

婦人科ロボット支援下手術中の強出血に対し尿誘導カテーテルを用いた吸引操作法が有用であった2例

寺井 悠朔・堀川 直城・手塚 聡・橋本 阿実・元木 貴裕・深江 郁
吉田 旭輝・黒田 亮介・原 理恵・西村 智樹・田中 優・伊藤 拓馬
清川 晶・楠本 知行・福原 健・中堀 隆・本田 徹郎

公益財団法人大原記念倉敷中央医療機構 倉敷中央病院 産婦人科

Catheter-based suction manipulation in robot-assisted gynecologic surgery: A report of two cases

Yusaku Terai · Horikawa Naoki · Satoshi Tezuka · Ami Hashimoto · Takahiro Motoki · Kaoru Fukae
Teruki Yoshida · Ryosuke Kuroda · Rie Hara · Tomoki Nishimura · Yu Tanaka · Takuma Ito
Hikaru Kiyokawa · Tomoyuki Kusumoto · Ken Fukuhara · Takashi Nakahori · Tetsuro Honda

Department of Obstetrics and Gynecology, Kurashiki Central Hospital

ロボット支援下手術において、術中の強出血の対応は開腹手術や腹腔鏡下手術と比べて難易度が高い。これは主に、助手による吸引操作時に腹腔外アームの干渉や腫大した子宮によって硬性吸引管の射程外の範囲が発生することに起因する。さらに、助手が術野の吸引操作を主体的に行うこと自体が迅速な止血対応を妨げる可能性がある。我々は、腹腔鏡下手術用の吸引送水管に20Frの尿誘導用カテーテルを接続し、ロボットの鉗子でカテーテル先端を操作する「カテーテル法」を考案した。これにより、術者が直接吸引操作を行い、吸引管の射程外が発生しないようにした。本報告では、このカテーテル法を用いてロボット支援下手術中の大量出血に対する効果的な吸引操作が可能であった2つの症例を紹介する。

Management of massive intraoperative bleeding is more challenging in robot-assisted surgery than in open or laparoscopic surgeries primarily because of interference from the external robotic arms and an enlarged uterus, and some areas may remain inaccessible using rigid suction devices during assistant-performed suction operations. Furthermore, the assistant's active participation in suctioning the surgical field may interfere with a prompt hemostatic response. We introduced a novel "catheter method" by connecting a 20Fr urinary catheter to the suction irrigation tube used in laparoscopic surgeries with manipulation of the catheter tip using robotic forceps. This technique allows the surgeon to directly control the suction process, and all areas can be accessed using the suction device. In this report, we present two cases in which we used the aforementioned method for effective suction manipulation to control massive bleeding during robot-assisted surgery.

キーワード：ロボット支援下手術，腹腔鏡下手術，手術の工夫，吸引操作

Key words：robot-assisted surgeries, laparoscopic surgeries, surgical techniques, suction manipulation

緒 言

本邦において2018年4月以降に保険収載されて以降、婦人科ロボット支援下手術の件数は飛躍的に増加している¹⁾。ロボット支援下手術は3D視野でターゲット臓器に近接し、組織構造を識別して手術を行えるメリットがあり、出血の少ない手術が可能となっている^{2,3)}。一方でロボット支援下手術は吸引と止血を1本で行えるデバイスがないため⁴⁾、吸引操作を助手に一任されることが多いが、術者と助手の円滑な連携が成立しなければ止血処置に難渋する。また、多くの施設で吸引操作に用いる吸引送水管は硬性で直線的な形状をとることが多いが、

子宮筋腫などで子宮が腫大している場合、出血部位に吸引管が届かず吸引操作に手間取ることもある。我々は、腹腔鏡下手術用の硬性吸引送水管に尿誘導用カテーテルを接続する（カテーテル法）ことにより術者主導の吸引操作を可能とし、臨床応用している。このカテーテル法を用いることにより、ロボット支援下手術中の血管破綻による強出血に対し迅速に止血が可能であった2例を経験したため報告する。

【当院におけるロボット支援下子宮全摘術】

da Vinci Xiを使用し、臍にカメラポートを留置し、臍高に一直線状に7.5～8cm間隔で4個のポートを留置

する。同じ直線上でカメラポートから左に15～6 cmの距離を置いて12mmの助手用ポートを留置し、合計5ポートで行っている。ドッキングは右斜め足側から約45度のサイドドッキングで、頭低位20度として手術を行っている。良性疾患の子宮全摘ではマニピュレータートータル (ATOM MEDICAL社) を留置し、足側に位置する第2助手による子宮操作を行う。悪性疾患ではマニピュレーターは使用せず、左右円靭帯に牽引糸を掛け、助手または da Vinciアームで子宮を牽引している。da Vinciアームには1st: Force Bipolar, 2nd: Endscope,

3rd: Monopolar Curved Scissors もしくは Large Needle driver, 4th: Synchro Sealを装着している。骨盤リンパ節郭清を実施する場合は、子宮全摘より先に骨盤リンパ節郭清を行うこととしている。助手は左外側のポートから吸引送水管や鉗子の挿入を行い手術の補助を行っている。

【カテーテル法】

吸引送水操作の際には腹腔鏡下手術用の硬性吸引送水管 (サクシオン・イリゲーションシステム, 直径: 5 mm, 吸引管の長さ: 520mm, LAGIS社) の先端に、

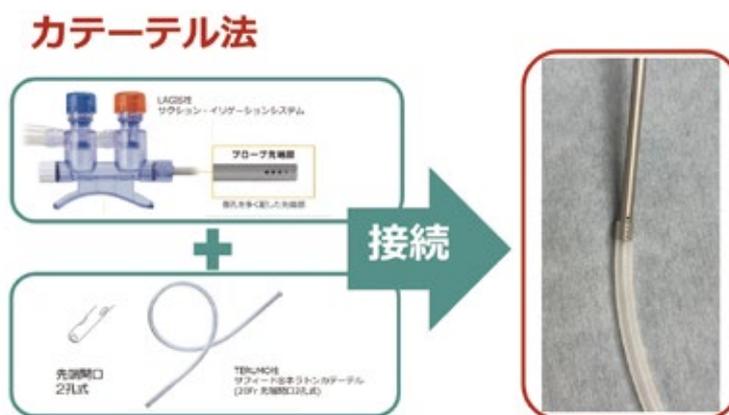


図1 カテーテル法: 吸引送水管に20Frの尿誘導用カテーテルを接続する。

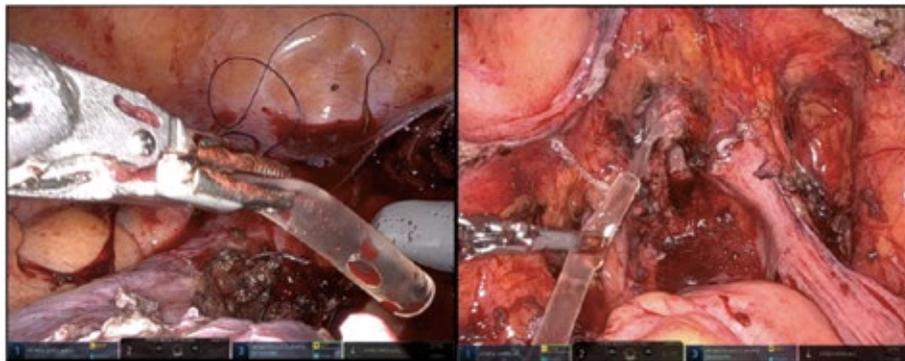


図2 左: カテーテル先端をロボット鉗子で把持しながら吸引操作を行う。右: 送水操作も可能である。

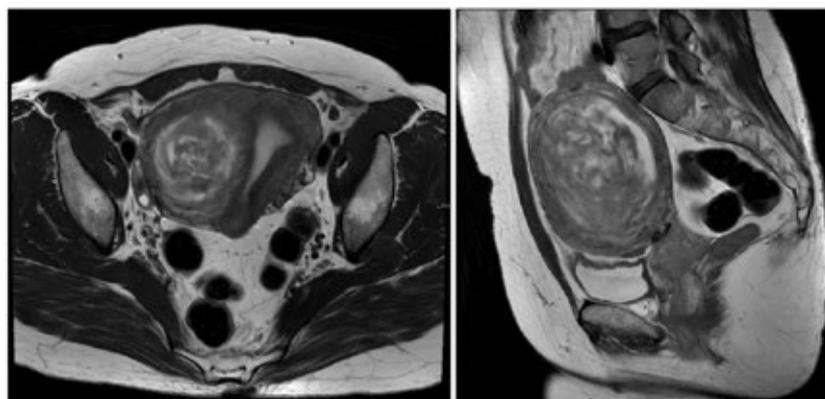


図3 症例① 9cm大の子宮筋腫。T2強調像。

ポリ塩化ビニル製の尿誘導用カテーテル（サフィード®ネラトンカテーテル，20Fr（外径：6.7mm），先端開口2孔式，TERUMO社）を接続し（図1），ロボットの鉗子でカテーテル先端を操作する（図2）。カテーテルの適応外使用に関しては院内倫理委員会にて承認を得ている。

〈症例①〉

49歳G5P2（経膈分娩2回）。過多月経，月経困難症を主訴に前医より当科紹介となった。腹腔内手術歴なし。子宮体部右前壁に9cm大の子宮筋腫を認め（図3），子宮全摘の方針とした。うつ病治療中で，副作用の懸念からGnRHアンタゴニストの術前投薬は行わず，ロボット支援下单純子宮全摘術，両側卵管切除術を実施した。子宮筋腫が腹腔内を占拠しており，術野展開に難渋した。左右円靭帯を切断し，側方アプローチにて子宮動脈，尿管を単離した後，卵管を切離した。卵巢固有靭帯を切離し，子宮広間膜後葉を子宮頸部に沿って開放し，仙骨子宮靭帯を切断した。右側子宮傍結合組織の血管周囲結合組織を剥離中に，怒張静脈の破綻による大量出血を認めた（図4）。直ちにバイポーラ凝固を試みたが止血には至らず，子宮右側直腸側腔に血液の貯留を確認した。子宮筋腫の存在により，助手ポートからの硬性吸引管を用いた吸引操作が制限され，出血点の特定が困難であっ

た。吸引操作をカテーテル法に変更することで，柔軟なカテーテルを用いて筋腫を避けながら吸引を行い，出血点の確認が可能となった。出血点に対して3rdアームを用いてガーゼ圧迫を行いながら，出血部位の頭側および尾側の2箇所を結紮し，さらにバイポーラ凝固を併用することで，止血を達成した（図5）。左右子宮傍結合組織の処理を行い，膈門蓋に沿って子宮を切離し，経膈的に子宮を細切しながら回収した。膀胱鏡下に左右尿管口からのインジゴカルミン流出を確認し，閉創に移行した。最終的に，手術時間は5時間40分（コンソール時間4時間44分），術中出血量は300g，摘出した標本重量は530gであった。術後経過は良好であり，術後4日目で自宅退院となった。

〈症例②〉

50歳G3P3（帝王切開3回）。帯下異常と不正性器出血を主訴に前医受診し，子宮内膜細胞診class Vを認めたため当科紹介となった。子宮内膜組織診によりEndometrioid carcinoma, Grade 2と診断した。骨盤MRIにて子宮内に腫瘤を認めたが，明らかな筋層浸潤は認められず（図6），子宮体癌IA期と診断し，ロボット支援下单純子宮全摘術，両側付属器切除術，骨盤リンパ節郭清の方針となった。ポートを留置し，子宮を吊り上げたのち，右円靭帯を切断後，側方アプローチにて子宮動脈

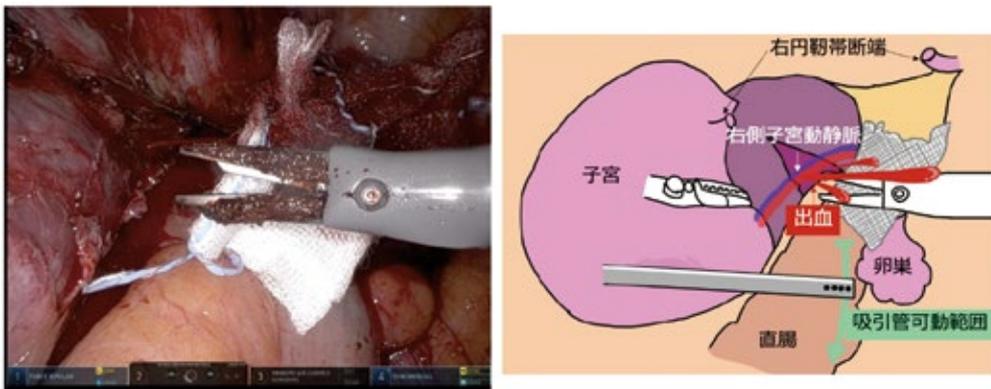


図4 症例① 右側方処理中の子宮動静脈からの強出血。

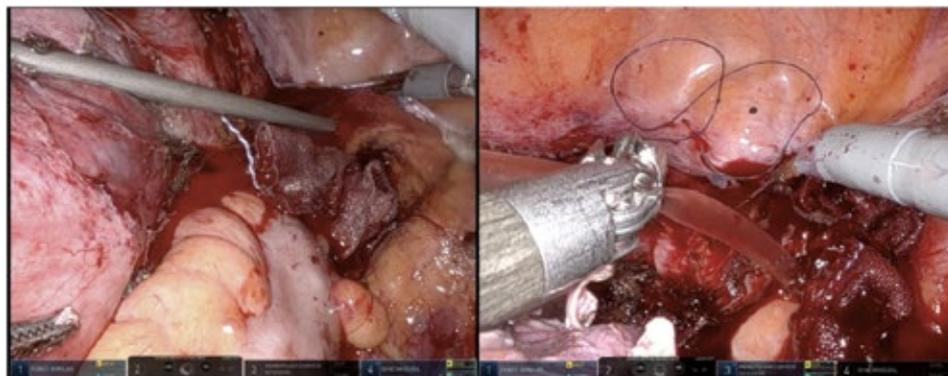


図5 症例①

左：筋腫によって子宮右側方からの出血を吸引できない。
右：柔軟なカテーテルによって筋腫を避けて出血箇所を吸引することが可能。

や尿管を同定したのちに骨盤リンパ郭清に移行した。右膀胱側腔の展開中、側臍靭帯を含む膀胱下腹筋膜をロボット鉗子の1stアームで内側に牽引しつつ、膀胱下腹筋膜に沿ってリンパ節を含む結合組織を剥離している際に強い出血を認めた(図7)。直ちにバイポーラ凝固を試みたが止血には至らなかったため、4thアームでカテーテルの先端を誘導し、カテーテル法を用いて迅速に

出血点の内腸骨動脈から分岐直後の右閉鎖動脈起始部であることを確認した(図8)。吸引操作を一時中断し、助手ポートからトロックスガーゼを搬入、4thアームを用いて出血点を圧迫した。出血流速の減弱を確認後、広間膜に牽引糸をかけて内側に牽引し、出血部を展開した。しかし、出血の勢いが強く、閉鎖動脈の単離は困難と判断したため、より中枢側の内腸骨動脈をHem-o-Lok

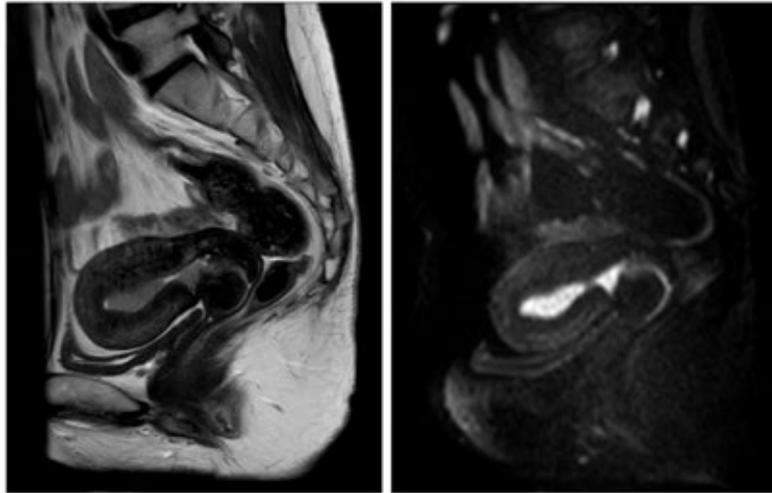


図6 症例② 子宮体癌IA期。(左) T2強調画像, (右) 拡散強調画像。

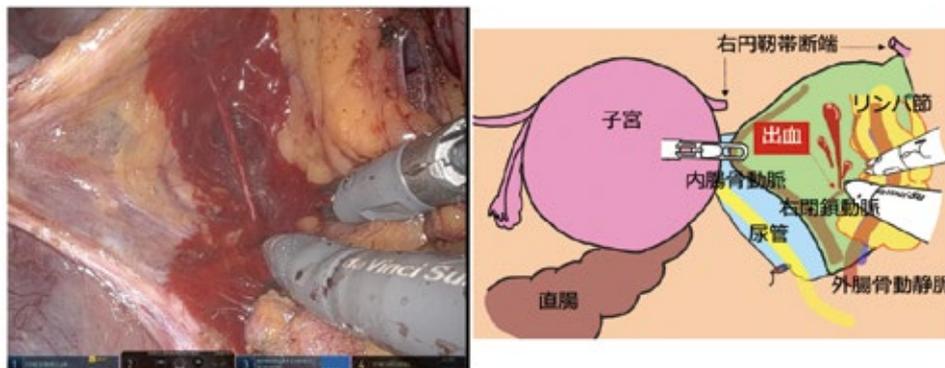


図7 症例② 右骨盤リンパ節郭清中の右閉鎖動脈から強出血。

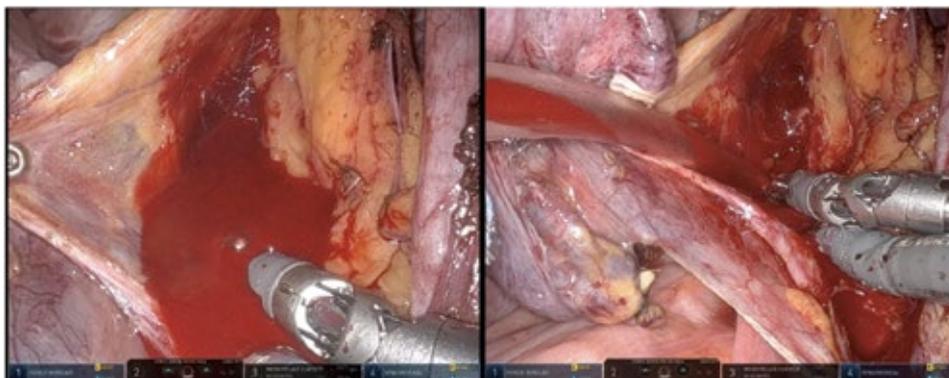


図8 症例②

左：右骨盤リンパ節郭清中の右閉鎖動脈から強出血。
右：術者主導の吸引操作によって素早く出血点を確認することが可能。

(Teleflex社)でクリッピングした。1stアームを使用して適宜カテーテル法を行いつつ、圧迫止血およびクリッピングによって出血がコントロールされていることを確認し、その間に残存する右骨盤リンパ節郭清を実施した。ガーゼを回収後、出血点を同定し、凝固によって止血を完了した。その後、左骨盤リンパ節郭清および子宮全摘術を行った。

手術時間は7時間35分（コンソール時間 6時間30分）、術中出血量は174g、摘出標本重量は250gであった。術後経過は順調であり、術後6日目に自宅退院となった。摘出標本の最終病理診断は、類内膜癌 Grade 2 FIGO stage IA, pT1aN0M0、腹水細胞診は陰性、脈管侵襲も認められず再発低リスクと診断されたため、追加治療は行わず外来経過観察中である。

考 案

手術における止血操作の基本は、まず出血点の圧迫による一次的な止血を行い、出血をコントロールした状態で周囲組織の剥離を行ったのちに、凝固や縫合、止血剤の使用などの確実な止血操作を実施することである^{5,6)}。ロボット支援下手術は10倍視野⁴⁾での拡大視となるためわずかな出血でも視野の妨げになりやすく、無血野の維持や止血操作に関するさまざまな工夫が現在報告されている^{7,8,9)}。以前当院では、出血を認めた際に助手の硬性吸引管で出血を除去し、出血点確認後にガーゼで圧迫止血を行い、出血をコントロールした状態で確実な止血操作に移行していた。このため、止血操作において吸引やガーゼ搬入を助手に頼らざるを得ないが、助手による吸引、止血にはいくつか問題点がある。

一つ目は、腹腔内外でのロボットアームの干渉やポート位置によって吸引操作の射程外の範囲が発生するという構造上の問題である。当科で実施しているように助手ポートを da Vinciポートの直線上に留置した場合、症例1のように助手ポートから子宮の右側方スペースに鉗子や硬性吸引管の先が届きにくい。助手ポートを da Vinciポートの配列よりも頭側、正中側に設置する施設もあるが、ポートが助手の立ち位置から遠くなるため迅速な器具の出し入れを難しくしてしまうこと、ポート孔から出血点までの距離が遠くなるため吸引管の先端を目的の場所に誘導しにくいという欠点があり、助手ポート留置部位の変更は必ずしも有効とはいえない。

二つ目は、助手の技術的な問題である。ロボット支援下腎部分切除術において第一助手の役割を専門医資格取得前の研修医と外科専門医とで比較した研究では、研修医が担当した症例で入院期間が1日延長し、平均手術時間が16分延長したという報告がある¹⁰⁾。また、第一助手の役割を手術アシスタントと外科医で比較した研究では、手術アシスタントが助手を担当した方が、手術時間

が約19分短縮され、推定出血量が47.5cc減少したという報告もある¹¹⁾。米国では医師以外の手術アシスタントが第一助手の役割を担う場合があるが、この報告では、医師であるかよりも執刀医の好みや手術スタイル・行動方針に精通しているかどうかの方が手術の実行速度や出血量に影響を与える可能性がある指摘している。すなわち、少なからず助手の技量がロボット支援下手術の質に影響するため、当院のように若手が多い施設ではその質の担保が課題となる。

三つ目は、術中でのコミュニケーションの問題である。ロボット支援下手術の際に、執刀医とベッドサイドにいる助手とのコミュニケーション手段は言葉が主であり、非言語的コミュニケーションは大幅に制限される。手術中に執刀医からベッドサイドの助手に予想外な要求をされた時、通常時と比較して助手はその要求に反応できるまで約5倍時間がかかるとされている¹²⁾。血管破綻による出血といった繊細かつ迅速な操作が要求される場面では、この時間の遅れが手術成績に影響を及ぼす可能性がある。

これらの三つの問題に対してカテーテル法による解決案を以下に述べる。

カテーテル法で使用する尿誘導用カテーテルはポリ塩化ビニル製で適度な強度がありつつ柔軟である。この素材によって、ロボット鉗子で把持してもカテーテル内腔は閉塞せず、大きく曲げて使用できるため、射程外の範囲を無くし、一つ目の構造上の問題を解決できる。

カテーテル法はロボット鉗子で吸引管の先端を操作する性質上、助手操作はカテーテルの出し入れと吸引・送水ボタンを押すだけの操作で済むため、助手の技量による差が生じづらい。したがって、カテーテル法による術者主導の吸引操作は手術の質をより高く均一に担保し、二つ目の助手の技術的な問題を解決できる。

また、上記のように助手の操作が単純になることでコミュニケーションエラーも少なくなる。すなわち、三つ目の術中でのコミュニケーションの問題も解決可能となる。

執刀医主体の吸引操作は一見複雑そうではあるが、カテーテル法と類似した製品が海外で販売・導入されており、この製品を使用した執刀医主体の吸引操作によって手術時間が短縮されたという報告がある¹³⁾。カテーテル法は術者の意図する箇所へ吸引管の先端を留置できる上に、4thアームで吸引管を固定しながら他のアームで操作が可能となるので、腹腔鏡下手術よりもロボット支援下手術向きであるといえる。ただし、鉗子の熱によりカテーテルが溶ける可能性や強い鉗子の把持による破損のリスクがあるため、カテーテルの把持には十分な注意を要する。

また、上記海外製品¹³⁾や、カテーテル法と同様に

血や滲出液を術者のタイミングで吸引できるようにする工夫⁹⁾が他科領域で存在する。一方で、当院のカテーテル法は吸引管の先端にカテーテルを繋ぐだけであるため準備が容易であり、従来法と切り替えが可能であるため状況に合わせてより柔軟に対応可能である。さらに、既製品であるda Vinciサクシジョンイリゲーションと比較して、腹腔鏡下手術用の吸引送水管の費用を加えても約4分の1の値段（1回の手術当たりの費用 da Vinci 37500円 vs カテーテル法 9300円）で導入可能であるため、コスト削減にも役立つ。

このように、カテーテル法は強出血時の吸引止血操作に有効な手段の一つではあるが、ロボット支援下手術での止血にこだわるあまり患者状態を悪化させてしまうリスクもあるため、腹腔鏡下手術や開腹手術への移行を躊躇ってはならず、迅速なアンドッキングのシミュレーションはロボット支援下手術を行ううえで必須訓練である¹⁴⁾。また、今回の2症例における反省点として、強出血が発生した際、直ちにバイポーラ凝固を試みたものの、効果を得られず、結果的に出血が悪化した点が挙げられる。緊急を要する状況ではあったが、まずはガーゼによる一次止血を優先すべきであったと考えられる。反省点を踏まえ、当院ではda Vinciロールイン後にトロックスガーゼをあらかじめ腹腔内に搬入し、迅速に圧迫止血を行える体制を整えている。

結 語

ロボット支援下手術における助手の吸引操作には構造上の問題・技術的な問題・コミュニケーション上の問題が隠れている。カテーテル法によって射程外の範囲を無くし、執刀医主体の吸引操作を行うことで、これら三つの問題を解決することが可能である。導入も簡便で安価なカテーテル法は婦人科ロボット支援下手術における吸引止血操作に有用な方法である。

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. 東京女子医科大学雑誌 2021; 91: 92-101.
- 2) Sheng S, Zhao T, Wang X. Comparison of robot-assisted surgery, laparoscopic-assisted surgery, and open surgery for the treatment of colorectal cancer: A network meta-analysis. *Medicine (Baltimore)* 2018; 97: e11817.
- 3) Roh HF, Nam SH, Kim JM. Robot-assisted laparoscopic surgery versus conventional laparoscopic surgery in randomized controlled trials: A systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE* 2018; 13: e0191628.
- 4) 坂本育子. ロボット手術の効率的運用. 産婦人科の実際 2020; 69: 343-347.
- 5) 永田大介, 池上要介, 丸山哲史. 血管処理の注意点と出血対処法: 骨盤内手術. 臨床泌尿器科 2016; 70: 861-867.
- 6) 諸橋一, 坂本義之, 佐藤健太郎, 鍵谷卓司, 三浦卓也, 袴田健一. ロボット支援下側方リンパ節郭清時の出血に対する止血の工夫. 手術 2023; 77: 1283-1287.
- 7) 大橋拓矢, 川後光正, 平井慶充, 矢田由美, 房本安矢, 井口豪人, 西村好晴. ロボット支援下手術における止血作業の簡便化への試み. 和歌山医学 2022; 73: 64-66.
- 8) 服部一紀. ロボット支援手術の基本手技. *Japanese Journal of Endourology* 2020; 33(2): 249-253.
- 9) 今里光伸, 大塚正久, 内藤敦, 岩本和哉, 赤松大樹. ロボット支援下直腸手術における吸引カテーテルを用いた術中吸引法の工夫. 日本大腸肛門病会誌 2021; 74: 88-90.
- 10) Mitsinikos E, Abdelsayed GA, Bider Z, Kilday PS, Elliott PA, Banapour P, Chien GW. Does the level of assistant experience impact operative outcomes for robot-assisted partial nephrectomy? *J Endourol* 2017; 31: 38-42.
- 11) Leggett LK, Muldoon O, Howard DL, Kowalski LD. A comparison of surgical outcomes among robotic cases performed with an employed surgical assist versus a second surgeon as the assist. *J Robot Surg* 2022; 16: 229-233.
- 12) Sexton K, Johnson A, Gotsch A, Hussein AA, Cavuoto L, Guru KA. Anticipation, teamwork and cognitive load: chasing efficiency during robot-assisted surgery. *BMJ Qual Saf* 2018; 27: 148-154.
- 13) Martinez O, Murphy C, Bsatee A, Brown DH, Jr, Abaza R. Impact of surgeon-controlled suction during robotic prostatectomy to reduce dependence on bedside assistance. *J Endourol* 2021; 35: 1163-1167.
- 14) 伊東宏絵. 偶発症とリカバリー. 産科と婦人科 2020; 87: 328-339.

【連絡先】

寺井 悠朔
 京都大学医学部婦人科学産科学教室
 〒606-8507 京都市左京区聖護院川原町 54
 電話: 075-751-3111 FAX: 075-751-6151
 E-mail: ysk_terai8@kuhp.kyoto-u.ac.jp