症 例

ロボット支援下内視鏡手術に特有と思われる術後出血の一例

川角 佑太, 後藤まどか, 市川 靖久
福本 紘一, 内山 美佳, 森 正一

要 旨

ロボット支援内視鏡下(以下 RATS)肺葉切除が 2018 年 4 月に保険収載された。その手術件数は増加しているが、合併症についての報告は少ない。今回 RATS 肺葉切除に特有と思われる術後合併症(出血)を経験した。症例は 54 歳の男性。RATS 右下葉切除+ND2a-1 を実施したが、術後 6 時間後に多量出血による急性循環不全を生じた。再開胸すると椎体前面の肋間動脈より出血を認め止血した。出血の原因は、モニター視野外で術者左手のロボット鉗子と椎体とが接触したことと考えられた。まず CO₂送気のため縦隔が通常より奥深くなっていた。近接視野で#7 リンパ節郭清を実施したため、視野外でロボット鉗子が椎体を圧迫していたが触覚がないためこれを認識できなかった。その結果肋間動脈を損傷していた。更に CO₂送気に伴う加圧により術中に出血が抑制されていたため遅発性出血となった。RATS 実施においては従来の手術とは異なる特徴を理解することが重要である。

索引用語：RATS, 原発性肺癌, CO₂送気, ロボット手術, 術後出血

RATS, primary lung cancer, CO₂ insufflation, robotic surgery, postoperative bleeding

はじめに

2009 年 11 月に本邦第 1 例目のロボット支援内視鏡下(以下 RATS)肺葉切除が実施された¹⁾。さらに 2018 年の 4 月に呼吸器外科領域のロボット支援手術が保険収載され、その手術件数は増加の一途を辿っている。VATS と比較した RATS 肺葉切除の長所、短所を比較する様々な報告があるが、RATS 肺葉切除による合併症の報告は少なく、CO₂送気を併用した RATS 肺葉切除術に特有と思われる術後出血を経験したため報告する。

症 例

患 者：54 歳 男性。

主 訴：胸部異常陰影。

既往歴：なし。

喫煙歴：20～54 歳まで 1 日 15 本。

現病歴：20XX 年 X 月、健診で胸部異常陰影を指摘され当院へ紹介となった。

入院時現症：身長 163 cm. 体重 66 kg. 身体異常所見なし。

血液検査所見：血算、生化学、腫瘍マーカーのいずれにも異常なし。

呼 吸 機 能：VC 4420 ml, %VC 125%, FEV_{1.0} 3390 ml, %FEV_{1.0} 82.1%, DLCO 22.6 ml/min/mmHg, %DLCO 108%。

胸部単純 X 線写真：右中肺野に結節影を認めた (Fig. 1a)。

胸部 CT：右下葉 S8 に最大径 20 mm の葉間胸膜の陥入を伴う充実性結節を認めた (Fig. 1b)。明らかなリンパ節腫大は認めなかった。

FDG-PET：同結節に SUVmax 2.93 の集積を認めた (Fig. 1c)。その他部位に異常集積は認めなかった。

気管支鏡検査：内腔には異常所見はなく、右 B8 より生検で腺癌と診断された。

術前診断：肺腺癌 cT1bN0M0 cStage IA2 期。

実施術式：ロボット支援内視鏡下右下葉切除術+

Fig. 1

- a) Chest radiograph showing a nodule (orange arrow) in the middle lung field.
 b) Chest CT showing a nodule (orange arrow) with a maximum diameter of 20 mm in the right lower lobe S8 area.
 c) FDG-PET showing the accumulation of FDG with SUV max of 2.93 in the same nodule.

Fig. 2 Chest radiograph in the ICU showing reduced permeability in the right whole lung field.

ND2a-1.

手術: da VinciXi® (Intuitive Surgical 社) を使用した。第7肋間棘突起より6 cm (1番: 術者リトラクターム), 第8肋間肩甲骨下角やや腹側 (2番: 術者左

手), 第8肋間後腋窩線 (3番: 胸腔鏡), 第5肋間前腋窩線 (4番: 術者右手) に da Vinci® 用 8 mm ポートを留置, 第8肋間前腋窩線, 第10肋間肩甲骨下角に 12 mm 助手ポートを留置し 4+2 ポートとしてコンソール操作を開始した。手術は AirSeal® (ConMed 社) を用いて CO₂ を送気し術側胸腔内を 8 mmHg に保ち実施した。手術時間 171 分, コンソール時間 128 分, ロールアウト前に出血のないことを確認し手術を終了した。術直後のドレーン排液は漿液性で少量, 気漏もなかった。

術後経過: 予定通り ICU に入室したが, その6時間後に突然, 血圧 65/43 mmHg へと低下し, ドレーンより多量の血性排液を認めた。胸部単純 X 線写真で右胸腔の透過性低下を認め (Fig. 2), 大量補液と輸血を実施するも血圧低下が持続したため, 術後出血と判断し緊急再開胸術を実施した。

再手術所見: 第8肋間前腋窩線ポート創より審査胸腔鏡を実施, 椎体前面に血腫を認めたため, 側方切開 10 cm をおき第5肋間で開胸, 血腫を除去すると椎体前面の肋間動脈から拍動性出血が明らかとなった (Fig. 3a)。出血

Fig. 3

- a) Pulsatile bleeding (green arrow) from the front of the vertebral body.
 b) We stopped the bleeding with suture ligation.
 c) Pleural changes (blue arrow) in the first surgery.

部位にプレジエット®付 3-0 モノフレン®で水平マットレス縫合し止血を得た (Fig. 3b). 手術後は挿管下に ICU に帰室した. 出血量は再手術前ドレーン排液量と併せて 1500 ml で赤血球濃厚液 10 単位と新鮮凍結血漿 4 単位を投与した.

再手術後経過: 1 POD に抜管, 2 POD に ICU を退室した. 4 POD に胸腔ドレーンを抜去し, 10 POD に自宅退院となった.

初回手術再検討: 初回手術時の動画を見直すと #7 リンパ節郭清後に椎体前面に損傷を疑う色調変化を認め (Fig. 3c), 場面によっては 2 番ポート (術者右手) からの鉗子が椎体と接することが見受けられた.

考 察

RATS 肺葉切除は, 2002 年の Melfi ら²⁾ によって初めて報告され, 本邦では 2010 年に須田ら¹⁾により 1 例目が報告された. また 2018 年 4 月より診療報酬改定によりロボット支援内視鏡下縦隔悪性腫瘍手術・良性縦隔腫瘍手術・肺悪性腫瘍手術 (肺葉切除又は 1 肺葉を超えるもの) が保険収載された. 2017 年の胸部外科領域におけるロボット支援下手術件数が 105 件であったのに対し 2018 年には 2000 件を超える手術が実施され³⁾保険収載に伴い急激に増加している. 諸家の報告¹⁻⁴⁾にあるように RATS には大きな長所がある. 術者がカメラを操作するため術

者自身の望む位置, 距離感でカメラを固定することができ, 更に立体視の 5-15 倍に拡大された精緻な視野を得ることができる. 鉗子操作においては, 手振れ補正により生理的振戦が除去され, 多関節を用いた複雑な動作が可能であり, 前述の立体視下においてその利点がより発揮される. これらの長所により Nelson ら⁵⁾は周術期合併症が開胸手術と VATS と比較し同等であるとした上で, リンパ節郭清において VATS より優れていたと報告した.

一方で必要機材を配置可能な広い手術室の確保, 高価な初期投資や維持費といった金銭的コストが大きいこと^{1,6)}, 他の診療科と共有して使用するため使用可能な手術枠が限定されることなどが環境的な短所として挙げられる. また術中出血時の対応に時間を要することや, 鉗子に触覚がないため思わぬ組織損傷が生じうるといったことが懸念され, 従来の胸腔鏡下手術や開胸手術とは異なった配慮が必要となる. そのため術者-助手だけではなく麻酔科医, 手術室看護師, 臨床工学士を含めたチームとしてロボット支援下手術の特性を理解し状況に応じた対応ができることが必要である⁶⁾.

我々は RATS 開始当初より CO₂送気下に手術を実施してきた. CO₂送気により術側肺の虚脱, ワーキングスペースの拡大, 剥離層の明瞭化が得られ da Vinci®の特性がより生かされることを実感している. また胸腔内の温度, 湿度が保たれることにより臓器保護効果⁴⁾が得られる

とされる他、副次的に胸腔鏡のレンズが曇りにくくなる利点や、胸腔内陽圧化に伴う出血量低減効果が報告されている^{4,7,8)}。泌尿器科領域で、気腹圧によりコンソール操作中には抑制されていた出血が気腹終了後に増大し開腹止血を要したとの報告があり⁸⁾本症例で経験したようにCO₂送気が出血をマスクしてしまう可能性があることに注意すべきである。またCO₂送気による全身への影響として、胸腔内圧上昇に伴い静脈還流量低下、中心静脈圧の上昇、血圧低下、頻脈といった変化、血中二酸化炭素分圧上昇による交感神経刺激症状により血圧上昇、心拍数上昇、意識覚醒方向への変化⁹⁾といった循環動態への変化に注意が必要である。CO₂送気により縦隔が対側へ圧排されるため挿管チューブの位置が移動する可能性がある。また検索した限りで呼吸器外科領域での症例報告は認めなかったが、CO₂送気によるガス塞栓症が麻酔管理上で懸念される^{10,11)}。以上のようにCO₂送気に特徴的な注意が必要となるため麻酔科医との連携がより重要と考えられる。

Cao¹²⁾らは2002年より2018年までの多施設でのロボット支援下肺切除における術中肺動脈損傷等イベントを集計し、その発生率は1810例中35例(1.8%)であったとしている。またVATSでの同様のイベント発生率は1.0-1.5%とされRATSでのイベント発生率は許容されたとしていた。

機材の破損等を含めた医原性合併症の集計では、その発生率においてRATSはVATSに対しオッズ比で2.5倍程度であったとの報告¹³⁾もあり特性を踏まえた注意が必要である。

Novellisら¹⁴⁾は、出血性合併症について338例中2例で出血のため開胸移行を要したが、その他出血を来した3例についてはRATS下にコントロール可能で2例はVATSへ移行、1例はRATS下に手術を完遂可能であったと報告している。

手術成績について従来のVATS、開胸と遜色なくむしろリンパ節郭清がより正確に実施できることにより正確な病期診断がなされ良い結果となったとする報告もある^{15,16)}。

VATSや開胸手術と比較し費用面等を除けば否定的な要素は少なく、本邦においても今後RATSの件数は増加することが予想されるため、本症例で経験したピットフォールは共有すべきだと考えた。

本症例では、以下のように複数の要因が重なったこと

により術後出血が生じたと考えられた。

1. CO₂送気により縦隔が奥深くなりロボット鉗子の角度がより急峻となった (Fig. 4a, b)。

2. 近接視野のため鉗子と椎体との接触が視認できていなかった。

3. 触覚がなく強い力で椎体を圧迫していることに気がつかなかった。

4. CO₂送気に伴う加圧により術中には出血が抑制されていた。

特に#7リンパ節郭清は最も深い位置での操作が必要となるため、上記1, 2が強調される結果となった。また本症例は患者の胸郭が前後方向に長い傾向を認めた。そのため2番鉗子(術者左手)が相対的により背側から挿入されることとなったことも一因と考えられた。本症例は右アプローチで生じた事例であるが、左アプローチにおいても#7リンパ節郭清時にロボット鉗子が下行大動脈を圧迫する可能性があるため同様の注意が必要と考えられた。同様の出血を起こさないための対策として特に#7リンパ節を郭清する際は、遠景視野でロボット鉗子位置を視認した後に近景視野へ移行することや、鉗子の関節の自由度を生かし椎体や大動脈との接触を軽減させるように操作している。今回の手術において2番ポートの配置は一般的に推奨されている標準的なものであった。通常、右アプローチでは1番(リトラクトアーム)を最も背側とし第7若しくは8肋間、棘突起より6 cmの位置に配置、2番(術者左手)は1番から10 cm離れた第8肋間、3番(カメラ)は第8肋間後腋窩線やや背側、4番(術者右手)は第5肋間前腋窩線への配置を基本とし、体格によって微調整を施しそれぞれのポート間距離が保たれるようにして手術を行ってきた。今回は2番鉗子(術者左手)が椎体と接触したことが出血の原因と考えられたため、現在は上記のポート配置を基本としつつ、特に胸郭が前後方向に長い傾向がある患者では右アプローチ時の2番ポート(術者左手)は可能な限り腹側に位置するよう配慮している。その後、同様の事例は発生していない。CO₂送気も今回の事例の一因であるが、ワーキングスペースの確保において有用と考えており上記の対策を行いつつ継続して使用している。またCO₂送気を終了した後に再度止血確認を行うようにし遅発性の出血の対策としている。現行の手術支援ロボットでは過大な圧力が鉗子に生じた際に警告する機能等、触覚を補完する機能がないため、適宜遠景視野を用いてロボット鉗子同士

Fig. 4

- a) Surgical field of #7 lymph node dissection before CO₂ insufflation.
 b) Changes in the thoracic cavity due to CO₂ insufflation. The mediastinum became deeper due to the influence of CO₂ insufflation. The angle of the forceps became steep (*). As a result, the front of the vertebral body became compressed.

の位置確認を行うことや、術者一助手間での声かけを実施し組織損傷を防ぐ工夫をチームで共有することが重要と考えられた。

結 語

ロボット支援内視鏡下に特有な術後出血を経験した。RATSの特性、CO₂送気下手術の特性に配慮し手術を実施する必要がある。

利 益 相 反

本論文に関して申告する利益相反はない。

文 献

1. 須田 隆, 杉村裕志, 北村由香, 桒井祥子, 服部良信. 肺癌に対するロボット支援手術の経験—ダヴィンチロボット支援肺癌手術本邦第1例—. 日呼外会誌 2010; **24**: 727-32.
2. Melfi FM, Menconi GF, Mariani AM, Angeletti CA. Early experience with robotic technology for thoracoscopic surgery. Eur J Cardiothorac Surg 2002; **21**: 864-8.
3. 中村廣繁, 谷口雄司. 呼吸器外科ロボット支援手術の現状と未来. 手術医学 2020; **41**: 126-9.
4. 中村廣繁. ロボット支援下肺切除術. 医事新報 2015; **4735**: 28-32.
5. Nelson DB, Mehran RJ, Mitchell KG, Rajaram R, Correa AM, Bassett RL Jr, et al. Robotic-assisted lobectomy for non-small cell lung cancer: A comprehensive institutional experience. Ann Thorac Surg 2019; **108**: 370-6.
6. 本間崇浩, 北村直也, 尾嶋紀洋, 明元佑司, 飛弾結樹, 芳村直樹. ロボット支援呼吸器外科手術の導入経験: 安全な導入と完全胸腔鏡下手術との違い. 日呼外会誌 2019; **33**: 113-21.
7. Okamura R, Takahashi Y, Dejima H, Nakayama T, Uehara H, Matsutani N, et al. Efficacy and hemodynamic response of pleural carbon dioxide insufflation during thoracoscopic surgery in a swine vessel injury model. Surg Today 2016; **46**: 1464-70.
8. Nakano S, Nakahira J, Sawai T, Kadono N, Minami T. Unexpected hemorrhage during robot-assisted laparoscopic prostatectomy: a case report. J Med Case Rep 2016; **10**: 240.
9. 加藤清司. 腹腔鏡手術における麻酔管理上の問題点. 日外科系連会誌 1995; **20**: 377-80.

10. 森山直樹, 稲垣喜三. ロボット支援胸腔鏡手術 (RATS) の麻酔管理. 日臨麻会誌 2019; **39**: 53-8.
11. Campos J, Ueda K. Update on anesthetic complications of robotic thoracic surgery. *Minerva Anesthesiol* 2014; **80**: 83-8.
12. Cao C, Cerfolio RJ, Louie BE, Melfi F, Veronesi G, Razzak R, et al. Incidence, management, and outcomes of intraoperative catastrophes during robotic pulmonary resection. *Ann Thorac Surg* 2019; **108**: 1498-504.
13. Alemzadeh H, Raman J, Leveson N, Kalbarczyk Z, Iyer RK. Adverse events in robotic surgery: A retrospective study of 14 years of FDA data. *PLoS One* 2016; **11**: e0151470.
14. Novellis P, Jadoon M, Cariboni U, Bottoni E, Pardolesi A, Veronesi G. Management of robotic bleeding complications. *Ann Cardiothorac Surg* 2019; **8**: 292-5.
15. Park BJ, Melfi F, Mussi A, Maisonneuve P, Spaggiari L, Da Silva RK, et al. Robotic lobectomy for non-small cell lung cancer (NSCLC): long-term oncologic results. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2012; **143**: 383-9.
16. Cerfolio RJ, Ghanim AF, Dylewski M, Veronesi G, Spaggiari L, Park BJ. The long-term survival of robotic lobectomy for non-small cell lung cancer: A multi-institutional study. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2018; **155**: 778-86.

Postoperative bleeding specific to robot-assisted lung resection: A case report

*Yuta Kawasumi, Madoka Goto, Yasuhisa Ichikawa
Koichi Fukumoto, Mika Uchiyama, Shoichi Mori*

Department of Thoracic Surgery, Japanese Red Cross Nagoya Daiichi Hospital

The Japanese national health insurance program has covered robot-assisted lung resection since April 2018. The number of these resections has increased markedly, but there are few reports of complications. We report the case of a patient who developed postoperative bleeding related to robot-assisted lung resection. The patient was a 54-year-old male. We performed robot-assisted right-lower lobectomy and lobe-specific lymph-node dissection. The operation was completed as planned. However, hemorrhagic shock with massive bleeding occurred 6 hours after the surgery. We performed an emergent re-operation and found a massive hematoma. Bleeding from the artery in front of the vertebral body was observed and was stopped by suturing. We considered that this hemorrhage was caused by contact with the robot instrument-vertebral body outside of the video monitor display area. CO₂ insufflation caused exclusion of the posterior mediastinum, and the angle of the robot forceps became steep. In the near field of view, we did not visually detect instrument-vertebral body contact. We also could not recognize vertebral compression by the robot instrument because of a lack of tactile feedback, and the CO₂ insufflation had suppressed the bleeding temporarily. This case illustrates the importance of understanding the differences in characteristics between conventional surgery and robot-assisted surgery and of anticipating potential problems.