

手術支援ロボティックシステム

緒 言

越 智 隆 弘*

外科手術技術は長年にわたり着実に進歩してきた。麻酔技術の進歩にも支えられ、大きな展開が可能になっていった。その極みが臓器移植の成功といえるのではない。その一方で、外科手術のもうひとつの目標として近年急速に進歩してきたのが低侵襲手術である。その代表は内視鏡手術である。限られた視野の中で、最小侵襲で安全かつ正確な手術を行う内視鏡手術は、整形外科領域でも諸種の関節鏡として広く用いられてきた。

低侵襲手術の次の大きな発展はロボティックシステムに依るものと思う。ロボティックシステムというのは自動的に手術を行う手術ロボットと誤解される向きがあるが、もっと包括的な手術器具システムである。三ないし四次元画像解析システム、ナビゲーション、手術支援ロボット、遠隔システムなどを包括した全体を指している。

1. 手術に必要な過程

手術に関連して外科医が行う過程を考えてみよう。第一は病態解析である。従来、外科医が視診、触診に始まり諸検査をあわせ、X 線像を眺めながら病巣の大きさ、周辺への浸潤その他の状況を判断してきた。第二は手術計画である。破壊された組織がどのように修復されるべきかを定める。そしてそのための手術アプローチを慎重に検討する。諸家の経験に基づくいくつかのアプローチのうちで最もやり易いものを選ぶ。整形外科手術の場合には固定器具の選択あるいは人工関節の選択などもこの段階である。第三は手術を行うことになる。研ぎ澄まされた手技で、手術を進める。予期しなかった場面に遭遇すると長年の勘で瞬時に判断し安全な操作を進める。綿密に計画されているほど正確、安全に手術は進められる。

2. ロボティックシステムの導入

i) 画像解析：ロボティックシステムはどのように利用できるか。まず第一の病態解析の部分には、CT または MRI 画像をコンピュータ処理する画像解析技術は有力な手段となる。腫瘍その他の原因により破壊された組織の形態・質の変化をテレビ画像に抽出してくれる。破壊部分をあらゆる方向から、またあらゆる断面で抽出してくれる。名人でなくても、まだ研修中の外科医にも分らせてくれる。

明らかな病巣を示された部分に対してどのような対応をするかの手術計画は困難でない。このシステムによって手術計画をたてるうえで強力な支援はシミュレーションシステムである。例えば人工股関節手術を想定して手術結果の画像をシミュ

* 大阪大学医学部医工学治療学教授

レーションする。左右の脚長差が生じないか、前捻角は適正か、どの動きで脱臼が生じるか、などが手術計画の段階で示され修正ができる。特に、股関節周囲の筋力の要素も加えてのシミュレーションが鈴木直樹教授によって進められているが、歩容の予測までできるのは夢のようなことである。

ii) 手術の遂行：手術をプログラムされた通りに行う方法として二つに分けられる。

ひとつはナビゲーションの技術を用いながら外科医の手で手術を進める方法である。身体の一部と、手術器具としてつけたマーカーをセンサーで検知して手術の方向性を示すものであり、手術の安全性、正確さを一層増すシステムである。

手でなし得ない、低侵襲で正確な手術操作を行う手術器具は手術ロボットと呼ばれる。脳外科領域では、頭蓋骨に開けた小孔からの血管操作を可能にしている。内臓外科領域でも腹壁の小孔からの腹部手術を可能にしている。整形外科領域で実用化されているロボットは人工股関節手術の大腿骨部分を正確に削るものであるが、低侵襲手術といえるものではない。しかし、骨セメントを用いた初回手術に弛みが生じての再手術の際に、前手術の骨セメントが残存していても正確に削る技術は、まさに外科医の手でできない作業である。

iii) 遠隔医療：遠隔ということもロボティックシステムの目標である。基本的には手術操作をする医師の居るスペースと、患者、手術器機、安全装置などの在る清潔なスペースが分かれていることが必要条件である。術者は患者の居る手術室(カプセルでもよい)の環境を共有しながら、例えば術中コントロールの X 線などの被曝もなく、ストレスの少ない状態で手術器具(マスターマニピュレーター)を操作できる。術者の居る部屋と患者の居る部屋が離れてくると生じる問題は、いわゆるタイムラグである。

遠隔で存分に処置ができる手術支援ロボットは現在日本のチームによっても開発が進められているが、まだ完成されていない。しかし、遠距離という問題に関する通信技術の改良には手掛りができた。阪大病院から 60 km 離れた貝塚市の河崎病院画像解析センターに設置された MRI、オープン MRI と阪大病院医療情報部のスタジオとの間が回線でつながれた。最も特記すべきこととして、河崎病院のオープン MRI を用いて、阪大病院と連絡をとりながら小手術が行われるようになったことである。さらに、河崎病院から MRI 画像が阪大病院に送られると、即時、前述の画像解析像が送り返され患者説明にも使えるシステムができた。例えば、諸施設と阪大病院を結ぶネットワークにより地域医療のレベルアップにも活用できると期待されている。

3. おわりに

本シンポジウムでは手術支援ロボティックシステムの日本における先端の一部をご紹介しているが、臨床でのニーズに応じてどんどん発展している領域であることを申し添えたい。将来ともに必要な器機があれば、必ず開発できる知識と技術は日本にあるので、関連の方々と共同して素晴らしい器機を日本から発信したいものだ。