

表1 LADGの安全性

著者	症例数		mortality (%)		morbidity (%)	
	LADG	DG	LADG	DG	LADG	DG
[RCT]						
Kitano, S. (2002)	14	14	0	0	14.3	28.6
[Case-controlled]						
Adachi, Y. (2000)	49	53	0	0	8.2	20.8
Yano, H. (2001)	24	35	0	0	8.3	11.4
Reyes, C. D. (2001)	18	18	0	0	ND	ND
Mochiki, E. (2002)	24	31	0	0	14.7	32.3
Migo, S. (2003)	10	17	0	0	0	ND
Weber, K. J. (2003)	12	13	0	0	ND	ND

[文献6] 改変

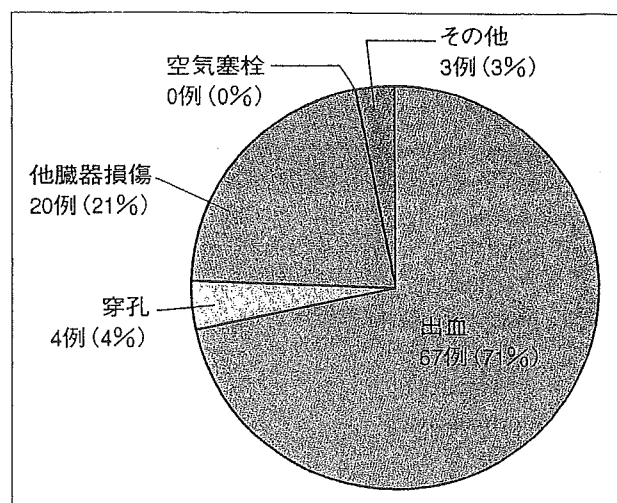
## 評価と今後の課題

1990年代後半から胃癌に対する腹腔鏡下手術の評価が始まっている。

### 1. 短期成績

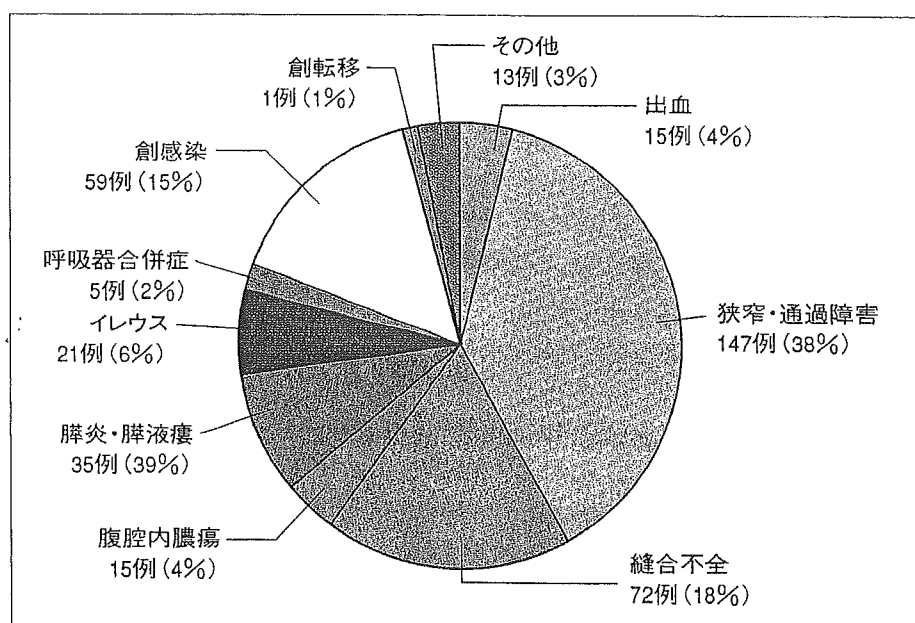
#### 1) 安全性

腹腔鏡下手術は、腹腔鏡観察下に行う鉗子操作を主体とするため、手技が複雑であり安全性が危惧されてきた。表1に開腹手術との比較を示した文献をまとめた<sup>9)</sup>。それぞれの研究の症例数は少ないものの、開腹手術に比べ腹腔鏡下手術のほうが術後合併症の発生頻度が低い可能性が示されている。一方、JSESの全国アンケート調査結果によると、術中偶発症は1.8%で



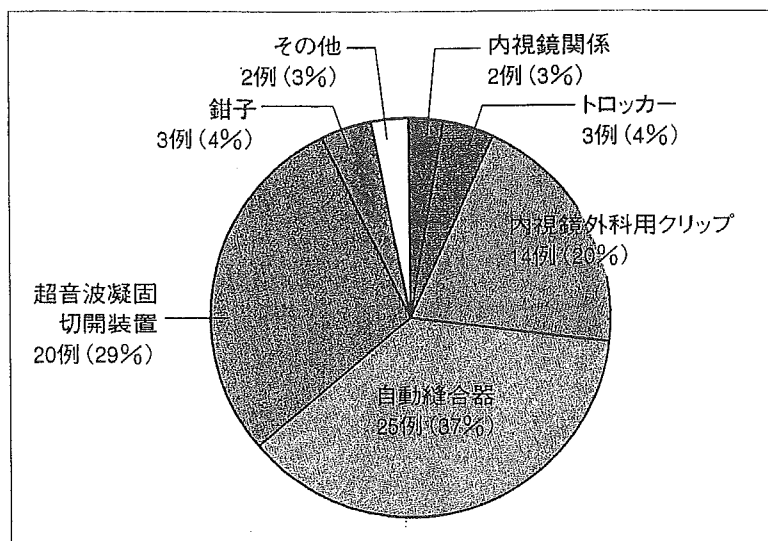
[文献5] より引用

図6 術中偶発症1.8% (開腹移行1.0%)



[文献5] より引用

図7 術後合併症7.3%



(文献5)より引用

図8 器械の不具合による偶発症, 合併症

表2 LADGの有用性

著者	有用性					
臨床経過	早期経口・排ガス	早期歩行	疼痛軽減	術後臓器障害軽減	在院日数短縮	その他
[RCT]						
Kitano, S.			○		○	
[Case-controlled]						
Adachi, Y.			○		○	栄養・炎症
Yano, H.	○	○	○		○	
Reyes, C. D.	○				○	
Mochiki, E.	○				○	合併症低下
Migo, S.	○					炎症
Weber, K. J.	○				○	
術後免疫						
Fujii, K.						細胞性免疫の維持される
患者 QOL						
Goh, P. M. Y.						10人の外科医が患者 QOL の向上に有用と回答
Adachi, Y.						24項目の消化器症状に関する患者アンケート中、4項目で良好
費用						
Adachi, Y.						在院期間短く、総医療費が安価

[文献6]改変

あり開腹手術への移行は1%であった(図6, 7)<sup>5)</sup>。その70%が出血によるものである。術後合併症の発生頻度は7.3%であり、その内訳は56%が吻合部に関するものであった。今後、適応拡大にむけてより安全な吻合手技の確立が求められている。また、腹腔鏡下手術の特徴である手術器械のトラブルに関するものなかでは、自動縫合器と超音波凝固切開装置によるものが多く、機器の習熟に努める必要があると思われる(図8)。このように従来の開腹手術と同等な安全性は維持されているものの、昨年から始まったJSESによる認

定制度に示されるように、より安全な手技の実践にむけてトレーニングする必要がある。

## 2) 有用性

これまでに報告されたLADGの有用性に関する開腹手術との比較を表2にまとめた<sup>6)</sup>。臨床経過に関する検討は主観的になる傾向があるため、その評価は慎重に行う必要がある。これまでの報告によると、術後の腸蠕動の早期回復、除痛効果、呼吸機能障害の軽減、術後在院日数の短縮などが示されている。さらに患者QOLに関するアンケート調査結果において患者も医

師も従来の開腹手術に比べ患者 QOL が優れていると回答する者が多かった。しかしながら、これらの検討は限られている施設での数少ない症例を用いたものであり、今後レベルの高い客観的な検討が必要である。

## 2. 長期成績

長期成績に関する研究報告はまだ少なく今後の課題である。Huscher らは、59例の胃癌患者を対象とした RCT を報告した<sup>7)</sup>。その結果、腹腔鏡下手術と開腹手術を受けた患者の 5 年無再発生存率は、両群間で同じ値を示した (57.3% vs 58.9%)。一方、わが国において厚生労働省がん研究班 (北野班) で 1901 症例 (早期癌 1622 例, 進行癌 279 例) を検討した結果、経過観察期間が 23 カ月と短いものの、無再発 5 年生存率は早期癌で 99% 以上, 進行癌 (T2N0, T2N1) 症例で 90% 以上と良好な結果であった<sup>8)</sup>。これらのデータから、LADG は開腹手術と同等の根治性が得られるものと期待される。今後多施設研究による RCT による評価が必要である。

## おわりに

胃癌に対する腹腔鏡下手術が開発されて 14 年が経過した。最初は早期胃癌を対象としていたが、最近では進行癌へと適応拡大がなされている。しかしながら、まだ臨床研究としての位置を脱却していない。腹腔鏡

下手術が胃癌の標準手術となるためには、安全で簡便な手技の確立、低侵襲性などの有用性の評価、さらには癌の手術としての根治性の評価が不可欠だと考えている。

## 文 献

- 1) Kitano, S., Iso, Y., Moriyama, M. and Sugimachi, K.: Laparoscopy-assisted Billroth-I gastrectomy. *Surg. Laparosc. Endosc.*, 4: 146-148, 1994.
- 2) Ohgami, M., Otani, Y., Furukawa, T., Kubota, T., Kumai, K. and Kitajima, M.: Curative laparoscopic surgery for early gastric cancer: Eight years experience. *Nippon Geka Gakkai Zasshi*, 11: 372-374, 2000.
- 3) Ohashi, S.: Laparoscopic intraluminal (intra-gastric) surgery for early gastric cancer. *Surg. Endosc.*, 9: 169-171, 1995.
- 4) 日本胃癌学会編: 胃癌治療ガイドライン 医師用 2004 年 4 月改定, 第 2 版, 金原出版, 東京, 2004.
- 5) 内視鏡外科手術に関するアンケート調査-第 7 回集計結果報告. *日内視鏡外会誌*, 9: 475-569, 2004.
- 6) Kitano, S. and Shiraishi, N.: Minimally invasive surgery for gastric tumors. *Surg. Clin. North Am.*, 85: 151-164, 2005.
- 7) Huscher, CG., Mingoli, A., Sgarzini, G., Sansonetti, A., Di Paola, M., Recher, A. and Ponzano, C.: Laparoscopic versus open subtotal gastrectomy for distal gastric cancer: Five-year results of a randomized prospective trial. *Ann. Surg.*, 241: 232-237, 2005.
- 8) 厚生労働省がん研究助成金「がんにおける体腔鏡手術の適応拡大に関する研究」第 4 回アンケート調査結果報告. 厚生労働省がん研究助成金北野班 (主任研究者: 北野正剛). 2004, 9 月.

# 腹腔鏡下手術

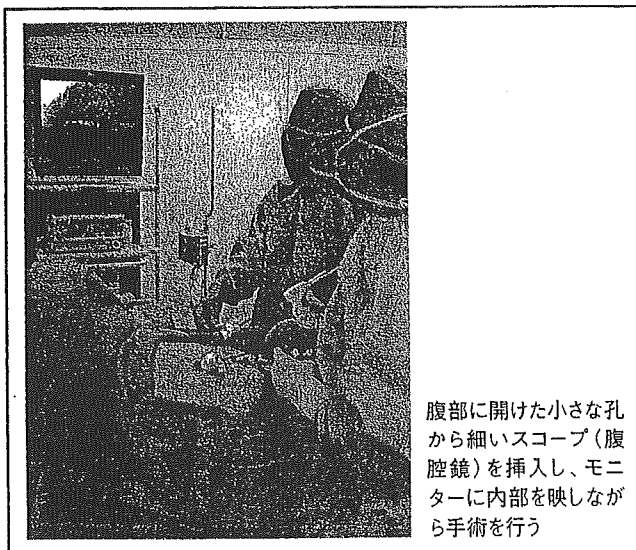
いわした ゆきお  
岩下 幸雄

きたの せいごう  
北野 正剛

## 腹腔鏡下手術とは

- 腹腔鏡下手術とは、従来の手術のような大きな開腹をせずに、腹部に開けた小さな孔から細いスコープ(腹腔鏡)を挿入し、モニターに内部を映しながら行う手術のことである(図1、2)。
- 鏡視下手術、内視鏡手術などの呼び方があるが、どれもだいたい、同じ意味で用いられる。
- 気腹、操作用トロッカーの挿入、腹腔内操作の順に手術を行う。
- 気腹操作は通常、臍部あるいは臍下部に、気腹用のトロッカーを挿入するか、または気腹針を刺して行う。
- 炭酸ガス(CO<sub>2</sub>)を腹腔内に送気し、腹腔内圧を8~12mmHgに保つことにより腹壁はドーム状に膨らみ、腸や胆嚢などの間に空間を作り、この空間の中で手術を行う(図3)。
- 病変部の切除、修復など腹腔内で行う処置は、従来の開腹手術に遜色なく行える。

図1 腹腔鏡下手術



- 従来の開腹手術と比べると、傷が小さく目立たない、痛みが少ない、離床・回復が早い、などの利点がある。
- 日本では1990年に腹腔鏡下胆嚢摘出術が初めて行われて以来、腹腔鏡下手術は、多くの分野にわたって急速に普及している(図4)。
- 気腹を行うので、術中の循環・呼吸動態に影響があり、重篤な循環器・呼吸器疾患患者には注意を要する。また、開腹手術歴があり、腹腔内に強い癒着がある場合には手術が行えず、適応に限界がある。

## 術前準備

- 下剤の投与、前投薬、輸液など、開腹術と同じ準備が必要になる。
- インフォームドコンセント:「腹腔鏡下手術=身体に負担の少ない手術=簡単な手術」と考えられがちであるが、開腹手術と同様の危険性があることを、術前に十分に説明することが重要である。

図2 腹腔鏡下手術に使う主な機械

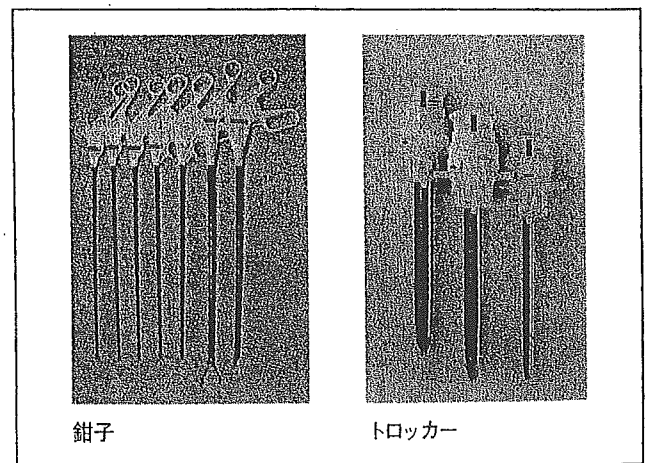
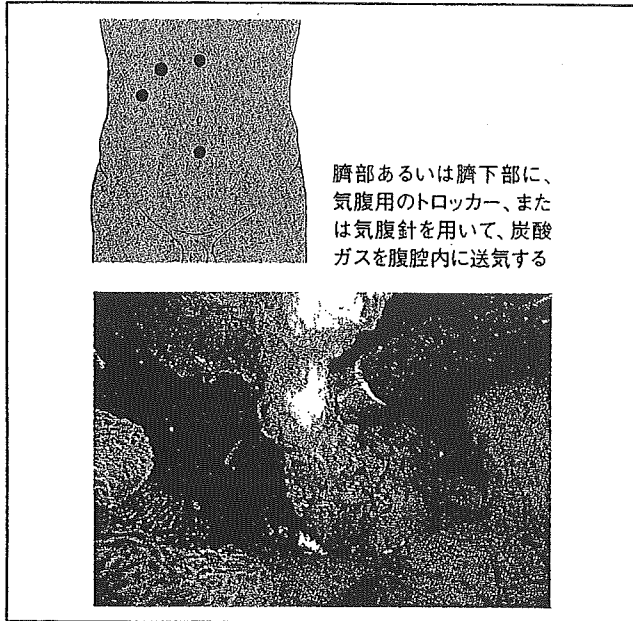


図3 気腹時の腹部所見(左)と腹腔内の様子(右)



- 病名、病態、治療の概要を説明する。さらに、腹腔鏡下手術の利点と欠点、合併症について説明する。
- 癒着が強く手技が困難な場合、出血のコントロールがつかない場合などには、開腹手術に移行する可能性があることを十分に説明する。

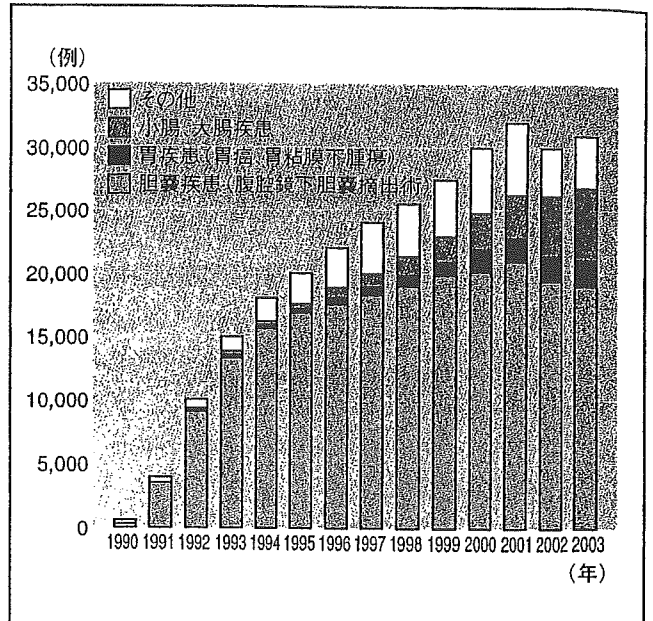
#### 術前看護および処置

- 臍部処置:腹腔鏡のトロッカーは臍部あるいは臍直下に置くことが多いので、汚れが溜まりやすい臍部の清浄化は重要である。不十分な処置は、創部感染や腹腔内感染の原因となる。
- 除毛:手術部位の感染を予防するため、術前の除毛は可能な限り行わない。手術部位の体毛が手術の妨げとなる場合は、術直前にバリカンを使用して、除毛する。

#### 帰室時の患者状態のチェック

- バイタルサイン、サチュレーション、胸部の聴診、創部の観察(創の位置・大きさ、皮下気腫の有無、ドレーンの位置・排液の性状)、下肢の観察(腫脹、静脈瘤の有無)などについてチェックし、記録する。
- モニターの装着、酸素投与量・期間などについて、医師と相

図4 腹腔鏡下手術件数の推移



談し、計画を立てる。

#### 重篤な合併症

- 腹腔鏡下手術は安全に行われる手術であり、従来の開腹手術と比べ合併症が増えることはない。
- 創が小さく、患者の痛みの訴えも少ないため、術後管理も軽視されがちであるが、以下に述べるような重篤な合併症により死に至る場合もあることを十分に認識し、管理することが重要である(表1)。

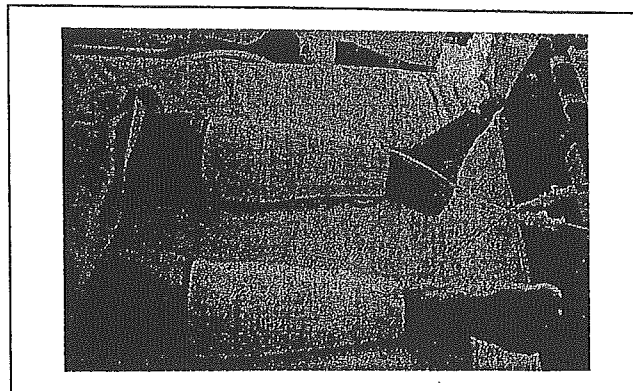
#### A. 肺塞栓

- 従来の開腹術でも十分に注意しなければならない合併症であるが、腹腔鏡下手術においては、さらに起こりやすいといわれている。
- これは、気腹による腹腔内圧の上昇が下肢の静脈還流を妨げ、下肢の静脈血栓症をきたしやすくなるためである。
- 長時間に及ぶ手術、あるいはハイリスク症例(肥満、下肢静脈瘤のある症例など)では、特に注意を要する。
- 歩行開始時に突然の胸痛・呼吸困難・サチュレーションの低下、あるいはショック状態となって発症する。
- ただちに胸部CT検査、血管造影検査、肺血流シンチグラフィ検査などにより確定診断を行い、呼吸・循環の集中管理

表1 起こりやすい合併症と発症時期

	術中	術直後	1日目	数日	1週間以降
肺塞栓					
消化管損傷					
胆管損傷					
大血管損傷					
皮下気腫					
術後肩痛					
創感染					
腹壁癒痕ヘルニア					
イレウス					

図5 下肢の間欠的空気加圧



をいっつ、抗凝固療法、血栓溶解療法、手術などの治療を行う必要がある。

- 肺塞栓は予防が何より大切である。通常、術中から下肢に弾性ストッキングを装着し、ハイリスク症例では間欠的空気加圧を行う(図5)。
- 早期離床を行うことも、静脈血栓の予防に有効である。
- 下肢深部静脈血栓に起因する肺塞栓の再発予防には、下大静脈フィルターが有効である。

#### B. 消化管損傷、胆管損傷

- 術中の鉗子、電気メスなどの誤操作によって起こる副損傷である。
- 術後数時間から数日までに、ドレーン排液の性状が胆汁様または便汁様に変化した場合、あるいは高熱・腹痛などの症状が現れた場合、医師に連絡する。

#### C. 大血管損傷

- 気腹針・トロッカーにより、術中に損傷することがある。
- ドレーン排液の性状を観察し、出血の徴候が認められれば医師に連絡する。

#### D. その他の術後合併症

- 皮下気腫:手術中の気腹操作によって、特にトロッカー周囲に起こる。皮膚を押すと雪を握るような独特の感じ(握雪感)があるので、すぐにそれとわかる。皮下気腫が認められた場合は、マーキングをして、病変の広がりを経過観察する。気腫は自然と吸収されるため、通常は無処置でよい。
- 術後肩痛:急激な気腹による腹膜の伸展によって、起こると考えられている。手術開始時の炭酸ガスの送気流量をゆっくりに行うことで予防できる。鎮痛剤を要するほど痛みが強い場合もある。
- 創感染、腹壁癒痕ヘルニア:臍部のトロッカー挿入部に多い。
- イレウス:従来の開腹術に比べると、頻度が少ない。

#### クリニカルパス

- 腹腔鏡下手術は、合併症が起これなければ手術後の回復も早く、全般的に在院日数も短い。
- インシデント発生予防の目的でも、クリニカルパスを使用した術前・術後管理が最も効率的であり、積極的に導入すべきである。特に、腹腔鏡下胆嚢摘出術に対しては広く導入されている。

# 特集 手術の基本手技

## 腹腔鏡手術

白石 憲 男\* 猪股 雅 史\*  
安田 一 弘\* 北野 正 剛\*\*

### はじめに

1980年代に始められた腹腔鏡手術は、胆嚢摘出術に始まり、癌治療へと幅広く応用されている<sup>1)</sup>。従来の手術と異なり、腹腔鏡観察下の手術であり、手技の習得のためのトレーニングが必要であると考えられている。本稿では、腹腔鏡下胃切除術<sup>2)</sup>を例にしながら、安全な基本手技とそのコツについて記載したい。

### I. 腹腔鏡手術の特殊性と合併症

腹腔鏡手術は、腹腔鏡モニターを観察しながら手術機器を用いて行う手術手技である。表1に腹腔鏡手術の特殊性についてまとめた。開腹手術と同様、安全な手術を行うための重要な点は、良好な視野のものと的確なアプローチと手術機器に習熟したていねいな操作を心掛けることである。

安全な操作を行うためには、まず術中偶発症や合併症の原因を知る必要がある。腹腔鏡下胃切除術に関する日本内視鏡外科学会 (JESE) のアンケート調査によると、術中偶発症で多いものは出血と他臓器損傷であった。腹腔鏡手術の長所の一つに拡大視効果が挙げられる。このことは、微細な操作を可能にすることを意味するが、一方では少量の出血が良好な視野確保を

困難にすることを意味している。また、2D視野のため奥行感覚の欠乏や未熟な手術機器操作により出血や臓器損傷を生じる。「出血のない手術手技」が腹腔鏡手術の基本となる。

### II. 出血回避の手術手技

腹腔鏡手術において「出血のない術野」を実践するには、① 良好な術野の確保、② 鉗子による安全な剝離操作、③ エネルギー機器を用いた確実な切離、が大切である。

#### 1. 良好な術野の展開

良好な術野の展開は、術者・カメラ助手・鉗

表1 腹腔鏡手術の特殊性

モニター視野
1. 2D視野
2. 視角に制限
3. 拡大視効果
鉗子操作
1. 触覚がない
2. 方向性・自由度に制限
切離操作・結紮操作
1. エネルギー機器の使用
2. クリップなどの手術機器の使用
3. 体外結紮, 体内結紮
縫合・吻合
1. 腹腔鏡下自動縫合器の使用
2. 腹腔鏡下の手縫い吻合
3. 体外での吻合 (腹腔鏡補助下)

\* Norio SHIRAIISHI et al. 大分大学消化器外科

\*\* Seigo KITANO 同外科 教授

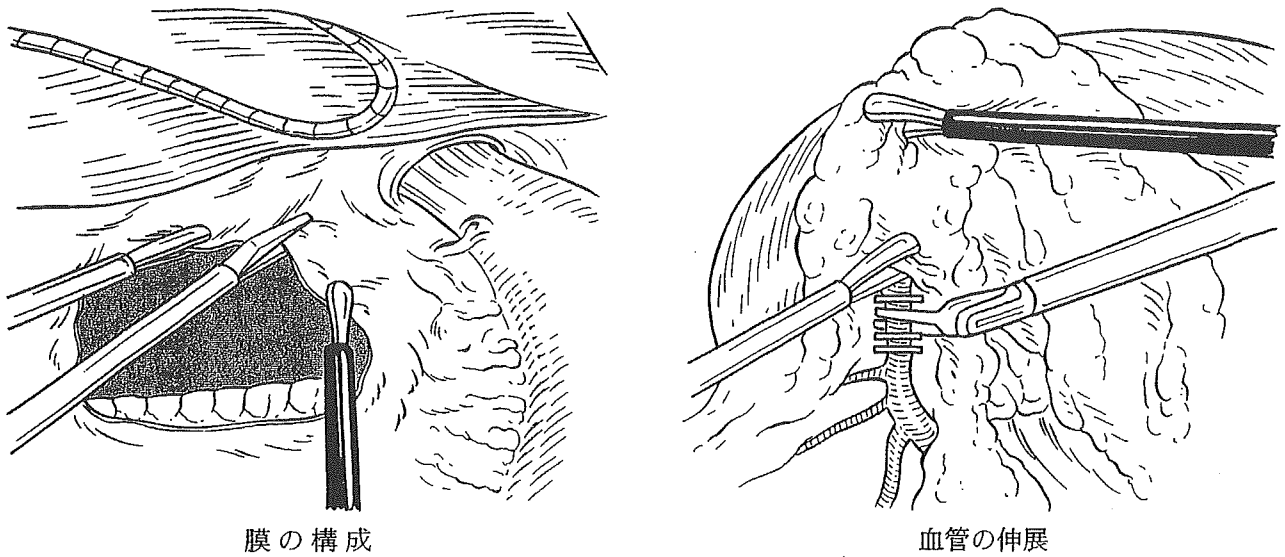


図1 術野の展開（助手鉗子の位置）

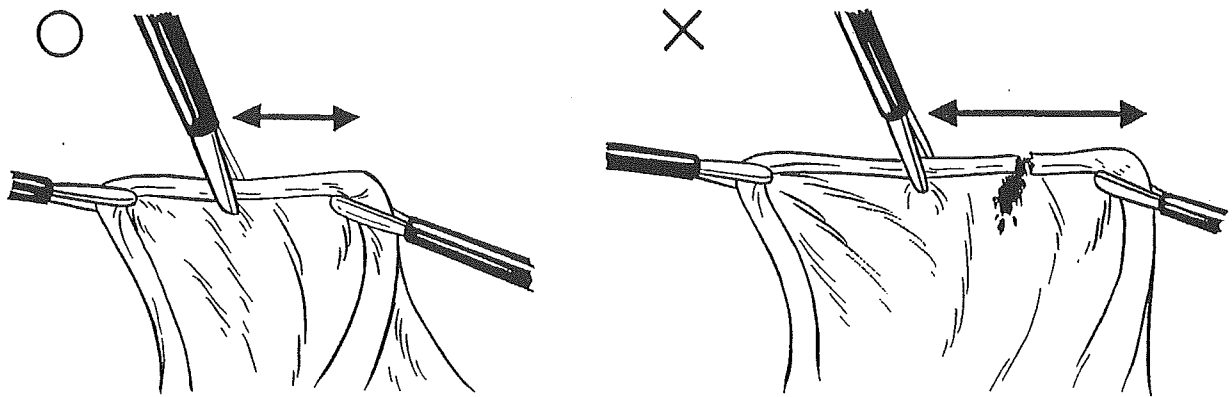


図2 術野展開操作のコツ

把持鉗子の位置は、操作部位の近傍にする（組織伸展のため、組織が裂ける）。

子助手の共同作業からなる。カメラ位置は、術者の左右の鉗子の中間に位置することが望ましく、トロッカーの位置を工夫する。おもな術野として、膜構造物の処理の際の術野と血管の処理の際の術野が挙げられる。図1のように膜構造物の処理に際しては、術者鉗子と助手鉗子により膜を伸展させた状態を形成することが望ましい。一方、血管の処理に際しては、助手鉗子によって血管が垂直に伸展した状態を形成するように心掛ける。しばしば、術野展開のための助手鉗子の牽引により、組織の損傷を生じて出血させることがある。術野展開の際の助手鉗子の把持する位置は、図2のように、操作部位の

すぐ近くでの把持を心掛けたい。

## 2. 鉗子による剝離操作

剝離操作の際に出血を回避するコツは、開腹下手術と同様、①血管の少ない層で剝離を行うこと、②血管の位置と枝の方向を意識して剝離すること、③鉗子による剝離方向と剝離幅に注意しておくことが重要である。

### a) 血管の少ない層や領域での剝離

腹腔鏡下胃切除術において手技上むずかしいと考えられている場所の一つに、右胃大網動・静脈の処理が挙げられる。臍頭部の構造は図3のように、臍頭部前面と大網の癒合によって形成される臍前筋膜に被われている。このような



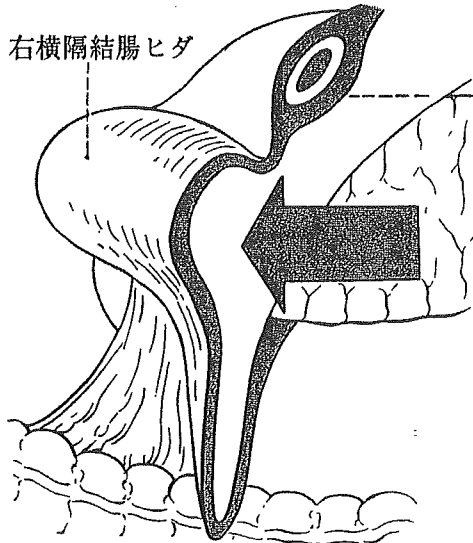


図3 無血管層へのアプローチ  
(Perlemuter-Waligora より改変)

癒合部には血管がないため、比較的容易に剝離を進めることが可能となる。その結果、右胃大網静脈の根部を容易に同定することが可能となる。このように発生学的に癒合によって形成される層の剝離は「出血の少ない手術」に有用である。

また、右胃動脈の同定には十二指腸球部直上の無血管野からのアプローチが有用である。まず、その無血管野を開放し、肝十二指腸間膜を肝側に向かって切開していくと、右胃動脈の右側が露出される。このように血管の少ない領域からのアプローチは「出血の少ない手術」に有用である。

#### b) 血管の位置と枝の方向

血管周囲の剝離に際しては、血管の位置と血管からの分枝の方向を意識して剝離操作を進めることが大切である。図4のように、左胃動脈は胃脾間膜の網嚢側に位置するため、右横隔膜脚直上の腹膜を切開すると、比較的容易に同定することができる。このように血管の位置を意識したアプローチは無意味な剝離を回避でき、出血の少ない手術を実践することが可能となる。

一方、胃十二指腸動脈から固有肝動脈への剝離に際して、それらの血管からの分枝は、十二

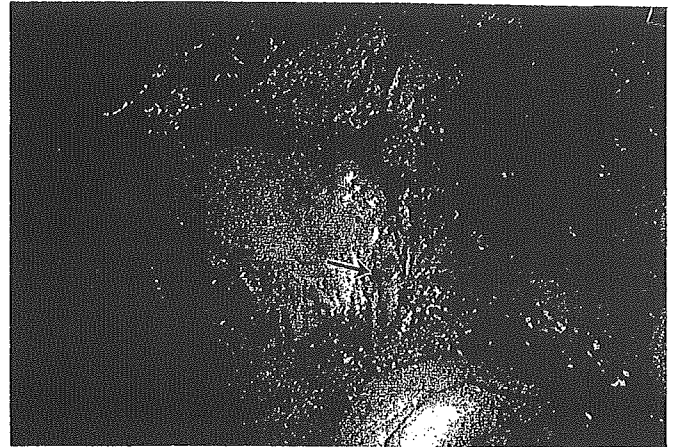


図4 血管の位置  
左胃動脈は胃脾間膜の網嚢側にある。

指腸側へと流入している。そのため、分枝のない網嚢側から血管周囲脂肪織を剝離していくことが肝要である。主要血管のどの方向から分枝が出ているのかを意識しながら剝離操作を進める必要がある。

#### c) 剝離方向と剝離幅を意識した鉗子操作

実際の剝離鉗子を用いての剝離操作においては、剝離鉗子の選択、剝離方向、剝離幅が重要である。しばしば、剝離操作を超音波凝固切開装置で行っている場合があるが、先端や active blade で損傷することがあり、剝離操作は鉗子で行うべきである。図5に鉗子操作の基本手技を示した。なかでも開脚操作による剝離は、小さな血管を損傷することがあり、注意する必要がある。超音波凝固切開装置の blade を挿入する必要最小限の剝離幅を心掛けたい。

### 3. 切 離

腹腔鏡手術において超音波凝固切開装置の役割は大きい。超音波凝固切開装置は、超音波エネルギーを利用してコラーゲンを変性・凝固し切離するものである。使用時に注意したいことは、① 不十分な凝固による出血、② 近接臓器の損傷に伴う出血である。

#### a) 不十分な凝固による出血

凝固不十分なまま組織が切離してしまうことがある。図6のように、左右に張力が働いているときに active blade を下にして使用すると

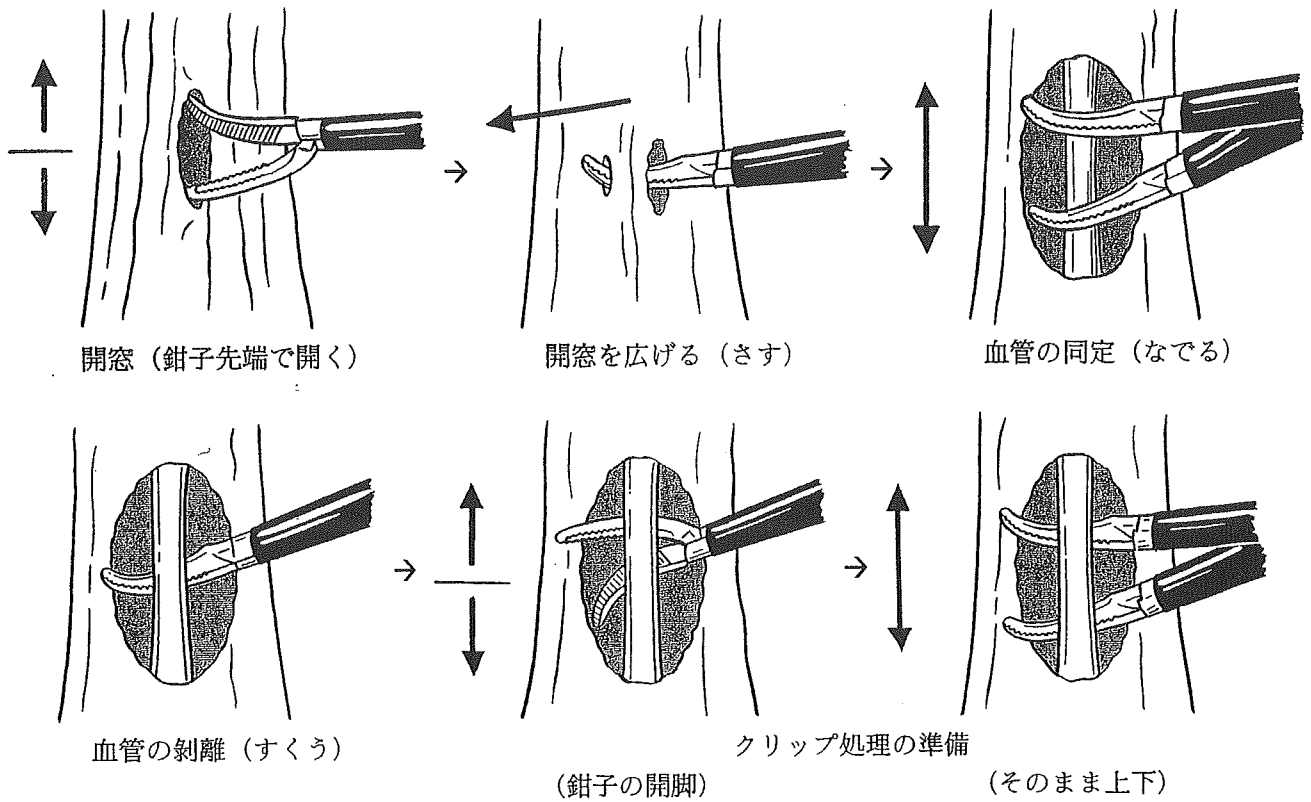


図5 鉗子の基本操作

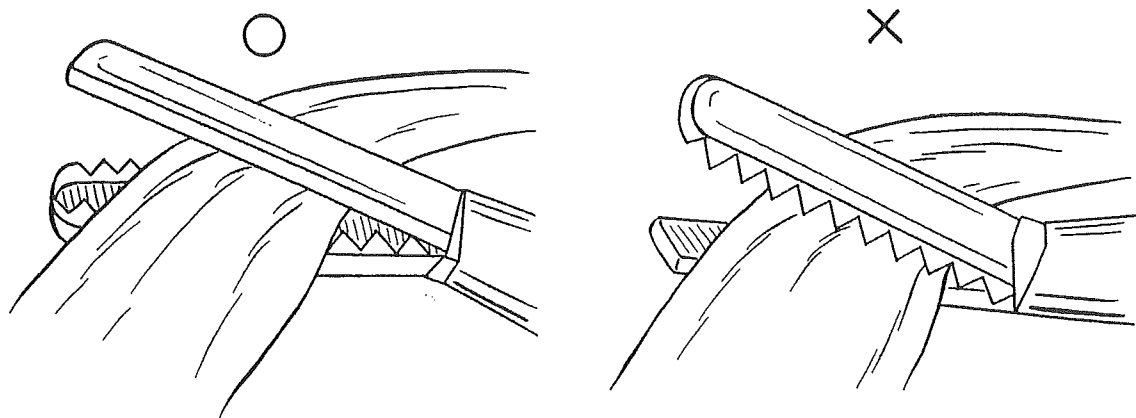


図6 超音波凝固切開装置の使用上の注意 (1)  
凝固不十分で切離さないように active blade は上で使用する。

凝固が不十分なまま、組織が断裂し出血することがある。凝固切開装置の使用時には張力をかけすぎず、active blade を上にして使用すべきである。

**b) 近接臓器の損傷に伴う出血**

超音波凝固切開装置の使用中に、観察できて

いない blade の先端で損傷を引き起こすことを経験する。図7のように blade の先端が出ていることを確認して凝固切開することが望ましい。また、先端の確認が不可能なときには、少しずつ凝固切開を進めていくことが重要である。

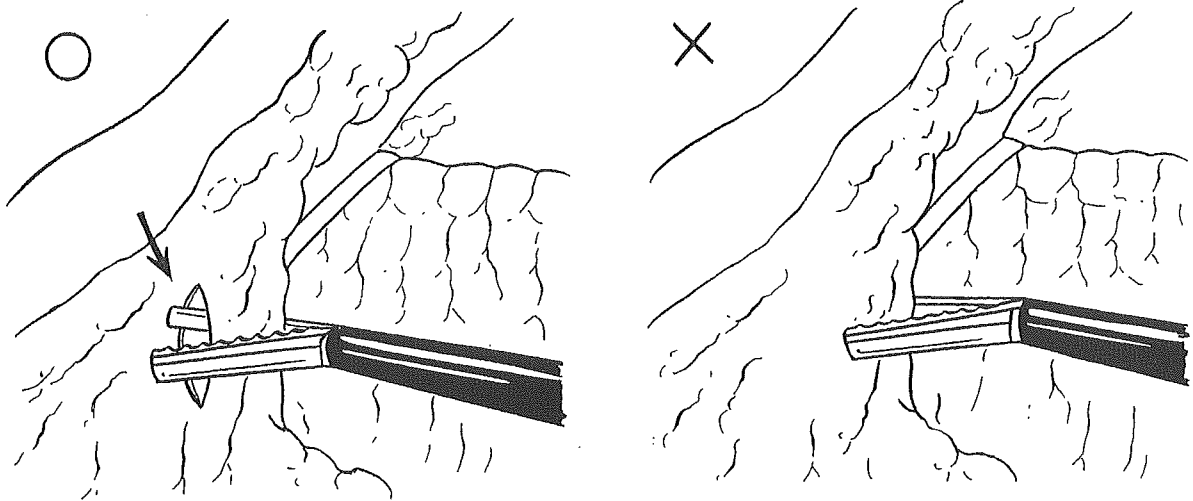


図7 超音波凝固切開装置の使用上の注意(2)  
剝離鉗子で先端が出るようにして使用する(先端での損傷予防)。

近年、コンピュータ制御による電気凝固を利用した血管シーリングシステム(図8)やバイポーラが腹腔鏡手術に応用されている。出血と組織損傷のない切離操作に習熟すべきである。

### III. 安全な結紮と縫合

結紮操作には、クリップ操作と結紮操作(体内結紮, 体外結紮)が挙げられる。クリップを用いた結紮は、簡便であり多用されている。クリップを装着する際には、図9のように半分クリップや二重クリップを避けなければならないことは当然であるが、ほかの操作中にすでに装着しているクリップがはずれることもあり、注意を要する。

それゆえ、胃癌の腹腔鏡手術において、大網の切離断端の止血にはクリップをできるかぎり用いないほうが好ましい。

腹腔鏡手術のなかで結紮・縫合操作は、今後、外科医たちが克服しなければならない課題の一つである。胃癌や直腸癌に対する腹腔鏡手術において吻合部に関する合併症が多いことからこのことがうかがわれる。結紮操作は、鉗子の方向や角度および距離感覚がうまく作動しなければ安全に行われぬ。そのためには、トロッカーの位置や挿入方向を意識する必要がある。また、モニターに写し出される臓器などを

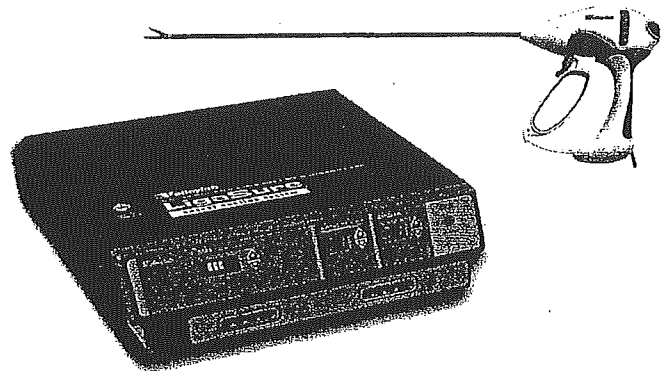


図8 血管シーリング・システム  
(タイコヘルスケアジャパン提供)

目印にして距離感覚や位置感覚をつかみ、両手による鉗子の協調操作に習熟したい。

縫合は、自動縫合による場合が多い。現在、サーキュラステイプラーやリニアカッターが使用されている。一般に、リニアカッターによる吻合のほうが縫合不全の発生率が低いと考えられており、リニアカッターを用いた吻合が試みられている。

安全な結紮手技と縫合法の確立が急務である。

おわりに

腹腔鏡手術が始まって20年近くが経過した。この間、数多くの新しい手術手技と新しい機器

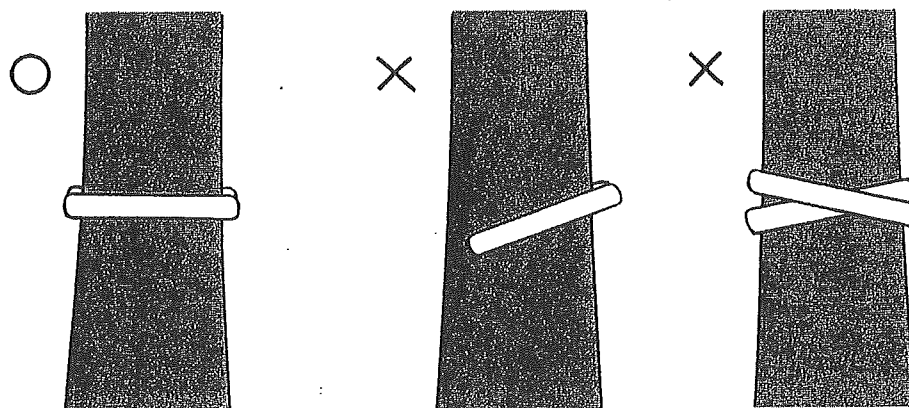


図 9 クリップ使用上の注意

が開発されてきた。安全な腹腔鏡下手術の基本は、従来の開腹手術と同様、良好な視野のもとでの的確なアプローチと、手術機器に習熟したていねいな手術操作にほかならない。とりわけ、モニター画面に血糊のない術野、臓器損傷を生じないていねいな手術操作を心掛けたいものである。

#### 文 献

- 1) 内視鏡外科手術に関するアンケート調査—第7回集計結果報告—。日鏡外会誌 9：475—569, 2004
- 2) Kitano S et al : Laparoscopy-assisted Billroth-I gastrectomy. Surg Laparosc Endosc 4 : 146—148, 1994

# IV 内視鏡手術用器具・装置

## 2. 腹腔鏡・光源装置\*

太田正之 白水章夫 北野正剛\*\*

### はじめに

わが国で1990年に開始された腹腔鏡下手術は急速に普及し、とくに胆嚢摘出術においてはその80%以上が腹腔鏡下で行われるほど一般的となっている<sup>1)</sup>。その背景には外科医による技術の開発と習得もさることながら、光学機器や手術用器具などの機器の開発によるところも大きい。腹腔鏡下手術では視野や触覚が制限される手術のため、画像の鮮明度や視野の広さは非常に重要である。本稿では内視鏡手術用機器の中で、腹腔鏡、charge-coupled device (CCD)カメラ、光源装置、腹腔鏡保持装置などの光学機器について述べる。

### I. 腹腔鏡

腹腔鏡はロッドレンズシステムを用いた光学式と先端にCCDカメラを装着した電子式があり、光学式は硬性鏡であり、電子式はそのほとんどは現在フレキシブルタイプである。

#### 1. 光学式腹腔鏡

今日使用されている光学式の腹腔鏡はHopkinsによって考案されたロッドレンズシステムを用いた硬性鏡である。これは対物レンズ、連続したロッド状のリレーレンズ(ロッドレンズ)、接眼レ

表1. 光学式腹腔鏡の価格表

会社名	Karl Storz 社	Stryker 社
10 mm	84万円	79万円
5 mm	78万円	81万円
3 mm	78万円	77万円

ンズからなる<sup>2)</sup>。それ以前の腹腔鏡にはなかった棒状のロッドレンズを並べることにより、高解像度のシャープなコントラスト画像の実現を可能としている。

これら硬性鏡は現在直径10, 5, 3, 2 mm(ロッドレンズシステムは3 mmまで)とさまざまなものが使用可能であり、また直径1 mmのものも報告されている。しかし臨床では現在も直径5 mmや10 mmの腹腔鏡が汎用されており、2 mmや3 mmなどの細径の腹腔鏡は画像の劣化や視野の狭さなどの欠点のため、胃腸手術などのアドバンスの腹腔鏡下手術には向いていない。現時点では細径腹腔鏡は比較的単純な手術や補助的な使用に限定して用いられていることが多い<sup>3)</sup>。Karl Storz社(輸入・総販売元: エム・シー・メディカル社)とStryker社のロッドレンズシステムの硬性鏡の価格表を表1に示す。77万~84万円で

キーワード: 腹腔鏡, CCDカメラ, 光源装置

\* Laparoscopy and charge-coupled device

\*\* M. Ohta(講師), A. Shiromizu, S. Kitano(教授): 大分大学第一外科.

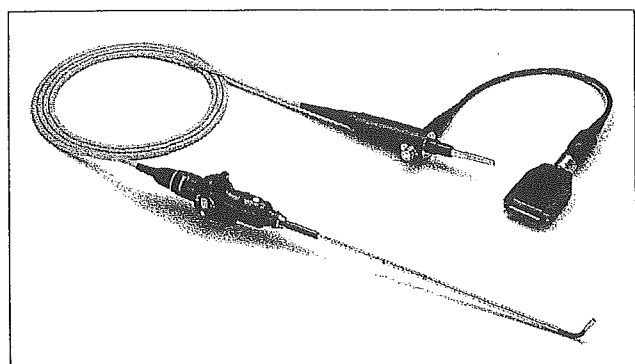


図1. 5 mm 径フレキシブル電子式腹腔鏡(オリンパス社製LTF VP)

ほとんど差がみられない。

またその先端の角度により0°の直視鏡から30°、45°、70°の斜視鏡があり、一般的には直視鏡や30°の斜視鏡がよく使用されている。45°の斜視鏡は30°に比べより見下ろしを必要とする場合に有用であり、腹腔鏡補助下幽門側胃切除術(LADG)のNo.8aリンパ節などの郭清に有用という報告もある。10 mmの0°の直視鏡の視野角は約76°とかなり制限されるが、30°の斜視鏡では180°回転させることにより152°の視野角が得られるようになるといわれている<sup>2)</sup>。

## 2. 電子式腹腔鏡

電子式腹腔鏡はその先端にCCDカメラが装着されており、画像を電気信号にかえて伝達する腹腔鏡である。前述した光学式腹腔鏡は画像を忠実に、カメラヘッドと呼ばれるCCDカメラに伝達する役目を行うためのものであり、その仕組みは大きく異なる。一般的に先端部分が彎曲可能なフレキシブルタイプが使用されている。

以前は彎曲可能な部分が4 cmと長く、観察対象物が近すぎるとトロカールから彎曲部分が出ないため彎曲しての観察ができなかった。また径が10 mmのものしかなく、5 mmポートからの使用もできなかった。最近オリンパス社からそれらの問題を改善したEndoEyeフレキシブルビデオスコープ(LTF VP)が発売されている(図1)。これは外径5.4 mmと5 mmポートから使用可能であり、先端から2.5 cmの部分で彎曲し、上下・左右の彎曲角度も100°となっている。従来のフレ

キシブルスコープとの比較では視野や画質で遜色なく、彎曲角度やポートの利便性に優れていると報告されている<sup>4)</sup>。また単純に比較はできないものの、30°の斜視硬性鏡の視野角152°に対し5 mmのこのフレキシブルスコープの視野角は280°と計算され、視野角の大きさがフレキシブルスコープの強みといえる。欠点としては操作がやや煩雑であり、彎曲を使った視野の確保に慣れる必要があり、スコピストの技術の習得が不可欠である。

## II. CCDカメラ

CCD電荷結合素子とは1970年代に開発され、光の強さを電気信号に変換して出力する半導体集積回路(IC)である。現在家庭用ビデオカメラにも使用されており、腹腔鏡下手術の分野においてはこのCCDチップを一つ用いた1 CCDカメラと三つ用いた3 CCDカメラが一般に使用されている。1 CCD方式では一つのCCDにて色の3原色である赤、青、緑に対応するようになっているため、1原色に対する素子数は1/3となる。それに対し3 CCD方式ではプリズムを用いて光を3原色に分解し、一つのCCDが一つの原色に対応するため、1チップのすべての素子を1原色に使用することが可能である。そのため3 CCDカメラはより鮮明な画像を得ることが可能であり、水平解像度も1 CCDカメラでは500ライン程度に対し、3 CCDカメラでは700～1,100ラインとなっている。

光学式腹腔鏡タイプのカメラヘッド部分のCCDカメラはKarl Storz社(図2)、Stryker社(図3)ともに3 CCDカメラである。それに対し、オリンパス社のフレキシブル電子式腹腔鏡はその先端にCCDカメラが装着されており1 CCDカメラとなっている(図1)。腹腔鏡のタイプが異なるために単純に比較はできないものの、3社の最新機種を表2で比較してみた。総素子数や解像度では1 CCDカメラは3 CCDカメラに劣るものの小型軽量化可能であり、現在フレキシブルタイプでは1 CCDカメラが主流となっている。また1 CCDカメラは3 CCDカメラより一般に安価であり、

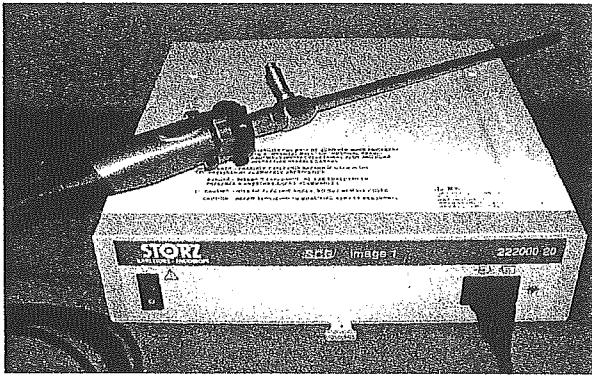


図2. 光学式腹腔鏡用の3 CCD カメラシステム (Karl Storz社製IMAGE1)

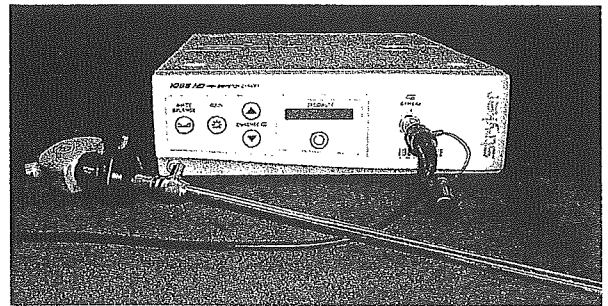


図3. 光学式腹腔鏡用の3 CCD カメラシステム (Stryker社製1088HD)

表2. CCD カメラ装置の比較

製品名 (会社名)	IMAGE1	TRICAM SL	1088HD	OTV-S7
	(Karl Storz社)		(Stryker社)	(オリンパス社)
撮像素子(CCD)	3 CCD	3 CCD	3 CCD	1 CCD
サイズ	1/4 インチ×3	1/4 インチ×3	1/3 インチ×3	1/4 インチ
総画素数	38 万画素×3	41 万画素×3	131 万画素×3	41 万画素
走査方式	インターレース方式	インターレース方式	プログレッシブ方式	インターレース方式
水平解像度	700 ライン	750 ライン	1,100 ライン	480 ライン
カメラヘッド重量	175 g	195 g	190 g	360 g (腹腔鏡を含む)
オートクレイブ対応	×	○	×	×
光学ズーム	○	○	×	×
電子ズーム	×	×	○	○
価格(定価)	630 万円	530 万円	530 万円	330 万円
[腹腔鏡を含み光源は除く]				

実際に腹腔鏡から CCD カメラ、カメラ本体までの1セット価格が1 CCD方式のオリンパス社のものが他の2社のものに比べ定価で約200～300万円程度安価である。結局機種選定にあたっては、3 CCDの画質をとるか1 CCDの値段や操作性をとるかということと思われる。

### III. 光源装置

消化管内視鏡もそうであるが、腹腔鏡にもカメラ装置とは別に光を送ることだけを目的とする光源を必要とする。腹腔鏡の光源には自然光(太陽光)に近い波長分布と十分な明るさが必要とされ、以前ではメタルハロゲンランプも使用されていた

が、現在300Wのキセノンランプが主流である。光源装置は CCD カメラとセットで購入することが多いが、価格は各社であまり差がなく、定価で100万～150万円程度である。

光学式腹腔鏡では光源からのライトケーブルの接続部分(スロット)はカメラヘッドの接続部分(アイピース)と90°の関係になっている。ライトケーブルの劣化が光量減少の原因となることもあるので、定期的に点検しておく必要がある。また通常のライトケーブルは熱をもつので、腹腔鏡と接続せずライトケーブルを放置しておくことで患者の火傷の原因になるので注意が必要である。それに対してフレキシブル電子式腹腔鏡ではライトケー

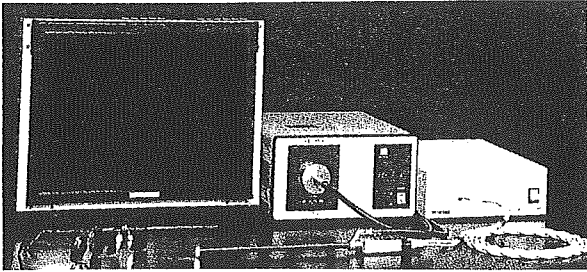


図4. 三次元画像装置一式(新興光器製作所)

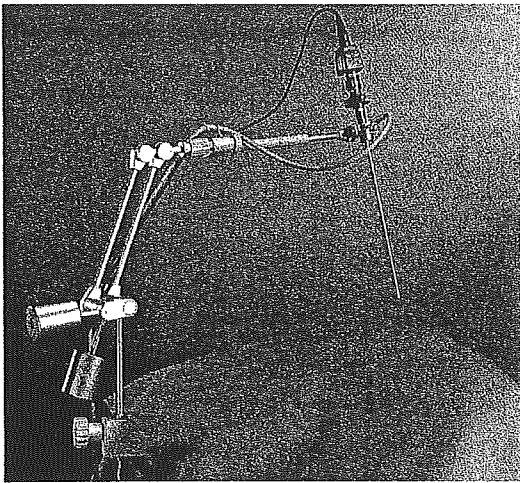


図6. サージカルテレスコープホルダー  
(オリンパス社製SH-1)

ブルは一体化しており、逆に差し込み式となっている。

#### IV. 三次元画像装置

通常のモニターによる画像は二次元画像であり、遠近感、立体感に乏しく、腹腔鏡下手術をむずかしくしている原因の一因をなしている。この欠点を改善するために三次元(3D)画像装置が開発されている。3D画像装置の原理は視差をもつ二つの光学視管から得られる画像をそれぞれ別のCCDで結像させる2眼2カメラ方式と、1本の光学視管の接眼部で光を分割し二つのCCDで結像させる1眼2カメラ方式がある<sup>9)</sup>。いずれの方式でも左右別々の画像をモニター上に交互に表示し、特殊メガネ(偏向メガネ)を使用することにより立体視が可能となる。わが国では2眼2カメラ方式を用いて新興光器製作所で開発・改良され、

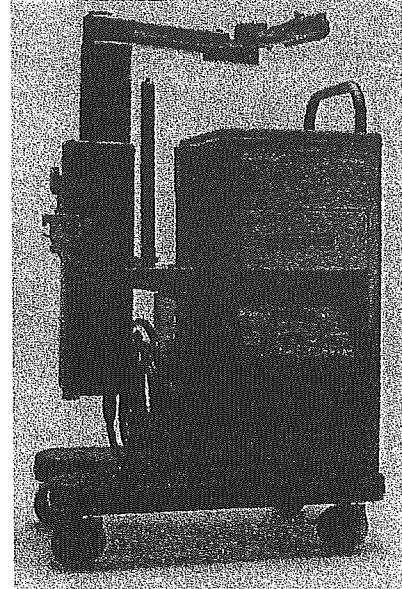


図5. AESOPシステム(ケーテック社)

立体内視鏡、CCDカメラ、立体液晶モニター、光源までの1セットの定価は930万円である(図4)。比較的高価なものとなっているが、リアルタイムに安定した立体画像を得ることが可能となっている<sup>9)</sup>。

またわが国においてface mounted display (head mounted display)を用いた3D画像装置の開発も行われていたが<sup>7)</sup>、手元がみえないなどの術野外の視野の問題や重量による術者の疲労の問題から開発は現在中断している。

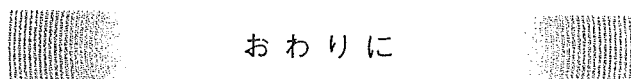
#### V. 腹腔鏡保持装置

腹腔鏡下手術には経験あるスコピストの存在が不可欠とされるが、ロボット工学の技術を駆使し、スコピストにかわり腹腔鏡を保持するために開発された機器がある。米国Computer Motion社が開発したボイスコントロール(音声認識)システムであるAESOP(automated endoscopic system for optimal positioning)システムである(図5)<sup>8)</sup>。AESOPシステムはZEUS Robotic Surgical Systemの一部にも組み込まれているが、ZEUSがわが国で現在個人輸入とされているのに対し、AESOPシステムはすでに薬事で承認されており、定価2,500万円で販売されている(ケーテック



社). 実際の手術では AESOP のロボットアーム部分(重量 18 kg 以下)は本体部分から切り離され, 手術台に迅速に固定され, 術者の声によりスムーズで確実なスコープの動きが可能となっている.

またオリンパス社もロボット工学の技術ではないものの, 腹腔鏡の確実な保持と移動を可能とするサージカルテレスコープホルダーを開発している(図6). カウンターバランス方式により腹腔鏡のスムーズな動きと安定が可能であり, スコピストなしでの腹腔鏡下手術を可能とする. 定価は40万円である.



### おわりに

現在わが国で使用可能な腹腔鏡下手術の光学機器について概説した. 最近の進歩として, 5 mm 径のフレキシブルビデオスコープ, 3D 画像装置, AESOP システムがあげられる. より安全で確実な腹腔鏡下手術が可能になるように, 今後のさらなる光学機器の開発に期待したい.

#### [製造・販売元連絡先]

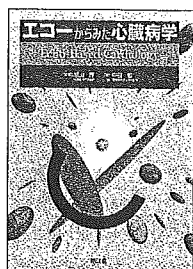
- 1) エム・シー・メディカル(株): ☎160-8355 東京都新宿区西新宿7-5-25 西新宿木村ビル(TEL 03-5330-7860/FAX 03-5330-7867)
- 2) オリンパスメディカルシステムズ(株): ☎163-0914 東京都新宿区西新宿2-3-1 新宿モノリス(TEL 03-

5330-7860/FAX 03-5330-7867)

- 3) 日本ストライカー(株)メドサージ事業部: ☎113-0033 東京都文京区本郷3-22-5(TEL 03-5805-8930/FAX 03-5805-8939)
- 4) (有)新興光器製作所: ☎113-0033 東京都文京区本郷2-12-2(TEL 03-3811-4194/FAX 03-3814-2608)
- 5) (株)ケーテック: ☎104-0032 東京都中央区八丁堀3-5-7 NRE八重洲ビル(TEL 03-3552-1194/FAX 03-3552-6995)

#### ◆ ◆ ◆ 文 献 ◆ ◆ ◆

- 1) 日本内視鏡外科学会学術委員会(編): 内視鏡外科手術に関するアンケート調査—第7回集計結果報告. 日鏡外会誌9: 475-569, 2004
- 2) 藤野幸夫, 下村一之, 出月康夫: 腹腔鏡(光学式, 電子式). 消外23: 682-687, 2000
- 3) 多賀谷信美, 窪田敬一: 細径腹腔鏡・鉗子による鏡視下手術. 手術57: 1527-1531, 2003
- 4) 奥田準二, 田中雅夫, 清水周次ほか: 5 mm フレキシブルビデオスコープの advanced laparoscopic surgery における有用性. 日鏡外会誌9: 593-597, 2004
- 5) 古川俊治, 北島政樹: CCD カメラ装置, 光源装置. 消外23: 688-692, 2000
- 6) Muragaki Y, Hashizume M, Hashimoto D et al: A new concept of three-dimensional endoscope for endoscopic surgery. Surg Endosc 17: 1838-1839, 2003
- 7) 谷川廣治: Head mounted display. 臨消内科12: 1023-1029, 1997
- 8) Okada S, Tanaba Y, Yamaguchi H et al: Single-surgeon thoracoscopic surgery with a voice-controlled robot. Lancet 351: 1249, 1998



■B5判・174頁 2005.4.  
定価6,825円(本体6,500円+税5%)  
ISBN4-524-23598-1

## エコーからみた心臓病学

- 監修 増山 理 (兵庫医科大学教授)
- 著 中谷 敏 (国立循環器病センター医長)

著者が経験した数多くの症例呈示から, 心エコー判読のポイント, そこから導き出される治療法などの解説とともに, 関連する重要な心臓病学の知識をコラムとしてまとめた実践的な学習書. 実際の症例を呈示, 解説することにより, 読み進めるだけで, 心エコーの判読法だけでなく, 臨床心臓病学全般についての理解が深まる.

**nkd 南江堂**

〒113-8410 東京都文京区本郷三丁目42-6  
(営業) TEL 03-3811-7239 FAX 03-3811-7230  
《<http://www.nankodo.co.jp>》

0505t

# Laparoscopic Gastrectomy for Cancer

Tsuyoshi Etoh Norio Shiraishi Seigo Kitano

Department of Surgery I, Oita University Faculty of Medicine, Oita, Japan

**Key Words**

Laparoscopy-assisted distal gastrectomy · Early gastric cancer · Surgical outcome

**Abstract**

There are three procedures for the management of early gastric cancer (EGC): laparoscopic wedge resection (LWR), intragastric mucosal resection (IGMR), and laparoscopic gastrectomy. LWR or IGMR can be applied to treat EGC without the risk of lymph node metastasis. However, owing to the recent technical advances in endoscopic mucosal resection for EGC, the use of laparoscopic local resection for these lesions has gradually decreased. On the other hand, laparoscopic gastrectomy with lymph node dissection, such as laparoscopy-assisted distal gastrectomy, is widely accepted for the treatment of EGC with the risk of lymph node metastasis. To establish the acceptability of laparoscopic gastrectomy with D2 lymph node dissection against advanced gastric cancers, safe techniques and new instruments must be developed. The following advantages of laparoscopic surgery for the treatment of gastric cancer have been well demonstrated: clinical course after operation, pulmonary function, immune response. In the future, lapa-

roscopic surgeons have to design and implement education and training systems for standard laparoscopic procedures, evaluate clinical outcomes by multicentric randomized control trial studies, and clarify the oncological aspects of laparoscopic surgery in basic studies.

Copyright © 2005 S. Karger AG, Basel

**Introduction**

Gastric cancer has been one of the most common causes of cancer death in the world. Recently, the detection of early gastric cancer (EGC) has been increasing and new treatment strategies for gastric cancer have been developed. The 5-year survival rate of patients with EGC who underwent surgical treatment has reached 90% or more in Japan [1-3]. On the basis of the low incidence of node involvement in most EGC patients, current surgical trends for EGC have shifted from surgery with extended lymph node dissection to minimally invasive surgery, thereby providing a better postoperative quality of life.

Laparoscopic surgery has become popular as a minimally invasive procedure. The following advantages of laparoscopic surgery for the treatment of gastrointesti-

**KARGER**Fax +41 61 306 12 34  
E-Mail [karger@karger.ch](mailto:karger@karger.ch)  
[www.karger.com](http://www.karger.com)© 2005 S. Karger AG, Basel  
0257-2753/05/0232-0113\$22.00/0Accessible online at:  
[www.karger.com/ddi](http://www.karger.com/ddi)Tsuyoshi Etoh, MD  
Department of Surgery I, Oita University Faculty of Medicine  
Hasama-machi, Oita 879-5593 (Japan)  
Tel. +81 97 5865843, Fax +81 97 5496039  
E-Mail [teto@med.oita-u.ac.jp](mailto:teto@med.oita-u.ac.jp)

nal disease including EGC have been well demonstrated: clinical course after operation, pulmonary function, immune response [4–7]. For the management of patients with EGC, laparoscopic gastrectomy has been widely accepted in Japan. Recently, the use of laparoscopic gastrectomy for advanced gastric cancer has been attempted. In this article, the authors review the literature on the indications, techniques, outcomes, and future perspective of laparoscopic gastrectomy for gastric cancer.

## Early Gastric Cancer

### *Incidence of Lymph Node Metastasis*

The most important factor influencing the survival of patients with EGC is the status of lymph node metastasis [8–11]. The incidences of lymph node metastasis in large series of EGC range from 1 to 3% for tumors confined to the mucosa [10, 12, 13] and from 11 to 20% for tumors invading the submucosa [12–14]. Lymph node metastasis is rare in patients with mucosal cancer, and is restricted mostly to the perigastric nodes in patients with node-positive EGC [12, 13, 15–17].

### *Endoscopic Mucosal Resection for Early Gastric Cancer*

Although endoscopic mucosal resection (EMR) is a useful procedure for EGC without a risk of lymph node metastasis, a successful EMR requires the en bloc resection of the EGC. The Japanese Gastric Cancer Association issued the first version of its gastric cancer treatment guidelines in 2001. These guidelines indicate EMR for intestinal-type mucosal cancers that lack ulcerative findings and that are <2 cm in diameter, regardless of tumor morphology [18]. Recently, several new devices for endoscopic submucosal dissection (ESD) have been developed, such as an insulation-tipped diathermic knife [19], a hook knife [20], a flex knife [21], and a triangle-tipped knife [22]. ESD enables us to completely remove a large lesion as a single fragment. However, as the frequency of complications during ESD is reported to be relatively higher than conventional EMR [19], endoscopists should obtain the skills needed to carry out ESD safely. When ESD is safely and commonly performed, all intestinal-type mucosal cancers without ulcerative findings will be indicated for ESD.

## *Laparoscopic Gastrectomy for Early Gastric Cancer* Current Trends in Laparoscopic Gastrectomy

There are three procedures for the management of EGC: (1) laparoscopic wedge resection (LWR) [23, 24], (2) intragastric mucosal resection (IGMR) [25], and (3) laparoscopic gastrectomy (totally laparoscopic, laparoscopy-assisted, and hand-assisted). Since our first experience doing laparoscopy-assisted distal gastrectomy (LADG) by a Billroth I reconstruction for a patient with EGC in 1991 [26], a national survey conducted by the Japan Society of Endoscopic Surgery (JSES) showed increasing use of laparoscopic procedures for EGC in Japan. During the period from 1991 to 2004, 7,827 patients underwent laparoscopic surgery for gastric cancer [27]. Along with the societal recognition of the significance of minimally invasive surgery for EGC, the popularity of LADG with lymph node dissection has increased rapidly, and this procedure now accounts for about 83% of all laparoscopic surgeries for gastric cancer in Japan. LADG was reported to have several advantages over open surgery, including earlier recovery and better patient's quality of life [4–7].

Several recent studies have evaluated the validity of the sentinel node (SN) concept for the treatment of gastric cancer as well as malignant melanoma or breast cancer [28–31]. Now, two major, well-designed, large-scale clinical trials to clarify the validity of the SN concept for gastric cancer have been conducted by two Japanese groups: the Japan Clinical Oncology Group and the Japan Society of Sentinel Node Navigation Surgery. Although laparoscopic detection and sampling for SNs of gastric cancer is believed to be more technically difficult than open surgery [28], the SN navigation concepts must contribute to the choice of surgical treatments for EGC, including EMR and laparoscopic surgery.

### Indication of Laparoscopic Gastrectomy for Early Gastric Cancer

Most early cancers are located only in the gastric wall, and local resection of the gastric wall is adequate for complete clearance. Theoretically, laparoscopic local resection, such as LWR or IGMR, can be applied to treat EGC without the risk of lymph node metastasis. However, owing to the recent technical advances in EMR for EGC, the use of laparoscopic local resection for these lesions has gradually decreased. On the other hand, laparoscopic gastrectomy with lymph node dissection, such as LADG, has been widely accepted to treat EGC with the risk of lymph node metastasis [32].

Since it is difficult to diagnose lymph node metastasis preoperatively, the risk for it is estimated by the tumor size, the depth of cancer invasion, the presence of ulceration, and the histological type. On the basis of pathological findings in a large number of surgically resected specimens, the Japanese Gastric Cancer Association guidelines recommend the following optimal lymph node dissection levels for EGC: D1+ $\alpha$  (perigastric lymph node dissection) for mucosal cancer, for which EMR is not indicated and for histologically differentiated submucosal cancer of <1.5 cm in diameter; D1+ $\beta$  for preoperatively diagnosed submucosal cancer without lymph node metastasis (N0), for which D1+ $\alpha$  is not indicated, and for early cancer <2.0 cm in diameter with only perigastric lymph node metastasis (N1); D2 for early cancer >2.0 cm in diameter, with lymph node positive. According to these guidelines, lymph node dissection is performed in LADG.

#### Surgical Techniques of LADG

The techniques of LADG are described below [26]. The essentials for LADG with D1+ $\alpha$  lymph node dissection for gastric cancer are as follows: (1) Under general anesthesia, a 10-mm Hg pneumoperitoneum is created and a laparoscope is inserted through the subumbilical incision. (2) Four cannulas for grasping and dissecting instruments are placed in the upper abdomen. (3) The greater omentum and gastrocolic ligament are dissected laparoscopically outside the epigastric arcade. (4) The right gastroepiploic vessels are cut to facilitate dissection of the lymph nodes at the subpyloric portion. (5) The lesser omentum is opened and the suprapyloric lymph nodes are dissected after the right gastric artery and vein are divided between clips. (6) The stomach is fully mobilized, and the left gastric artery and vein are divided using clips. (7) The left cardiac and superior gastric lymph nodes are dissected down to the distal portion of the stomach. (8) A 5-cm long upper laparotomy is made just below the xiphoid, and the mobilized stomach is pulled out through this minilaparotomy wound. The distal two-thirds of the stomach is resected using staplers. (9) Billroth I gastroduodenostomy is carried out through the minilaparotomy wound, with the same handsewn technique as used for conventional open surgery.

#### Comparison of Short-Term Outcome between LADG and Conventional Open Gastrectomy for EGC

Several studies about the short-term outcome of LADG for EGC have been reported. With regard to op-

erative findings, several studies have demonstrated a longer operation time and lower blood loss for LADG than for open distal gastrectomy (ODG) [33]. But, the learning curves of surgical teams suggested that training reduced the operation time for LADG [5, 34].

There have been several comparative studies of surgical morbidity between LADG and ODG. Most of those studies demonstrated the same or lower incidence of complications associated with LADG as with ODG [5, 33, 34]. According to the JSES survey, the morbidity and mortality associated with LADG were 9.7 and 0%, respectively. These results suggest that LADG is a safe procedure. Even in obese patients, morbidity and length of hospital stay were not increased, although LADG required a longer operating time for obese patients than for non-obese patients [35, 36].

Several studies on the lower invasiveness of LADG relative to ODG demonstrated several advantages of LADG, as follows. Prospective and retrospective analyses by a single institution showed earlier recovery of bowel function after LADG than after ODG [6, 37]. Also, in several studies, pain was reported to be significantly less after LADG than after ODG [6, 7]. LADG offers particular advantages to elderly patients with EGC, including rapid return of gastrointestinal function, fewer complications, and a shorter hospital stay [38]. Other short-term advantages of LADG were demonstrated by a randomized trial with a small sample at a single institution, which revealed better postoperative pulmonary function after LADG than ODG because there was less pain after the former [39].

Regarding the cost, a case-controlled study reported that LADG is less expensive than conventional open gastrectomy because the hospital stay is shorter [40, 41].

#### Evaluation of Long-Term Results of LADG

Although most retrospective published studies were composed of a small number of patients and showed short-term follow-up [39, 42–46], there have been few studies about the long-term outcome of LADG [47]. Indeed there is only one prospective randomized trial (RCT) about the long-term outcome of LADG. Huscher et al. [48] reported 5-year postoperative results by RCT with a small series comparing LADG with ODG for gastric cancer. Those authors found no significant difference in operative morbidity or mortality, 5-year overall, or disease-free survival between the two groups. In the near future, a multicenter randomized controlled trial is needed to confirm the long-term advantages of LADG for gastric cancer.