

腹腔鏡下およびロボット支援下子宮全摘出術時の尿管同定と子宮動脈の処理における手術時間とlearning curveの検討

松本 芽生¹⁾・小松 宏彰¹⁾・中曾 崇也²⁾・東 幸弘¹⁾
工藤 明子¹⁾・佐藤 慎也¹⁾・金森 康展³⁾・谷口 文紀¹⁾

1) 鳥取大学医学部附属病院 女性診療科

2) 松江市立病院 産婦人科

3) 総合病院山口赤十字病院 産婦人科

Comparison of operation time and learning curves between total laparoscopic hysterectomy and robot-assisted hysterectomy during identification of the ureter and uterine artery ligation

Mei Matsumoto¹⁾・Hiroaki Komatsu¹⁾・Takaya Nakaso²⁾・Yukihiro Azuma¹⁾
Akiko Kudo¹⁾・Shinya Sato¹⁾・Yasunobu Kanamori³⁾・Fuminori Taniguchi¹⁾

1) Department of Obstetrics and Gynecology, Tottori University Hospital

2) Department of Obstetrics and Gynecology, Matsue City Hospital

3) Department of Obstetrics and Gynecology, Japanese Red Cross Yamaguchi Hospital

【目的】2018年の診療報酬改定以降、ロボット支援下での子宮全摘出術が普及し、多くの施設で実施されるようになった。子宮全摘出術を安全に行うためには尿管および子宮動脈の同定は必要であるが、それらの処理は初心者にとってハードルが高く、時間を要することが多い。今後腹腔鏡下手術経験の少ない世代のロボット支援下手術への進出が予想されることから、腹腔鏡下およびロボット支援下手術に関するラーニングカーブについてのさらなる検討が求められている。今回、子宮全摘出術を行う際の尿管同定および子宮動脈処理に要する時間に着目して、腹腔鏡下手術とロボット支援下手術のラーニングカーブについて検討した。

【方法】同一術者が行った腹腔鏡下子宮全摘出術（La群）28例、ロボット支援下子宮全摘出術（Ra群）27例を対象とした。尿管の同定は側方アプローチで行い、広間膜前葉を切開した時点より尿管同定後に子宮動脈の処理をし終えるまでの時間を解析した。解析は片側の処理に要した時間とした。

【結果】手術時間の平均値は465(300-1052) vs. 420(175-1200)秒とLa群と比較してRa群が有意に短かった(p=0.04)。ラーニングカーブはLa群と比較してRa群のラーニングカーブの短縮を認めたが、統計学的な差はなかった(p=0.09)。

【結論】腹腔鏡下およびロボット支援下子宮全摘出術において、尿管の同定は尿管損傷のリスクを抑える上で重要である。鉗子の操作性やカメラワークなど利点からロボット支援下手術における尿管同定および子宮動脈処理に要する時間の短縮につながる可能性がある。今後は複数術者での検討に加え、腹腔鏡下手術経験がない医師のロボット支援下手術の手術時間についても検討していきたい。

Robot-assisted hysterectomy (Ra) has recently become widespread at many hospitals in Japan, even among gynecologists with little experience in laparoscopic surgery. In order to safely accomplish Ra, it is necessary to identify the ureter and uterine artery. Identifying the ureter is difficult for a gynecologists with little experience in laparoscopic hysterectomy (La). In this study, we analyzed the learning curve for La and Ra, focusing on the identification of the ureter and uterine artery. We included 28 patients who underwent La (La group) and 27 who underwent Ra (Ra group) by the same physician. We evaluated the time taken from broad ligament incision to uterine artery ligation following identification of the unilateral ureter. Mean operation time was significantly shorter in the Ra group compared to that in the La group (465 vs. 420 s, p=0.04). Additionally, an improved learning curve was observed in the Ra group compared to that in the La group, and there was no significant difference. It is necessary to consider whether it is better to perform robot-assisted surgery after mastering laparoscopic techniques, or whether it is better to perform it with little experience in laparoscopic surgery.

キーワード：ロボット支援下子宮全摘出術、腹腔鏡下子宮全摘出術、学習曲線

Key words: robot-assisted hysterectomy, laparoscopic hysterectomy, learning curve

緒 言

2018年の保険収載以降、ロボット支援下手術は2019年には2017年に比べて良性疾患に対して40倍、悪性腫瘍に対して4倍に増加しており、国内で2,000件以上実施されるようになった¹⁾。ロボット支援下手術の普及に伴い、今後腹腔鏡下手術経験の少ない世代のロボット支援下手術への進出が予想される。ロボット支援下手術における技術認定医制度および認定研修施設についても議論が進みつつあることから、腹腔鏡下およびロボット支援下手術に関するラーニングカーブについてのさらなる検討が求められている。

ロボット支援下手術は腹腔鏡下手術と比較して、カメラや鉗子の操作を術者自身でコントロール出来る利点がある。一般に、子宮全摘出術を安全に行うためには尿管同定は必要であるが、腹腔鏡下子宮全摘出術における尿管同定と子宮動脈の処理は初心者にはハードルが高いと思われる。尿管周囲からの出血は、広間膜腔の視野確保が困難となり、止血目的のエネルギーデバイス使用に起因する尿管損傷リスクが上昇することが報告されている^{2) 3)}。ロボット手術の普及に伴い、新規にロボット手術を行う術者が尿管損傷を起こすことなく安全に実施できるためには尿管同定、子宮動脈処理に焦点を置いた研究が必要であるがこれまで報告はない。

今回、我々は子宮全摘出術を行う際の尿管同定および子宮動脈処理において、腹腔鏡下手術とロボット支援下手術のラーニングカーブについて比較検討した。

対象および方法

2017年4月から2018年3月までに同一術者が連続して行った腹腔鏡下子宮全摘出術 (La群) 28例、それに引き続いて2019年9月から2020年6月に執刀したロボット支援下子宮全摘出術 (Ra群) 27例を対象とした。患者背景として平均年齢、BMI平均値、腹部手術歴および妊娠歴有無、手術適応について検討した。執刀医は、La群執刀開始時が産婦人科医歴8年目であり、Ra群執刀開始時は日本産科婦人科内視鏡学会腹腔鏡技術認定医資格を所有し、産婦人科医歴10年目であった。

全身麻酔下に碎石位で手術を開始した。La群のポート配置は臍部に12 mmのカメラ用ポート、正中・左右側腹部の3カ所に5 mmのポートを配置したダイヤモンド型の4孔式で行った (図1)。Ra群ではDa Vinci サージカルシステムXまたはXiを使用し、ポート配置は臍上3 cmに8 mmのカメラ用ポート、左側腹部 (臍部の高さでカメラ用ポートから12 cm左側)、右腹部 (臍部より6 cm右側)、右側腹部 (右腹部ポートからさらに6 cm右側) にそれぞれ8 mmの操作用ポートを留置し、左上腹部に12 mmのアシスト用ポートを留置した。

手術手順は腹腔鏡下手術とロボット支援下手術で大きな差異はなく、尿管の同定方法は側方アプローチで行った。広間膜前葉を広く切開した後、助手およびサードアームで骨盤漏斗靭帯を十分に牽引し、広間膜後葉に沿って剥離・展開した。Latzkoの直腸側腔を目指し、尿管を同定した後、新膀胱側腔 (外側面が側臍靭帯、内側面は尿管、頭側面は頸横靭帯前筋膜、尾側面は膀胱外膜で囲まれた手術解剖用語) を展開し子宮動脈を同

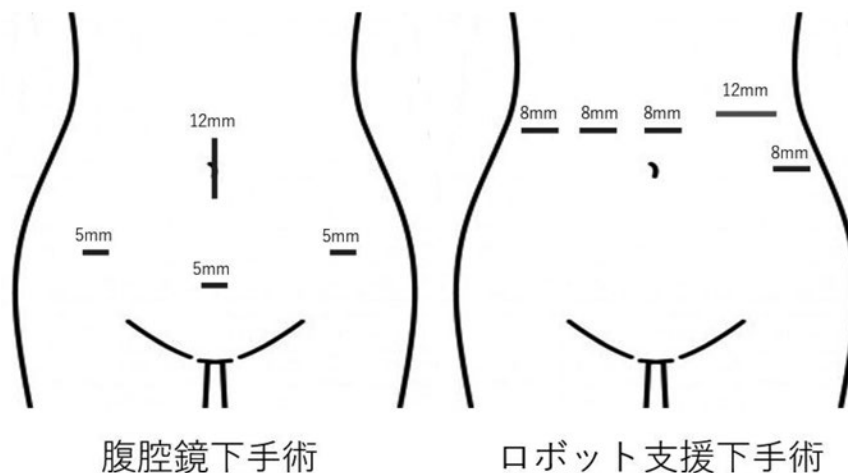


図1

左図：腹腔鏡下手術のポート配置

臍部に12 mmカメラポート、正中・左右側腹部の3カ所に5 mmポートを留置した。

右図：ロボット支援下手術のポート配置

臍上3 cmに8 mmカメラポート、左側腹部・右腹部・右側腹部に8 mmポート、左上腹部に12 mmアシストポートを留置した。

定・処理した。手術適応に関わらず、いずれの症例もLatzkoの直腸側腔および新膀胱側腔を展開した。子宮動脈の処理はバイポーラで凝固した。測定開始は広間膜前葉を切開した時点とし、測定終了は片側の尿管同定後に子宮動脈を処理し終えるまでとした。全ての症例において、最初に処理を開始した左側を測定対象とし、癒着剥離に要した時間は除外した。本研究に関係するすべての研究者は、ヘルシンキ宣言（世界医師会1964年ヘルシンキ総会採択、その後の改正を含む）および「人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針」（令和3年文部科学省・厚生労働省・経済産業省告示第1号、その後の改正を含む）に従って本研究を実施した。また、本研究は鳥取大学医学部倫理審査委員会にて承認され（承認番号：21A171）、患者への同意はオプトアウトによって得ている。患者背景および手術時間の比較はFisher's exact testおよびt検定、ラーニングカーブは線形単変量解析を行い、解析ソフトはGraphPad Prism for Windows (version 8.4.3; GraphPad Software, Inc., San Diego, CA, USA) を用いた。統計学的有意差を $p < 0.05$ とした。

結 果

La群およびRa群の患者背景を表1に示す。La群の症例は平均年齢46（39–69）歳であった。BMIの平均値は21.1（16.9–27.4） kg/m^2 で、腹部手術歴を認めた症例は28例中6例であった。妊娠歴のある症例は28例中24例で、手術適応はすべて良性疾患であった。一方、Ra群の症例は平均年齢57（33–83）歳であり、BMIの平均値は20.6（15.5–47） kg/m^2 、腹部手術歴を認めた症例は27例中11例であった。妊娠歴のある症例は27例中20例で、手術適応は11例が良性疾患、16例が子宮体癌であった。患者背景について、年齢、BMI、腹部手術歴、妊娠

歴の有無については両群で差はなかったが、手術適応については有意差を認めた（ $p=0.001$ ）。

広間膜前葉を切開した時点から片側の尿管同定後に子宮動脈を処理し終えるまでの手術時間の推移を図2に示す。手術時間の平均値は465（300–1052）vs. 420（175–1200）秒と腹腔鏡下手術に比してロボット支援下手術が短かった（La群 vs. Ra群； $p=0.04$ ）。La群とRa群のラーニングカーブの比較を図3に示した。La群と比較して、Ra群のラーニングカーブの短縮を認めたが、統計的な差はなかった（La群 vs. Ra群； $p=0.09$ ）。

考 案

今回、我々は同一術者が連続して行った腹腔鏡下子宮全摘出術28例、それに引き続いて執刀したロボット支援下子宮全摘出術27例を対象に、広間膜前葉を切開した時点から片側の尿管同定後に子宮動脈を処理し終えるまでの時間を腹腔鏡下子宮全摘出術とロボット支援下子宮全摘出術に分けて比較した。

子宮全摘出術における尿管同定の必要性については賛否両論があるが、尿管損傷を回避し安全に手術を遂行する上で重要であると考ええる。以前より、腹腔鏡下子宮全摘出術では腹式単純子宮全摘出術よりも尿路系損傷の発生率が高いことが指摘されている⁴⁾。そのため、腹腔鏡下子宮全摘出術と術中・術後合併症の発生率に差はないと報告されているロボット支援下子宮全摘出術においても同様に尿路系損傷への注意が必要である⁴⁾。

本検討では、腹腔鏡下手術に比してロボット支援下手術における尿管同定および子宮動脈処理時間の短縮を認めた。その理由として、腹腔鏡下手術の修練後に、ロボット支援下手術を行ったことが影響していると考えられたが、腹腔鏡下手術と比較してロボット支援下手術におけるラーニングカーブの短縮について有意差を指摘で

表1 患者背景

	La 群 (N=28)	Ra 群 (N=27)	p-value
年齢 (歳)	46 (39-69)	57 (33-83)	n.s
BMI(kg/m ²)	21.1 (16.9-27.4)	20.6 (15.5-47)	n.s
腹部手術歴	あり	6	n.s
	なし	22	
妊娠歴	1回以上	24	n.s
	なし	4	
手術適応	良性疾患	28	<0.001
	子宮体癌	0	

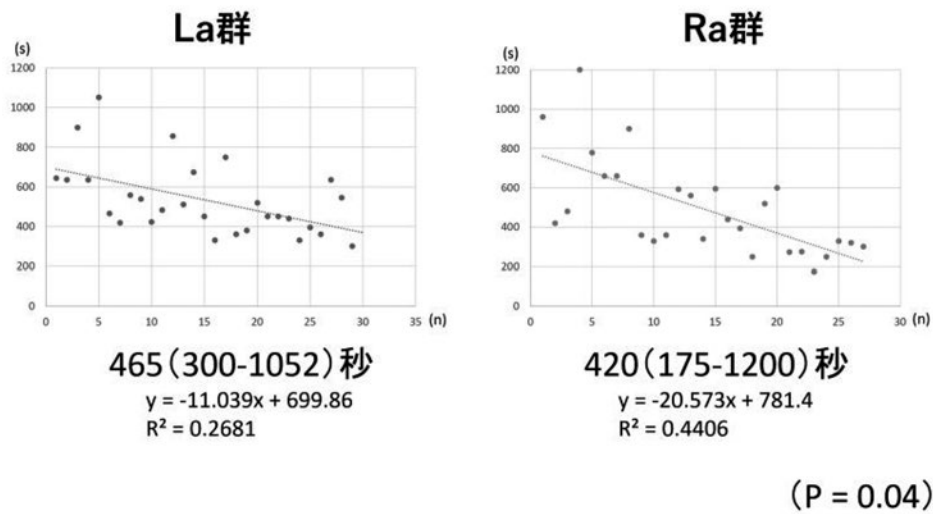


図2 La群とRa群の手術時間の推移

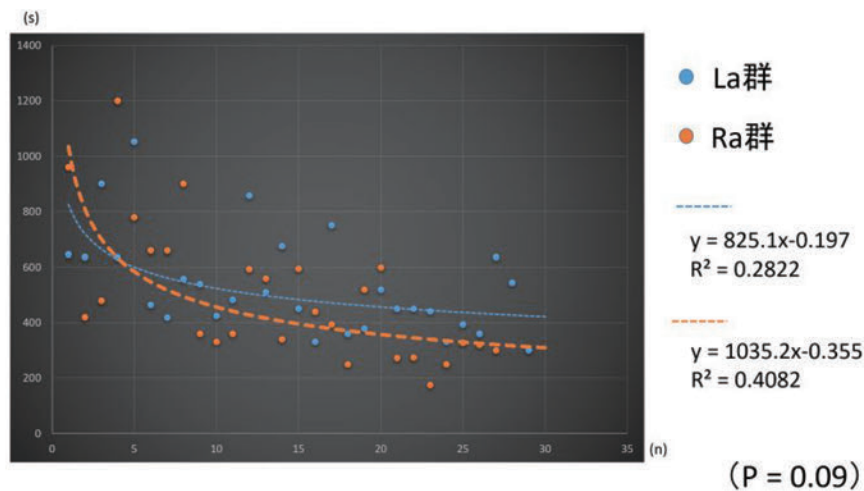


図3 La群とRa群のラーニングカーブの違い

きなかった。

腹腔鏡下手術と比較してロボット支援下手術において尿管同定および子宮動脈処理時間が短縮した理由としては、ロボット支援下手術では腹腔鏡下手術と比較して、鉗子の操作性に優れ従来の開腹手術操作に近い可動性の広い動きが可能となるため、腹腔鏡下手術では困難である垂直方向の操作が可能となることが考えられた。さらには、鈍的・鋭的剥離を素早く切り替えて行えること⁵⁾、視野の固定・拡大やカメラ、助手用アーム（サードアーム）の操作を術者自身の意思で自由に調整出来ることなどの利点があることも尿管同定および子宮動脈処理時間の短縮に影響していると考えられた。

本検討では腹腔鏡下手術と比較してロボット支援下手術におけるラーニングカーブの短縮について有意差を指摘できなかったが、一般に、ロボット支援下手術のラーニングカーブは腹腔鏡下手術と比較して短いと考えられている^{6) 7)}。子宮体癌におけるロボット支援下手術と腹

腔鏡手術の習熟度について検討したLim et al.の報告では、ロボット支援下手術が腹腔鏡手術よりも約2倍（24症例 vs. 49症例）早く、ラーニングカーブが安定するとされている^{8) 9)}。

また、若手医師を含む同一術者4名による腹腔鏡下およびロボット単純子宮全摘出術における周術期アウトカムの後方視的検討を行った澤山らの報告では、腹腔鏡下手術経験の少ない若手医師であってもロボット支援下手術では手術時間が短縮する可能性を示唆されている。その理由として、ビジョンカートを用いて手術画面上に直接マーキングすることができるテレストレーション機能が挙げられている⁵⁾。術者が指導医の経験やイメージを再現しやすく、手術の流れを早期に取得しやすいこともロボット支援下手術のラーニングカーブの短縮に寄与している可能性がある。

Lim et al.の別の報告では、腹腔鏡下手術経験のある術者のほうがロボット支援下手術のラーニングカーブの

安定が早いとされ、腹腔鏡下手術の経験がロボット手術の早期の習熟につながることを示唆されている⁶⁾。腹腔鏡下手術における気腹下手術の原則、視野展開の基本的な考え方、鏡視下での臨床解剖、エネルギーデバイスの原理などはロボット手術においても共通の必須事項であり、腹腔鏡下手術に習熟した術者はロボット手術におけるラーニングカーブが短い⁹⁾。

今後、腹腔鏡下手術経験の少ない世代のロボット支援下手術への進出が予想される。現時点では、腹腔鏡下手術手技を習得した後にロボット支援下手術を実施したほうがよいか、開腹手術から腹腔鏡下手術を経由せずにロボット支援下手術を導入するのがよいかについて正解は得られていない。しかし、今後Da Vinci[®]以外の新機種を導入が予定され、婦人科領域におけるロボット手術の拡充が見込まれることから、特に若手世代はロボット手術に関わっておくことが望ましい。さらに、腹腔鏡技術認定医と同様に、ロボット支援下手術における技術認定医制度および認定研修施設についても議論が進みつつあることから、手術手技の習熟や円滑な導入等さらなる検討が求められる。

結 語

腹腔下手術と比較してロボット支援下手術では尿管同定および子宮動脈処理にかかる時間が有意に短縮した。更なるロボット支援下手術の普及に伴い、今後は複数術者での検討に加え、腹腔鏡下手術経験がない医師のロボット支援下手術の手術時間についても検討していきたい。

文 献

- 1) 舟本寛. 本邦における産婦人科領域でのロボット支援下手術の現状. 東女医大誌 2021 ; 91 : 92-101.
- 2) 萩島大貴, 濱村憲佑. 当院における腹腔鏡下子宮全摘術の合併症に対する原因究明とその対策についての検討～複数科により作成した術中マニュアルの有効性について～. 日外科系連会誌 2019 ; 44 : 663-669.
- 3) 宮原大輔, 四元房典, 吉川賢一, 伊東智宏, 南星旭, 西村典子, 金森康展, 宮本新吾. 婦人科良性疾患に対して施行したTLHの周術期合併症について. 日産婦内視鏡学会 2021 ; 37 : 7-13.
- 4) 産婦人科内視鏡学会. 産婦人科内視鏡手術ガイドライン 第3版 (2019年版). 東京 : 金原出版, 2019 ; 77-87.
- 5) 澤山咲輝, 村上隆介, 多賀悠希子, 川口雄亮, 矢内晶太, 野々垣比路史. ロボット支援腹腔鏡下子宮全摘術の導入と周術期アウトカムの検討. 日産婦内視鏡学会誌 2020 ; 36 : 106-113.
- 6) Lim PC, Kang E, Park DH. A comparative detail analysis of the learning curve and surgical outcome for robotic hysterectomy with lymphadenectomy versus laparoscopic hysterectomy with lymphadenectomy in treatment of endometrial cancer: A case-matched controlled study of the first one hundred twenty two patients. Gynecol Oncol 2011; 120: 413-418.
- 7) Mäenpää M, Nieminen K, Tomás E, Luukkaala T, Mäenpää JU. Implementing robotic surgery to gynecologic oncology: The first 300 operations performed at a tertiary hospital. Acta Obstet Gynecol Scand 2015; 94: 482-488.
- 8) Lim PC, Kang E, Park DH. Learning curve and surgical outcome for robotic-assisted hysterectomy with lymphadenectomy: Case-matched controlled comparison with laparoscopy and laparotomy for treatment of endometrial cancer. J Minim Invasive Gynecol 2010; 17: 739-748.
- 9) 砂田真澄, 堀江昭史, 万代昌紀. ロボット手術の教育とラーニングカーブ. 産婦人科の実際 2020 ; 69 : 323-327.

【連絡先】

小松 宏彰
鳥取大学医学部産婦人科学
〒683-8504 鳥取県米子市西町 36 番地 1
電話 : 0859-38-6647 FAX : 0859-38-6649
E-mail : komatsu.h.med@gmail.com