Review

マイクロ波やソフト凝固システムを用いた腹腔鏡下肝切除術の適応拡大

金沢 景繁^{1)*} 塚本 忠司¹⁾ 清水 貞利¹⁾ 高台真太郎¹⁾ 山添 定明¹⁾
大平 豪¹⁾ 中島 隆善¹⁾ 木岡 清英²⁾ 川崎 靖子²⁾ 中井 隆志²⁾

Evolution of laparoscopic liver resection using microwave pre-coagulation
and soft-coagulation system

Akishige Kanazawa¹⁾, Tadashi Tsukamoto¹⁾, Sadatoshi Shimizu¹⁾, Shintaro Kodai¹⁾, Sadaaki Yamazoe¹⁾,
Go Ohira¹⁾, Takayoshi Nakajima¹⁾, Kiyohide Kioka²⁾, Yasuko Kawasaki²⁾ and Takashi Nakai²⁾

Abstract

Although laparoscopic liver resection has been gradually accepted as a treatment of choice for benign and malignant hepatic diseases, it is necessary to use effective hemostatic device to safely enlarge the indications of laparoscopic liver resection. We have been expanding the use of laparoscopic liver resection by selecting effective hemostatic device: microwave pre-coagulation and soft-coagulation system. In the laparoscopic limited liver resection for the patient with severe liver cirrhosis, we usually use pre-coagulation technique with Microtaze® to control bleeding from the cirrhotic liver. On the other hand, in the laparoscopic anatomical liver resection of non-cirrhotic liver, we use Sonosurg® for the surface of the liver and laparoscopic surgical aspirator and monopolar forceps using soft-coagulation with saline dripping. Selecting proper hemostatic devices based on the conditions of liver is important for safe laparoscopic liver resection.

Key words: laparoscopic liver resection, liver cirrhosis, microwave pre-coagulation,
soft-coagulation, hepatocellular carcinoma

Accepted on Mar. 23, 2012

大阪市立総合医療センター肝胆膵外科¹⁾, 肝臓内科²⁾ 〒534-0021 大阪市都島区都島本通2-13-22

Department of Hepato-Biliary-Pancreatic Surgery¹⁾, Hepatology²⁾, Osaka City General Hospital
Address: 2-13-22 Miyakojima Hondoori, Miyakojima-ku, Osaka-city, 534-0021, Japan

***Corresponding author:** Akishige Kanazawa

Department of Hepato-Biliary-Pancreatic Surgery Osaka City General Hospital
Address: 2-13-22 Miyakojima Hondoori, Miyakojima-ku, Osaka-city, 534-0021, Japan
Tel: +81-6-6929-1221 Fax: +81-6-69291091
E-mail: kanazawa@msic.med.osaka-cu.ac.jp

緒 言

腹腔鏡下肝切除は、その解剖学的特殊性、手術手技の困難性などから、限られた施設で限られた術式が行われてきた¹⁾。しかしながら、肝切除機器の進歩と相まって徐々に普及し、2010年4月には腹腔鏡下肝部分切除および肝外側区域切除術が保険収載された。最近では、生体肝移植においてもドナー手術が腹腔鏡下に行われるようになってきている²⁾。このように近年急速に広まりつつある腹腔鏡下肝切除であるが、その適応を安全に拡大していくためには信頼のおける止血デバイスが不可欠である。我々はこれまで止血デバイスとしてマイクロ波によるプレ凝固やソフト凝固システムを導入することで、腹腔鏡下肝切除の適応拡大を図ってきており、その変遷、当院での手術手技と手術成績を供覧する。

I. 当院での腹腔鏡下肝切除の変遷 (Fig. 1)

当院では2000年より症例を限定して腹腔鏡下肝切除を開始したが、本格的には、2007年に比較的低温で組織を炭化させることなく凝固できるソフト凝固モードを備えたジェネレーターのVIO® 300D (エルベ社)を導入して以降である。止血能力の高いバイポーラー電極である

BiClamp® (エルベ社)を用いることで、安全に腹腔鏡下肝切除を行い得ることを確認した。2008年からは、肝表面をあらかじめマイクロ波によってプレ凝固することにより、肝硬変併存肝細胞癌症例に適応を拡大した。2009年には腹腔鏡下肝切除術の国内最多症例数を誇る岩手医科大学医学部外科学講座の若林 剛教授のもとで、(完全)腹腔鏡下の系統的肝切除や腹腔鏡補助下の肝移植ドナー手術を中心に研修しその後、系統的肝切除へ適応を拡大した。当初は腹腔鏡補助下肝切除を中心に行ってきた系統的肝切除であるが、2010年からは腹腔鏡用の超音波外科吸引装置であるCUSA (Cavitron社)を導入し、グリソン脈管や肝静脈に対するより精緻な手術が可能となり、完全腹腔鏡下に移行していった。脈管を露出した切離面となり、より止血能力に優れたデバイスが必要となるが、我々はプレ凝固および止血デバイスとして、ボール型電極に生理食塩水を滴下しながら行うことができるように電極を作成して(我々は“ぽたぽたボール型電極”と呼称している)使用している (Fig. 2)。これらのデバイスを導入することで腹腔鏡下肝切除術式を定型化し、現在は高度肝硬変併存例に対する肝部分切除に対してはマイクロ波によるプレ凝固を用い、非併存例に対する系統切除を行う場合には、腹腔鏡用CUSAと“ぽたぽたボール型電極”を用いた使い分けを行っている。術式の

Figure 1 The number of liver resection in Osaka City General Hospital - annual change-

Figure 2

A, B: Ballshaped monopolar forceps with irrigation tube for saline dripping.

C: Operating view of the pure laparoscopic anatomical liver resection.

定型化に伴い、当院における腹腔鏡下肝切除の全肝切除に占める割合は約7割に達し、そのなかでも完全鏡視下の割合が増加しつつある。

II. 安全な腹腔鏡下肝切除を施行するために—肝実質切離の実際—

腹腔鏡下肝切除を安全に施行するためには、適切な肝切離機器の選択が重要であることは言うまでもない。当院での肝実質切離機器を紹介する。

1. 高度肝硬変併存症例に対する非系統的肝切除術 (Fig. 3)

解剖学的に、肝表面から2 cm未満のいわゆる浅層においては大きな脈管に遭遇することは少ないとされているが³⁾、高度肝硬変併存症例においては、門脈圧亢進などにより、弾性の低下した組織内での細かな脈管の同定や露出が困難であり、さらに脆弱な肝内シャントの発達、術前からの血液凝固能の低下などにより浅層の肝実質切離の際にも止血に難渋することが少なくない。そこで、こういった症例に対しては、特に肝表面からの出血を制

御する目的で、マイクロ波によるpre-coagulation⁵⁾を行っている。Tabuseら⁴⁾の開発したマイクロターゼ® (アルフレッサ社) は、組織凝固能が高く、可変型針状電極により適切な角度からの穿刺が可能であり、腹腔鏡下肝切除においても有用である。一方、肝表面から2 cm以上の深層では太い脈管が存在しており、針状電極では脈管損傷のリスクがあるため、先述の“ぼたぼたボール型電極”をpre-coagulationおよび止血デバイスとして使用している。

2. 非肝硬変症例に対する系統的肝切除術 (Fig. 4)

系統的肝切除は、当初腹腔鏡補助下肝切除を中心に行ってきたが、2010年腹腔鏡用CUSAを導入して以降、完全腹腔鏡下に施行する割合が増加している。可能な限り切除予定領域のグリソンの血行遮断を先行し、出現したdemarkation lineに沿って肝実質切離を行う。浅層は、超音波凝固切開装置ソノサージ® (オリンパス社) を使用して行い、深層では原則としてPringle法による肝血行遮断下に、腹腔鏡用CUSAを用いて、肝静脈をメルクマールとした系統的肝切除を行っている。術者が腹腔鏡用CUSAと肝臓展開用鉗子、助手がボール型電極と吸引嘴

Figure 3 Pure laparoscopic liver resection using pre-coagulation technique for the cirrhotic liver

- A: Laparoscopic view of the cirrhotic liver.
 B: Pre-coagulation for the surface layer by Mirotaze®.
 C: Hepatic resection using Bipolar scissors with soft-coagulation.
 D: Resection part after laparoscopic liver resection.

Figure 4 Pure laparoscopic anatomical liver resection using CUSA and monopolar device with soft-coagulation system

- A: Hepatic resection using Sonosurg® for the surface layer.
 B: Pringle maneuver using endoscopic temporary clip.
 C: Dissection of the Grissonian sheath for the anterior segment using linear stapler.
 D: Hepatic resection using CUSA and monopolar device with soft-coagulation system for the deep layer.

管（しかん）を担当して（Fig. 2C），開腹下肝切除と同様の手術手技に，腹腔鏡の特性である拡大視効果と気腹圧を使うことで，より高いクオリティーの系統的肝切除術が可能となる。

Ⅲ. 手術成績

2011年9月末までに施行した177例の腹腔鏡下肝切除のうち，肝細胞癌症例が121例（68％）で，このうち49例が組織学的に新犬山分類⁶⁾でF4の肝硬変併存例であった．術式では系統的肝切除が77例（肝葉切除22例，区域切除39例，亜区域切除16例），部分切除が100例であった．完全鏡視下肝切除Pure-laparoscopic liver resection：Pure-Lap）は125例（71％），腹腔鏡補助下肝切除（Laparoscopy assisted liver resection：Lap-Assist）が45例（25％），用手補助腹腔鏡下肝切除（Hand-assisted laparoscopic liver resection：HALS）が7例（4％）であった（Fig. 5）．腹腔鏡下肝切除177例のうち他臓器合併切除や胆道再建併施例を除いた160例を，術式定型化前後で前期群（Before standardization：85例）と後期群（After standardization：75例）に分けて，その短期成績を比較検討したところ，後期群では系統的肝切除の割合が有意に増加した（ $p=0.0378$ ）．また，腹腔鏡下肝切除のうち，完全鏡視下の割合が増加し（ $p<0.0001$ ），その92％が完全鏡視下で完遂できるようになった．また系統切除の増加に伴って手術時間は延長したが，出血量には差がなく，術後合併症の頻度や，術後在院日数にも差は

見られなかった（Table 1）．また，F4肝硬変症例49例の術後合併症は4例（8％）であり，非肝硬変症例と比較しても差は認めなかった．

Figure 5 The ratio of approaches for laparoscopic liver resection in Osaka City General Hospital

Table 1 Short term outcomes of laparoscopic liver resection

Values in parentheses are percentages unless indicated otherwise; *values are median (range).

*Mann-Whitney U test unless indicated otherwise, [†] χ^2 test.

	Before standardization (n = 85)	After standardization (n = 75)	p*
Operative method (%)			0.0378 [†]
Anatomical resection	28 (33)	37 (49)	
Non-anatomical resection	57 (67)	38 (51)	
Laparoscopic approach (%)			< 0.0001 [†]
Pure laparoscopic liver resection	48 (56)	69 (92)	
Laparoscopy-assisted liver resection	37 (44)	6 (8)	
Operating time (min)	255 (38-703)	341 (65-831)	0.0206
Blood loss (mL)	250 (1-3500)	240 (1-2420)	ns
Morbidity (%)	9 (11)	11 (15)	ns
Hospital stay (days)	10 (6-149)	10 (6-100)	ns

IV. 考 察

腹腔鏡下における肝実質切離は開腹肝切除と手技的に変わるものではないが、腹腔鏡下肝切除を施行する場合には縫合止血に代わるデバイスが必要である。特に肝細胞癌の場合は肝硬変を併存している場合が多く、安全に試行するためには、手技に十分に習熟するのみならず、肝硬変の程度に応じた手術機器の選択が重要になる⁷⁾。肝切離前に切離部の組織を凝固させておくことで、出血量を減少させるpre-coagulation手技は、近年肝臓外科領域において用いられるようになり、その有用性が報告されている⁸⁾⁹⁾。腹腔鏡下肝切除術において、肝の表層は、正常肝であればpre-coagulationせずとも超音波凝固切開装置などでの切離が可能であると考えられるが、肝硬変が高度な場合にはマイクロ波凝固装置マイクロターゼ[®]やラジオ波モノポーラー針状電極(Cool-tip[™], RF system)を用いたpre-coagulationを行い、出血をコントロールする必要がある。一方、系統的肝切除を施行する際には、グリソン脈管や肝静脈を露出する層で肝切離を施行する必要がある。我々は、腹腔鏡用CUSAと共に“ぼたぼたボール型電極”を使用しているが、比較的低温で組織を炭化させることなく凝固できるソフト凝固モードを備えたジェネレーターのVIO[®] 300D (エルベ社)に接続した生食滴下型モノポーラーデバイスは、近年肝切除におけるその有用性が報告されている¹⁰⁾。そして、肝切離面や脈管からの出血に対しては、生理食塩液を媒介

させて組織に通電することで組織の炭化を防いで良好な組織凝固を行うsaline enhanced coagulationという手法に基づいて止血を行っている。これにより電極と組織との間に介在する血液が取り除かれ、通電が良好となり、電極の組織への固着を防止し、さらにsaline enhanced effectによるより広範な止血凝固が行われる¹¹⁾。ただし、凝固範囲が広範にわたるため、胆管の熱損傷を予防する観点よりグリソン近傍での使用は最小限度にとどめ、そのような部位にはBiclamp[®] (エルベ社)やBipolar Scissors[®] (Ethicon社)といったバイポーラー機器が有用である。そして肝臓の状況に応じた止血デバイスの使い分けにより術式を定型化したことで、高度肝硬変症例においても腹腔鏡下肝切除を安全に施行でき、また非肝硬変症例における系統的肝切除術が完全鏡視下に出血量や合併症を増やすことなく施行できるようになった。今後より安全性を高めることで、開腹手術では手術適応から外れるような高度肝硬変併存例に対しても、適応を拡大できる可能性があるのではないかと考えている。

結 論

マイクロ波やソフト凝固システムなどの新しいエネルギーデバイスの使い分けにより、腹腔鏡下肝切除の安全性を高めるとともに、腹腔鏡下系統的肝切除術や高度肝硬変症例に対する適応拡大を図っている。

References

- 1) 内視鏡外科手術に関するアンケート調査—第10回集計結果報告—日内視鏡外会誌 15 : 565-679, 2010
- 2) Wakabayashi G, Nitta H, Takahara T, Shimazu M, Kitajima M, Sasaki A: Standardization of basic skills for laparoscopic liver surgery towards laparoscopic donor hepatectomy. J Hepatobiliary Surg 16: 439-444, 2009
- 3) Kaneko H, Tsuchiya M, Otsuka Y, Yajima S, Minagawa T, Watanabe M, Tamura A: Laparoscopic hepatectomy for hepatocellular carcinoma in cirrhotic patients. J Hepatobiliary Pancreat Surg 16: 433-438, 2009
- 4) Tabuse K, Katsumi M, Kobayashi Y, Noguchi H, Egawa H, Aoyama O, Kim H, Nagai Y, Yamaue H, Mori K: Microwave surgery: hepatectomy using a microwave tissue coagulator. World J Surg 9: 136-143, 1985
- 5) Reuter NP, Martin RC 2nd: Microwave energy as a pre-coagulative device to assist in hepatic resection. Ann Surg Oncol 16: 3057-3063, 2009
- 6) Ichida F, Tsuji T, Omata M, Ichida T, Inoue K, Kamimura T: New Inuyama classification; new criteria for histological assessment of chronic hepatitis. Int Hepatol Commun 6: 112-9, 1996
- 7) 塚本忠司, 金沢景繁, 清水貞利, 山本訓史, 高台真太郎, 山添定明, 吉田佳世, 菅野兼史, 瀧井麻美子, 池谷哲郎, 小松久晃: 腹腔鏡(補助)下肝切除術の進歩. 消外 34 : 1087-1098, 2011
- 8) Weber JC, Navarra G, Jiao LR, Nicholls JP, Jensen SL, Habib NA: New technique for liver resection using heat coagulative necrosis. Ann Surg 236: 560-563, 2002
- 9) Floole B, van der Bilt JD, Elias SG, de Hoog J, Borel Rinkes IH: Precoagulation minimizes blood loss during standardized hepatic resection in an experimental model. Br J Surg 92: 1409-1416, 2005
- 10) Hirokawa F, Hayashi M, Miyamoto Y, Iwamoto M, Tsunematsu I, Asakuma M, Shimizu T, Komeda K, Inoue Y, Tanigawa N: A novel method using the VIO soft-coagulation system for liver resection. Surgery 149: 438-444, 2010
- 11) Sturgeon C, Helton WS, Lamba A, Chejfec G, Espat NJ: Early experience employing a linear hepatic parenchyma coagulation device. J Hepatobiliary Pancreat Surg 10: 81-86, 2003