

Fig. 17. An *in vivo* laparoscopic cholecystectomy experiment using the FAcE MOUSe system.

and easy and intuitive camera guidance (for Step 2 of Fig. 4), from the surgeons who performed or looked in during the experiment. The operating surgeon, however, did make the negative comment that after the experiment he felt a little fatigue in his

neck from a lot of rolling face motions. In fact, he made rolling gestures 187 times ( $= 97 + 90$ ), that is, 4.2 times/min during the operation.

## V. COMPARATIVE STUDY WITH A SOLO SURGERY SIMULATOR

To test the advantage of the proposed system compared to other existing human-machine interfaces, a comparative experiment was conducted using a laparoscopic solo surgery simulator. The reason for using the simulator, not the real system, is because we wanted reproducibility and objectivity in our comparative evaluation.

### A. Solo Surgery Simulator

Our solo surgery simulator consists primarily of a main computer (CPU: AMD Athlon 1.4 GHz, OS: Windows 98) and a commercially available instrument simulation device, VLI (Immersion Corporation, San Jose, CA, USA), which tracks the 3-D motion of a pair of laparoscopic surgical instruments. The computer simulates a laparoscope, patient body and body tissue, a camera-holding robot manipulator, and two surgical instruments, and generates virtual laparoscopic images using the Open GL graphics library. This simulator has several standard communication capabilities, such as RS232 serial ports so that a "real" human-machine interface such as FAcce MOUSE can be directly connected with the simulator instead of a "real" laparoscope manipulator. The details of our simulator can be found in [20] and [21].

### B. Voice Control Interface

We developed a voice-activated system as an alternative laparoscope control interface [21]. Our voice control system has two modes of movement (continuous and discontinuous), similar to that of the commercial voice-activated laparoscope-holding robot, AESOP [4]. Continuous movement is activated with a single Japanese word direction: "HIDARI" ("left"), "MIGI" ("right"), "UE" ("up"), "SHITA" ("down"), "KAKUDAI" ("magnification"), "SHUKUSYOU" ("reduction"). The robot would move the laparoscope in the desired direction until the command "MARU" ["period" (full stop)] is voiced. The discontinuous mode uses the same commands as before, preceded by the adverb "SUKOSHI" ("a little"), and the robot would move the camera toward the corresponding direction by a predetermined short distance.

### C. Assessment Task

The assessment task was designed to simulate the process of a "dissection of the gallbladder from the liver," which is one of the basic and frequent operations in a laparoscopic cholecystectomy. During this process, the surgeon applies a cutting tool to the dissection location in the gallbladder bed (and repeats this same action until the dissection is complete). Fig. 18 shows the comparison between a real laparoscopic image taken during the actual process of the dissection of the gallbladder from the liver, and the corresponding image generated by our simulator. The large sphere and three small spheres correspond to the gallbladder and three dissection locations on the gallbladder surface, respectively. The basic graphical model and instrument

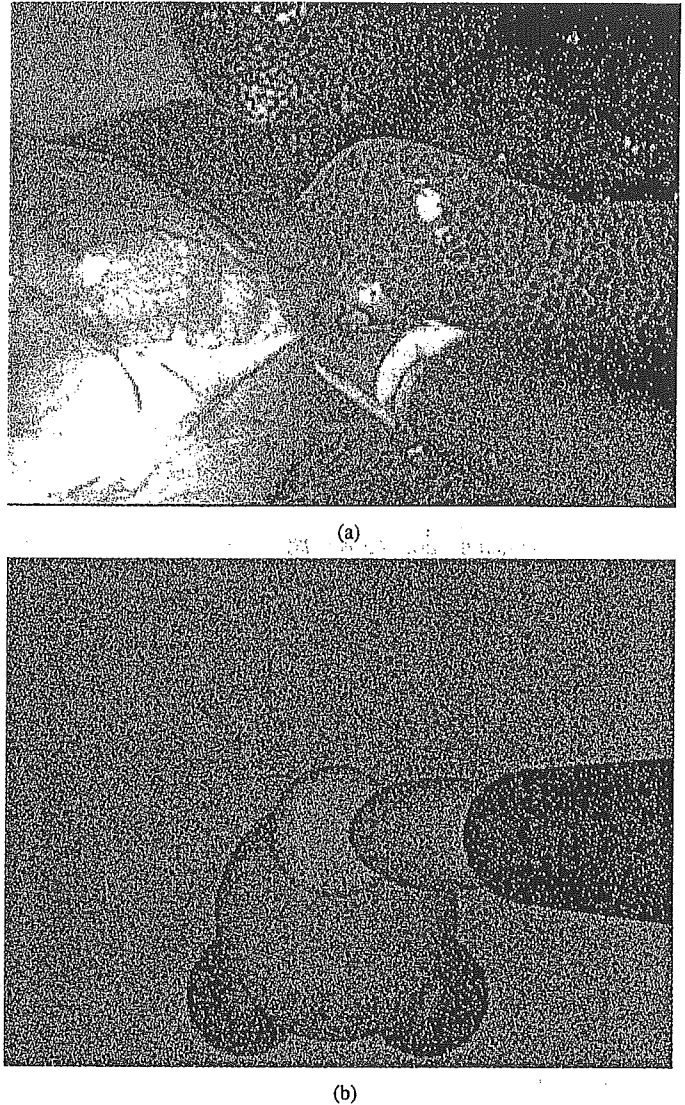


Fig. 18. Screenshots of "dissection of gallbladder from liver." (a) A real laparoscopic image taken during an actual cholecystectomy operation. (b) A virtual laparoscopic image generated by our simulator.

operation portion of the assessment task were inspired by those of the commercially available, computer-based surgical trainer, MIST VR [16]. Because the camera movement process was not included in the MIST VR tasks, we worked out a camera-control induction mechanism for this assessment of laparoscope control interfaces.

*Camera-control induction mechanism:* Let  $d_{\text{scope}}$  be the distance between the tip of the laparoscope and the center of gravity of the target sphere. Also, let  $\theta_{\text{scope}}$  be the angle between the direction of the longitudinal axis of the laparoscope and the direction from the tip of the scope to the centroid of the target. In our simulator, the target under consideration can be touched or grasped if, and only if, it is captured with the appropriate magnification in the video center, that is,  $d_{\text{scope}} < T_d$  and  $\theta_{\text{scope}} < T_\theta$ , where  $T_d$  and  $T_\theta$  indicate predetermined thresholds. This inevitably produces regular camerawork without exception.

The state of the target sphere is represented by its color, which serves as feedback information for the operator. For example, the operator can tell whether the above condition concerning

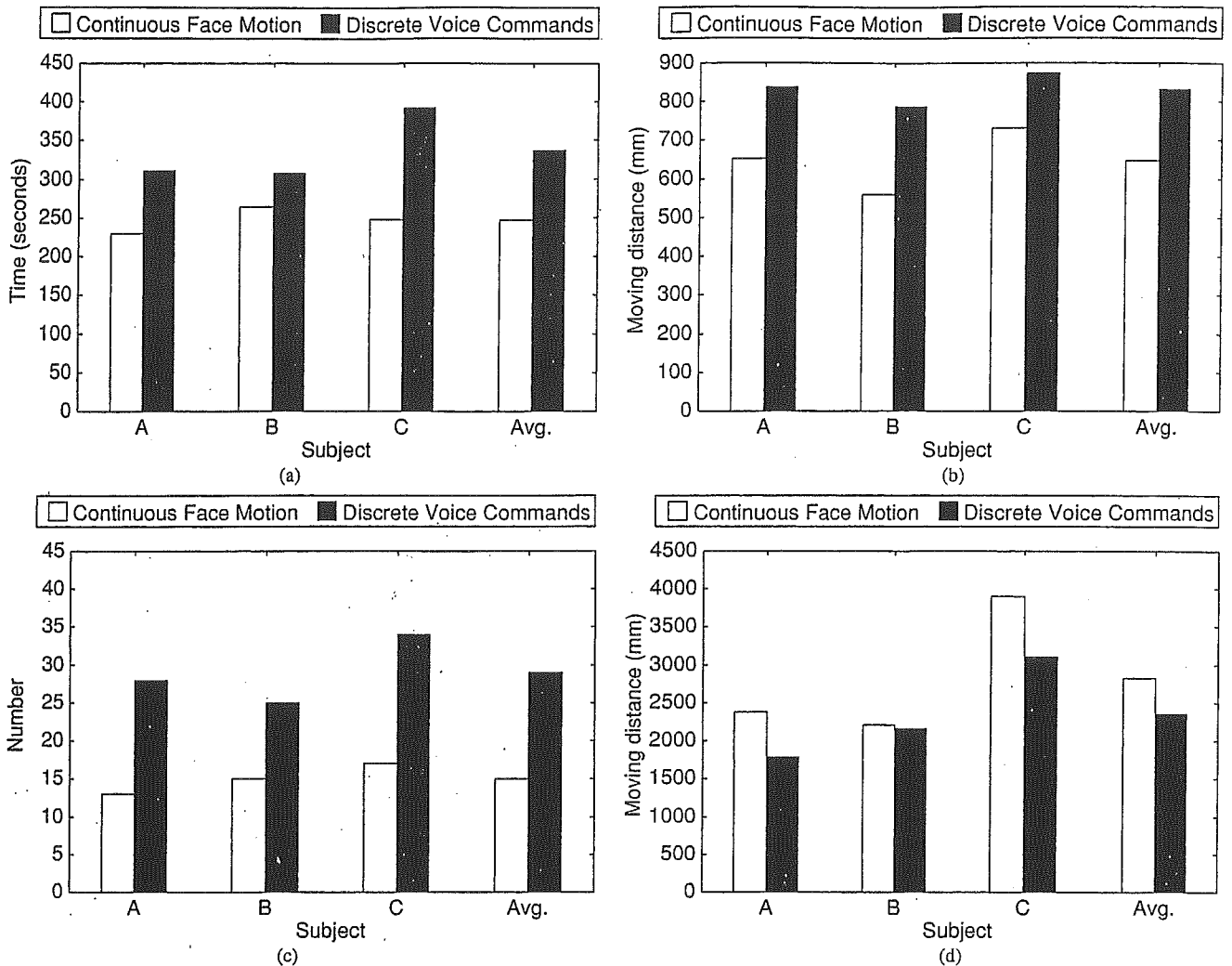


Fig. 19. Results of comparison between face and voice control interfaces. (a) Task completion time. (b) Camera moving distance. (c) The number of commands. (d) Instrument moving distance.

$d_{\text{scope}}$  and  $\theta_{\text{scope}}$  is satisfied by confirming the color of the target (e.g., light blue indicates the target has been appropriately captured).

#### D. Experimental Setup

To validate the advantage of using a continuous face position to guide the scope, the FACE MOUSE interface was compared to the voice control interface using the solo surgery simulator. For this experiment, the environment of Fig. 13 was conscientiously simulated on the computer and the assessment task described above was applied. This experiment involved three subjects. During the task execution, the coordinates of the tip point of the laparoscope, the coordinates of the tip point of the surgical tool, and the type of camera control commands were sequentially logged in a text file. After completion, the task beginning time and termination time were also logged in the file. Then, the number of camera control commands, camera moving distance, instrument moving distance, and task completion time were analyzed from the log file. In the experiment, the radius of the gallbladder sphere was 15 mm and that of the dissection sphere was 7.5 mm. The parameters for task management were as follows:  $T_d = 125$  mm and  $T_\theta = 5^\circ$ .

#### E. Results and Discussion

Experimental results are illustrated in Fig. 19(a)–(d). In this figure, the white bar indicates data for the face tracking-based system while the black bar indicates the result by voice control.

- For all subjects, both the task completion time and the laparoscope moving distance were shorter for the face motion-based interface compared to the voice control interface [Fig. 19(a) and (b)]. This is probably because the FACE MOUSE system allows the operator, while guiding the scope, to make continuous fine adjustments of not only the direction of scope motion but also its motion velocity; using the continuous face motions, the operator can guide the laparoscope more efficiently and quickly, and thus the scope can take the shorter route to the target. Consequently, the time to complete the task can also be reduced.
- For all subjects, the number of camera guidance commands using the face control was smaller than the number using the voice control interface [Fig. 19(c)]. In the dissection task, the operator needs to position the laparoscope with high accuracy to remove the small target spheres. In this experiment, all the subjects had to give the same voice command many times over for fine adjustment of

the scope position. To the contrary, they all could keep the command losses to almost a minimum when using FACE MOUSE. Please note that there is little difference among the individuals in the face command number.

- For all subjects, the instrument moving distance was longer for the face interface compared with the voice interface [Fig. 19(d)]. The differences between them seems mainly due to the result of the accumulation of slight instrument movements accompanying quick face motions, such as rolling gestures.

The results of Fig. 19(a)–(c) demonstrate the effectiveness of our novel approach, as well as the main advantage of continuous, nonverbal human-machine interactions. On the other hand, another result [Fig. 19(d)] suggests that the face motion may have had a negative influence on precise surgical actions. Nevertheless, the task completion time with the face interface was shorter, and the *in vivo* laparoscopic experiment was successfully and safely performed on a pig with our system, as described above. Thus, the influence of face motion on instrument operation may not be a serious problem in the more simple manipulations performed during a laparoscopic cholecystectomy, but it may lead to major restrictions for the surgeon in operations where more complex surgical techniques are required. A more detailed analysis and investigation of the influence of facial motions will be one of our future studies.

## VI. CONCLUSION

We have developed a new robotic laparoscope positioning system for solo surgery based on a real-time, face-tracking technique. In both *ex vivo* and *in vivo* experiments, our system succeeded in freeing the surgeon's hands and feet from the laparoscope guiding task while achieving safety, rapid reaction, and high positioning accuracy. In a comparative experiment using a solo surgery simulator, the face control interface was more efficient in laparoscopic camera functions than voice control, even under the stress of controlling the instruments. The major advantages of our approach are summarized as follows: 1) *easy to use*: the system allows complete *hands-off* and *feet-off* laparoscope operations, which makes the surgeon more comfortable; 2) *rapid reaction*: nonverbal instructions by face gesture commands are more intuitive and faster than verbal instructions (typically voice commands). In practice, our system can make a frame-rate (30 Hz) response to the surgeon's face commands by realizing real-time image processing; 3) *natural communication*: the proposed system does not require the surgeon to put on a microphone or use head-mounted (body-contact) sensing devices. It is natural and generally nonstressful for the surgeon; and 4) *precise operation*: the face motion can represent not only the direction of scope motion but also the degree of motion, such as velocity, so that the laparoscope positioning accuracy can be improved.

Now we are studying an improved method for guiding the laparoscope based on the visual tracking of both the surgeon's face and the surgical instruments [19], with the goal of reducing not only mental stress but also physical stress, such as neck fatigue. A more exhaustive comparative study between our system and other human-machine interfaces is also important and on-going [20], [21].

## REFERENCES

- [1] J. M. Sackier and Y. Wang, "Robotically assisted laparoscopic surgery from concept to development," *Surgical Endoscopy*, vol. 8, no. 1, pp. 63–66, Jan. 1994.
- [2] R. Hurteau, S. DeSantis, E. Begin, and M. Gagner, "Laparoscopic surgery assisted by a robotic cameraman: Concept and experimental results," in *Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation*, San Diego, CA, May 1994, pp. 2286–2289.
- [3] R. H. Taylor, J. Funda, B. Eldridge, S. Gomory, K. Gruben, D. LaRose, M. Talamini, L. Kavoussi, and J. Anderson, "A telerobotic assistant for laparoscopic surgery," *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.*, vol. 14, pp. 279–288, May–June 1995.
- [4] M. E. Allaf, S. V. Jackman, P. G. Schulam, J. A. Cadeddu, B. R. Lee, R. G. Moore, and L. R. Kavoussi, "Laparoscopic visual field. voice vs. foot pedal interfaces for control of the AESOP robot," *Surgical Endoscopy*, vol. 12, no. 12, pp. 1415–1418, Dec. 1998.
- [5] G. F. Buess, A. Arezzo, M. O. Schurr, F. Ulmer, H. Fisher, L. Gumb, T. Testa, and C. Nobman, "A new remote-controlled endoscope positioning system for endoscopic solo surgery the FIPS endoarm," *Surgical Endoscopy*, vol. 14, no. 4, pp. 395–399, Apr. 2000.
- [6] T. Kimura, Y. Umehara, and S. Matsumoto, "Laparoscopic cholecystectomy performed by a single surgeon using a visual field tracking camera," *Surgical Endoscopy*, vol. 14, pp. 825–829, Sept. 2000.
- [7] V. F. Murioz, C. Vara-Thorbeck, J. G. DeGabriel, J. F. Lozano, E. Sanchez-Badajoz, A. Garcia-Cerezo, R. Toscano, and A. Jimenez-Garido, "A medical robotic assistant for minimally invasive surgery," in *Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation*, San Francisco, CA, Apr. 2000, pp. 2901–2906.
- [8] C. Vara-Thorbeck, V. F. Murioz, R. Toscano, J. Gomez, J. Fernandez, M. Felices, and A. Garcia-Cerezo, "A new robotic endoscope manipulator a preliminary trial to evaluate the performance of a voice-operated industrial robot and a human assistant in several simulated and real endoscopic operations," *Surgical Endoscopy*, vol. 15, pp. 924–927, Sept. 2001.
- [9] E. Kobayashi, K. Masamune, I. Sakuma, T. Dohi, and D. Hashimoto, "A new safe laparoscopic manipulator system with a five-bar linkage mechanism and an optical zoom," *Comput.-Aided Surgery*, vol. 4, no. 4, pp. 182–192, 1999.
- [10] E. Kobayashi, K. Masamune, I. Sakuma, T. Dohi, K. Shinohara, and D. Hashimoto, "Safe and simple man-machine interface for a laparoscope manipulator system comparison of command input methods," *J. Jpn. Soc. Comput.-Aided Surgery*, vol. 3, no. 2, pp. 71–78, 2001.
- [11] P. A. Finlay and M. H. Ornstein, "Controlling the movement of a surgical laparoscope. Endosista, with four degrees of freedom, operates in concert with surgeon's intuitive head motions," *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.*, vol. 14, no. 3, pp. 289–291, May–June 1995.
- [12] N. J. Dowler and S. R. J. Holland, "The evolutionary design of an endoscopic telemanipulator," *IEEE Robot. Automat. Mag.*, vol. 3, pp. 38–45, Dec. 1996.
- [13] P. A. Finlay, "A robotic camera holder for laparoscopy," in *Proc. 10th Int. Conf. Advanced Robotics, Workshop 2 on Medical Robotics*, Budapest, Hungary, Aug. 2001, pp. 129–132.
- [14] A. Casals, J. Amat, and E. Laporte, "Automatic guidance of an assistant robot in laparoscopic surgery," in *Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation*, Minneapolis, MN, Apr. 1996, pp. 895–900.
- [15] M. O. Schurr, A. Arezzo, B. Neisisu, H. Riminsland, H. U. Hiltzinger, J. Dorn, K. Roth, and G. F. Buess, "Trocar and instrument positioning system TISKA an assist device for endoscopic solo surgery," *Surgical Endoscopy*, vol. 13, pp. 528–531, May 1999.
- [16] M. S. Wilson, A. Middlebrook, C. Sutton, R. Stone, and R. F. McCloy, "MIST VR: A virtual reality trainer for laparoscopic surgery assesses performance," *Ann. Roy. Coll. Surgeons of England*, vol. 79, pp. 403–404, 1997.
- [17] A. Nishikawa, T. Hosoi, K. Koara, A. Hikita, D. Negoro, S. Asano, F. Miyazaki, M. Sekimoto, Y. Miyake, M. Yasui, and M. Monden, "A laparoscope positioning system with the surgeon's face image-based human-machine interface," in *Proc. CARS2001—Computer Assisted Radiology and Surgery, 15th Int. Congr. Exhibit.*, Berlin, Germany, June 27–30, 2001, pp. 165–170.
- [18] A. Nishikawa, T. Hosoi, K. Koara, D. Negoro, A. Hikita, S. Asano, F. Miyazaki, M. Sekimoto, Y. Miyake, M. Yasui, and M. Monden, "Real-time visual tracking of the surgeon's face for laparoscopic surgery," in *Proc. Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention, MICCAI 2001*, vol. 2208, Lecture Notes in Computer Science, Utrecht, The Netherlands, Oct. 2001, pp. 9–16.

- [19] A. Nishikawa, S. Asano, F. Miyazaki, M. Sekimoto, M. Yasui, and M. Monden, "A laparoscope positioning system based on the real-time visual tracking of surgeon's face and surgical instruments," in *Proc. CARS2002 -Computer Assisted Radiology and Surgery, 16th Int. Congr. Exhibit.*, Paris, France, June 26-29, 2002, pp. 1090-1090.
- [20] A. Nishikawa, D. Negoro, H. Kakutani, F. Miyazaki, M. Sekimoto, M. Yasui, S. Takiguchi, and M. Monden, "Using an endoscopic solo surgery simulator for quantitative evaluation of human-machine interface in robotic camera positioning systems," in *Proc. Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention, MICCAI 2002*, vol. 2488, Lecture Notes in Computer Science, Tokyo, Japan, Sept. 2002, pp. 1-8.
- [21] —, "Design of an endoscopic solo surgery simulator for quantitative evaluation of human-machine interface in robotic camera positioning systems," *Adv. Robot.*, vol. 17, pp. 503-521, Sept. 2003.



**Ayae Hikita** received the B.S. and M.S. degree in mechanical engineering from Osaka University, Osaka, Japan, in 2000 and 2002, respectively. She has joined Furukawa Electric Corporation Kanagawa, Japan.



**Shuichi Asano** received the B.S. and M.S. degree in mechanical engineering from Osaka University, Osaka, Japan, in 2001 and 2003, respectively. He is now with Denso Corporation, Aichi, Japan.



**Atsushi Nishikawa** received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in mechanical engineering from Osaka University, Osaka, Japan, in 1990, 1992, and 1995, respectively.

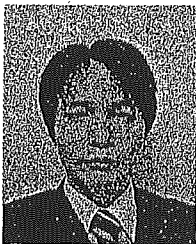
In 1995 and 1996, he was a Visiting Researcher at the Institute for Robotics and Intelligent Systems, University of Southern California, Los Angeles. From 1994 to 1996, he was a Research Fellow of the Japan Society for the Promotion of Science. He is currently a Research Associate of the Department of Mechanical Science and Bioengineering, Graduate School of Engineering Science, Osaka University. His research interests are robot vision, human interfaces and computer-assisted surgery.

Dr. Nishikawa is a member of the Robotics Society of Japan, the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, the Information Processing Society of Japan, and the Japan Society of Computer Aided Surgery.



**Haruhiko Kakutani** received the B.S. degree in mechanical engineering from Osaka University, Osaka, Japan, in 2002.

He is now with Mitsubishi Electric Corporation Hyogo, Japan.



**Toshinori Hosoi** received the B.S. and M.S. degrees in mechanical engineering from Osaka University, Osaka, Japan, in 1999 and 2001, respectively.

He is currently with Multimedia Research Laboratories, NEC Corporation, Kanagawa, Japan.



**Kengo Koara** received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in mechanical engineering from Osaka University, Osaka, Japan, in 1997, 1998, and 2001, respectively.

He is now with Mitsubishi Electric Corporation, Aichi, Japan. His research interests include computer vision, human interfaces and robotics.

Dr. Koara is a member of the Robotics Society of Japan and the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers.



**Daiji Negoro** received the B.S. and M.S. degrees in mechanical engineering from Osaka University, Osaka, Japan, in 2000 and 2002, respectively.

He has joined Toshiba Corporation, Kanagawa, Japan.



**Fumio Miyazaki** (M'88) received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in mechanical engineering from Osaka University, Osaka, Japan, in 1975, 1977, and 1982, respectively.

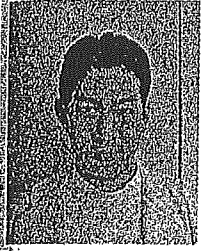
In 1979, he served as a Research Associate and an Associate Professor in 1986, and a Professor in 1991, all with Osaka University. Currently, he is a Professor of the Department of Mechanical Science and Bioengineering, Graduate School of Engineering Science, Osaka University. In 1987 and 1988, he was a Guest Professor at the University of California, Santa Barbara. His research interests are intelligent robots and human skill.

Dr. Miyazaki is a member of the Robotics Society of Japan, the Institute of Systems, Control and Information Engineers, and the Society of Instrument and Control Engineers.



**Mitsugu Sekimoto** received the M.D. and Ph.D. degrees from Osaka University Medical School, Osaka, Japan, in 1981 and 1988, respectively.

He then joined Yao City Hospital, Osaka, Japan, and was a Director of Surgery at the hospital in 1991. From 1991 to 1993, he was a Director of Surgery at Nagayoshi General Hospital, Osaka, Japan. From 1993 to 1995, he was a Director of Surgery at Teishin Hospital, Osaka, Japan. In 1995, he served as an Assistant Professor and a Director of the Division of Endoscopic Surgery, Department of Surgery II, Osaka University Medical School. Since 1999, he has been an Associate Professor, a Director of the Division of Endoscopic Surgery, and a Director of the Division of Colorectal Surgery, Department of Surgery and Clinical Oncology, Osaka University Graduate School of Medicine.



laparoscopic surgery.

**Masayoshi Yasui** received the M.D. degree from Wakayama Medical College, Wakayama, Japan, in 1995.

From 1995 to 1998, he joined the Department of Surgery, Osaka National Hospital, Osaka, Japan. From 1998 to 2000, he was with Kaiduka City Hospital, Osaka, Japan. He is currently a Postgraduate Student at the Division of Coloproctology, Department of Surgery and Clinical Oncology, Osaka University Graduate School of Medicine, Osaka, Japan, and engaged in basic research and



Medicine.

**Shuji Takiguchi** received the M.D. degree from Osaka University Medical School, Osaka, Japan, in 1990.

From 1991 to 1997, he was a Senior Resident of Surgery at Osaka Teishin Hospital, Osaka, Japan. In 1997, he served as an Assistant Professor of the Department of Endoscopic Surgery, Osaka University Medical School, and a Director of Surgery at Osaka Teishin Hospital. Currently, he is an Assistant Professor of the Department of Surgery and Clinical Oncology, Osaka University Graduate School of

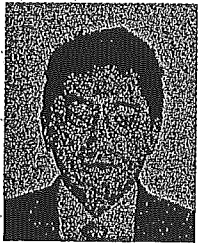


**Morito Monden** received the M.D. and Ph.D. degrees from Osaka University Medical School, Osaka, Japan, in 1970 and 1979, respectively.

In 1979, he served as a Lecturer at the Department of Surgery II, Osaka University Medical School; an Assistant Professor in 1987, an Associate Professor and Vice Chairman of the Department in 1990, a Professor and the Chairman in 1994. Currently, he is a Professor and Chairman of the Department of Surgery and Clinical Oncology, Osaka University Graduate School of Medicine. From 1979 to 1981,

he was a Visiting Fellow at the Department of Surgery, Memorial Sloan-Kettering Cancer Center, New York, NY. In 1984, he was a Visiting Fellow at the Department of Surgery, University of Pittsburgh Medical Center, Pittsburgh, PA.

Dr. Monden is a member of the International College of Surgeons, the International Surgical Society, the Transplantation Society, the International Gastro-Surgical Club, American Association for the Study of Liver Disease, American Association of Cancer Research, American Gastroenterological Association, American Society of Clinical Oncology, New York Academy of Sciences, the Japan Surgical Society, the Japanese Society of Gastroenterological Surgery, the Japanese Society for Clinical Surgery, the Japan Society for Transplantation, the Japanese Society for Vascular Surgery, the Japanese Cancer Association, the Japan Society of Clinical Oncology, the Japanese Society for Hepatology, and the Japanese Society of Gastroenterology.



Arbor.

**Yasuhiro Miyake** received the M.D. degree from Osaka University Medical School, Osaka, Japan, in 1993.

From 1994 to 1997, he was a Senior Resident of Surgery at Kawanishi City Hospital, Hyogo, Japan. From 1997 to 2001, he was a Senior Resident of Surgery at the Department of Surgery and Clinical Oncology, Osaka University Medical School, Osaka, Japan. Currently, he is a Research Fellow at the Division of Hematology and Oncology, Department of Internal Medicine, University of Michigan, Ann

2

## 腹腔鏡下手術におけるトラブルと対策

関本 貢嗣\* 大植 雅之\* 山本 浩文\*  
池田 正孝\* 池永 雅一\* 瀧口 修司\*  
門田 守人\*

**Key words** : 腹腔鏡下手術, トロッカー, 臓器損傷, 出血, 合併症

### 要旨

腹腔鏡下手術には、開腹手術にはないさまざまな課題がある。そのなかで、トロッカー挿入時の臓器損傷と止血操作によるトラブルについて述べる。気腹針あるいはトロッカー挿入による腹腔内臓器損傷や大血管損傷はまれではあるが、万一発生すると致命的な合併症となる。腹腔鏡下手術で用いられる血管処理や止血用の器具使用によるトラブルも多く報告されている。本稿では、そういった腹腔鏡下手術共通のトラブルの類型と対策について概説する。

### はじめに

さまざまな腹腔鏡下手術にはそれぞれ特有の課題があるが、本稿では腹腔鏡下手術共通の問題点として、トロッカー挿入と止血に関わる問題点について解説する。

## I. トロッカー挿入に関わる トラブル

### 1. 臓器損傷

気腹針やトロッカーの挿入に伴う大血管損傷や腸管損傷は、発生頻度こそ高くないものの重篤な合併症となり、欧米では腹腔鏡下手術のおもな死亡原因の一つとされる。

#### 1) open method と closed method

気腹を開始する方法として、気腹針で気腹した後、盲目的にトロッカーを挿入する closed method と、小さな開腹を行い直視下にトロッカーを挿入し気腹する open method (Hasson 法) が広く採用されている。欧米では closed method が普及し、ごく最近の集計(2001年, イタリア)でも、全症例の 82% が closed method であったと報告している<sup>1),2)</sup>。日本では 1997 年に橋爪が九州地区の 180 の外科施設にアンケート調査を行い、96.6% の施設が open method を採用していると報告したように、むしろ open method を採用する施設が大多数である<sup>3)</sup>。

\*大阪大学大学院医学系研究科病態制御外科  
(〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-2)

一般に用いられる気腹針やトロッカーには安全装置がついており、腹腔内に入った瞬間に先端の刃が隠れるようになっている。しかし、closed methodは盲目的操作となるため絶対安全とはいえず、時に臓器損傷を引き起こす。腹壁を貫いた気腹針やトロッカーが腹腔内臓器や後腹膜を突いてしまうことから発生するが、腹部手術歴も腹腔内癒着もない患者でも発生する。

欧米でも open method が安全とする意見は多い<sup>4)</sup>。先のイタリアの集計でも closed method による重大な臓器損傷の頻度が 10,664 例中 20 例 0.19% に対して、open method では 1,135 例中 1 例 0.09% と有意に open method のほうが少なかったことから open method を推奨している。しかし、closed method でも大きな合併症の頻度は非常に低いと主張する意見もある。open method を手際よく行うには習熟を要し、確実に腹腔内の安全を確認するにはある程度大きな創が必要になる。さらに肥満や筋肉の発達した患者に対する open method はやっかいである。理屈からいえば open method が明らかに安全であるはずで、比較データの多くが open method が優れていることを示唆しているが、欧米の大多数の外科医が closed method を採用しているのはそういった理由からであろう。

また、より低侵襲手術を目指す miniature laparoscopic surgery (一定の定義はないが概ね 5 mm 以下の鉗子類だけで行う腹腔鏡下手術) や、アメリカで普及している外来ベースで行う腹腔鏡 (office laparoscopy) などにおいては細いトロッカーしか使用せず、closed method 以外には気腹方法がないことも事実である<sup>5)</sup>。

これまでの報告は文献検索やアンケート調

査による retrospective な検討か、検討症例数が不十分なものしかない。両者の安全性を説得力のある症例数をもって prospective に比較検討したデータはない<sup>6)</sup>。両者の優劣、あるいは危険性が許容範囲か否かについての決着は未だついていないともいえる。ただ、すべての医療行為にエビデンス (根拠) を求められる現在、各医師はどちらを選ぶか慎重に考えるべきであろう。closed method を採用する場合には気腹針の挿入方法を熟知し、慣れるまでは経験者の指導のもとに行うべきである。closed method による臓器損傷の報告の多くが、術者の経験の初期に生じている<sup>6),7)</sup>。症例の選択においても、腹部手術歴のない症例を選ぶなど慎重な姿勢が必要である。

一方、open method においても頻度こそ低いものの腸管や血管損傷の報告があり、決して油断があってはならない。こういったトラブルがどの程度起こっているか不明であるが、気腹の漏れを防ぐためにトロッカー挿入創にかけた縫合で腸管を損傷したとするものや、腸管を腹膜と一緒に切ってしまったという症例報告がなされている<sup>8)</sup>。

## 2) さまざまなトロッカー

安全性の向上を目指したさまざまなトロッカーが発売されつつある。optic trocar (optical trocar) は、open method とも closed method とも異なる first trocar 挿入方法である。先端が透明な円錐形の樹脂からなり、トロッカー内に腹腔鏡をはめ込みトロッカーの先端が腹壁内を進む様子を観察しながら挿入する。気腹針での気腹は行わない。メーカーでは直視下に挿入できるので安全と謳っている。しかし、先に引用したイタリアの報告でも closed method, open method と比べて安全性が高いという結果は得られなかった (closed method 0.19%,



open method 0.09%, optic trocar 0.27%). optic trocar の優秀性を主張する論文においても使用方法への慣れが必要との指摘があり、その評価にはまだしばらく時間を要すると思われる<sup>9)</sup>.

トロッカーの多くは安全装置により、腹腔内に入った途端に刃が隠れるようになっている。しかし、そういったトロッカーでも臓器損傷が発生しており、挿入時にトロッカー先端が腹腔内臓器に接触しないように十分注意すべきである。アメリカ FDA は安全装置が付いたトロッカーであっても、宣伝に「安全」という表現を使用することに慎重であるべきと忠告している<sup>9)</sup>。先端が刃でなく鈍な円錐形で、腹壁の組織を切り分けるのではなく剝離して挿入する仕組みのトロッカー (blunt chip trocar<sup>®</sup>) も用いられるようになり、先端が刃になったトロッカーより安全とされているが、Corson らは訴訟になった気腹針およびトロッカー挿入時の臓器損傷を集計し、closed method でも open method でも optical trocar でも、また先端に刃が付いていない blunt type のトロッカーでも重大事故が発生していると報告している<sup>10)</sup>。

### 3) 2本目以降のトロッカー挿入

腹腔鏡観察下に挿入する2本目以降のトロッカーにも注意を怠ってはならない<sup>9)</sup>。Yuzpe は気腹針およびトロッカー挿入に伴う臓器損傷の発生頻度は、気腹針 39.8%、第1トロッカー 37.9%、第2トロッカー 22%と報告している<sup>11)</sup>。直視下に挿入するにもかかわらず臓器損傷が発生しているのは、多くが不注意や安易な操作が原因とされる。とくに側腹部から挿入する場合には、腹壁と腹腔内臓器との距離が近いことを警戒すべきである。カメラ助手と挿入者の息が合わず挿入操作を腹腔鏡で捉えられないまま挿入してし

まったり、皮膚切開が小さすぎて挿入抵抗が生じ、強い力で挿入しようとしてトロッカーが皮膚を通過したとたん一気に深く突き刺してしまう、あるいは不慣れた外科医が力加減がわからず、一気に深く突き刺してしまうなどが臓器損傷の理由として考えられる。

こういったトラブルを防ぐには、適切な大きさの皮膚切開をおき、一定の力でゆっくりとトロッカーを進め、必ず直視下に挿入する習慣をつけるべきである。現在さまざまなトロッカーが製造されている。先端の構造が刃になっているもの、ねじ込み式のもの、円錐状のものなど、それぞれ使用方法や安全装置の作動機序が異なり、挿入抵抗が異なる。普段と異なるトロッカーを使用するときには、とくに注意が必要である<sup>12)</sup>。また、予想外に抵抗が強い場合や目的としている部位にトロッカーの先端が出てこないと感じたときには、いったん操作を止めて状況を確認すべきである。すでに挿入しているトロッカーがあれば、そこから鉗子を腹腔内に挿入し腹壁の落ち込みを鉗子で支えたり、周囲の腸管を排除したりすることも有効である。挿入部位の筋膜、筋層を剝離し、トロッカーの挿入路をはっきりと作ってから挿入する方法は非常に安全な方法と思われる。

### 4) トラブルの種類

血管損傷を起こしたときにはもちろん迅速に対応しないといけないが、大血管の損傷でも後腹膜血腫を形成するだけで腹腔内出血はわずかな場合も多いとされる。なかには、術中には気づかれず術後に発見されたケースもある<sup>13)~15)</sup>。発見が遅れたケースでは重篤化することが多い。Nordestgaard らは20例の文献報告を集計したなかで、すぐに発見された血管損傷は全例救命できたが、発見が遅れた8例中3例が死亡したとしている<sup>16)</sup>。

血管損傷への対処法については、下大静脈の損傷を腹腔鏡下に修復したとの報告もあるが、多くは開腹移行して修復が行われている。Dixonらは腸骨動静脈の損傷5例中、2例に下肢の拍動減弱、3例に下肢の浮腫が術後に残ったと報告しており、不十分な修復ではたとえ止血できても血行障害を残す可能性がある<sup>17)</sup>。血管修復後1カ月して大動脈小腸瘻を形成したとの報告もあり、正確な診断と確実な修復が求められる<sup>18)</sup>。

腹腔鏡下胆嚢摘出術における腸管損傷は、気腹針およびトロッカー挿入が電気メスによる熱損傷と並んで主要な原因とされる<sup>19)</sup>。しかし、腸管損傷はその場で診断がつかず、術後に判明することが多いため原因を同定できないケースも多い。Bishoffらは、266例の腹腔鏡下手術における腸管損傷で69%は術後に判明したとしている<sup>20)</sup>。死亡例の多くは術後発見症例であり、なかには急激に重症化し術後3日目に死亡したという報告がある。術後の腹痛、腹満、下痢、白血球増多などが認められるときには腸管損傷の可能性を疑うべきである<sup>20)</sup>。

## 2. トロッカー挿入に伴う腹壁出血

腹壁出血は臓器損傷と比べれば命に関わるトラブルになる可能性は低いですが、トロッカー挿入時の腹壁動脈損傷は強い出血をきたす。2本目以降のトロッカー(正中以外から挿入したトロッカー)の挿入時に起こり、とくに下腹部では腹壁動脈は太く出血が大きくなるとされる。われわれも1例、数百ccの出血をきたした右下腹壁動脈損傷を経験した。腹壁動脈の走行にはバリエーションが多く、また肉眼で確認しにくいために絶対安全なトロッカーの挿入位置を見つけることはできない。腹腔鏡で腹壁を照らし血管を透かし見て

避けるとよいという提案もあるが、わからないことも多い。腹壁出血の予防には、より安全なトロッカーを選択し、安全な挿入方法を考えるべきである。先端が刃でなく鈍に尖った円錐形のトロッカー(blunt chip trocar<sup>®</sup>)は血管に当たっても傷つけにくいいため、出血予防に有効とされている。また、細い外套を先に挿入し、その中を進めるように挿入するトロッカー(radically expanding trocar Step<sup>®</sup>)も有効とされる。

腹壁から出血したときには、その場で止血しておくのが賢明である。腹腔鏡下手術では、わずかな出血でも後の操作に影響を与えることが多い。10mmや12mmのトロッカーであれば創を拡大せず出血点を確認することも多くの場合可能であるが、5mmのトロッカーなど創が小さい場合には出血点を直視できない。トロッカー挿入創に高周波メスで盲目的に焼灼して止血できることもあるが、腹壁の熱損傷が懸念される。また、12mmの創であっても出血が著しく止血できない場合もある。創の頭尾側を全層に縫合結紮してしまう方法も有効であるが、激しい出血を認めるときには創を拡大し直視下に止血するのが安全と考える。フォリーカテテルなどを用いて圧迫止血する方法が有効との報告もあるが、強い出血には不確実である。

手術操作が終わってトロッカーを抜去したときに初めて出血してくる場合があることも忘れてはならない。日本内視鏡外科学会の第6回全国アンケート集計では、腹腔鏡下胆嚢摘出術の術後出血130例の原因として、1位胆嚢床45例、2位トロッカー挿入部28例と報告されている。

## II. 出血と止血に関するトラブル

腹腔鏡下手術における開腹移行や術後合併症の理由の多くが出血である。止血操作あるいは止血器具の使用法の問題に関わる合併症も多い。出血と止血器具に関わるトラブルについて述べる。

### 1. 出血への対応

剝離面からのにじみ出るような出血は、どんな手術においても通常経験する。なかでも肝切除術や炎症の強い胆嚢摘出術では、ある程度の出血はやむをえない。こういった開腹手術ではあたりまえの出血でも、腹腔鏡下手術においては剝離層の確認や円滑な進行を妨げるので、こまかく止血しながら操作を進めるべきである。

ただ、止血操作でのトラブルが多く報告されている。止血のために用いた電気メスで胆管や血管を損傷するなどはその典型例である。字数の制約上個々の手技の注意点をこまかく述べることはできないが、現在では多くの手術解説書が出ているので、それぞれのトラブルの類型と注意点を熟知しておくべきである。

胆嚢摘出術での肝門部血管損傷、脾臓摘出術における短胃動静脈損傷、脾門部血管損傷などの比較的大きな血管の損傷は、いったん発生した場合には、腹腔鏡下に止血を試みるか開腹移行かの判断を急がねばならないことも多い。開腹移行の基準は画一的には決めにくく、術者の技量による部分も大きいが、開腹移行を決断すべきは以下のような条件と考えている。

#### 1) 視野の確保が難しい場合

出血時に術野の血液を排除し、視野を維持

できることが腹腔鏡下手術を継続するための最低限の条件である。有効な対策を迅速に採れないときには開腹移行すべきである。悪視野下の操作は無駄に時間を費やすだけでなく、新たなトラブルの原因となる。

#### 2) 一時止血ができない場合

ガーゼ圧迫などで一時止血が可能なら、トロッカーの追加など条件の改善をはかって腹腔鏡下の止血を試みてもよいが、それができないときには開腹すべきである。

#### 3) 血管の縫合など複雑な操作を要する(可能性がある)場合

たとえ一時止血できても、肝門部血管や腸骨血管など正確に修復すべき血管を損傷したときや、その可能性があるときには開腹し確実を期すべきである(「トロッカー挿入によるトラブルの類型」参照)。

#### 4) 出血の程度によらず原因を確認できない出血

胆嚢摘出術、胃切除術、大腸切除術、脾臓摘出術など多くの手技で術後再開腹の主要原因に出血がある。腹腔内に原因不明あるいは部位不明の出血があるときには、開腹してでも確認すべきである。

また、止血操作中には麻酔医との連絡を密にし、バイタルサインに注意を払うべきことも強調したい。腹腔鏡下手術で術野の様子から出血量を見積もることは非常に難しく、吸引やガーゼカウントでの出血量測定は不正確である。止血に時間を要しているうちに思った以上の出血量となっていることがある。

### 2. 止血器具に関するトラブル

#### 1) 電気メス(高周波メス)

開腹手術でははさみで剝離するような場面でも、腹腔鏡下手術では出血を避けるために

電気メスが多用される。現時点ではバイポーラー電気メスは先端形状や出力などの点でまだ普及せず、ほとんどモノポーラーが用いられる。開腹手術で注目されていなかった電気メス使用に関わるトラブルが、腹腔鏡下手術で報告されている。非常に多様なトラブルがあるが、代表例を挙げる。

腹腔鏡下胆嚢摘出術の術後胆汁漏の症例で、再開腹すると胆管壁に穴が空いていた。術中には気づかなかったが、記録ビデオで電気メスの先端が一瞬胆管の同部位に接触したことが明らかとなったとする報告がある。フック型の電気メスは組織にフックを引っかけて切離するが、組織が切れた瞬間に先端が動いて周囲臓器に接触する危険がある点と、組織切離後も電気メスへの通電を止めるのが遅れた点、一瞬の通電でも胆管穿孔の原因となる熱損傷を引き起こす点が問題となる。

操作部以外の腸管に術後穿孔が生じるトラブルがまれにあり、電気メスが原因とされる。電気メスのシャフトは、普通は絶縁されているが腸管に触るなどして濡れると絶縁機能が落ちる。このためモノポーラーの電気メスでは、シャフトが腸管などに接触するとそこに通電し熱損傷を引き起こす可能性がある。また、電気メスにかかる電圧が高いと接触していなくとも近傍の臓器に放電することがある。これらの熱損傷の多くは視野外で発生するため、術中には気づかれず、術後の腹膜炎などで発症し、開腹すると手術操作部とは離れたところに腸管穿孔を引き起こしていることが判明する。ただし、こういった操作部位以外の腸管損傷には、トロッカー挿入時の損傷が原因の可能性も指摘されている<sup>21)</sup>。

腹腔鏡下の電気メス使用に関わるこういったトラブルは、術中にわからず術後の腹膜炎や胆汁漏で発症したり(delayed thermal

injury)、意外なところに損傷が発生する(distal thermal injury)という点で腹腔鏡下手術の初期から注目されてきた<sup>22)~25)</sup>。

以下のような点に注意すべきとされる。必要以上に出力を上げない、危険性のある場面(胆管や腸管などの表面や近傍)では電気メスを使わない、先端が接触していないときに通電しない、フック型の電気メスでは組織を引っかける方向に注意する、電気メスのシャフトが他臓器に接触しないことを確認する、モノポーラーの電気メスを使わずバイポーラーや超音波凝固切開装置を使う。

## 2) クリップ

腹腔鏡下手術では結紮がやっかいな手技であることから、血管処理にクリップが多用される。

出血のない状況では容易に行える血管へのクリップも、出血した血管を正確にクリップするのは時に非常に難しい。出血すると止血を急ぎがちになるが、出血点と思わしき付近を次から次へとクリップするのは危険である。クリップを間違ったところにかけることで二次損傷を起こす可能性があり、局所に残ったクリップが以後のクリップを妨げる。出血点がわかりにくいときには、とりあえずガーゼ圧迫などで一時止血をはかり、溜まった血液を除去して周囲の状況を整え出血点を見極めるべきである。しばらくの圧迫だけで出血の勢いが治まることが多い。

血管にかけたクリップの脱落による出血の報告がある<sup>26)</sup>。クリップをかけた位置と切離断端の距離が短いとクリップは容易に脱落する。また、操作や出し入れのときに鉗子がクリップに接触するのも危険である。トロッカーの位置を変えるなどの対策が必要である。

太い血管などでは、二重にクリップをかけ

ることがある。その際に2つのクリップが重なると(clip on clip), 上にかかったクリップは容易に脱落する。

十分な距離の血管を剝離できれば切離断端を確保できるが、それが難しいときには切除側はクリップをかけず、超音波凝固切開装置で切離したりするなどの工夫も必要となる。

クリップをかけるときには周囲の解剖にも注意を払うべきである。胆嚢摘出術で胆嚢管や胆嚢動脈にかけたクリップが胆管に当たって損傷させたり、胆管の一部をかみ込んで狭窄を起こしたりといった報告がある<sup>27)</sup>。

クリップの使用を避けるべき部位があることも記憶しておくべきである。たとえば、腹腔鏡下脾臓摘出術での脾門部切離や、直腸癌での肛門側切離にはステープラーを使用するが、周辺の血管処理にクリップを用いると切離線にクリップが挟まりミスファイアの原因となる。

腹腔鏡下胆嚢摘出術でクリップが胆管や血管内に迷入したり、腹腔内膿瘍の原因となったりしたという報告は多い。他の手技でも同様のトラブルが発生するかどうかは不明であるが、金属製のクリップの使用はできるだけ減らすべきかもしれない。

### 3) 超音波凝固切開装置

ハーモニックスカルペルをはじめとする超音波凝固切開装置は、多くの腹腔鏡下手術に必須の器具である。使用頻度も高く、正しい使用法を知っておく必要がある。こまかな解説は他に譲るが、安全な使用という点でもっとも注意すべきは、先端のキャビテーション効果である<sup>28)</sup>。アクティブブレードの先端から軸先端方向にエネルギーが放出され組織損傷の原因となるので、アクティブブレードを血管壁や腸管胃壁に当てない注意が必要とされる。われわれの経験では直接接触しなけれ

ば静脈壁、脾臓被膜、腸管壁に近接して使用しても損傷はなかった。また、われわれは脾臓摘出術での胃脾間膜切離や、直腸癌手術における直腸間膜の切離に、1本1本の血管を同定せずハーモニックカルペスで組織にまっすぐに切り込んでいく方法をとっている。アクティブブレードを組織に突き当てないように先端の角度を調整して使用することでトラブルは経験していない。

ハーモニックスカルペルを長時間使用していると切離が悪くなるが、先端のかみ合わせが原因である。瘢痕組織や比較的堅い組織をハーモニックスカルペルで剝離したり、あるいは分厚い組織を強くつかんだりすると劣化を早める。また、凝固した組織が先端に付着するとやはり機能が低下する。手術中に動作不良を感じたら、先端部分を確認してみるべきである。

### 4) ステープラー

太い血管の閉鎖や切離にステープラーが使用される。当然、ステープリングトラブルは大出血となる。ステープラーによる血管処理に当たっては、ステープラーの使用方法に精通し、万一のトラブルへの備えが必要である。ステープラーのトラブルの頻度についての正確な集計はないが、日本内視鏡外科学会の第6回全国アンケート調査で、腹腔鏡下腎臓摘出術における術中合併症の理由として6例の器械トラブルが挙げられていた。また、腹腔鏡下手術ではないが肺癌に対する胸腔鏡下肺部分切除(VATS)においては205例の術中血管損傷があり、うち19例がステープラーのミスファイア、3例がクリップのミスファイアが原因と集計されていた。

血管処理におけるトラブルの原因は、使用方法に問題がある場合と器械の不良に分類できる。両者の鑑別は難しいことが多いが、

Chanらは腹腔鏡下腎臓摘出術における腎動脈静脈切離でのステープリングエラーについて集計している。565例中10例(1.8%)にステープリングエラーが発生し、出血は200～1,200gであった。3例はステープラーの不具合から、7例は使用方法に問題があったとし、ステープラーを正しく使っていれば多くのトラブルは避けることができたと結論している<sup>29)</sup>。

使用方法に問題がある例として、ステープラーをかける角度が悪くアプライしたときに血管に緊張がかかって損傷させた、ファイアの瞬間、手に力が入りすぎて先端が動き血管損傷を起こした、ステープラーへのカートリッジの装着が間違っていた、カートリッジの選択がよくなかったなどが考えられる。腹腔鏡下手術における二次元画面ではステープラーをアプライする角度が正確かどうかの判定は難しい。とくに先端が屈曲するタイプのものはわかりにくい。腸管や胃と異なり血管は可動性に乏しいため、ファイアの瞬間に先端が動くとき非常に危険である。

ただ、ステープラーの欠乏によるトラブルもあることから、術者がいくら注意してもトラブルを100%避けることはできない<sup>30),31)</sup>。大血管の処理をステープラーで行う際には、即座にトラブルに対応できる準備をしておくべきであろう。

腹腔鏡下脾臓摘出術における脾動脈静脈切離は、血管剝離によるトラブルを避けるために血管を剝離せず周囲の脂肪組織と一緒にステープラーで切離する方法が頻用される。この方法で注意すべきは、脂肪が多い症例などでは脾門部が厚いためにステープラーが機能せず、切離断端からの非常に強い出血を起こす危険があることである。

これを防ぐにはステープラーをかける前に

脾門部の厚みを測り、必要な場合には脾門部の剝離を加えないといけない。出血時には電気メスや圧迫では対応が難しい。次のステープリングを続けて行うのがもっとも有効なので、ステープラーでの切離時は常に次のカートリッジをすぐに使えるように用意しておくべきである。

## まとめ

以上、腹腔鏡下手術全般に関わるトロッカー挿入の問題点と出血と止血操作に関する一般的な問題点を述べた。用いる器具や基本操作についての知識を備えておくことで腹腔鏡下手術をより安全に行うことができる。

## 文献

- 1) Bonjer, H. J., Hazebroek, E. J., Kazemier, G., et al.: Open versus closed establishment of pneumoperitoneum in laparoscopic surgery. *Br. J. Surg.* 84; 599-602, 1997
- 2) Catarci, M., Carlini, M., Gentileschi, P., et al.: Major and minor injuries during the creation of pneumoperitoneum. A multicenter study on 12,919 cases. *Surg. Endosc.* 15; 566-569, 2001
- 3) Hashizume, M. and Sugimachi, K.: Needle and trocar injury during laparoscopic surgery in Japan. *Surg. Endosc.* 11; 1198-1201, 1997
- 4) 木村泰三, 吉田雅行, 小林利彦, 他: 腹腔鏡下胆嚢摘出術中に炭酸ガス塞栓により死亡した1例. *日本消化器外科学会雑誌* 26; 1731, 1993
- 5) Almelda, O.D. Jr.: Current state of office laparoscopic surgery. *J. Am. Assoc. Gynecol. Laparosc.* 7; 545-646, 2000
- 6) 高野 環, 加藤邦隆, 五十嵐淳: 腹腔鏡下胆嚢摘出術53例の臨床的検討. *山梨医学* 22; 129, 1994
- 7) Chapron, C. M., Pierre, F., Lacroix, S., et al.: Major vascular injuries during gynecologic laparoscopy. *J. Am. Coll. Surg.* 185; 461-465, 1997

- 8) Sadeghi, N. H., Kavoussi, L. R. and Peters, C. A. : Bowel injury in open technique laparoscopic cannula placement. *Urology* 43 ; 559-560, 1994
- 9) Mettler, L., Lbrahim, M., Vinh, V. Q., et al. : Clinical experience with an optical access trocar in gynecological laparoscopy-pelviscopy. *JLS* 1 ; 315-318, 1997
- 10) Corson, S. L., Chandler, J. G. and Way, L. W. : Survey of laparoscopic entry injuries provoking litigation. *J. Am. Assoc. Gynecol. Laparosc.* 8 ; 341-347, 2001
- 11) Yuzpe, A. : Pneumoperitoneum needle and trocar injuries in laparoscopy : a survey on possible contributing factors and prevention. *J. Reprod. Med.* 35 ; 485-490, 1990
- 12) Tarnay, C. M., Glass, K. B. and Munro, M. G. : Entry force and intra-abdominal pressure associated with six laparoscopic trocar-cannula systems : a randomized comparison. *Obste. Gynecol.* 94 ; 83-88, 1999
- 13) Seidman, D. S., Nasserbakht, F., Nezhat, F., et al. : Delayed recognition of iliac artery injury during laparoscopic surgery. *Surg. Endosc.* 10 ; 1099-1101, 1996
- 14) Montero, M., Tellado, M. G, Rios, J., et al. : Aortic injury during diagnostic pediatric laparoscopy. *Surg. Endosc.* 15 ; 519, 2001
- 15) Leron, E., Piura, B., Ohana, E., et al. : Delayed recognition of major vascular injury during laparoscopy. *Europ. J. Obstet., Gynecol. Reprod. Biol.* 79 ; 91-93, 1998
- 16) Nordestgaard, A. G., Bodily, K. C., Osborne, R. W. Jr., et al. : Major vascular injuries during laparoscopic procedures. *Am. J. Surg.* 169 ; 543-545, 1995
- 17) Dixon, M. and Carrillo, E. H. : Iliac vascular injuries during elective laparoscopic surgery. *Surg. Endosc.* 13 ; 1230-1233, 1999
- 18) Moore, R. D. and Tittley, J. G. : Laparoscopic aortic injury leading to delayed aortoenteric fistula : an alternative technique for repair. *Ann. Vasc. Surg.* 13 ; 586-588, 1999
- 19) Kern, K. A. : Malpractice litigation involving laparoscopic cholecystectomy. Cost, cause, and consequence. *Arch. Surg.* 132 ; 392-397, 1997
- 20) Bishoff, J. T., Allaf, M. E., Kirkels, W., et al. : Laparoscopic bowel injury : incidence and clinical presentation. *J. Urol.* 161 ; 887-890, 1999
- 21) Levy, B. S., Soderstrom, R. M. and Dail, D. H. : Bowel injuries during laparoscopy. Gross and histology. *J. Reproduc. Med.* 30 ; 168-175, 1985
- 22) Berry, S. M., Ose, K. J., Bell, R. H., et al. : Thermal injury of the posterior duodenum during laparoscopic cholecystectomy. *Surg. Endosc.* 8 ; 197-200, 1994
- 23) 川辺昭浩, 木村泰三, 小林利彦, 他 : 腹腔鏡下胆嚢摘出術における胆管損傷例の検討. *胆と膵* 19 ; 799-804, 1998
- 24) Xynos, E., Tzovaras, G., Petrakis, I., et al. : Laparoscopic Heller's cardiomyotomy and Dor's fundoplication for esophageal achalasia. *J. Laparoendosc. Surg.* 6 ; 253-258, 1996
- 25) 木村泰三 : 腹腔 特に胆嚢摘出術における術中胆管損傷の予防と対策について. 第2回日本内視鏡外科学会教育セミナー資料, p.1, 1999
- 26) Takeda, M., Go, H., Imai, T., et al. : Laparoscopic adrenalectomy for primary aldosteronism : report of initial ten cases. *Surgery* 115 ; 621-625, 1994
- 27) Adamsen, S., Hansen, O. H., Funch-Jensen, P., et al. : Bile duct injury during laparoscopic cholecystectomy : a prospective nationwide series. *J. Am. Coll. Surg.* 184 ; 571-578, 1997
- 28) 特集 ハーモニック・スカルペルの基礎と臨床. *内視鏡外科* 2 ; 219-287, 1997
- 29) Chan, D., Bishoff, J. T., Ratner, L., et al. : Endovascular gastrointestinal stapler device malfunction during laparoscopic nephrectomy : early recognition and management. *J. Urol.* 164 ; 319-321, 2000
- 30) 加勢田静 : 結紮・縫合のポイントー胸腔鏡ガイド下肺葉切除・肺全摘術における血管と気管支の処理. *内視鏡外科* 1 ; 140-141, 1996
- 31) Yim, A. P. C. and Ho, J. K. S. : Malfunctioning of vascular stapler cutter during thoracoscopic lobectomy. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 109 ; 1252, 1995

参照ウェブサイト

- a) The E. A. E. S. Clinical Practice Guideline on the Pneumoperitoneum for Laparoscopic Surgery. European Association for Endoscopic Surgery and Other Interventional Techniques (<http://www.eaes-eur.org/constatem/pneumoshort.html>)
- b) Shielded Trocars and Needles Used for Abdominal Access During Laparoscopy. Center for Device and Radiological Health, Food and Drug Administration (<http://www.fda.gov/cdrh/comp/doc1122.pdf>)
- c) YOMIURI ON-LINE 中部発「東海の医療事情」2002年8月21日掲載 (<http://chubu.yomiuri.co.jp/ika/iryo020821.html>)

Mitsugu Sekimoto\*, Masayuki Ohue\*, Hirofumi Yamamoto\*, Masataka Ikeda\*, Masakazu Ikenaga\*, Shuji Takiguchi\* and Morito Monden\*

Among the many problems associated with laparoscopic surgery, complications associated with trocar insertion, and troubles with intraoperative hemostasis are common in various laparoscopic procedures, and frequently result in severe morbidity. Injuries to intraabdominal organs and major blood vessels through establishment of pneumoperitoneum, or insertion of the trocar are rare, but when they occur, many are fatal. Many types of trouble with various instruments used for laparoscopic hemostasis, are reported in the literature. In this paper, we described their incidence, diagnosis, and prevention.

Summary

Intraoperative Complications and Their Prevention in Laparoscopic Surgery

**Key words :** laparoscopic surgery, trocar, injuries to organ, bleeding, complication

\*Osaka University Graduate School of Medicine, Department of Surgery and Clinical Oncology, 2-2, Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871, Japan

ご 案 内

第 8 回 HEQ 研究会

内視鏡治療を通じて在宅医療の推進と患者の QOL 向上を目指す研究会を、下記の要領で開催いたします。多数の演題応募とご参加をお願いいたします。

会 期：2003 年 9 月 27 日(土)

会 場：別府ビーコンプラザ(大分県別府市山の手町 12-1 TEL 0977-26-7111)

当番世話人：北野 正剛(大分医科大学第一外科)

内 容：・特別講演「消化器内視鏡の歴史と将来」

・教育講演「褥瘡医療の動向とメカニズム」

・ランチョン・セミナー「在宅医療の実践」

・ワークショップ「PEG の管理に関する新たな展望」(予定)

・一般演題(HEQ 研究会の趣旨に則したあらゆる方面からの演題をお待ちします)

演題応募締め切り日：2003 年 6 月 21 日(土)必着

応募用紙申し込み先：大分医科大学第一外科(事務担当 松本敏文)

〒 879-5593 大分県大分郡挾間町医大ヶ丘 1-1

(TEL 097-586-5843/FAX 097-549-6039)

URL：<http://www.oita-med.ac.jp/surgery1/heq/index.html>



# 直腸癌に対する腹腔鏡下低位前方切除術

関本 貢嗣    大植 雅之    山本 浩文    池田 正孝  
池永 雅一    瀧口 修司    門田 守人

消化器外科 2003年3月 第26巻第3号 通巻第316号

へるす出版

# 直腸癌に対する腹腔鏡下低位前方切除術

*Laparoscopy assisted low anterior resection of the rectum for rectal cancer*

関本 貢嗣  
Mitsugu Sekimoto

大植 雅之  
Masayuki Ohue

山本 浩文  
Hirofumi Yamamoto

池田 正孝  
Masataka Ikeda

池永 雅一  
Masakazu Ikenaga

瀧口 修司  
Shuji Takiguchi

■大阪大学大学院医学系研究科病態制御外科

門田 守人  
Morito Monden

(イラスト/レオン佐久間)

● key words : 直腸癌, 腹腔鏡下手術, 低位前方切除術

## ■ はじめに

直腸癌に対する腹腔鏡下手術を行ううえでの大きな課題は、低位直腸の切離と側方郭清である。先端が屈曲するステープラーを用いても低位直腸を思い通りに切離することは難しく、腹腔鏡下の側方リンパ節郭清は未だトライアルの段階とってよい。また、直腸を剝離するだけなら肛門挙筋まで十分に可能であるが、腫瘍部に触らずに深部の剝離を行うことはできない。以上のことから、われわれは腹腔鏡下に安全かつ確実に行える直腸癌手術はRaなら早期癌およびMP癌、Rbでは早期癌までと考えている。本稿ではRa、Rb直腸癌に対する手技を解説する。

## I 手術手技

### 1. 体位 (図1)

右半側臥位で頭低位とし、下肢の固定はレビテーターという術中に下肢を動かせる固定具を用い、肛門から直腸洗浄や器械吻合を行うときだけ碎石位とする。

### 2. 器具, 人の配置, 深部静脈血栓予防 (図2)

術者とカメラ助手は患者の右に立つ。

### 3. 病変部位の確認

結腸癌では病変位置のマーキングが必要な場合には点墨を行うが、点墨はしばしば広く染まりすぎ、直腸

癌における肛門側切離距離1~2cmといった微細な切除範囲決定の指標とするには不適である。また、直腸病変では万一切除範囲を誤ったときに修正が難しく、不必要に大きなAWをとると術後排便機能に悪い影響を与える。さらに墨が壁外や直腸間膜内に漏れ出ると術中の層確認の妨げとなる。われわれは直腸癌、

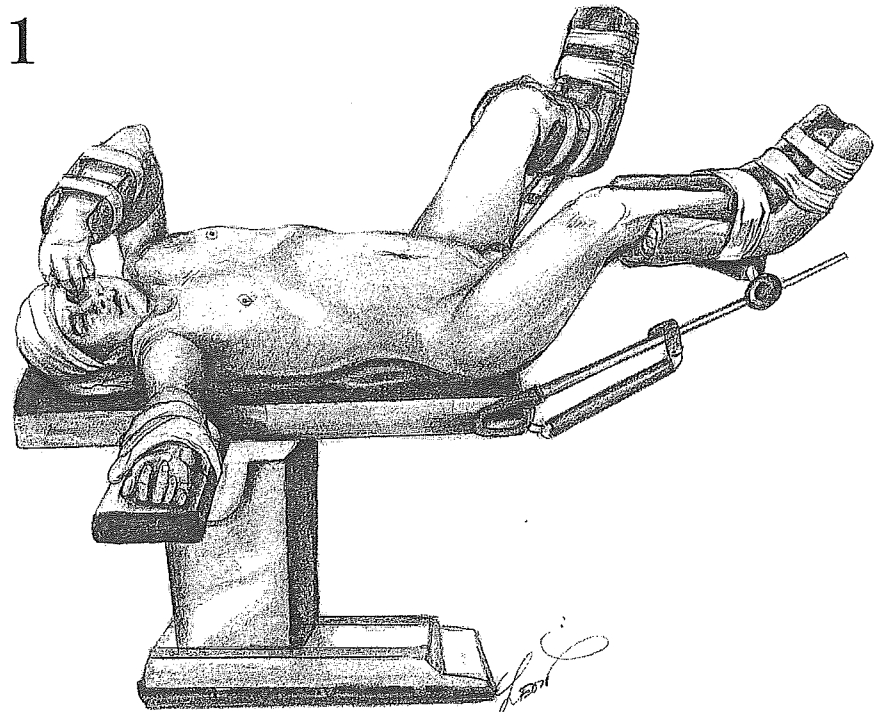


図1 体位

右半側臥位でやや開脚, 足には血栓予防具を装着する。左手は頭の上, 右手は横に伸ばす。普段は下肢伸展, 肛門操作時は下肢を挙上し碎石位とする

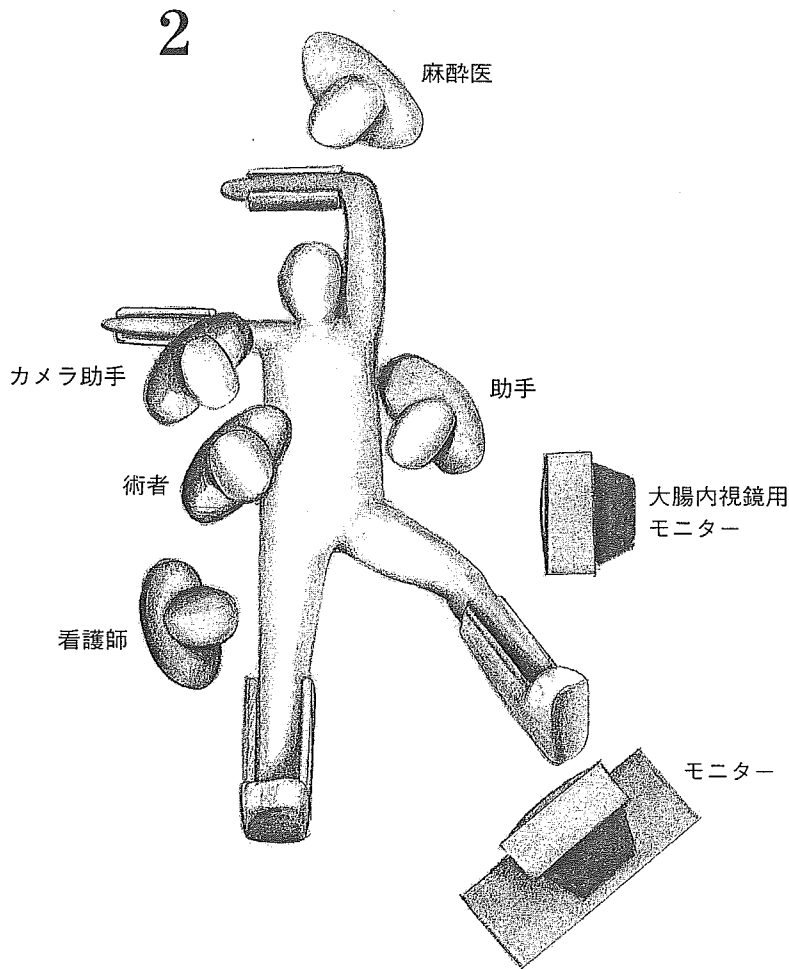


図2 人と器具の配置

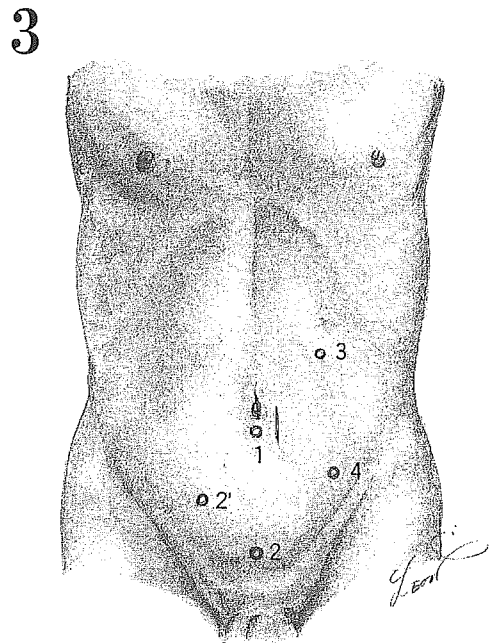


図3 ポートの位置  
1, 2は12mm, 2', 3, 4は5mm

とくに Ra, Rb 症例では点墨は行わず、術中内視鏡で病変を確認し肛門側切離線を決めている。

#### 4. ポートの設置 (図3)

手術を円滑に進めるうえでポートの配置は重要である。われわれの標準的なポート配置を示す。

最初に12mmのポート(1)を小開腹法で臍上あるいは臍下に設け、ここから腹腔鏡を挿入する。他のポートの位置は患者の体格によっても影響を受けるが病変が Ra から Rb のときには、直腸をステープラーで離断するのに都合がよいように、恥骨近くに12mmのトロッカー(2)を挿入する。しかし、下腸間膜動脈根部近くのリンパ節郭清や血管処理にはこの位置のトロッカーからでは操作しにくいことが多いので、追加のトロッ

カー(2')を挿入することもある。

3のトロッカーは腸間膜根部操作を行うときには患者の右側に挿入したほうが使いやすいが、直腸の操作には左側においたほうが使いやすい。4のトロッカーは上前腸骨棘付近におく。腸間膜根部操作時には助手がここから把持鉗子を挿入してS状結腸間膜を上引き視野展開の助けをし、直腸の操作時には術者が用いる。

#### 5. 視野展開 (図4)

気腹は通常8~10mmHgとする。頭低位として小腸を頭側に排除する。視野確保の目安として、大動脈の前面がみえ、骨盤腔に小腸が落ち込まないこととしている。そのためには思い切った頭低位をとることが必要である。虫垂炎術後などで回腸

末端が仙骨前面に癒着している症例ではその剥離が必要となる。また腸管を少しでも空虚にするため麻酔導入時の空気誤嚥の防止や、麻酔に笑気を用いないことも必須である。

女性ではしばしば子宮や卵管、卵巣が骨盤腔の視野を妨げる。われわれは通常は腹壁から直針がついたナイロン糸を通し、子宮を直接貫通させるか卵管の周りに糸を通して腹壁に吊り上げている。男性は骨盤腔が狭く、とくに脂肪が多い症例では視野の確保に苦労することが多い。必要ならポートを追加する。

#### 6. S状結腸間膜授動 (図5)

われわれは腸間膜を内側から剥離し、操作の早い時期に下腸間膜動脈根部のリンパ節郭清を行う内側アプローチを用いている。初期には腸管の授動を外側から行う外側アプローチを用いていたが、先に腸管を授動してしまうと授動した腸管が術野に被さって操作の妨げとなるため今ではほとんど行わない。

操作手順を述べる。内側アプロー

4

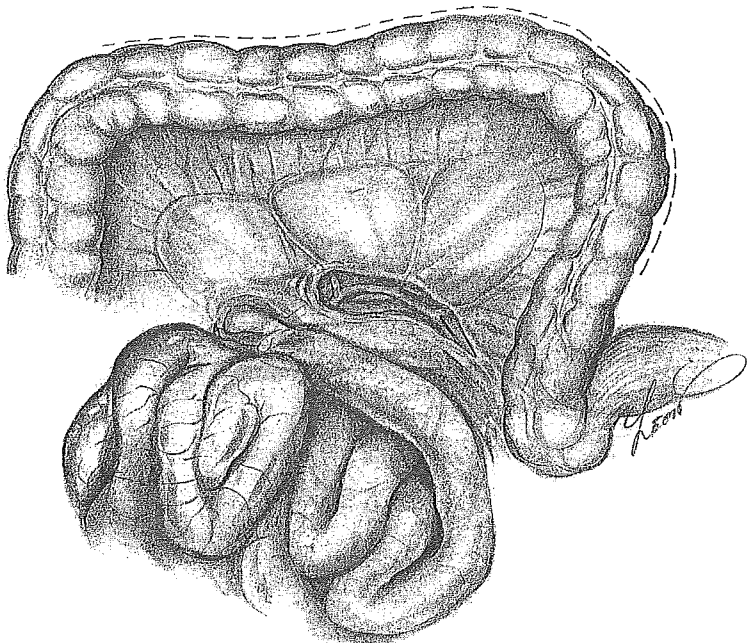


図4 術野の確保

視野確保の目安は骨盤腔に小腸が落ち込まず、大動脈の前面がみえることである

チでは最初にS状結腸間膜の右側起始を切開し、内側から外側に向かって腸間膜を後腹膜から剝離する。その際に、まず腸間膜の起始を間違わずに切開し正しい層に入ることが必要である。脂肪が少ない症例では大動脈や腸間膜内の血管の走行を容易に確認できるので切開する位置を誤ることはないが、脂肪が多い症例などわかりにくいときには直腸間膜と後腹膜とのくびれや、左右総腸骨動脈の分岐、大動脈の隆起、十二指腸などを指標とする。微妙な色調の違いも層確認の参考となるので、細かな出血も放置せず術野を無血に保つ。

術者は2と3のポートを用いる。助手が4のポートから鉗子を挿入し、S状結腸間膜を視野上方に牽

5

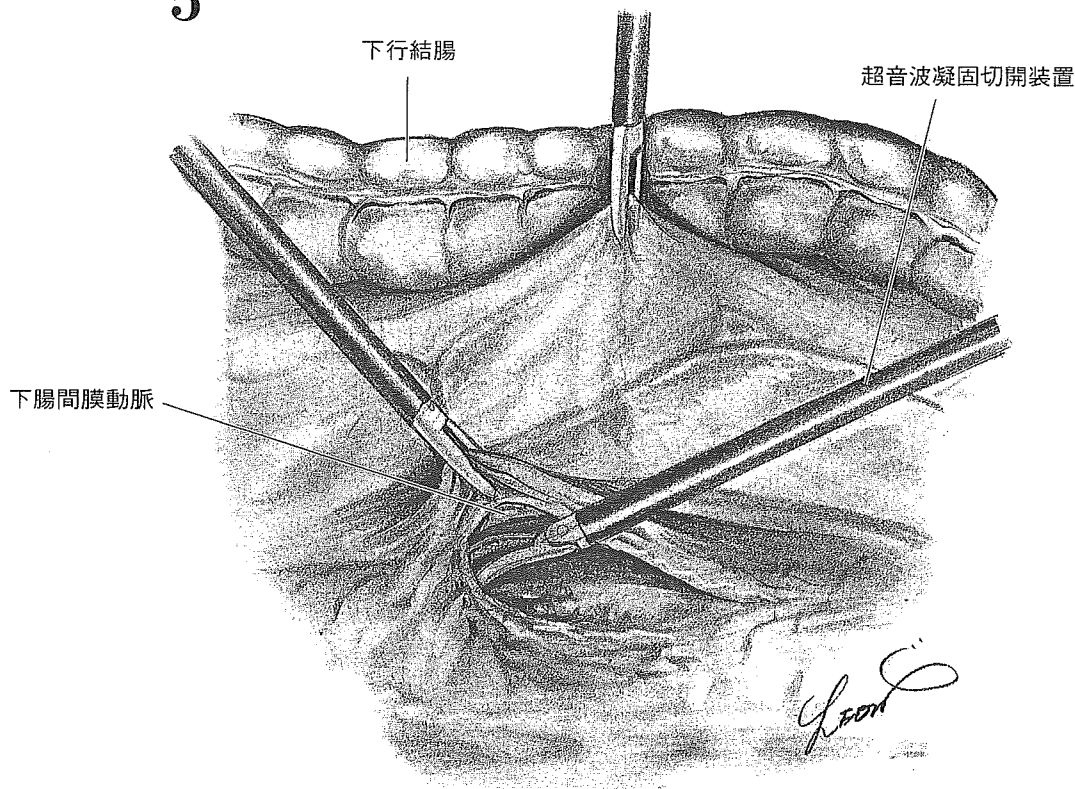


図5 剝離の開始

仙骨の岬角前面から大動脈分岐、大動脈前面、十二指腸まで腹膜を切開する