

原 著

結腸癌および直腸S状部癌における腹腔鏡手術の手術時間短縮に関する研究 —多孔式と単孔式腹腔鏡手術のビデオ分析を用いた比較検討—

田代 浄*, 山口 茂樹

Shortening the operative time of laparoscopic colon and rectosigmoid cancer surgery: A comparison of multi-port surgery and single-port surgery using video analysis

Jo Tashiro*, Shigeki Yamaguchi

【Background/Aims】 Reducing the operative time of laparoscopic colorectal cancer surgery is desirable. The potential to shorten the operative time of laparoscopic surgery was studied by single-port laparoscopic surgery (SPS) which used less ports and a less assistant surgeon workload than multi-port laparoscopic surgery (MPS).

【Method】 A total of 106 consecutive colon and rectosigmoid cancer patients, including 53 patients who underwent MPS from October 2012 to December 2013, as well as 53 patients who underwent SPS from SPS induction until January 2014, were selected. The operative time was compared between MPS and SPS. In addition, a video review was performed as part of procedure.

【Results】 The major factors to shorten operative time were fewer trocar insertions, solo surgery which reduced the assistant surgeon's work time, prior umbilical laparotomy, and omission of temporary abdominal wall closure. It was estimated that the operative time of SPS was shorter than that of MPS by more than 10 min.

【Conclusion】 The possibility to shorten operative time of laparoscopic colorectal surgery has great potential. Several factors highlighted by video analysis contributed to shortening operative time. Shortened laparoscopic surgery times were enabled by reviewing procedures following SPS for colon cancer and RS cancer, including advanced cancer. Video analysis highlighted the factors contributing to a shortened operative time. These results have positive implications for both patients and gastroenterological surgeons.

J Saitama Medical University 2017; 43(2): 143-153

(Received December 21, 2015 / Accepted August 16, 2016)

Key words: shorten operative time, single-port laparoscopic surgery (SPS), multi-port laparoscopic surgery (MPS), colorectal cancer, video analysis

緒 言

1987年のMouretらによる腹腔鏡下胆嚢摘出術の報告以来、腹腔鏡手術は急速に普及してきた^{1,2)}。大腸癌に対する腹腔鏡手術の最初の報告は1991年にJacobsら³⁾によりされ、日本では1993年に渡邊ら⁴⁾が早期大腸癌に対して行ったのが最初の報告である。これまでに従来の開腹手術と比較した大規模無作為比較試験が報告され、短期成績において早い術後回復、疼痛の減少、入院期間の短縮、創感染発生率の低下が報告され、整容性も優れているとされている。長期予後に関しては、Barcelona Trial⁵⁾、COST Trial⁶⁾、CLASICC Trial⁷⁾の3つの大規模試験が、生存率や再発率

に有意差はないと報告している。一方、COLOR Trial⁸⁾は生存率の非劣性が示せなかったが、Intent-to-treat解析のもとで約20%の高い開腹移行率その原因と解析している。本邦では「進行大腸がんに対する腹腔鏡下手術と開腹手術の根治性に関するランダム化比較試験(JCOG 0404)」において短期成績の優位性が報告されている⁹⁾。

開腹手術と比較して難度の高い腹腔鏡手術の手術時間延長は共通して指摘されている。前記5つの大規模ランダム化比較試験⁵⁻⁹⁾および他の報告^{10,11)}において、腹腔鏡手術は開腹手術の1.2倍から1.58倍の有意な手術時間延長が報告されている。手術時間の延長は、手術部位感染のリスク因子と報告されており¹²⁾、入院期間の延長や医療費増加に

* 著者：埼玉医科大学 国際医療センター 消化器外科 〒350-1298 埼玉県日高市山根1397-1 Tel: 042-984-4111 Fax: 042-984-0054

E-mail: tashiro@saitama-med.ac.jp [平成27年12月21日受付 / 平成28年8月16日受理]

○著者全員は本論文の研究内容について他者との利害関係を有しません。

つながる。また手術室占拠時間増加と、外科医、麻酔医、メディカルスタッフの拘束時間増加によるコスト増で医療経済にも大きな負担となる。手技の定型化やエネルギーデバイスの使用により手術時間は短縮されてきたが、現状でも手術時間の延長は腹腔鏡手術の短所となっている。

大腸癌に対する腹腔鏡手術は、小開腹創と複数のポートを用いる多孔式腹腔鏡手術Multi-port laparoscopic surgery (MPS)として確立されてきた。一方、1990年代後半からは、標本摘出や再建をするための3～5 cmの小開腹創を利用して、ポート数を減らしたり、細径鉗子を用いたりして創の縮小を図るReduced port laparoscopic surgeryも行われるようになってきた¹³⁾。このうち最も腹壁創が小さい術式として、臍部の小開腹創のみからアクセスすることで剥離授動、リンパ節郭清、腫瘍切除、再建のすべてを行う単孔式腹腔鏡手術single-port laparoscopic surgery (SPS)が、日本では「TANKO」と呼ばれ急速に関心が深まってきた¹⁴⁻²⁰⁾。

難度が高いとされるSPSの手術時間は、MPSと同等または延長する報告が多いが²¹⁾、自験例でSPSの手術時間が短縮することを多く経験してきた²²⁾。本研究では、腹腔鏡手術が短時間で終了する因子を解析し、更に録画ビデオを用いた詳細な検討から手術時間が短縮する要因を分析することで、腹腔鏡手術における手術時間短縮の検討をおこなった。

対象と方法

対象症例

手技の煩雑な横行結腸癌を除く結腸癌と直腸S状部癌(RS癌)を対象に、日本内視鏡外科学会技術認定を取得し

た単一術者が施行した2012年10月から2013年12月までの連続したMPS53例と、SPS導入後の2014年1月から12月までの連続したSPS53例からなる腹腔鏡手術106例をデータベースより抽出した。解析対象症例は全例、腸管の再建を伴う症例とした。結腸癌とRS癌は、原則で全例に腹腔鏡手術の適応としているが、高度癒着症例と減圧不能な腸閉塞症例、緊急手術症例は適応外としている。SPSは、さらに複数回の開腹既往、Body mass index (BMI) 30 kg/m²以上の高度肥満症例、低位前方切除術や他臓器浸潤などの高難度症例を適応外としている。適応外症例は研究対象より除外した。SPSの対象期間にMPSで施行した症例は5例(8.6%)に認め、技術的難度が予想された「低位前方切除術予定のRS症例」が2例、「下行結腸T4症例」が2例、「複数回の開腹既往症例」が1例であった。SPSは小開腹創以外の創は全くなく、術者と助手の2人法で行った。MPSは小開腹創と追加1～4ポート(追加1ポート:18例34%、2ポート:16例30%、3ポート:6例12%、4ポート:13例24%)で施行し、2人法は39例(74%)で3人法は14例(26%)だった。

手術手技

腹腔鏡手術の体位は開脚支持器を用いた碎石位で行った。MPSでは臍部にカメラ用トロッカーを挿入し、気腹後に1～4本のトロッカーを挿入した(Fig.1A)。SPSでは気腹時の頂点となる臍部からアクセスするために手術台は低くセッティングし、重力による腸管排除を最大限利用するために体位変換は頻回に行い十分な頭低位や斜位とした。トロッカーをアクセスするプラットフォームは、フ

(A)



(B)

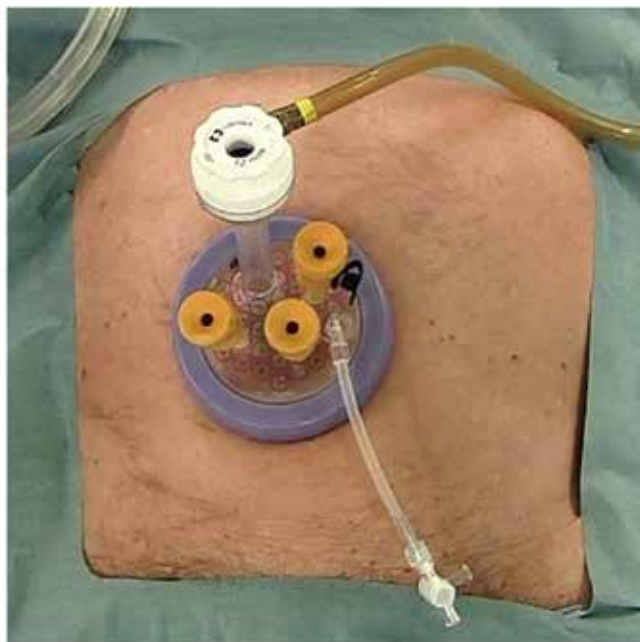


Fig. 1. (A) : MPSのトロッカー配置. (B) : SPSの臍部からアクセスするプラットフォームとトロッカー配置.

リーアクセス®(TOP Corporation, Japan)を使用し、創プロテクターのアレクシス®Sサイズ(Applied Medical, USA)に装着した。小開腹は臍部縦切開または恥骨上横切開で腫瘍径にあわせて3~5 cmの皮膚切開をおいた。フリーアクセス®に12 mm径10 cm長のトロッカーをカメラ用に1本と、5 mm径7.5 cm長のトロッカー3本を等間隔正方形に挿入し、付属の脱気チューブも挿入した(Fig.1B)。MPSとSPSともにCO₂送気で気腹圧は10 mmHg。SPSに特化して開発された鉗子や腹腔内吊り上げクリップといった非鉗子型トラクションデバイス、5 mm細径スコープは使用せずに、全操作はMPSで用いている器械を用いた。カメラは10 mm径のフレキシブルスコープ(内視鏡統合ビデオシステムVISERA Pro®, Olympus, Japan)を使用し、剥離切開授動操作は超音波凝固切開装置を多用し(Harmonic ACE®, Ethicon Endo-Surgery, USA)、モノポーラ電気メスやシーリングデバイスは使用しなかった。

結腸切除術では、病巣切除と吻合は体腔外操作で行いMPSに準じた²³⁾。左側結腸癌及びRS癌の体腔内吻合症例では、下腸間膜動脈(IMA)切離をおこなった後に直腸授動から間膜処理および直腸切離を行うMPSに対し、SPSはIMAの切離前に直腸の処理を先行する手順を用いた。これはIMAの連続性を保ったまま術者の非優位鉗子のみで視野展開し、傍直腸溝の腹膜切開から直腸後腔の広範な授動を先行し、次に直腸左側で内側の剥離層と交通、左側骨盤神経叢からの遊離、腹膜反転部の切開をおこなった。直腸間膜処理後、ステープラーはフリーアクセス®に直接挿入し直腸切離をおこなった。体腔内吻合後に漿膜筋層縫合を体内結紮で1~3針行い、ドレーンは小開腹周囲の腹直筋前鞘を剥離し正中から数cm間隔をとり腹直筋経路で誘導し臍部に固定後、閉創した。

検討項目

[検討1.] 手術時間別臨床学的因子の比較

手術時間が短かった「短時間群」と「非短時間群」の2群で、患者背景、癌占居部位、手術方法(MPS vs. SPS)、吻合方法(体腔外吻合: Functional end to end anastomosis vs. 体腔内吻合: Double stapling technique)を比較検討し、腹腔鏡手術が短時間で終了する因子を解析した。

[検討2.] ビデオ分析

右側結腸癌症例と左側結腸癌及びRS癌の体腔内吻合症例をパートごとに録画ビデオを用いて所要時間を計測し、手術手順とマッチングすることで時間が短縮する要因と短縮時間を分析した。録画ビデオは、手術操作をパートで区切り、筆者が単独で所要時間を計測した。癒着剥離操作(開腹移行とMPS移行症例)や内視鏡手術装置、器具のトラブルの所要時間は除いて計測した。

右側結腸癌症例は、回結腸血管のみを郭清する回盲部切除術(ICR)と、さらに右結腸血管または中結腸血管を郭清する右側結腸切除術(RHC)に手術時間の差が生じる。ビデオ分析には共通の操作を選別した。対象操作は、①手術

開始からカメラ挿入までの「カメラ留置」、②気腹開始から小腸排除、助手の支配血管把持までの「気腹開始から腹膜切開」、③腹膜切開開始から回結腸動脈静脈切離までの「腹膜切開から郭清終了」、④「内側授動」、⑤「外側授動後、気腹終了」、⑥体外操作開始から標本摘出、吻合、仮閉腹までの「体外操作」、⑦「再気腹開始から気腹終了」、⑧小開腹創閉腹から閉創までの「閉創」、の8パートに分割し設定した。

左側結腸癌及びRS癌症例では、脾弯曲授動や下腸間膜動脈温存の左結腸動脈根部郭清などの複雑な操作が時間分析へ影響することを理由に、下行結腸癌5例とS状結腸癌17例の体腔外吻合症例は除外し、体腔内吻合症例のみを分析対象とした。①②の共通操作、③下腸間膜動脈切離までの「腹膜切開から郭清終了」、④「内側授動」として左結腸動脈と下腸間膜静脈の処理時間まで、⑤「外側授動」、⑥「直腸間膜の授動終了」、⑦「直腸間膜処理」、⑧ステープラー挿入から気腹停止までの「ステープラー挿入から直腸切離」、⑨体外操作開始から標本摘出、アンビル挿入、仮閉腹までの「体外操作」、⑩「再気腹から体腔内吻合完了」、⑪吻合部の漿膜筋層縫合時間「体内結紮」、⑫「ドレーン挿入から気腹終了」、⑬ドレーン固定から閉創までの「閉創」、を加えた13パートに設定した。

[検討3.] 学習曲線

学習曲線から、執刀症例を重ねることが手術時間に影響するか検討した。縦軸に手術時間、横軸に経時的症例数を示した。各腹腔鏡手術法(MPSとSPS)の近似線から評価した。

本研究は埼玉医科大学国際医療センターの倫理委員会に申請し、承認を得た(申請番号14-180)。医療行為はインフォームド・コンセントを得た上で行った。

統計学的解析

「短時間群」と「非短時間群」の設定は、腹腔鏡手術の全症例数を上位、中位、下位のほぼ3等分できる区切りとして30パーセンタイルを任意に設定(パーセンタイルの定義上、ほぼ1/3の症例)した。「短時間群」の選択基準は、30パーセンタイル未満を用いた。各臨床学的因子に対する単変量解析および多変量解析はロジスティック回帰分析を用い、単変量解析で $P < 0.05$ の項目について多変量解析をおこなった。個々のデータは、サンプルサイズ n (%)と中央値[最小値-最大値]で示した。統計ソフトは、SPSS version 21.0 software (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)を使用した。ビデオ分析による手術時間の検定は、集積データが正規分布に従わずMann-Whitney testを適用し、 $P < 0.05$ を有意差ありとした。

結果

[検討1.] 手術時間別臨床学的因子の比較

全症例の手術時間は、中央値で112分[63-256]、30パーセンタイル値で95分だった(Fig. 2)。95分をCut off値とした場合、短時間群95分未満は30例(28.3%)で非短時間

群 95 分以上は 76 例 (71.7%) だった (Table 1). 単変量解析は, 短時間群で癌占居部位の右側結腸 ($P < 0.01$), 腹腔鏡手術のSPS ($P < 0.01$), 吻合方法の体腔外吻合 ($P < 0.01$) に有意差を認めた. 多変量解析から, SPS症例 (オッズ比 5.98) と体腔外吻合症例 (オッズ比 48.14) が, 短時間で終了する因子だった (Table 2).

[検討 2.] ビデオ分析

右側結腸癌症例の総手術時間は, SPSで 17.5 分の短

縮 (MPS : 104.5 分 vs. SPS : 87 分, $P=0.03$) がみられた (Fig. 3). 各パートでMPSとSPSの手術手順をマッチングして, 時間が短縮する要因を分析した. 「気腹開始から腹膜切開」のパート②ではトロッカー挿入操作と助手操作の省略により時間短縮 (MPS : 9.25 分 vs. SPS : 4 分, $P < 0.01$) がみられ, 「体外操作」のパート⑥では小開腹と創プロテクター装着を先行するSPSが, 小開腹操作と仮閉腹操作を行うMPSより時間短縮 (MPS : 27.5 分 vs. SPS :

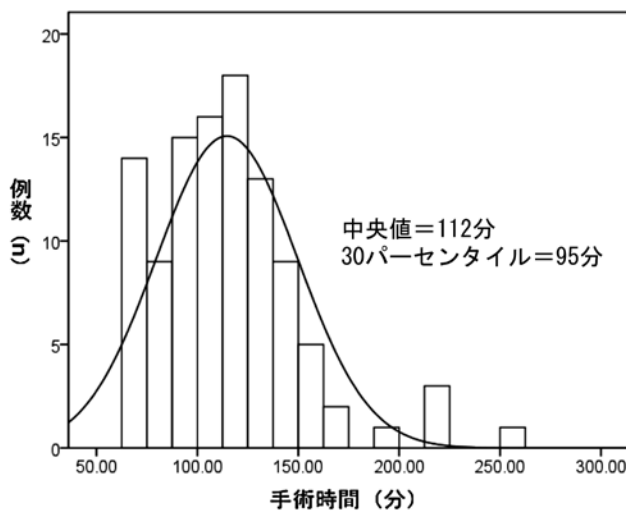


Fig. 2. 手術時間の度数分布表と30パーセンタイル値.

Table 1. 手術時間別 (短時間群95分未満 vs. 非短時間群95分以上) 臨床学的因子の比較; 単変量解析

	手術時間		単変量解析		
	短時間群95分未満 (n=30)	非短時間群95分以上 (n=76)	オッズ比	95% CI	P 値
年齢*	68 [38-90]	66 [40-83]	1.02	0.97-1.06	0.31
性別, 男性: n (%)	12 (40%)	41 (54%)	1.75	0.74-4.14	0.19
BMI, kg/m ² *	22.1 [17.7-27.7]	23.5 [17.4-29.9]	0.86	0.75-1.01	0.06
開腹既往あり: n (%)	11 (36%)	17 (28%)	0.71	0.28-1.71	0.44
術前TNM ステージ: n (%)					
0&I/II/III/IV	7(23)/6(20)/15(50)/2(7)	15(20)/20(26)/36(47)/5(7)	0.99	0.61-1.59	0.91
ステージII以上	23 (77%)	61 (80%)	0.33	0.09-1.22	0.09
癌占居部位: n (%)					
右側結腸	18 (60%)	27 (35%)	0.33	0.15-0.89	<0.01
左側結腸及び直腸S状部	12 (40%)	49 (65%)			
腹腔鏡手術法: n (%)					
SPS	23 (77%)	30 (39%)	0.19	0.07-0.52	<0.01
MPS	7 (23%)	46 (61%)			
吻合方法: n (%)†					
体腔外: FEEA	29 (97%)	38 (50%)	0.03	0.01-0.26	<0.01
体腔内: DST	1 (3%)	38 (50%)			
出血カウント, g*†	10 [5-30]	10 [5-160]	0.95	0.88-1.02	0.22
小開腹創長, cm*†	4 [3-5]	4 [3-6]	0.88	0.54-1.42	0.60
開腹移行又はMPSへ移行: n (%)					
MPS移行	0	1 (13%)	insufficient data		
開腹移行	0	1 (13%)			

*: 値は中央値 [最小値-最大値], †: 開腹移行例は除外, BMI: Body mass index, MPS: Multi-port laparoscopic surgery, SPS: Single-port laparoscopic surgery, FEEA: Functional end to end anastomosis, DST: Double stapling technique.

22分, $P=0.03$) がみられた. 一方で「カメラ留置」のパート①は, MPSの臍部からカメラ用トロッカーを挿入し固定に要する時間と, SPSの小開腹を先行する所要時間に差はなく, また「閉創」のパート⑧では, 仮閉腹を行っていないSPSの閉腹操作は時間を要するが, MPSでも2-5か所のトロッカー挿入孔の閉創に時間を要していた (Table 3).

左側結腸癌及びRS癌の体腔内吻合症例の総手術時に有意差を認めなかったが, SPSで1.5分の延長 (MPS: 126.5

分 vs. SPS: 128分, $P=0.42$) となった (Fig. 4). 各パートでは右側結腸癌症例と同様に, 「気腹開始から腹膜切開」のパート② (MPS: 7.5分 vs. SPS: 5分, $P=0.01$) と「体外操作」のパート⑥ (MPS: 19.5分 vs. SPS: 13分, $P<0.01$) で時間短縮がみられ, 「内側授動完了」のパート④でも助手操作の省略による時間短縮 (MPS: 8.3分 vs. SPS: 5.8分, $P=0.01$) がみられた. 一方で, 「ステープラー挿入から直腸切離」のパート⑧は, SPSの臍部からステープラーを挿入

Table 2. 手術時間別 (短時間群95分未満 vs. 非短時間群95分以上) 臨床的因子の比較; 多変量解析

		多変量解析		
		オッズ比	95% CI	P 値
占居部位	右側 vs. 左側及びRS	0.68	0.23-2.02	0.49
腹腔鏡手術法	MPS vs. SPS	5.98	2.04-17.53	<0.01
吻合方法	体腔内 vs. 体腔外	48.14	4.39-527.96	<0.01

RS: rectosigmoid. MPS: Multi-port laparoscopic surgery, SPS: Single-port laparoscopic surgery.

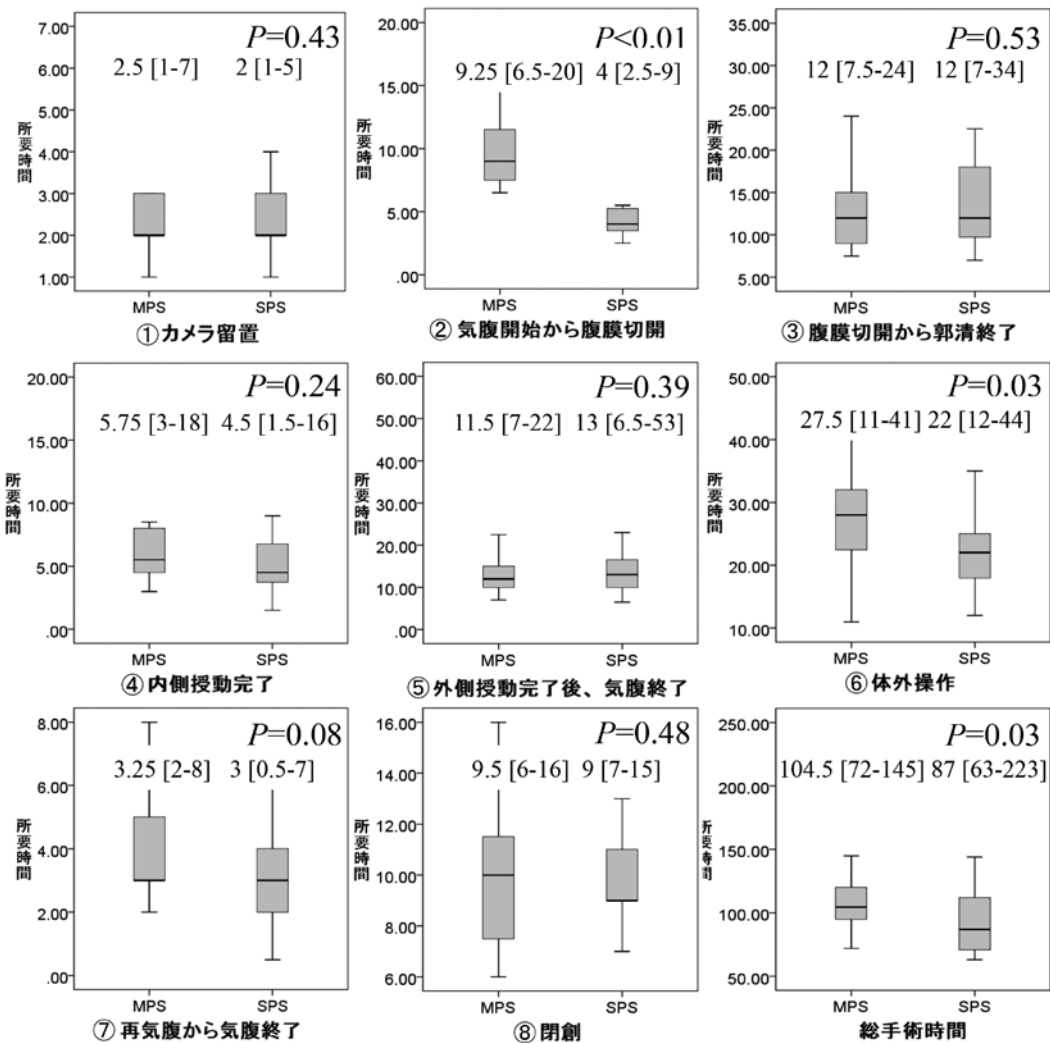


Fig. 3. 右側結腸癌症例のビデオ分析: 各パートにおける手術時間の比較. 値は中央値 (分) [最小値-最大値] とP値.

する操作と直腸切離で時間延長 (MPS : 2 分 vs. SPS : 3.75 分, $P=0.01$) となり, 「閉創」のパート⑬でも SPS における臍部ドレーンの固定操作に時間を要していた (MPS : 9.5 分 vs. SPS : 13 分, $P < 0.01$). またパート⑩の「体内結紮」に差はなかったが, 1 針毎の縫合結紮時間は SPS で有意に時間を要しており (中央値; MPS1.5 分, SPS3 分, $P < 0.01$),

Table 3. 右側結腸癌症例; 各パートにおける手術手順のマッチングによる検討

パート	MPS n=20	SPS n=25
①カメラ留置	カメラ用トロッカー挿入 針糸固定	小開腹先行 創プロテクター & プラットフォーム装着
②気腹開始から腹膜切開 ※	気腹開始 腹腔内観察 トロッカー挿入; 2.5min ↑ 助手による視野展開 ★ ICA血管束の把持牽引 ★	気腹開始 腹腔内観察 小腸排除 ICA血管束の把持牽引
③腹膜切開から郭清終了	腹膜切開開始 郭清終了	腹膜切開開始 郭清終了
④内側授動	ICA断端把持 ★ 内側剥離	内側剥離
⑤外側授動後、気腹終了	回腸末端把持 ★ 小腸間膜付着部展開 ★ 小腸間膜付着部切開 外側剥離 上行結腸の展開 ★ 体位変換: 頭高位 肝下面の視野展開 ★ 肝弯曲の授動 気腹終了	小腸間膜付着部展開 小腸間膜付着部切開 外側剥離 体位変換: 頭高位 肝弯曲の授動 気腹終了
⑥体外操作 ※	体外操作 皮切延長から小開腹 ↑ 創プロテクター装着 標本摘出、体腔外吻合 創プロテクター取外 創部洗浄 ↑ 小開腹創仮閉腹 ↑	体外操作 プラットフォーム取外 標本摘出、体腔外吻合 創プロテクター消毒 プラットフォーム装着
⑦再気腹から気腹終了	再気腹 洗浄止血確認、整頓 トロッカー抜去 ↑ 気腹終了	再気腹 洗浄止血確認、整頓 気腹終了
⑧閉創	仮開腹創の結紮 創部洗浄 小開腹創真皮埋没閉創 トロッカー挿入孔閉創 ↑	プラットフォーム取外 小開腹創縫合閉腹 ↑ 創部洗浄 小開腹創真皮埋没閉創

ICA: Ileocolic artery, ↑: 時間延長操作, ★: 助手時間, ※ $P < 0.05$.

縫合結紮数は SPS で有意に少なかった (中央値; MPS3 針, SPS2 針, $P=0.02$) (Table 4).

[検討 3.] 学習曲線

MPS の近似線 ($y = -0.35x + 130.1$) は, 症例を重ねるごとに短縮傾向を示したが, SPS の近似線 ($y = 0.13x + 105.3$) は, やや延長傾向を示した. SPS において症例を重ねることが, 時間短縮へ影響しなかった (Fig. 5).

考 察

近年, 大腸癌に対する腹腔鏡手術は急速に普及してきたが, 手術時間の延長が短所としてあげられる. 開腹手術と比較した7つのランダム化比較試験すべてにおいて腹腔鏡手術の手術時間は長かった⁵⁻¹¹⁾. さらに腹腔鏡手術の中でも難

Table 4. 左側結腸癌及びRS癌の体腔内吻合症例; 各パートにおける手術手順のマッチングによる検討

パート	MPS n=22	SPS n=17
①カメラ留置	カメラ用トロッカー挿入 針糸固定	小開腹先行 創プロテクター & プラットフォーム装着
②気腹開始から腹膜切開 ※	気腹開始 腹腔内観察 トロッカー挿入; 2.25min ↑ 助手による視野展開 ★ IMA血管束の把持牽引 ★	気腹開始 腹腔内観察 小腸排除 IMA血管束の把持牽引
③腹膜切開から郭清終了	腹膜切開開始 郭清終了	腹膜切開開始 郭清終了
④内側授動 ※	IMA断端把持 ★ 内側剥離 IMV&LCA切離 左側結腸間膜牽引 ★	内側剥離 IMV&LCA切離
⑤外側授動	外側授動 下行結腸と壁側の展開 ★	外側授動
⑥直腸間膜の授動終了	直腸間膜授動 骨盤腹膜の圧排牽引 ★ 直腸の腹側への展開 ★	直腸間膜授動
⑦直腸間膜処理	直腸間膜処理 直腸洗浄 直腸牽引 ★	直腸間膜処理 直腸洗浄 直腸牽引
⑧ステーブラー挿入から直腸切離 ※	ステーブラー挿入 直腸切離 気腹終了 体外操作 皮切延長から小開腹 ↑ 創プロテクター装着 不潔操作へ 標本摘出、アンビル装着 創プロテクター取外 創部洗浄 ↑ 小開腹創仮閉腹 ↑	臍部からステーブラー挿入 ↑ 直腸切離 気腹終了 体外操作 プラットフォーム取外 不潔操作へ 標本摘出、アンビル装着 創プロテクター消毒 プラットフォーム装着
⑨体外操作 ※	再気腹 骨盤視野展開 ★ 体腔内吻合	再気腹 体腔内吻合
⑩体内結紮	吻合部体内結紮 縫合結紮数* n=3 洗浄止血確認、整頓 ドレーン挿入固定	吻合部体内結紮 縫合結紮数* n=2 洗浄止血確認、整頓 臍部からドレーン挿入 ↑
⑪ドレーン挿入から気腹終了	トロッカー抜去 ↑ 気腹終了	気腹終了 臍部のドレーン固定 ↑
⑬閉創 ※	仮開腹創結紮 創洗浄 小開腹創真皮埋没縫合閉創 トロッカー挿入孔閉創 ↑	小開腹創縫合閉腹 ↑ 創洗浄 小開腹創真皮埋没縫合閉創

IMA: Inferior mesenteric arter, IMV: Inferior mesenteric vein, LCA: Left colic artery, ↑: 時間延長操作, ★: 助手時間, ※ $P < 0.05$.

度が高いとされる SPS と従来の MPS を比較した6つの case-matched study では, 5 つで手術時間に差がなく1つは有意に延長していた¹⁵⁻²⁰⁾ (Table 5). また 1000 例以上の SPS をレビューした Maggiori ら²⁴⁾ も同様の報告をしている. 筆者は定型化した MPS を習得した後に, 同じ器具, 手順, 視野展開で徐々にトロッカーを削減し reduced port surgery を導入してきた. またポート配置や手技の改善を繰り返し, 段

階的に創をひとつのSPSに移行した結果、SPSはMPSよりも有意に手術時間が短くなったと報告してきた²²⁾。今回の検討からも、結腸癌とRS癌の腹腔鏡手術において短時間で終了する有意な因子として手術法のSPSが抽出され、さらに体腔外吻合も有意な因子であった。吻合方法は患者因子で決まるため、手術時間短縮への糸口はSPSの手技から

探ることとした。

手術時間を短縮させる手技の要素として、省略可能な操作を浮き彫りにすることや手順の変更による効率化があげられる。これまで手術操作を詳細なパート別に時間分析した報告はなく、今回、同一術者によるパート別の所要時間を録画ビデオから計測し、MPSとSPSで比較検討した。

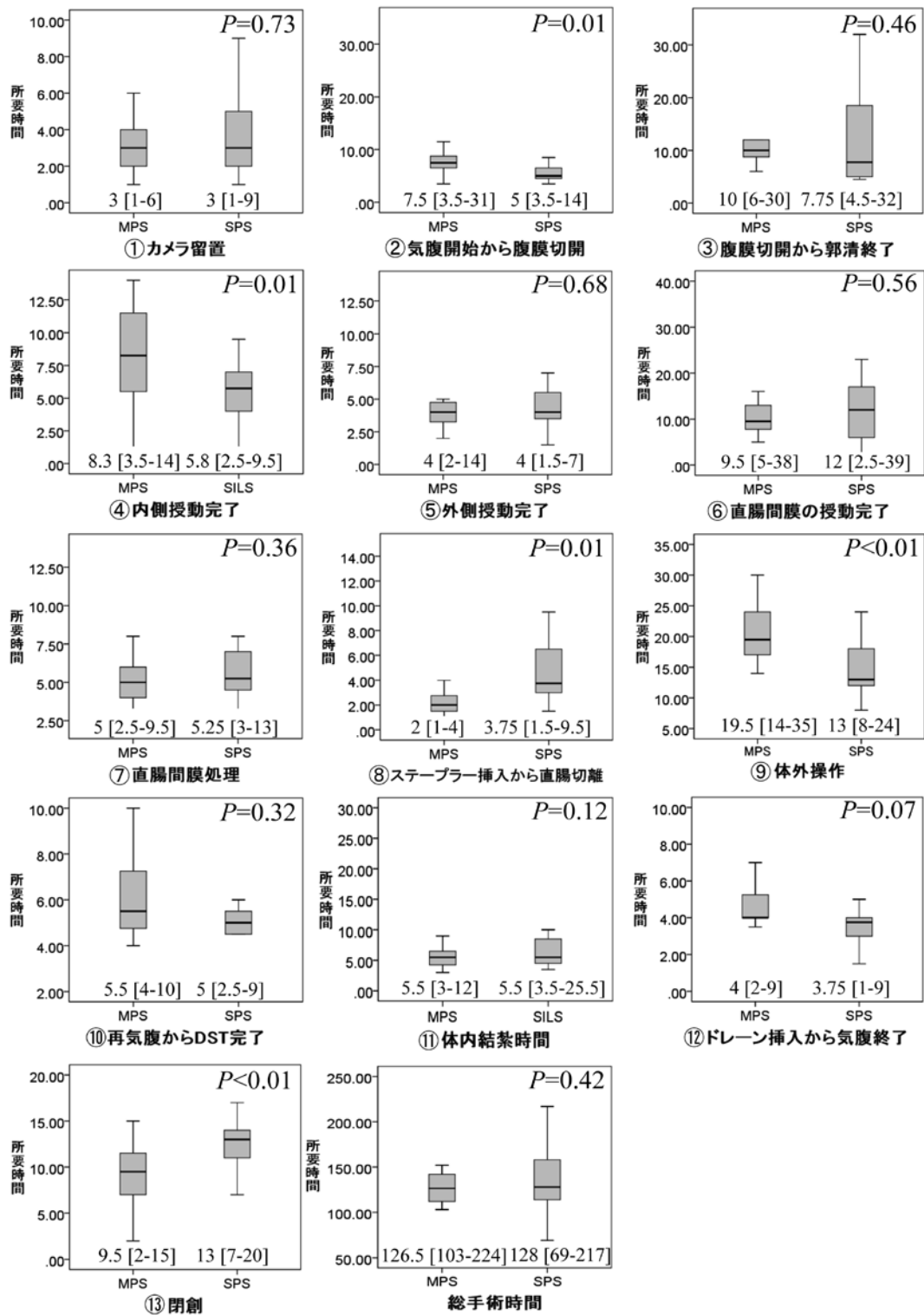


Fig. 4. 左側結腸癌及びRS癌の体腔内吻合症例のビデオ分析：各パートにおける手術時間の比較。値は中央値（分）〔最小値-最大値〕とP値。

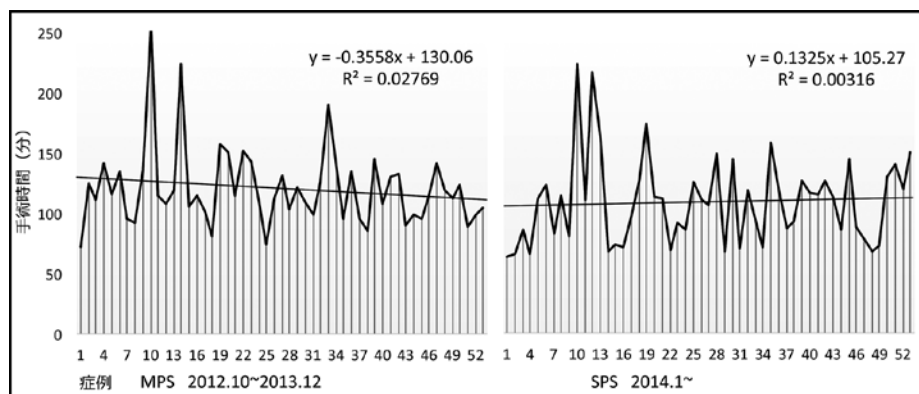


Fig. 5. 学習曲線：各腹腔鏡手術（MPSとSPS）の近似線.

Table 5. 手術時間に関する報告：開腹手術とMPSの比較, MPS とSPSの比較

著者	手術時間 (分)				
	OS	vs.	MPS	vs.	SPS
Lacy et al. [5]	118	<	142	-	-
COST study [6]	95	<	150	-	-
MRC CLASICC trial* [7]	135	<	180	-	-
COLOR study [8]	115	<	145	-	-
JCOG 0404 [9]	159	<	211	-	-
Curet et al. [10]	138	<	210	-	-
Hasegawa et al. [11]	188	<	275	-	-
Ramos-Valadez et al [15]	-		162	N.S.	159
Wolthuis et al [16]	-		83	N.S.	75
Champagne et al [17]	-		104	<	135
Chen et al [18]	-		165	N.S.	175
Papaconstantinou et al [19]	-		128	N.S.	129
Adair et al [20]	-		134	N.S.	139

OS: Open surgery, MPS: Multi-port laparoscopic surgery, SPS: Single-port laparoscopic surgery, *: 全身麻酔時間, </>: statistically significant difference, N.S.: Not significant

右側結腸癌症例と左側結腸癌及びRS癌のともに「気腹開始から腹膜切開」のパートにおいて、MPSは気腹後に1本ずつトロッカーを挿入するのに対し、SPSでは気腹開始時に先だてプラットフォームにトロッカー挿入が完了しているために時間が短縮していた。更にははじめの腹膜切開までの術野展開を助手が行うMPSに対し、SPSでは術者が単独で術野展開を行うことも時間短縮につながった。「体外操作」のパートにおいて、MPSは腹壁切開の延長、創プロテクター装着にはじまり、吻合後は創洗浄、筋膜縫合、腹壁仮閉鎖に時間を要するのに対し、SPSでは小開腹の作成や創プロテクター装着がすでに完了した状態で開始され、腸管吻合後はプラットフォームを装着するだけで再気腹に移行できたために大きな時間短縮となった。一方で、執刀から「カメラ留置」までの操作において、SPSは小開腹と創プロテクターおよびプラットフォーム装着と操作数が多く時間延長するものと思われたが、MPSの小さな開腹からカメラ用トロッカーを単独で挿入し固定する時間とはほぼ変

わらなかった。また「閉創」においてもSPSは、MPSではすでに仮閉鎖時に完了している筋膜縫合の時間を要することで延長が予想されたが、MPSの2~5か所のトロッカー挿入孔閉鎖の時間で相殺され両者に差はなかった。以上より腹腔鏡手術の時間が短縮する要因は、トロッカーの削減と、多くの操作を術者単独で行い助手操作を省略したソロサージェリー、小開腹先行と仮閉腹の省略であった。

左側結腸癌及びRS癌の体腔内吻合症例で総手術時間の短縮を認めなかったのは、SPSで得られた短縮時間が、直腸切離のようなSPSでまだ困難な操作による時間延長で打ち消された結果と考えられた。膈部の小開腹創から骨盤内の腸管にクリップやステープラーを装着して直腸を切離するSPSは、デバイスの方向、非優位鉗子の操作性の点からやや難しい手技となりMPSの約1.8倍の時間延長を認めた。実際にMPSではステープラー1個で可能な直腸切離に対し、SPSでは2個のステープラーを要した症例があった。この点に関しては、湾曲型の直腸クランプ鉗子とステープ

ラーを用いる工夫により、確実な1回切離を行う手技の改善で時間が短縮される可能性がある。また腹腔内ドレーン留置に関して、MPSは下腹部のトロッカー挿入部から容易に挿入可能だが、SPSでは臍部から挿入し、経腹直筋経路で固定したため操作が複雑となった。左側結腸癌及びRS癌の体腔内吻合症例におけるドレーン留置の必要性は議論の余地があり、省略することでこの差は解消されると思われる。一方で、吻合部の「体内結紮」は結果的にSPSとMPSで手術時間に差を認めなかったが、SPSの結紮は難度が高くMPSに比べて1針につき約1.5分の時間延長を要しており、今回の症例群ではMPSの結紮数が1針多かったために差がでなかったと解釈される。吻合部補強のための縫合にも議論があり、省略すればこの時間は両群ともになくなる。

SPSでは臍部のみから行う骨盤内操作の難度が高いため、右下腹部にトロッカーを1本追加する2ポート²⁵⁾またはDouble incision laparoscopic surgery (DILS)を提唱する報告もある²⁶⁾。1本追加することでステープラー挿入や縫合結紮の操作性は格段に向上し、ドレーンの挿入部としても利用可能な利点がある。困難な症例ではSPSにこだわらず2ポートとする選択で時間短縮とともに安全性も向上すると思われる。また手術時間が延長する操作を加えないことも時間短縮の大きな要因である。その代表的なものとして助手操作の省略を補う非鉗子型トラクションデバイスなどの使用が挙げられるが、MPSから段階的にトロッカーを削減しSPSを導入してきた筆者らは使用していない。

腹腔鏡手術ビデオによる手術時間に関する報告としては、定型化の学習曲線を検討したものが²⁷⁾。ビデオの比較分析では、ある程度定型化されたもので行う必要があると述べられている。本研究では対象を手術操作がほぼ定型化された右側結腸癌症例と左側結腸癌及びRS癌の体腔内吻合症例に絞り、手術操作を細分化して各パートを秒単位で計測し比較することで時間短縮の要因を明確にすることができた。特に右側結腸癌症例では血管のバリエーション多い右結腸動静脈と中結腸動静脈の郭清操作を除くことで、手術時間のバイアスを最小限にすることを心掛けた。

これまで腹腔鏡手術における学習曲線の報告は散見される²⁸⁾。筆者もMPSの開始当初は経験症例の増加に伴って時間が短縮されたが、今回の症例はすべて技術認定取得後のものであり手術時間はほぼ一定だった。またMPSの中でもポート数にばらつきがあり、ポート数は無理なく徐々に減少させた結果、手術時間に影響しなかったものと思われる。SPSに関しても手術時間はほぼ一定の結果であったが、これもMPSのポート減少の延長線上の手技として導入したことが影響したためと考えている。MPSに熟練した術者であれば、SPSの経験を重ねても手術時間に影響がないと理解された。

腹腔鏡手術の時間延長が及ぼす影響は以前より指摘されており、Baileyら¹²⁾は、右側結腸切除4273症例において、3時間を超える腹腔鏡手術は開腹手術より感染合併症が

多くなり、術後死亡率の減少や心、肺、脳血管系術後合併症が少ない腹腔鏡手術の利点が失われると報告している。一方、必ずしも長時間の腹腔鏡手術と術後の侵襲度は相関しないとする報告もあり²⁹⁾、時間短縮に固執するあまり手術の質を低下させることがあってはならない^{25,30)}。悪性腫瘍手術となれば、なおさら本末転倒である。時間短縮の利点は、患者側の有益性ばかりでなく、医療従事者側に利益をもたらすことも期待される。劣悪な環境による外科医の減少は大きな問題で、更に大腸癌の年間罹患者数の増加が拍車をかける結果、限られた時間と人手で運営しなければならない現実がある³¹⁻³³⁾。そのような状況で外科医の拘束時間を軽減することによるQuality of Lifeの改善と、手術室使用料の削減、術後早期回復による在院日数の短縮と術後合併症の低減によるコストベネフィットは、プラスな面として期待されるのだろう²¹⁾。

本研究の問題点として、後ろ向き研究が挙げられる。対象時期は手技が安定した比較的最近だが、研究期間は前期のMPSと後期のSPSとなり、手技の熟練度も時間短縮に少なからず影響している可能性がある。また手術時間を短縮する要因として分析されたトロッカーの削減、助手操作の省略、小開腹創先行の問題点も存在する。SPSは基本的に助手の補助のないソロサージェリーとなり、MPSよりも難度が高く熟練性を要する。小開腹先行は、至適な位置、長さをあらかじめ想定する必要があり、経験も必要である。そこでこのSPSでは教育が問題となる。Makinoら²¹⁾も、SPSでの最大の問題点は教育であると述べている。また今回のビデオ分析で、術中に出血などによるガーゼの出し入れ操作は1回もなく、熟練性の高い術者の下での検討である。Fungら³⁴⁾も、大腸疾患のSPSは慎重に選択された患者に対して行われるべきであり、熟練した腹腔鏡外科医が行うべきであると報告している。総じて、SPSのメリットを最大限利用して、腹腔鏡手術の時間短縮を安全に追及可能なのは熟練した術者に限定されるのかもしれない。また複雑な手技や、骨盤内など鉗子操作が困難な部位では、かえって時間延長を来すことも明らかになった。

今後は、本研究結果をもとに症例を更に集積し、時間短縮により得られる「低侵襲性」や「腫瘍学的安全性」、「医療経済効果」を統計学的手法により分析し、更にビデオ分析では映像解析ソフトウェアを用いて術者鉗子の動線分析によりMPSとSPSを比較することから手術の効率化と簡略化を明確にすることを課題としている。またさらなる時間短縮を求めるには技術的な創意工夫だけでなく、凝固切開時間を短縮したエネルギーデバイスの開発や多関節鉗子によるロボット支援手術、カメラ付きトロッカーや監視カメラ型腹腔鏡の開発など手術器械の進歩が必要と考えられる。腹腔鏡手術の低侵襲性が明らかな現在、最も大きな課題である時間短縮の方法を具体化することで、大腸癌における腹腔鏡手術が標準治療の位置づけになることを期待している。

結 語

腹腔鏡手術が短時間で終了する独立因子のSPSと、従来のMPSを比較することで、腹腔鏡手術における時間短縮の可能性を論じた。MPSに熟練した術者であれば、SPSの経験を重ねても時間短縮に影響はなかった。録画ビデオから手術操作をパート別にマッチングした分析結果から、トロッカーの削減、ソロサージェリーによる助手操作の省略、小開腹先行と仮閉腹の省略が手術時間を短縮する要因であった。本研究から右側結腸癌症例における腹腔鏡手術の時間短縮は、このSPSに伴う操作の導入により実現可能と考えられたが、SPSの複雑な手技や、骨盤内など鉗子操作が困難な部位では、かえって時間延長を来し時間短縮が困難なことも明らかとなった。

謝 辞

本論文の作成にあたり、データベースの作成に協力していただいた埼玉医科大学国際医療センター消化器外科の石井利昌先生、手術の実施及び調査分析に協力いただいた近藤宏佳先生(同センター)、原聖佳先生(同センター)、桑原隆一先生(同センター)、目井孝典先生(同センター)、高瀬健一郎先生(同センター)、に感謝を申し上げます。

引用文献

- 1) Mouret P. How I developed laparoscopic cholecystectomy. *Ann Acad Med Singapore* 1996; 25: 744-7.
- 2) Litynski GS. Profiles in laparoscopy: Mouret, Dubois, and Perissat: the laparoscopic breakthrough in Europe (1987-1988). *JLS* 1999; 3: 163-7.
- 3) Jacobs M, Verdeja JC, Goldstein HS. Minimally invasive colon resection (laparoscopic colectomy). *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 1991; 1: 144-50.
- 4) 渡邊昌彦, 大上正裕, 寺本龍生. 早期大腸癌に対する低侵襲手術の適応. *日消外会誌* 1993; 26: 2548-51.
- 5) Lacy AM, Garcia-Valdecasas JC, Delgado S. Laparoscopy-assisted colectomy versus open colectomy for treatment of non-metastatic colon cancer: a randomized trial. *The Lancet* 2002; 359: 2224-9.
- 6) The Clinical Outcomes of Surgical Therapy Study Group: A comparison of laparoscopically assisted and open colectomy for colon cancer. *N Engl J Med* 2004; 350: 2050-9.
- 7) Jayne DG, Guillou PJ, Thorpe H. Randomized trial of laparoscopic-assisted resection of colorectal carcinoma: 3-year results of the UK MRC CLASICC Trial Group. *J Clin Oncol* 2007; 25: 3061-8.
- 8) The Colon cancer Laparoscopic or Open resection Study Group-COLOR. Survival after laparoscopic surgery versus open surgery for colon cancer: long-term outcome of a randomised clinical trial. *Lancet Oncol* 2009; 10: 44-52.
- 9) Yamamoto S, Inomata M, Katayama H, Mizusawa J, Etoh T, Konishi F, et al. Japan Clinical Oncology Group Colorectal Cancer Study Group. Short-term surgical outcomes from a randomized controlled trial to evaluate laparoscopic and open D3 dissection for stage II/III colon cancer: Japan Clinical Oncology Group Study JCOG 0404. *Ann Surg*. 2014; 260: 23-30.
- 10) Curet MJ, Putrakul K, Pitcher DE, Josloff RK, Zucker KA. Laparoscopically assisted colon resection for colon carcinoma: perioperative results and long-term outcome. *Surg Endosc*. 2000; 14: 1062-6.
- 11) Hasegawa H, Kabeshima Y, Watanabe M, Yamamoto S, Kitajima M. Randomized controlled trial of laparoscopic versus open colectomy for advanced colorectal cancer. *Surg Endosc*. 2003; 17: 636-40.
- 12) Bailey MB, Davenport DL, Vargas HD, Evers BM, McKenzie SP. Longer operative time: deterioration of clinical outcomes of laparoscopic colectomy versus open colectomy. *Dis Colon Rectum*. 2014; 57: 616-22.
- 13) 河原秀次郎. 大腸がんの治療: reduced port surgery. *診断と治療* 2012; 100: 951-6.
- 14) 加藤貴史, 村上雅彦, 青木武士, 大塚耕司, 渡辺誠, 山崎公靖. 【消化器癌に対する低侵襲性手術】単孔式腹腔鏡下手術 大腸癌手術. *昭和医会誌* 2011; 71: 43-8
- 15) Ramos-Valadez DI, Ragupathi M, Nieto J, Patel CB, Miller S, Pickron TB, et al. Single incision versus conventional laparoscopic sigmoid colectomy: a case-matched series. *Surg Endosc* 2011; 26: 96-102.
- 16) Wolthuis AM, Penninckx F, Fieuws S, D'Hoore A. Outcomes for case-matched single port colectomy are comparable with conventional laparoscopic colectomy. *Colorectal Dis* 2012; 14: 634-41.
- 17) Champagne BJ, Lee EC, Leblanc F, Stein SL, Delaney CP. Single-incision vs straight laparoscopic segmental colectomy: a case-controlled study. *Dis Colon Rectum* 2011; 54: 183-6.
- 18) Chen WT, Chang SC, Chiang HC, Lo WY, Jeng LB, Wu C, et al. Single incision laparoscopic versus conventional laparoscopic right hemicolectomy: a comparison of short-term surgical results. *Surg Endosc* 2011; 25: 1887-92.
- 19) Papaconstantinou HT, Sharp N, Thomas JS. Single-incision laparoscopic right colectomy: a case-matched comparison with standard laparoscopic and hand-assisted laparoscopic techniques. *J Am Coll Surg* 2011; 213: 72-80.
- 20) Adair J, Gromski MA, Lim RB, Nagle D. Single incision laparoscopic right colectomy: experience with 17 consecutive cases and comparison with multiport laparoscopic right colectomy. *Dis Colon Rectum*

- 2010; 53: 1549-54.
- 21) Makino T, Milsom JW, Lee SW. Single incision laparoscopic surgeries for colorectal diseases: early experiences of a novel surgical method. *Minim Invasive Surg* 2012; 2012: 783074.
- 22) Tashiro J, Yamaguchi S, Ishii T, Kondo H, Hara K, Kuwahara R. Initial experience of reduced port surgery using a two-surgeon technique for colorectal cancer. *BMC Surg* 2015; 30; 15: 91. doi: 10.1186/s12893-015-0078-1.
- 23) 山口 茂樹, 田代 浄, 石井 利昌, 佐藤 貴弘, 宮澤 光男, 篠塚 望, 【はじめての手術手技 どのように教えるか】結腸右半切除術. *外科* 2011; 73: 359-63.
- 24) Maggiori L, Gaujoux S, Tribillon E, Bretagnol F, Panis Y. Single-incision laparoscopy for colorectal resection: a systematic review and meta-analysis of more than a thousand procedures. *Colorectal Dis* 2012; 14: e643-54.
- 25) Hirano Y, Hattori M, Douden K, Shimizu S, Sato Y, Maeda K, et al. Single-incision plus one port laparoscopic anterior resection for rectal cancer as a reduced port surgery. *Scand J Surg*. 2012; 101: 283-6.
- 26) 蛭川 浩史, 小林 隆, 添野 真嗣, 佐藤 優, 松岡 弘泰, 多田 哲也. 手術手技 単孔式腹腔鏡下手術用ポートを用いた double incision laparoscopic surgery(DILS). *手術* 2010; 64: 1163-7.
- 27) 渡部 顕, 絹笠 祐介, 賀川 弘康, 山川 雄士, 森谷 弘之介, 塚本 俊輔, 他. 手術ビデオから記録した手術操作時間による腹腔鏡下大腸切除術定型化の評価. *日鏡外会誌* 2013; 18: 205-9.
- 28) Yamamoto M, Okuda J, Tanaka K, Kondo K, Asai K, Kayano H, et al. Evaluating the learning curve associated with laparoscopic left hemicolectomy for colon cancer. *Am Surg*. 2013; 79: 366-71.
- 29) 干場 勉, 佐々木 博正, 平吹 信弥, 朝本 明弘, 矢吹 朗彦. 腹腔鏡下腔式子宮全摘術における手術時間の手術侵襲への影響. *日産婦内視鏡会誌* 2001; 17: 67-9.
- 30) Hasegawa F, Kawamura YJ, Sasaki J, Tsujinaka S, Konishi F. Oncological 3-port laparoscopic colectomy by 1 surgeon and 1 camera operator: a preliminary report. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2013; 23: 176-9.
- 31) 小野寺久. 今日の問題 外科の魅力伝える初期研修とは. *外科治療* 2011; 104: 917-22.
- 32) Yao H, Viola K, Berg D, et al. Attitude, training experiences, and professional expectations of US general surgery residents: a national survey. *JAMA* 2009; 302: 1301-8.
- 33) Fischer JE. The impending disappearance of the general surgeon. *JAMA* 2007; 298: 2191-3.
- 34) Fung AK, Aly EH. Systematic review of single-incision laparoscopic colonic surgery. *Br J Surgery* 2012; 99: 1353-64.