

## 最新の特ピックス

TOPICS

## ロボット手術

信州大学医学部外科学講座(1)

横山 隆 秀

## I はじめに

ロボット手術は当初、遠隔手術 (telesurgery) を目的として開発され、プロトタイプの内視鏡下手術支援ロボットである, da Vinci® Surgical System “Mona” によって最初の telesurgery (胆嚢摘出術) が1997年, ベルギーにて行われた<sup>1)</sup>。

それ以降, 徐々に内視鏡下手術支援ロボットは改良され, 1999年にはヨーロッパで, 2000年にはアメリカで一般販売が開始された。同年には, アメリカ食品医薬品局 (FDA) にて胆嚢摘出術や消化管手術が, また2001年には前立腺手術が承認され, その後も胸腔鏡手術, 心臓血管手術, 婦人科手術へと, その適応は拡大してきている。

## II da Vinci® Surgical System

全世界において, 2010年9月末までに1,661台が販売されており, アメリカで1,228台, ヨーロッパで292台が稼働している。

da Vinci® Surgical System は Surgeon console, Patient Cart, Vision System の3つのコンポーネントから構成されている (図1)。術者は Surgeon console の3D 画像を見ながら, 手でマスターコントローラー, 足でクラッチペダルを操作して患者側に配置された Patient Cart の鉗子やカメラを操作する (図2)。Patient Cart には, 3D カメラアームが1本と,

3本の Endo Wrist®インストゥルメント (ロボット用鉗子) が装着されたアームがある。

Vision System は術者に3D 画像を提供する画像処理システムであり, 術者以外のモニターには2D 画像を提供している。

術者はSurgeon consoleで手術を行うため, 手洗いは不要であるが, 術野にて鉗子の交換や, Endo Wrist®インストゥルメントにラインアップのない器具 (自動縫合器など) の操作, 術野確保のための追加鉗子操作のために手洗いをした助手は必要不可欠であり, 術者との意思疎通が十分になされている必要がある。

da Vinci® Surgical System の特徴としては, ①高解像度の3D 画像, ②Endo Wrist®インストゥルメント, ③Intuitive Motion (自然な操作感) がある。

## ① 高解像度の3D 画像

左右2系統の画像が Surgeon console のモニターに送られるため, 術者は無理なく立体画像を得ることができる。また, 10から15倍のデジタルズーム機構も備えている。このようなハイビジョンによる鮮明な3D 画像は触覚機能の欠如を補い得るといわれている。また, カメラはロボットにより保持されるため, 術野画像のブレが全くなく, 術者のストレスが軽減される。

## ② Endo Wrist®インストゥルメント (図3)

da Vinci® Surgical System で使用される鉗子は,



図1 da Vinci® S HD Surgical System (Intuitive Surgical, Inc.)  
左 Surgeon console, 中央 Patient Cart, 右 Vision System



図2 da Vinci® Si™ Surgical System (Intuitive Surgical, Inc.)の Surgeon console  
術者は3Dモニターを見ながら、左右2本の指を使ってマスターコントローラー経由で鉗子を操作する。



図3 Endo Wrist®インストゥルメント  
従来の鏡視下手術鉗子に、手首の屈曲に相当する機能が追加されている。

従来の内視鏡手術鉗子に比べ、高い自由度を有する。これは、従来の鉗子に手首の屈曲に相当する機能が追加されているためで、それにより腹腔内に手を挿入している感覚で鉗子操作が行える。また、様々な形状の鉗子が用意されており、モノポーラー鉗子、バイポーラー鉗子、クリップアプライヤもある。しかし、Endo Wrist®インストゥルメントとしての超音波凝固切開装置も海外では市販されているが、残念ながら日本では未承認であるため使用できない。

### ③ Intuitive Motion (自然な操作感)

術者は1本の鉗子を、2本の指(通常第一、第二指)を使ってマスターコントローラー経由で操作するが、指の動きは忠実に鉗子に伝えられる。また、術者の手の震えを除去できる filtering 機構や、術者の指の動きを小さく鉗子に伝える(2:1, 3:1, 5:1に設定可能) Motion Scaling 機構を備えており、より精緻な鉗子操作が可能である。

### III 世界の現状

da Vinci® Surgical System を使用した手術は、2009年末までに全世界で約50万件行われている。近年、増加傾向であり2009年の1年間だけでも20万5,000件施行されているが、その44%は前立腺全摘術であり、次に多いのは子宮全摘術で34%を占めている。それに対し、最初にFDAにて承認された消化器外科領域でのロボット手術は近年徐々にその有用性が報告されはじめているが、それほど普及していないのが現状である<sup>2)</sup>。

### IV 日本国内での現状

我が国においては臨床導入が遅れていたが、2009年11月ようやく一般消化器外科領域、心臓外科領域を除く胸部外科領域、泌尿器科領域、婦人科領域における da Vinci® S HD Surgical System (Intuitive Surgical, Inc.)の使用が薬事法上の承認を受け、2010年3月より一般販売されている。施設の条件としては、機器の性能、使用方法に精通した医療チーム体制が構築されていること、内視鏡手術の恒常的な実績を有すること(日本内視鏡外科学会の技術認定医が在籍すること)が必要とされ、購入後3年間、全手術症例の報告が義務づけられている。また、術者は関係学会のガイドラインに則った所定のトレーニングを受講する必要がある。

2010年11月までに da Vinci® Surgical System が導入された施設は14施設、17台であり、近日中にもう2施設が導入予定である。しかしながら、本 system による手術は未だ保険収載はされておらず、混合診療可能な“先進医療”として認められている術式は現在のところ、前立腺全摘術のみである。つまり、da Vinci Surgical System を使用した手術のほとんどは、全額校費負担または自費診療として行われているのが現状である。

### V おわりに

da Vinci® Surgical System による手術は、従来の鏡視下手術に比べ利点が多いことから、その臨床使用は海外において急速に拡大している。本邦においても薬事承認や保険収載といった問題はあつたものの、今後、導入施設の増加や適応の拡大が予想される。

### 文 献

- 1) Himpens J, Leman G, Cadiere GB: Telesurgical laparoscopic cholecystectomy. Surg Endosc 12: 1091, 1998
- 2) Maeso S, Reza M, Mayol JA, Blasco JA, Guerra M, Andradas E, Plana MN: Efficacy of the Da Vinci Surgical system in abdominal surgery compared with that of laparoscopy. Ann Surg 252: 254-262, 2010