

胃癌に対するロボット手術の現状と我々の工夫について

日本赤十字社和歌山医療センター 消化管外科部

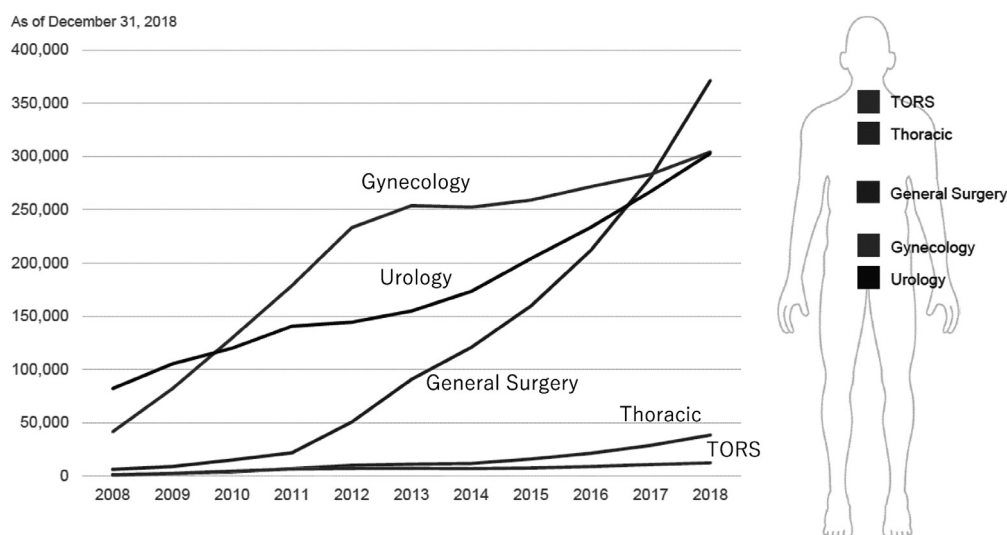
山下 好人 *Yoshito Yamashita*

はじめに

胃癌に対する腹腔鏡下胃切除術は1991年に北野ら¹⁾によって初めて行われた。その後の内視鏡手術機器の進歩と手術手技の向上に伴って腹腔鏡下胃切除術は全国に広く普及した。日本内視鏡外科学会の内視鏡外科手術に関するアンケート調査²⁾によると、2016年には腹腔鏡手術数が開腹手術数を上回るようになった。胃癌治療ガイドライン第5版³⁾では腹腔鏡下胃切除術はcStage Iの症例で日常診療の選択肢となりうるとしているが、われわれの施設のようにすべての症例を腹腔鏡手術の適応としている施設もあり、その適応は施設により様々である。

一方、米国Intuitive Surgical社が開発した内視鏡手術支援ロボットda Vinci[®] Surgical System (以下 da Vinci) は全世界に既に約5,000台あり、泌尿器科領域、婦人科領域で広く普及しているが、最近では一般外科における手術数の伸びが著しい(図1)。本邦におけるda Vinciは2009年に薬事承認され、2012年に前立腺全摘術に対するロボット加算が保険収載されて以降、急速に普及し、現在では前立腺癌に対する標準術式となり、全国で350台以上のda Vinciが稼働している。胃癌においては宇山ら⁴⁾が2009年に初めてロボット支援下胃切除術(RG; robotic gastrectomy)を自由診療で行っている。2014~2017年には先進医療

Global over past 10 years



インテュイティブサージカル社資料より

【図1】 da Vinci を用いた各領域別手術件数の世界的推移：泌尿器科領域、婦人科領域で広く普及していったが、最近では一般外科における手術数の伸びが著しい。

(令和2年1月21日受付)(令和2年2月3日受理)
連絡先：(〒640-8558)

和歌山市小松原通四丁目20番地
日本赤十字社和歌山医療センター
消化管外科部

山下 好人

Bとして臨床試験が実施され、エンドポイントである通常の腹腔鏡下手術に比較した術後合併症の軽減効果が証明された⁵⁾。そして2018年4月にようやくRGが保険収載され、多くの施設が導入し始めている。しかしながら、前立腺癌に対するロボット手術と異なり、胃癌に対するロボット手術にはいろいろな課題が残されており、現時点で腹腔鏡手術との棲み分けが難しいのが現状である。

本稿ではRGの現状と課題を概説するとともに、その課題を克服するためにわれわれが行っている工夫について述べる。

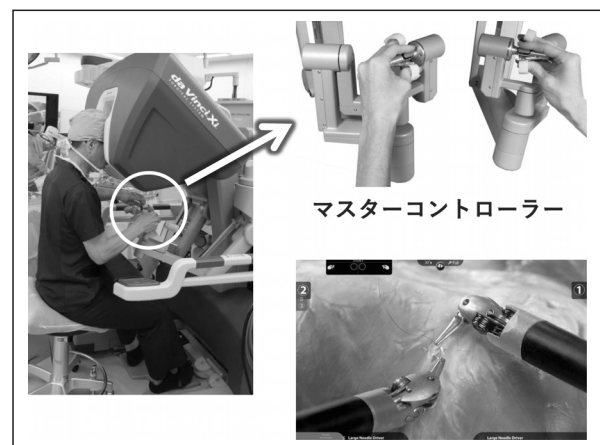
手術支援ロボット da Vinci の特徴

Da Vinci は、高解像度三次元画像（ハイビジョン3D）やインスツルメントの関節機能、手振れ防止機能、モーションスケール機能などを有することで精度の高い手術を可能にする（図2）。腹腔鏡手術でも用いられているハイビジョン3D画像は開腹手術では見えなかったような微細解剖の把握と遠近感の保持により安全な手術操作を可能にしている。従来の内視鏡手術の鉗子やエネルギーデバイスには関節を持たないため、組織に対して直線的なアプローチしか行えなかったが、ロボットアームには540度の可動域を有する関節機能をもつインスツルメントが装着できるため、さまざまな角度から組織にアプローチすることができる（図3）。より繊

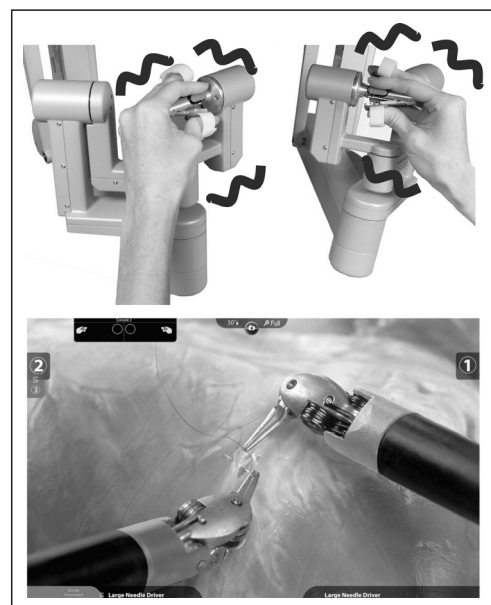


【図2】 Da Vinci Xi による手術風景

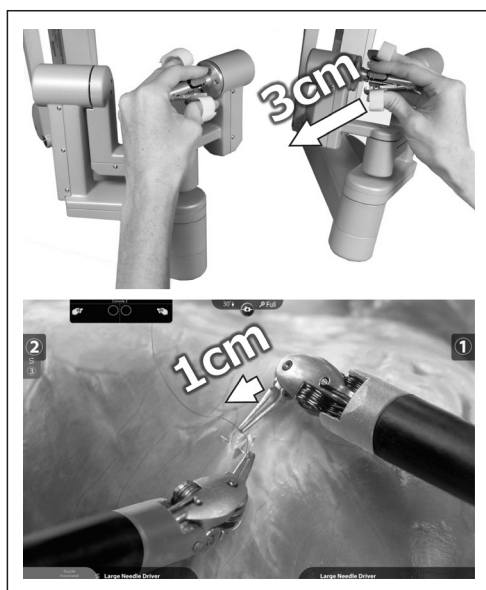
細な動きを可能にするとともに温存すべき組織に熱損傷を来さないような角度でエネルギーデバイスを挿入できるため、合併症を軽減できる可能性がある。さらに手振れ防止機能により組織の剥離や切離をより正確なラインで行うことが可能である（図4）。モーションスケール機能は術者の手の動きに対するインスツルメント先端の動きを最大で1/3まで縮小させることができる機能であり、より繊細な操作を可能にする（図5）。以上のような da Vinci に特徴的な機能が組み合わさってロボット手術は非常に精緻で安全な手術を可能にしている。



【図3】 サージョンコンソール：高解像度三次元画像で見ながら、マスターコントローラーで、ロボットの関節を自由に動かすことができる。



【図4】 手振れ防止機能：手振れ防止機能により手が震えていても da Vinci のインスツルメントは震えない。



【図5】モーションスケール機能：
モーションスケール機能では、術者の手の動きに対するインスツルメント先端の動きを、最大で1/3まで縮小させることができる。

手術支援ロボット da Vinci の 問題点

Da Vinci にはいくつかの問題点も指摘されている(表1)。

【表1】

da Vinci の問題点

- 1 触覚がない
- 2 胃癌手術特有の難しさ
- 3 エネルギーデバイスの不足
- 4 時間がかかる
- 5 コストがかかる

腹腔鏡手術では、鉗子などを通してある程度の触覚を感じる事が可能であったが、da Vinci には触覚は存在しない。組織を不用意に把持、牽引することで容易に損傷を来してしまう。これを防ぐためには組織の緊張のかかり具合を視覚のみで判断する必要がある。消化管再建時に腸管を把持する場合には特に注意が必要である。適切なインスツルメントを使い分けることも重要である。

前立腺癌手術は腹腔鏡手術からロボット手術に変わって手術が容易になったが、胃癌手術においては手術が容易にはならない。Da Vinci はより繊細な操作を可能にするが、胃切除術のように上腹部全体が操作野となる場合、ロボットアームを大きく動かす必要があるため、その取り回しが難しくなる。ロボットアーム同士の干渉により操作性が逆に低下したり、視野外でのインスツルメントが臓器を損傷してしまう危険性もあるため、アームの位置関係を常に意識しておかなければならない。助手の鉗子が入る場合はロボットアームが大きく動くことにより助手の鉗子が不意に動かされて臓器損傷を来すこともあるため注意が必要である。また、胃癌のロボット手術では大きな胃を持ち上げて術野展開する必要があるため、様々なコツが必要となる。

Da Vinci の3つ目の問題点として、優れたエネルギーデバイスの不足が挙げられる。現在、腹腔鏡下胃切除術における組織の剥離、切離には多くの場合、超音波凝固切開装置が用いられている。超音波凝固切開装置はda Vinci でも使用可能であるが、超音波機器の特性上、関節機能を持たないため、da Vinci の最大のメリットを活かすことができない。モノポーラシザーズを用いた方法では、組織にしっかりと緊張をかけたうえでフォースド凝固などのモードで通電して切離するが、止血力が十分とは言えない。宇山ら⁶⁾はメリーランドバイポーラを用いたダブルバイポーラ法を考案し、多くの施設で採用されているが、その手技は必ずしも容易ではない。いずれにしても、胃癌のロボット手術は優れたエネルギーデバイスが不足するなかで繊細なリンパ節郭清操作を必要とするため、まだまだ確立された標準手技がないのが現状である。

その他の問題点としては手術時間の延長が挙げられる。Suda ら⁷⁾もロボット手術が腹腔鏡手術と比べて有意に手術時間を延長したと報告している。ロボット手術ではロボットの準備にかかる時間やロボットアームに装着する手術機

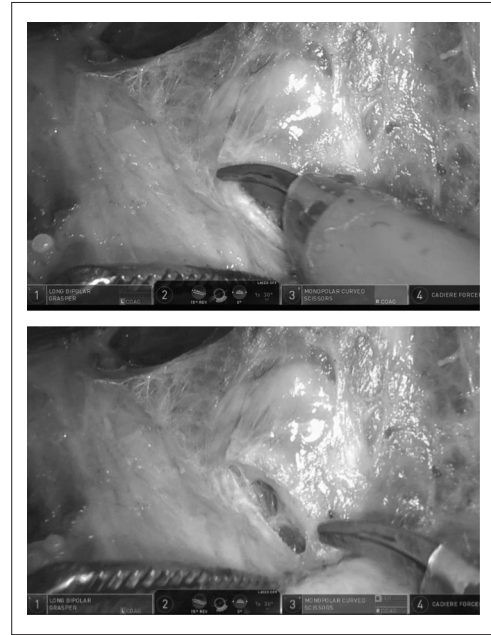
器の交換に要する時間が加わるため手術時間が延長する傾向にある。Liu ら⁸⁾はロボット手術の全体の手術時間は有意差をもってロボット手術で長いものの(273.7min vs. 216.9min), 実際の手術操作にかかる時間には差がなかったと報告している(145.9min vs. 130.6min)。

そして現在, 大きな問題点となっているのがコストの問題である。前立腺癌に対するロボット手術にはロボット加算が付いており, 従来の腹腔鏡手術と比べて診療報酬点数の差別化が図られているが, 2018年4月に新たに保険収載された胃癌手術においてはロボット加算が認められなかった。腹腔鏡手術に比べて材料費や da Vinci の減価償却費が高額であるため, ロボット手術は腹腔鏡手術に比べて収益が下がるのが現状である。

RG は非常に安全で精緻な手術を可能にすると思われるが, 上記のような様々な問題点が残されているのも現状である。今後はこれらの問題点を上回るメリットを明確に示すか, もしくはこれらの問題点をひとつずつ解決する必要があると考える。

当科における ロボット支援下胃切除術

RG は前述のように組織の取り回しが難しいうえに優れたエネルギーデバイスが存在しないため, 技術的に容易な早期胃癌を対象として導入している施設も多い。しかしながら早期胃癌は腹腔鏡手術の経験豊富な施設で行えば大きな合併症もほとんど起こらず十分な治療成績が得られるため, 現時点で早期胃癌にロボット手術のメリットを見いだすことは困難と考える。我々はソフト凝固シザーズ法を考案することでエネルギーデバイスの問題点を解決し, 進行した胃癌に対しても安全で精緻な手術を行えるようになった。現在ではより進行した症例に対してロボット手術のメリットを見いだしているため, その手技のポイントを紹介する。



【図6】ソフト凝固シザーズ法：
モノポーラシザーズの刃を開いてソフト凝固通電しながら, ハサミで切離する。
切離面の組織は白く, 凝固止血されている。

モノポーラシザーズを用いて組織の切離を行う場合, 通常は3rdアームによる強い牽引で切離すべき組織にしっかりと緊張をかけたうえで, モノポーラシザーズの刃を開かずにフォースド凝固などのモードで通電して切離を行っている。しかしながら止血力が不十分なために出血したり, 温存すべき血管壁にモノポーラシザーズが接触すると思わぬ大出血を来す危険性がある。そこで我々は, モノポーラシザーズの刃を開いてソフト凝固により止血しながらハサミで切離する方法を考案した(図6)。ソフト凝固は切開能力を持たないため, 血管壁にモノポーラシザーズが接触しても, これを破綻させることがなく非常に安全である。ただし, 総肝動脈など温存すべき血管周囲のリンパ節郭清においては, da Vinci の関節機能を最大限に活かして, 血管壁に熱損傷が加わらないようにしている。また, 左手には止血能力の高いロングバイポーラグラスパーを持ち, 右手のモノポーラシザーズによる凝固切離と素早く使い分けながら操作を進めることで, ほとんど出血のない手術が可能となっている。

おわりに

ロボット手術が胃癌に対する標準手術となるにはまだまだ多くの課題が残されており、現時点で腹腔鏡手術との棲み分けが難しいのが現状である。しかしながら、この数年で da Vinci 以外の手術支援ロボットも登場してくると予想され、更なる技術的進歩や低コストの実現などが期待される。近い将来、胃癌に対するロボット手術が腹腔鏡手術を凌駕するかもしれない。

参考文献

- 1) Kitano S, Iso Y, Moriyama M, et al. Laparoscopy-assisted Billroth I gastrectomy. Surg. Laparosc. Endosc. 1993 ; 4 : 146-148
- 2) 内視鏡外科手術に関するアンケート調査 — 第 14 回集計結果報告 —。日鏡外会誌, 2018 ; 23 : 773-778
- 3) 日本胃癌学会編. 胃癌治療ガイドライン, 第 5 版, 2018, 金原出版, 東京
- 4) 石田善敬, 宇山一朗, 金谷誠一郎. 胃癌に対するロボット手術. 外科治療, 2009 ; 101 : 15-19
- 5) Uyama I, Suda K, Terashima 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
- 6) 須田康一, 稲葉一樹, 宇山一朗ほか. ロボット支援胃癌手術における術式の標準化 安全な導入に向けて double bipolar 法と軸理論に基づくロボット支援胃切除の標準化. 日鏡外会誌, 2015 ; 20 : Page WS 41-3
- 7) Suda K, Nakauchi M, Inaba K, et al. Robotic surgery for upper gastrointestinal cancer : Current status and future perspectives. Dig Endosc. 2016 ; 28 : 701-713
- 8) Liu H, Kinoshita T, Tokunaga M, et al. What are the reasons for a longer operation time in robotic gastrectomy than in laparoscopic gastrectomy for stomach cancer? Surg Endosc. 2019 ; 33 : 192-198

