな理由になると思われる。さらにわれわれは、露出された血管の太めのものは結紮してから切除しており、これらの血管は血栓のために閉鎖されているが、このようにすればなお一層後出血の危険はなくなるものと考えている。

また残存肝に7~8mmの凝固された組織が残存することは、surgical margin 近辺に癌遺残の恐れがあっても、すでに凝固されている可能性が強く根治性の向上が期待される。われわれの経験した5cm以下の肝細胞癌27例のうち7例、26%に被膜外への浸潤がみとめられておりsurgical marginを十分とることの必要性をしめしている⁸⁾。しかし肝硬変の高度な例では切除範囲に限界があり、核出に近い切除しかできない例も多い。しかしマイクロ波メスを用いれば核出に近い切除をしても残存肝に7~8mmの凝固された肝組織があるので、そしてわれわれの経験では1cm以上の被膜外浸

潤はなかったことより、根治切除となる可能性が強いと考える。

さらに肝切除における利点は、不必要に肝を遊離する必要がないため、遊離操作に伴う出血がなくなり結果的に最少の出血量で肝切除が可能となったことである。さらに術中manipulationによる癌細胞の術中散布の危険性も少なくなり、より一層の根治性の向上が期待できる。

切除不能例に対する凝固療法が、はたして有効な治療法として定着しうるかは今後の問題である。しかし切除不能肝癌に対して副作用無く、直接凝固できることは非常な利点であり、化学療法との併用により治療成績の向上につとめたい。凝固療法を施行するにも、術中USを十分に利用して凝固すべき癌腫の見出しや、十分凝固できたかなどの判断をして、くまなく癌腫を凝固するようにすべきである。

VI. 結 論

肝手術におけるマイクロ波メスの有用性について報告した。その利点をまとめると

- 1) 止血力にすぐれ3mm程度の血管も凝固閉鎖できるため、最少の出血で肝切除ができる。
- 2) 針状電極の刺入部位を中心に直径1.5cmの範囲が凝固される。とくに硬変合併肝癌の部分切除において癌遺残の危険性に有効に対処することができると思定される。
- 3) 止血力がすぐれているので無用の肝遊離が避けられ、癌細胞の術中散布の危険性が減少し根治性の向上が期待される。
- 4) 切除不能例に対して凝固療法が施行できる、などである。

われわれは硬変の合併していない肝切除にはCUSA、電気メスを、硬変例にはマイクロ波メスと電気メスを併用している。これらの新しい手術機器を用いることにより、安全性と根治性の向上が期待され、非常に意義あるものと考えている。このためには各機器の特長を知り、目的に応じて適宜使いわけの必要があることを強調したい。

文 献

- 1) Tabuse K: A new operative procedure of hepatic surgery using a microwave tissue coagulator. Arch Jpn Chir 48: 169-172, 1979
- 2) 田伏克惇, 勝見正治: マイクロ波組織凝固法による脾部分切除術—脾囊腫に対する臨床応用—. 日外宝 50: 113-117, 1981
- 3) 竜 崇正, 渡辺義二, 佐藤 博: 超音波外科用吸引

- 装置—CUSA システム。肝・胆道手術への応用。
総合臨 31 : 2375—2379, 1982
- 4) 磯野可一, 佐藤裕俊, 小池良夫ほか: 胸部食道癌の
切除郭清術式 (CUSA を用いてのリンパ節郭清)。
手術 35 : 1219—1227, 1981
- 5) Kaplan I: The sharplan carbon dioxide laser
in clinical surgery: 7 year's experience. The
biochemical laser: Technology and clinical
application, Goldman, L. Springer Verlag, New
Yrok 1981, 89—97
- 6) 丸山雄二, 岩崎 甫, 笹子三津留ほか: 一般・消化
器外科領域におけるレーザーメス。手術 36 :
1415—1422, 1982
- 7) Tabuse K, Katsumi M: Application of a
microwave tissue coagulator to hepatic
surgery.- The hemostatic effects on spontane-
ous rupture of hepatoma and tumor necrosis.
Arch Jpn Chir 50 : 571—579, 1981
- 8) 竜 崇正, 渡辺義二, 尾崎正彦ほか: 手術の要点と
新工夫—肝癌—。肝癌に対する術中エコーガイド
肝部分切除術。日臨外医会誌 44 : 469—472, 1983