

特集：当院におけるがん診療の現在地—当院が生き残るためには

消化器外科領域におけるロボット支援下手術

Robot-assisted surgery for gastrointestinal malignancies

中川 悟 番場 竹生 高野 可赴
會澤 雅樹 野上 仁 丸山 聡
野村 達也 瀧井 康公 藪崎 裕

Satoru NAKAGAWA, Takeo BAMBA, Kabuto TAKANO,
Masaki AIZAWA, Hitoshi NOGAMI, Satoshi MARUYAMA,
Tatsuya NOMURA, Yasumasa TAKII, Hiroshi YABUSAKI

要 旨

ロボット支援下手術が消化器外科領域で2018年に保険適応となり、実施症例数が急速に増加している。ロボット支援下手術の短期成績の報告も増え、合併症の軽減などその有用性について報告されている。当科においても鏡視下手術症例数は増加しており、2017年には300症例に達し、2021年には367症例の鏡視下手術を実施している。2022年11月よりロボット支援下手術を開始し、2023年7月までに食道癌16例、胃癌30例、結腸・直腸癌35例に実施した。6月からは胃癌に対して「胃全摘術」と「噴門側胃切除術」を追加導入し、さらに結腸癌に対してもロボット支援下手術も開始することとした。今後は経験症例数を増やし、ロボット支援下手術の練度を向上させる必要がある。更に、ロボット支援下手術を多くの消化器外科医が手掛けられるようにプロクター（指導医）の資格を取得し、その指導体制を構築していきたいと考えている。

はじめに

鏡視下手術は1985年にMüheが行った腹腔鏡下胆嚢切除術が始まりとされ、低侵襲で術後早期に社会復帰を可能にするなど、現在では多くの施設で日常的に行われている。日本内視鏡外科学会のアンケート集計結果によると、2021年の全領域の鏡視下手術症例数は290,787例と報告されている（図1）¹⁾。COVID-19の蔓延にて、2019年の291,792例よりは減少しているが、日本全国で非常に多くの鏡視下手術が実施されている。鏡視下手術においては腹部外科領域の手術割合が高く、2021年では124,614例（42.9%）が施行されていた。

ロボット支援下手術は2012年に前立腺癌に対して保険適応となり、2018年からは腹部外科領域の術式においても認められた。現時点では11術式が保険適応となっている（表1）。保険適応後はロボット支援下手術の実施件数が増加してきており、特に食道

癌手術において顕著である（図2）¹⁾。当院でも2022年11月より「ダビンチ Xi」によるロボット支援下手術を開始した。今後の鏡視下手術はロボットを中心として発展していくことが予想され、多くの領域で新しい手技・手法が次々に開発され、新たなステップへと進んでいる。ロボット支援下手術の進歩を踏まえ、鏡視下手術の現況と今後について解説する。

ロボット支援下手術について

「がん」に対する手術は、時代と共に変化してきた。外科の領域では「Good exposure, Good operation」という言葉に代表されるように、十分に開腹（開胸）して手術を行うことが良い手術とされていた。しかし1990年代になり複数箇所小さな創より手術器具を挿入し手術を行う鏡視下手術が多く行われるようになり、外科治療そのものに変化をもたらした。しかし鏡視下手術においても手振れや無

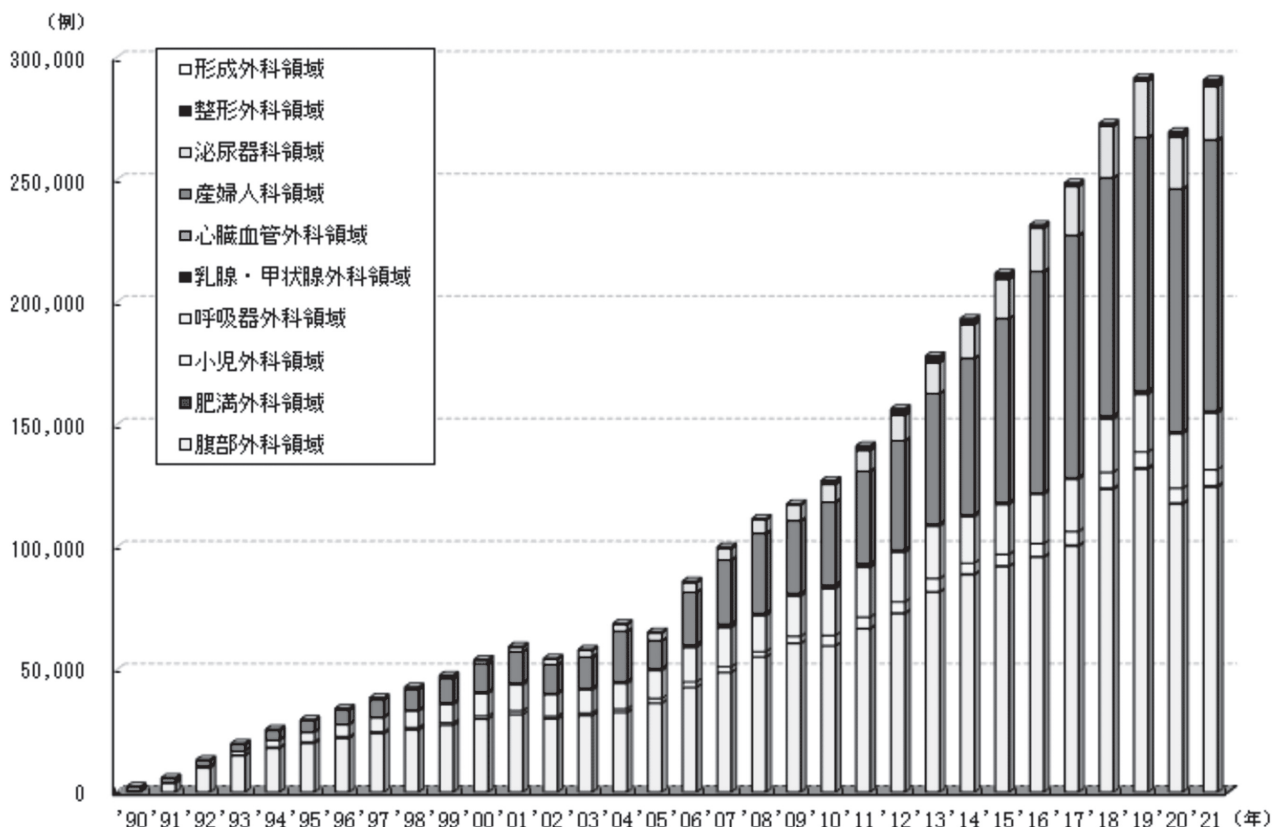


図1 領域別の鏡視下手術総症例数の推移

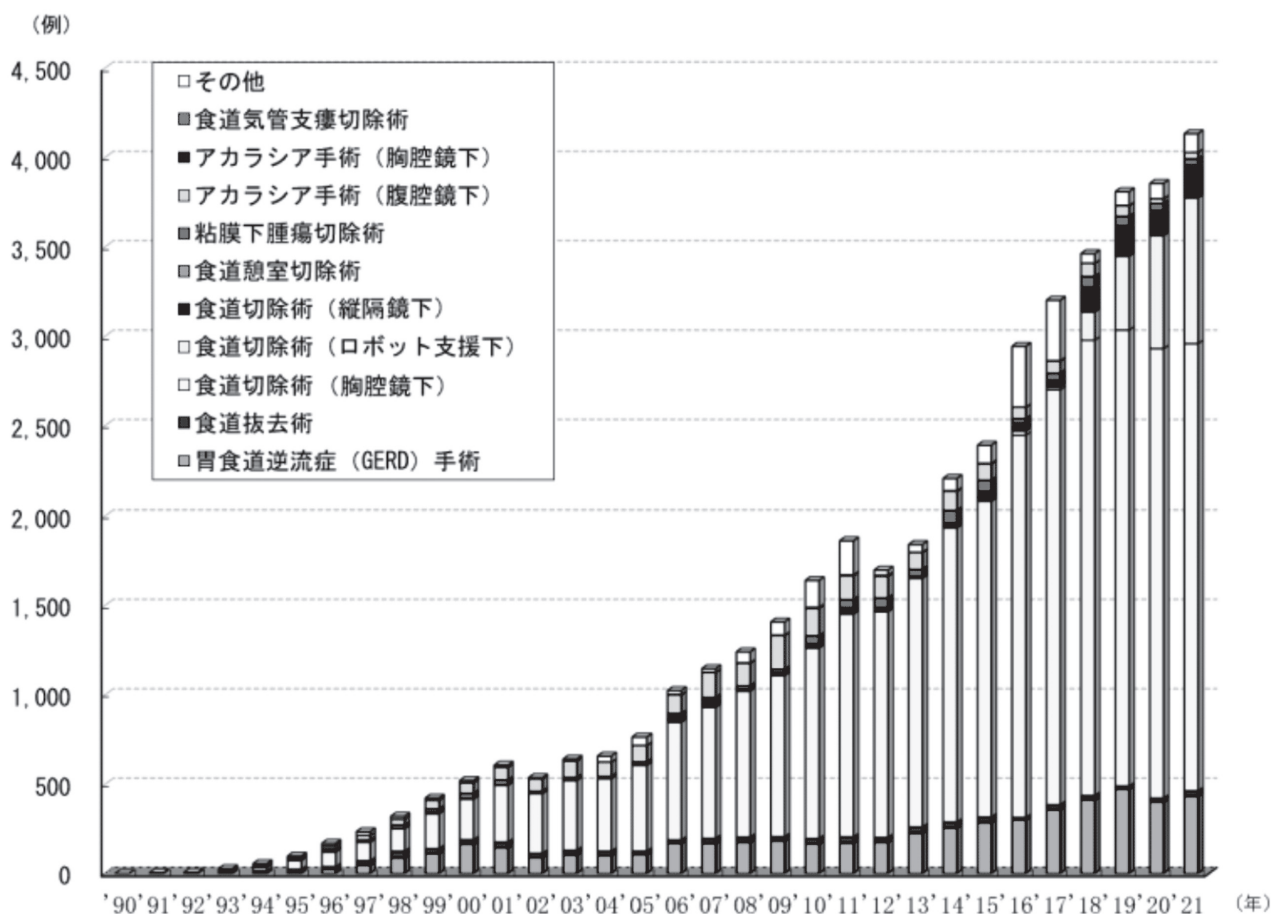


図2 食道疾患 術式別症例数

表1 ロボット支援下手術術式（保険適応）

<ul style="list-style-type: none"> ・胸腔鏡下食道悪性腫瘍手術（消化管再建を伴う）（頸部，胸部，腹部の操作） ・胸腔鏡下食道悪性腫瘍手術（消化管再建を伴う）（頸部，腹部の操作） ・腹腔鏡下胃切除術 ・腹腔鏡下噴門側胃切除術 ・腹腔鏡下胃全摘術 ・腹腔鏡下結腸悪性腫瘍切除術 ・腹腔鏡下直腸切除・切断術 ・腹腔鏡下臍頭十二指腸切除術 ・腹腔鏡下臍体尾部切除術 ・腹腔鏡下総胆管拡張症手術 ・腹腔鏡下肝切除術
--

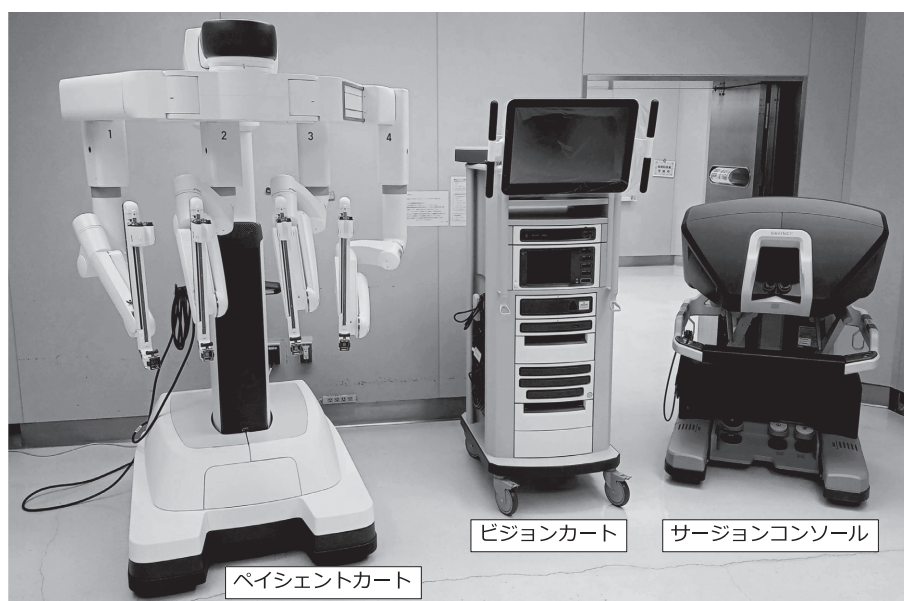


図3 ダビンチXiサージカルシステム

理な体勢での操作などの欠点が指摘され、その欠点を補完するためにロボット支援下手術が開発されてきた。ロボット支援下手術において代表的な器機であるダビンチには従来の鏡視下手術の欠点を補完する複数の機能が搭載されており、これらの機能を統合し総合的に活用することにより、従来の鏡視下手術よりも局所操作性が向上し、局所合併症が軽減されると考えられている。

近年、様々な術式においてロボット支援下手術の短期成績の報告がなされている。胃癌手術において、先進医療Bとして実施されたロボット支援下胃切除術では、合併症発生率が2.45%とヒストリカルコントロールである5.1%と比べ、半減していたことが報告された^{2, 3)}。食道癌手術においては、ロボット支援下手術と胸腔鏡下食道切除を比較した臨床試験の周術期成績がYangらにより報告されている⁴⁾。Yangらは、ロボット支援下手術は胸腔鏡下食

道切除と比べ、有意に手術時間が早く、術前治療群において両側反回神経周囲および胸部リンパ節総郭清個数が有意に多かったと述べている。また、ロボット支援下手術の方が胸腔鏡下手術よりも合併症発生率が低く、有用との報告もある⁵⁻⁷⁾。直腸癌手術においては、Yamaguchiらがロボット支援下手術は有意に出血量、術後在院日数および排尿障害が少なかったと報告している⁸⁾。また、MatsuyamaらはNational Clinical Database (NCD) のデータを利用し、ロボット支援下直腸癌手術は手術時間が長い、開腹移行率、術中出血量、術後在院日数・院内死亡および術後30日以内の再入院率が有意に少ないと報告している⁹⁾。今後は短期成績だけでなく、長期成績についての論文が増えてくるものと思われる。

ダビンチについて

ダビンチは3D画像、手振れ防止、多関節機能、

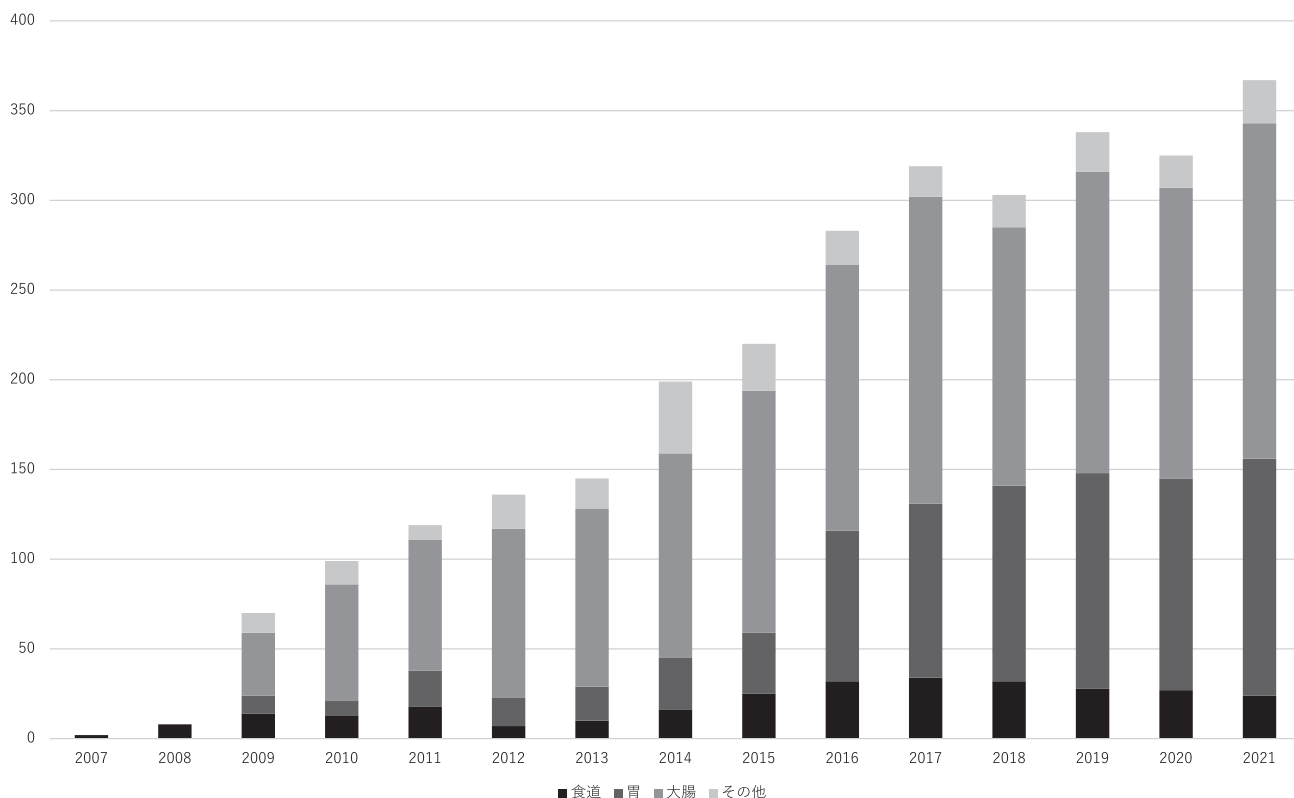


図4 当科における鏡視下手術症例数の推移



図5 ロボット支援下幽門胃切除術

motion scalingなど従来の鏡視下手術の欠点を補完する複数の機能を有している。3D画像に関しては、当院でも導入し鏡視下手術を行ってきたが、現在用

いている3Dカメラとかなり特性が異なっている。従来の3Dモニターは術者とモニターに一定の距離をおいて使用するため、奥行き感が極端に強調され

てしまい、鉗子の有効長が非常に長く描出されたり、臓器同士の間隔が極端に伸びたりする。このため現在用いている3Dカメラでは正確な3次元画像を再現することは技術的に困難となる。しかし、ダビンチはマスタースレーブ方式を採用することによりこの問題点を解決しており、自然に近い奥行き感の安定した正確な3次元画像が提供できるとされている。また、従来の鏡視下手術は長い鉗子を用いての手術であり、どうしても手振れ、無理な体勢での操作などが要求される。しかし、ダビンチはこの手振れがなく、多関節機能による操作性の向上により、より安定したアプローチが安全に行える。

ダビンチXiサージカルシステム(図3)は、サージョンコンソール、ペイシェントカートとビジョンカートの3つの機器により構成されている。サージョンコンソールはダビンチの司令塔であり、執刀する医師はサージョンコンソールに座り、手洗いをすることなく、3Dで立体的に映し出される術野の拡大画像を覗き込みながら手元のハンドルを操作する。ハンドルを操作することにより、ペイシェントカートのアームと鉗子が連動し、術者の手のように自在に動く。ペイシェントカート本体は、3本の鉗子を取り付けるアームとセンターの内視鏡カメラを取り付けるアームにて構成されている。このペイシェントカートのアームに装着された鉗子が患者さんの体内に挿入され、術者が操作するマスターコントロールからの指示を受けて、アームや先端の鉗子が動いて手術を行う。

当科における鏡視下手術について

当科における2007年からの内視鏡外科手術症例数の推移を図4に示す。2007年に食道癌に対する胸腔鏡下食道切除術を開始し、2009年からは胃、大腸などの鏡視下手術を開始している。症例数は右肩上がりに伸びており、2017年には300症例に達し、2021年には367症例の鏡視下手術を実施していた。2021年の鏡視下手術症例数の内訳では、大腸(結腸+直腸)の手術が187例(50.9%)と最も多く、次いで胃の手術が132例(36.0%)であった。

2022年9月に「ダビンチXi」が当院に搬入され、食道、胃、直腸に対してロボット支援下手術を導入することとした。ロボット支援下手術の術者は、それぞれの領域の日本内視鏡外科学会技術認定医が担当し、11月に第1例目を安全に実施できるようにダビンチ手術ワーキンググループを定期的に開催し、「ダビンチXi」の運用について十分な準備を行った。ロボット支援下手術の第1例目には、胃癌症例に対する幽門側胃切除術を実施した(図5)。2023年7月までに食道癌16例、胃癌30例、結腸・直腸癌35例を実施している。6月からは胃癌に対して「胃全摘

術」と「噴門側胃切除術」を追加導入し、さらに結腸癌に対してもロボット支援下手術も開始することとした。今後は経験症例数を増やし、ロボット支援下手術の練度を向上させる必要がある。更に、ロボット支援下手術を多くの消化器外科医が手掛けられるようにプロクター(指導医)の資格を取得し、その指導体制を構築していきたいと考えている。

鏡視下手術の今後と課題

日本内視鏡外科学会のアンケート集計結果などより、ロボット支援下手術件数は益々増加していくことが予想される¹⁾。その有効性については合併症が軽減されるという報告が増えてきているが、腫瘍学的側面や長期予後については今後の報告が待たなければならない。さらに今後は、ロボットを扱う企業間の競合による低価格化と、これまでの手術支援ロボットにはない術中ナビゲーションシステムやArtificial Intelligence(AI)の活用、遠隔手術の次世代システムの開発などが進んでいく。この日進月歩なロボット支援下手術において、遅れを生じないように情報収集し取り込んでいく必要性がある。

我々消化器外科医は、ロボット支援下手術症例を多く経験し、ダビンチの優れている機能を十分に活用し、より精度の高い手術を手がけていく必要がある。高度な技術が術者に要求されるが、低侵襲かつ精緻な「がん」に対するダビンチを用いたロボット支援下手術を多くのがん患者さんへ提供していくことが使命である。

- 1) 日本内視鏡外科学会学術委員会：内視鏡外科手術に関するアンケート調査－第15回集計結果報告－。一般社団法人日本内視鏡外科学会。東京、2021。
- 2) Uyama I, Suda K, Nakauchi M, et al. Clinical advantages of robotic gastrectomy for clinical stage I/II gastric cancer: a multi-institutional prospective single-arm study. *Gastric Cancer*. 2019; 22: 377-385.
- 3) Katai H, Sasako M, Fukuda H, et al. Safety and feasibility of laparoscopy-assisted distal gastrectomy with suprapancreatic nodal dissection for clinical stage I gastric cancer: a multicenter phase II trial (JCOG 0703). *Gastric Cancer*. 2010; 13: 238-244.
- 4) Yang Y, Li Bin, Hua R, et al. Robot-assisted Versus Conventional Minimally Invasive Esophagectomy for Resectable Esophageal Squamous Cell Carcinoma. *Ann Surg*. 275 (4): 646-653, 2022.
- 5) Li XK, Xu Y, Zhou H, et al. Does robot-assisted minimally invasive oesophagectomy have superiority over thoracoscopic minimally invasive oesophagectomy in lymph node dissection? *Dis Esophagus*, 34 (2): doaa050, 2021.
- 6) Zheng C, Li XK, Zhang C, et al. Comparison of short-term clinical outcomes between robot-assisted minimally invasive esophagectomy and video-assisted minimally invasive esophagectomy: a systematic review and meta-analysis. *J Thorac Dis*, 13 (2): 708-719, 2021.
- 7) Mederos MA, Virgilio MJ, Shenoy R, et al. Comparison of clinical outcomes of robot-assisted, video-assisted and Open

- esophagectomy for esophageal cancer. A systematic review and meta-analysis. *JAMA Netw Open*, 4 (11): e2129228, 2021.
- 8) Yamaguchi T, Kinugasa Y, Shiomi A, et al. Robotic-assisted vs. conventional laparoscopic surgery for rectal cancer: short-term outcomes at a single center. *Surg Today*, 6 (8): 957-962, 2016.
- 9) Matsuyama T, Endo H, Yamamoto H, et al. Outcomes of robot-assisted versus conventional laparoscopic low anterior resection in patients with rectal cancer: propensity-matched analysis of the National Clinical Database in Japan. *BLS Open*, 5 (5): zrab083, 2021.