

ロボット支援手術の現状

2022. 02. 03

片岡康昭

ロボット支援技術は患者の体に小さな穴をあけて行う傷口が小さい低侵襲性の手術である。

そのため開胸手術や開腹手術に比べて手術痕はほとんど目立たず、より少ない出血量で、手術後の痛みも軽くなる。

術者は隣のコンソールから術野の3D画像を見ながら4本のロボットアームを遠隔操作する。

精密な術者の手の動きを再現しつつda Vinciシステム独自の機能で術者の手振れも防止されるため、従来の腹腔鏡下手術より精密な操作が可能となる。

呼吸器外科でロボット支援手術の対象としているのは肺がん、転移性肺腫瘍、および胸腺腫や神経原性腫瘍などである。

インチュイティブサージカル (Intuitive Surgical) 社のシステムは当初、兵士を手術する外科医を遠隔地から支援する目的であった。

当初の予定通りにはならなかったものの、ロボット手術システムを使用するという発想はすぐに世界中の病院で注目を集めるようになった。

ロボット手術システムが外科医にとって魅力的なのは当然である。

外科医は近くのコンソールを通じてマシンを操作し、メスなどの医療器具を直接持つことなく手術することができる。現在低侵襲治療や手術は拡大しつつある。

低侵襲治療とは従来行われていた開腹手術などに比べて切開創(傷)が小さく、患者の負担が小さい治療のことを指しており、大腸がん、胃がん、食道がんなど消化器系、泌尿器系、婦人科系、循環器等を対象としている。低侵襲性手術に用いられる内視鏡は検査目的の軟性内視鏡ではなく、腹部などに小さな開創を作り、そこから挿入する硬性内視鏡を用いる。低侵襲性手術のうち内視鏡手術は消化器系、泌尿器系、婦人科系を対象としており、腹腔鏡手術とも呼ばれる。

内視鏡手術の総症例数は日本内視鏡外科学会によると1990年に2,370件であったものが2017年には243,874件と100倍以上に拡大しており歴史的には胆石の根治において内視鏡下胆嚢摘出術として普及していった。この外科手術が可能となった背景には1990年以後よりテレビカメラが小型化したことや内視鏡像をテレビ画像上に拡大する技術の進展などが牽引した面が大きい。

現在では機器の小型化ばかりではなく外科医の目に該当する内視鏡では4K画像や機器の位置把握に便利な3次元観察なども可能となっている。

内視鏡手術は患者への負担が小さいことから入院期間も短い。

例えば、腹腔鏡下胆嚢摘出手術では術後の回復が早く、回復した人は術後1～2週間の入院期間が必要であったのが腹腔鏡手術では1泊2日や2泊3日、最短では日帰りで帰宅が可能となり患者の社会復帰を下支えしており医療費の抑

制にもつながる。

これらの要素が後押しして内視鏡手術が普及していった。

今後は4K画像や3次元映像の活用のほかに人工知能(AI)を用いた内視鏡手術も増えてくるとみられる。

内視鏡手術は主に2次元の画像を見ながら手術を展開するため、目印となる臓器や血管を誤認し、健康な臓器を傷つけたり出血させたりする偶発事故が起こる可能性がある。

そのため手術動画から生成した数万枚の手術画像をAIに学習させることで熟練医が経験から覚えた「暗黙の知」をAIが解析し、手術を安全に進めるための位置情報を手術映像上に表示し、術者は示された位置情報を基に手技を展開することで安全を向上させることが期待されている。

4K画像や3次元映像、AI活用など今後も内視鏡手術は技術革新を取り込みながら拡大トレンドを維持していくとみられる。内視鏡手術には一般的に視野が狭いなどのデメリットが存在している。

例えば、腹腔鏡手術は二酸化炭素を注入してお腹を膨らませ、4つ程度の小穴をあけて内視鏡や鉗子といった腹腔用の治療器具を挿入して行う。

テレビモニタを見ながらの手技の展開のため開腹術より時間がかかる。肉眼で見るとより視野が小さく、技術的に難しいなどのデメリットがある。これらのデメリットを軽減する方法として、今後手術支援ロボットなどの増加が期待される。手術支援ロボットも腹腔鏡手術をになっており特徴として鉗子などを装着したロボットアームが自在に動き、画像は3D内視鏡の導入で3次元化されている。

マーケットの見地から

2000年にFDA(米国食糧医薬品局)の承認を取得し、先行して導入されてきた米インチュイティブサージカル社のda Vinciの場合、3D画像により通常の開腹手術では見ることができないような骨盤内の深部まで鮮明に確認できる。術者が3Dモニタを見ながら装置を動かすと、その手の動きはコンピュータを通してロボットに伝わり、手術器具が連動して動く機構になっている。

手振れも補正されることから精度の高い手術が実現されており、da Vinciを活用した手術件数は右肩上がりですべて推移している。これまで手術支援ロボット市場ではda Vinciが全世界でほぼ独占してきており、日本でも現在約350台ほどのロボットが導入されているが、その大半がda Vinciで占められている。ただ2019年にda Vinciの特許の大部分が切れたことから先行新規参入メーカーの増加が予想される。

また、ロボット手術による健康保険の適用範囲は12年度に前立腺がんの摘出手術で初めて適用され16年度には腎がん治療が追加された。

また18年4月には胃がんや食道がん、肺がん、膀胱がん、子宮体がんなど12件が対象となっており適用範囲が広がっている。

こうした動きに手術支援ロボット導入によるメリットや腹腔手術の普及も重なりロボットの採用拡大が見込まれる。

手術支援ロボットの市場規模については、日本では2020年度で200億程

度に過ぎなかったが21年度以降では年率15～20%で成長すると見込まれている。

また海外においてはすでに米国を中心に20年で5500億円規模に達しており今後も年率12～15%のペースで拡大する見通しである。

国産初の支援ロボット「ヒノトリ」を開発

こうした中、日本では13年に半世紀を超える産業用ロボットの技術蓄積を誇る川崎重工業と検査診断の技術を有し医療分野に幅広いネットワークを有するシスメックスが手術支援ロボットの開発に向けて合弁会社「メディカロイド」を設立し、15年から本格的に開発を進めてきた。

開発の成果が実りメディカロイドは20年8月に手術支援ロボット「hinotori（ヒノトリ）サージカルロボットシステム」の製造、販売の承認を国内で初めて取得した。

ヒノトリの売り上げ規模は21年度の100億～150億の見込みに対して30年度には1000億を目標に掲げている。

ヒノトリはda Vinci比ベアームの軸数（関節）が多いことから可動の自由度が高い。またヒノトリのアームは人の腕と同じサイズになっているためアーム間での干渉を回避している。

操作性に優れているほかサイズも小さく、すでにda Vinciを操作している医師から高い評価を得ている。

ヒノトリの対象診療領域は泌尿器科からスタートしており、すでに21年5月までに前立腺がんの手術など約20例の臨床をすべて成功している。また、手術支援ロボットの保険適用の範囲が広がっていることから今後は消化器系外科や婦人科、呼吸器系外科へと対象診療科領域の拡大を狙っている。

営業の展開についてはヒノトリの開発をサポートしてきた病院へ納入することで順次実績を積み重ね、その後販売を広げてゆくほか、欧米市場への参入を目指している。

ヒノトリの優位性は操作性のほかにアフターサービス体制やシスメックスの有する医療機関とのネットワークで、これらの強みが受注活動に寄与する。

このほか20年4月から「高速通信規格」5Gを活用することで、ヒノトリを遠隔操作する実証実験がスタートしている。

実証実験は神戸大病院国際がん医療・研究センターで手掛けており、商用5Gネットワークを活用した手術支援ロボットの遠隔操作の実証実験は世界初といわれている。医師が5Gを介して数十メートル離れた部屋から送られてきた3D画像を見ながら「人間の腹部」に見立てた模型に対して執刀を行う方式で、実証実験は成功に至っている。

当面は模擬手術を続け、今後は動物の臓器を用いた実証実験に進む見通しである。

遠隔操作が実現できれば外科医が不足する地方においても質の高い手術が可能で、将来ヒノトリは医療の地域格差の改善にも貢献すると考えられる。

また、5G活用による遠隔操作でヒノトリの価値が一段と高まるとみられ、採

用に弾みがつくことが予想される。

スタートアップ企業も手術支援ロボット市場への参入を進めており、大手関連企業との協業を図っている。

東京工業大学発スタートアップの「リバーフィールド」は世界初となる空気圧駆動型の内視鏡ホルダーロボット「EMARO」(エマロ)を開発している。

空気力でロボットのアームを動かすことを特徴としており、空気圧特有の「圧縮性」を活用している。空気圧には圧力を加えると体積が縮み、圧力を除くと元の状態に戻るが、空気圧の柔らかさを応用することでしなやかに動くロボットを実現している。すでに15年からエマロの製造販売をスタートしているほか20年6月低侵襲医療用の手術機器を手掛ける NISSHA と資本業務提携を交わしている。

リバーフィールドは NISSHA と協力体制を組みロボット開発を一段と進める方針である。

国立がんセンター発スタートアップの「A-Traction (エートラクション)」は臓器の索引・テンション維持など術者をサポートする助手の機能に特化したロボット「ANSUR (アンサー)」を開発している。こうした中、中、極細ステンレスワイヤーロープなどを手掛ける朝日インテックがシナジー効果の創出を目指し、20年7月にエートラクションを買収し、社名をアサヒサージカルロボティクスに変更した。アンサーは22年の発売を目標としており、朝日インテックのチャンネルを活用することで5年間で100台の販売を目指している。

手術支援ロボットに組み込まれる精密減速機など部品の市場拡大も期待される。手術支援ロボットは6軸が主流の産業ロボットに比べ軸数が多いことから関節要素として使われる減速機もその分一台当たりの搭載数が増加する。

中でも手術支援ロボットには小型超精密の減速機が採用されていることからハーモニック・ドライブ・システムズにとってはビジネスチャンスが広がり始めている。

インターネットからの文献より

医療分野ですでに実績を残し最も期待されているロボットといえば「da Vinci (ダビンチ サージカル システム)」の名を挙げる人は多いであろう。2017年に da Vinci を使って行われた手術(症例)は世界で約87万5000件、前年比16%増と大きく伸びている。

このような da Vinci であるが医療従事者でなければ名前は知っていてもどのようなロボットでどんなメリットや課題があるのか、導入や活用事情を知る人は少ない。そこですでに2011年ごろから da Vinci を導入し、2018年5月末時点で1000件の手術を行ってきた聖路加国際病院の協力を得てロボット手術の現状と実態に迫る。

da Vinci は医師の代わりに手術を執刀するロボットではない。医師が腹腔鏡手術(胸腔鏡手術)を行う際に操作するロボットである。聖路加国際病院の呼吸器外科でロボット手術センターの副委員長を務める小島医師は da Vinci についてこう語る。

「da Vinci は主にがんやポリープなどを切除する「腹腔鏡手術」を支援するために使われている。特に導入が進んでいる米国では今まで高度な技術とされている腹腔鏡手術がロボットを使うことで比較的簡単に手術できるということが浸透してきて泌尿器科や婦人科を中心に開腹手術からロボットによる「腹腔鏡手術」の置き換えが急速に進んでいるといわれている。

その割合は10年前は約80%が開腹手術だったのに対して最近では10%台まで減っているという調査会社のレポートもあるようだ。日本でも保険が適用される泌尿器科の前立腺がんなどの手術に使われてきた。

そこでは手術成績や機能温存に明確な成果が出たことでロボット支援手術を希望する患者が集中していることも報道されている。

開腹手術が主流であった米国ではロボットを導入することによって腹腔鏡手術ができるようになり、ロボットの導入が大きい。日本の場合は実情が少し異なっていて諸外国に比べてロボット手術のメリットが見えにくい。というのも腹腔鏡手術が医師の手により盛んにおこなわれていたからである。

日本では腹腔鏡手術を医師の手で行うか、医師がロボットを使って手術を行うかの選択になる。ロボット支援手術になると医師の負担は大きく減って正確さも向上するが患者にとってのメリットを出しにくかった。」

そのような中で21年4月に保険適用の術式が増えたので今後は患者にとっての費用面の課題がなくなるため小島医師の担当する呼吸器外科でもロボット支援手術の導入が増えていくと予想される。

ロボット手術センターとしては「ロボット支援手術を取り入れていない病院は今後やっていけなくなるのではないか」というつもりで準備を進めている。

開腹手術と腹腔鏡手術

もし手術を担当する医師から「お腹を大きく切る手術と小さい穴をいくつか開けて行う手術とどちらを希望しますか？」と言われたら多くの人は後者を選択するだろう。

世界的にみると、外科手術ではお腹や胸などを縦や横に大きく切って開き、手を入れて施術する「開腹手術」(開胸手術)が多く用いられる。

開腹手術ではケースによっては手術による傷跡が大きく残ったり、手術による傷が回復するのに時間がかかることもある。手術による傷の大きさを最小に抑え術後の回復期間も短くできるという利点があるのが「腹腔鏡手術」(胸腔鏡手術)である。内視鏡手術ともいわれている。

腹腔鏡手術ではお腹に比較的小さな穴をあけ、内視鏡と鉗子やピンセット、尖刀等のアームをその穴からお腹などに入れてカメラとアームを使って手術を行う。

なお、傷口が小さく身体にやさしい、早期に社会復帰できる手術を「低侵襲手術」と呼ぶ。

しかし低侵襲の腹腔鏡手術は特別なスキルが必要とされる。鉗子や尖刀等の手術用の器具は真っすぐな棒状であり、内視鏡カメラで見えるモニタの限られた視界の中で基本的には真っすぐな棒のアームを駆使して血管などの大切な周囲

の組織を傷つけずに患部を切ったり縫ったりするのは繊細さが必要だ。そのため腹腔鏡手術を行ったものの状況によっては手術の続行が困難だと医師が判断した際には開腹手術に移行するケースもあるという。こうした背景もあり、細かで繊細なスキルが必要な医師の手による腹腔鏡手術は（手先が器用な）日本や韓国がリードしてきた。海外では腹腔鏡手術のメリットは理解されていながらもその難易度から一般的とは言えない状況であった。

腹腔鏡手術の難易度を下げる da Vinci

そこに登場したのが da Vinci である。最新型の da Vinci Xi は 4 本の腕を持ち、内視鏡と 3 つのアームを入れることができる。さらにはそのアームの先端部分にいわば手首のように曲がる関節があって、医師の操作によってお腹の中で先端の向きを比較的自由に変えることができる。Da Vinci の IT を使った最新技術はほかにも多々あるが概要から言えばロボットを活用することで難易度の高い腹腔鏡手術の際の自由度が格段に向上する。手術の正確さを上げることができて医師の負担も減る。また患部の周辺が狭すぎるなど従来の手術では困難だと考えられていたケースであっても手術ができるなど多くのメリットが注目されるようになった。

「泌尿器科」の実績が多数

da Vinci は現在「泌尿器科」の利用と実績が最も多い。その理由は泌尿器科の手術は骨盤の奥にある膀胱や前立腺などの極めて狭い領域での手術になることが関係している。

アームの先に関節があって曲げられるため自由度が高く、さらに 3D で立体視できるカメラシステム、手振れ防止機構など様々な最近技術を使って大きな成果が得られることが数々の実績で証明されてきた。

これを受けて日本でも早期からロボット支援技術が前立腺がんや腎がんなどでは保険が適用されてきた。患者の費用負担が少ないことも「泌尿器科」の実績が多いことの一因になっている。

患者にとってのロボット支援手術のメリットを再度見てみると「腹腔鏡手術」は一般に出血量も少なく「低侵襲性」で早い社会復帰が見込めるためメリットは大きい。

ところがすでに医師の手と器具による従来の腹腔鏡手術が行われてきたため、あえてロボットを使って行う手術のメリットが見えにくい。

また多くの手術（術式）ではロボットの使用に保険が適用されてこなかったため全額自己負担で手術代を払ってまでロボット支援手術を選択する理由が乏しかった。一方で保険の適用がある泌尿器科の前立腺悪性腫瘍手術などにおいては医師の手による手術とロボットを使った手術の費用が変わらないため、いまではロボット支援の症例数が急増していて、ロボット支援手術が可能な病院が患者に選ばれる。この状態に変化が起こった。18年4月に12の術式においてロボット支援手術のメリットが認められ、保険適用となった。

それは泌尿器科にとどまらず多くの診療科でロボット支援手術の導入が加速する可能性を示唆している。

ロボット支援手術の保険収載

従来からの保険適用；腹腔鏡下：前立腺悪性腫瘍手術、腎悪性腫瘍手術

18年4月から保険適用に追加；胸腔鏡下：縦隔悪性腫瘍手術、良性縦隔腫瘍手術、肺悪性腫瘍手術、食道悪性腫瘍手術、弁形成術

腹腔鏡下：胃切除術、噴門側胃切除術、胃全摘術、直腸切除・切断術、膀胱悪性腫瘍手術、子宮悪性腫瘍手術、腔式子宮全摘手術

da Vinci Xi の構成

da Vinci は大きく分けて3つの装置で構成されている。

一つめは操作するために着座しロボットアームやカメラで視界を制御するための「サージョンコンソール」でコックピット（操縦席）とも呼ばれている。

二つめは手術台の前に立って実際に手術を行うロボットアームを持った「ペイシェントコンソール」で、da Vinci が手術台の患者を手術するロボットである。

三つめは手術中の da Vinci の3D内視鏡カメラ映像を最適化する「ビジョンカード」である。モニタ画面はタッチパネル式。画面に手を当てて文字や矢印等を画面上に記入することができる。

これによって執刀医以外の医師や看護師と画像を通してコミュニケーションをとったり指示を仰ぐなどの利用が想定されている。

臨床工学技士

da Vinci によるロボット支援手術中の臨床工学技士による直接的な臨床技術提供はほかの臨床業務に比べて限定的であるが da Vinci の稼働には多くの電力（7Kw）を必要とすること、各診療科および術式によって多種多様な医療機器を必要とすることから使い勝手の良い医療機器配置環境と安全な電源レイアウトを目指さなくてはならないという点で医学と工学の知識を有する臨床工学技士の果たすべき役割は極めて大きい。da Vinci を用いたロボット支援手術の導入と運用には「担当科医師のみならず麻酔科医師、看護師、臨床工学技士の緊密な連携が術式以上に必要」といわれる。

さらに現在保険適用となっているすべての術式の施設基準で常勤の臨床工学技士の配置が要件の一つになっていることから、ロボット支援手術に対する臨床工学技士の関与はチーム医療における多職種連携の一翼を担う必須のものといえる。

da Vinci の導入に当たってはその構成、特徴、使用をよく理解したうえで、必要な電気設備や医療ガス設備、通信設備を整え、術式ごとに医療機器を選定し適切な配置と配線、電源レイアウトについて臨床工学的観点から提案していくことが重要な役割である。

da Vinci はサージョンコンソール、ペイシエントカート、ビジョンカートの 3 つのコンポーネントから構成され、各コンポーネントはシステムケーブルと呼ばれる光ファイバケーブルで接続され、従来の鏡視下手術に用いられる装置に比べ制御が複雑かつ精密で専門性が高い。

電気設備は 3.5 Kva を必要とし、施設の無停電非常電源設備の余力の確認、無停電非常電源用幹線設備から手術室までの一次側工事、手術室内のアイソレーショントランスユニットの設置および da Vinci 専用壁面コンセントの二次側工事について設備部門と連携が必要である。医療ガス設備は従来の鏡視下手術と同様に気腹装置が必要であり、駆動源に炭酸ガスが用いられる。手術室への供給が中央配管システムによる集中管理方式であるのか、ガスボンベによる個別供給対応になるのか確認する必要がある。

「JIS7101:2020 医療おガス設備」によって「供給設備の容量能力および貯蔵量は使用状況、推定使用量および配送の頻度に基づかなければならない。

第一供給装置、第二供給装置および予備供給装置の備蓄能力並びに設置場所および貯蔵する充填容量の数は医療施設の責任者が設備設計者、製造業者、ガス納入者などと協議して定め、施工業者はそれらを反映しなければならない」と規定されている。

da Vinci 導入によって炭酸ガスの使用量が増加することを事前に設備部門と情報共有し、必要に応じて備蓄能力を増強させておく必要がある。

通信設備

da Vinci のエラーは「回復可能なエラー」と回復不能なエラー」の二つに大別される。前者に属するものはエンドスコープの接続不良やインスツルメントと称される da Vinci 専用の鉗子類の接続不良に起因する比較的軽微なものが多く、施設内で比較的容易に解決可能である。後者に属するものはシステムやハードウェアそのものに起因する比較的重大なものが多く、専門性が高いうえ、メーカーからのエラーコード表の配布もないため da Vinci 本体に表示されるエラーコードから原因検索や解決のプロセスを得るためにはメーカーへの依存が比較的高い。

したがって迅速にトラブルに対応するためにも多くの施設でリモートメンテナンス (on site モニタリングシステム) の導入が行われている。

これには外部通信網ととしてインターネット回線の利用が必要となる。リモートメンテナンスを行う場合は院内セキュリティのクリアと外部通信網の整備が必要である。

横浜南共済病院の例

2019年3月 {da Vinci サージカルシステム設置}

5月 {ロボット支援手術導入} 泌尿器科・ロボット支援前立腺全摘術

8月 {術式拡大} 泌尿器科・ロボット支援膀胱全摘出

10月 {診療科拡大} {術式拡大} 婦人科・ロボット支援子宮全摘出術
 2020年5月 {術式拡大} 泌尿器科・ロボット支援腎部分切除術

ロボット支援手術実施件数

| | 泌尿器科 | 婦人科 |
|------|------|-----|
| 2019 | 49 | 6 |
| 2020 | 47 | 3 |

導入準備に当たっては泌尿器科医師、手術室看護師に加え臨床工学技士12名のうち2名を導入担当者として選出し「チームダビンチ」を編成した。

診療報酬によるロボット支援内視鏡下手術の保険収載術式(2020年6月末現在)

| | |
|-------------------|----------------------------|
| 1. 前立腺悪性腫瘍手術 | 2012年 |
| 2. 腹腔鏡下腎悪性腫瘍手術 | 2016年 |
| 3. 胸腔鏡下縦隔悪性腫瘍手術 | 2018年 |
| 4. 胸腔鏡下良性縦隔腫瘍手術 | 2018年 |
| 5. 胸腔鏡下肺悪性腫瘍手術 | 2018年 |
| 6. 胸腔鏡下弁形成術 | 2018年 |
| 7. 胸腔鏡下食道悪性腫瘍手術 | 2018年 |
| 8. 胸腔鏡下胃切除術 | 2018年 |
| 9. 腹腔鏡下噴門側胃切除術 | 2018年 |
| 10. 腹腔鏡下胃全摘術 | 2018年 |
| 11. 腹腔鏡下直腸切除・切断術 | 2018年 |
| 12. 腹腔鏡下膀胱悪性腫瘍手術 | 2018年 |
| 13. 腹腔鏡下子宮悪性腫瘍手術 | 2018年 |
| 14. 腹腔鏡下腔式子宮全摘手術 | 2018年 |
| 15. 胸腔鏡下拡大胸腺摘出術 | 2020年 (重症筋無力症が対象) |
| 16. 胸腔鏡下食道悪性腫瘍手術 | 2020年 |
| 17. 縦隔鏡下食道悪性腫瘍手術 | 2020年 |
| 18. 腹腔鏡下臍体尾部腫瘍切除術 | 2020年 |
| 19. 腹腔鏡下臍頭部腫瘍切除術 | 2020年 (腹腔鏡下臍頭十二指腸切除から名称変更) |
| 20. 腹腔鏡下腎盂形成手術 | 2020年 |
| 21. 腹腔鏡下仙骨膿固定術 | 2020年 |

インチュイティブサージカル合同会社について(ISRG)

所在地：サニーベル、カリフォルニア 設立：1995年

従業員：5527人

株価：307.74ドル 2022年1月14日現在

NASDAQ 上場

時価総額：109,936,072千ドル

出来高：93万株

資本金：100,000ドル

2017年10月 1094ドルで三分割（三分割後400ドル）

2021年10月 1096ドルで三分割

ロボット支援技術用機器のシェアー

インチュイティブサージカル 68%

アキュレイ 13%

ストライカー 3%

ハンセンメディカル 1%

一株益

2017年 12月 5.77ドル

2018年 12月 9.49ドル

2019年 12月 11.54ドル

2020年 12月 8.82ドル

売買実績：2000年 7月 買い@77.28円

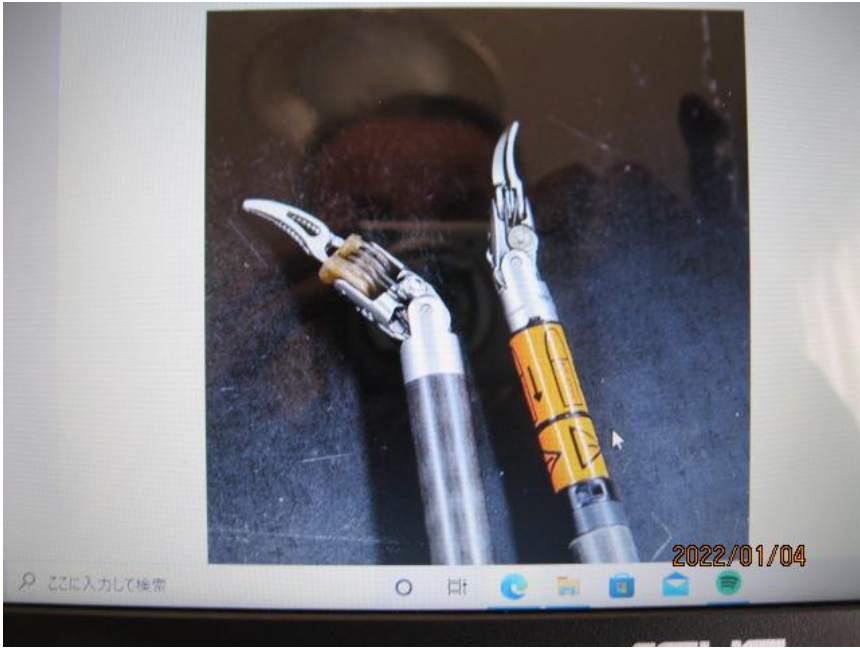
2001年 6月 売り@97.85円

参考文献

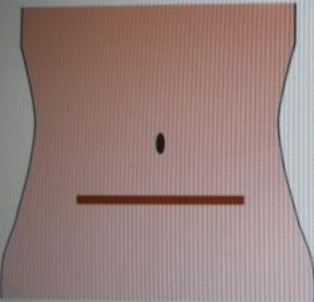
立花月報 2021年10月号

インターネット文献 神崎洋治

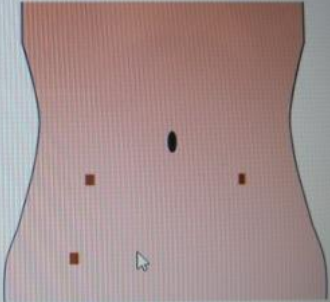
Clinical Engineering 2020 8月号



手術による傷の大きさを最小限に抑え、術後の回復期間も短くできるという利点があるのが「腹腔鏡手術」(胸腔鏡手術)だ。内視鏡手術と言った方が解りやすいかもしれない。腹腔鏡手術ではお腹に複数の比較的小さい穴を開け、内視鏡と鉗子やピンセット、尖刀等のアームをその穴からお腹などに入れて、カメラとアームを使って手術を行う。なお、傷口が小さく身体にやさしい、早期に社会復帰できる手術を「低侵襲手術」と呼ぶ。



開腹手術の例(横切開)



腹腔鏡手術の例

しかし、低侵襲の腹腔鏡手術には特別なスキルが必要とされる。鉗子や尖刀等の手術用器具は真っ直ぐな棒状、内視鏡カメラで見えるモニターの限られた視野の中で、基本的には真っ直ぐな棒のアームを操作して、血管など大切な臓器の神経を傷つけずに患部を切ったり縫

2022/01/04