

連 載

## 日常診療と画像診断（8）

### 医用画像と手術室

佐久間 貞行

#### はじめに

最近手術室の将来を考える機会を得た<sup>(1)</sup>。手術室の未来を考察することは、医療の未来像を描いてみることでもある。

最近の外科手術の傾向は低侵襲化にある。低侵襲化に伴って患者の身体的負担が少なくなり、術後の回復も早い。早期退院も可能になる。とくに高齢者など回復力の弱い患者にとっては QOL を高める、有力な手術法である。すでに我が国でも、IVR や内視鏡下手術など低侵襲手術の一部は実践されている<sup>(2,3)</sup>。手術の低侵襲化を進めると術式のロボット化も視野に入ってくる。欧米ではすでにロボット手術が幾つかの分野で実用化されている。我が国でも低侵襲手術支援システム、ロボット手術の研究開発が行われている<sup>(4)</sup>。

#### 予測される医療の変化

ここで手術とは、体内の病変に対して物理的手段を用いて除去または縮小する治療を行うことを指すこととする。したがってここでいう手術には現行の侵襲的外科手術とともに、内視鏡手術、IVR、レーザー治療やサイバーナイフなどを含めた放射線照射等々を包含する。

医療の今後の変化の鍵は、分子遺伝学の臨床応用、情報技術の進歩と普及、マイクロマシンやナノマシンの開発、炭素素材の応用<sup>(5)</sup>が主と考える。病因の外因性、内因性に関わらず遺伝子と全く無縁の疾病はないと考えてよい。ポストゲノムの医療は臨床診断の諸処に DNA 診断が行われるようになるであろう。色々な疾患のハイリスクグループの抽出が容易になれば、健康診断も行うべき症例が絞られるために、より精密な健診を行わねばならない。健診に用いられる画像診断も例外ではない<sup>(6)</sup>。その結果としてきわめて早期に疾患が発見されるようになれば、適応の第一が摘除である疾患であっても手術の低侵襲化が一層

促進される。微小病巣の手術にはより精細な手術器具が必要になる。内視鏡を含めマイクロマシン、ナノマシンの開発、応用が必須であろう<sup>7)</sup>。マイクロマシン、ナノマシンの開発に適した素材としてフラーレン、ナノチューブなどの炭素系素材は魅力的である。

### 医用画像と低侵襲手術支援装置

微小な病変を対象にするには内視鏡手術も含め、現行の脳疾患や眼疾患のように顕微手術の手法が要求されるようになる。病変が微細であるほどその部位、進展範囲、周囲の健常組織の状態が明確に判断される必要がある。現状では術前の画像診断とそのデータを基にした手術計画、計画を基にした再生画像の術中の利用が主体である。術中の確認は拡大鏡や内視鏡下の直接あるいはモニター像の視認か、超音波画像を利用する程度である。術中に直接微細病変を描出して、リアルタイムにボリューム(三次元)画像が得られる医用画像装置が必要になる。このような低侵襲手術に用いられる医用画像装置は手術室内にあって、患者、術者ともに安全性が確保され、術野が装置のなかに在って術中に確実に画像情報の得られる装置が求められる。

画像装置は現行の装置の転用も考えられる。超音波は即時性には優れるが、ボリュームと画質の改善では限界がある。X-CTは即時性の改善が必要であるが、用いるとすれば術者が照射野外にあるようにしなければならず、遠隔操作の確実性が要求される。しかし可能である。MRIはいかにしてリアルタイムに画像を現出するか解決すべき問題はあるが、可能ではある。IVRには縦型の装置などが操作しやすいであろう。しかし小型で手術操作の障害にならないような低侵襲手術に適した装置の開発も望まれる。これにはフラーレンを圧縮した強磁性体の利用など炭素素材の応用なども考えられる。

### 低侵襲手術の器具と装置

このような低侵襲手術術式が成立するためには、組織の分離、切除、焼灼、縫合、移植などを実行するためのナノマシンナリー、マイクロマシンナリーを駆使したディスプレイ・チップが必要である。それにはフラーレン、カーボンナノチューブなどの炭素の物理的特性を活かした器具の開発が期待される。これらのチップが病巣と周囲組織の微細構造に応じて繊細な動作をし、モニターに表示された拡大画像を見ながら、マニピュレーションすることができる手術

支援システムの開発が必要になる。

術野と術者の間隔はマニピュレータが介入するために離れる。微細な操作時に用いる画像は表面の画像のみではなく、内部も表示することが望ましい。すなわち患者は診断装置の中に在り、マニピュレータを介して術者は術野に接することになる。術者の操作する手動部分と患者に接する先端部分は必ずしも機械的接合でなくてもよく、電気的あるいは電子的接合でもよい。したがって十分に離れることができ、モニターを視ながらの遠隔医療的手術も可能になる。器具先端に硬度や歪を感知するセンサーが使用できるようになれば、症例によってはプログラムによった自動手術装置も夢ではなく、術者は監視を怠らねばよく、このときは手術ロボットと言えるであろう。

### 手術室のあり方

現在の手術部門の配置は手術室を中心に前室(準備室)、器材室、電算機室、スタッフ控室、患者受け入れ室、回復室、離れて中央材料室などがある。手術室のイメージの第一は先ず細菌を対象にした清浄であろう。たとえば無菌手術室、回復室の清浄度は0-10(1立方フィート中に $0.5\mu$ 以上の浮遊粉塵数が100個まで)、一般手術室、無菌病室の清浄度は10,000-100,000が許容範囲とされている。しかし将来の手術室に要求される条件は、除菌も要であるとしても低侵襲手術では無菌室ほどの清浄度でなくてもよく、むしろ黴対策が要求されるであろう。また医療廃棄物処理が重要である。少なくとも血液汚染の考えられる人体に接触する器具は、滅菌再生せず使い捨てにすることが望ましい。廃棄物処理は固めるか、溶かして再生、一部は焼却することになる。手術室でできる医療廃棄物の保管、処理システムのための一室が必要になるであろう。清浄もさることながら低侵襲手術を実行・支援する電気配線、電磁防護、放射線防護といった面が強調されるようになると考えられる。

したがって手術部門の部屋の構成は、現行の放射線部門の撮影室と操作室のような、十分に防護された手術室と操作室が中心になり、器材室、電算機室、配電室、廃棄物処理室などと、前処置室、回復室が配され、器具の細小化、ディスプレイ化が進み、大掛かりな消毒や、院内でのセット作りが省略されるので、中央材料室などはほとんど不用となる可能性が高い。

## おわりに

画像診断は、モダリティの多様化とともに診断精度の向上が計られ、体内の状態がかなり微細なところまで描出されるようになった。したがってこの画像を病巣の摘除または消滅のガイド、モニターに使用することが出来るようになった。その先駆となったのが **IVR** である。一方顕微鏡の応用は顕微手術を、内視鏡の進歩は内視鏡下手術を普及させた。放射線治療も原体照射にはじまった病巣への適中性は、ガンマナイフ、サイバーメスへと発展した。さらに IT の進歩とマイクロマシンの実用化はロボット手術へと進化させた。医用画像をどこまで使いこなすかがこれからの手術に課せられた課題であろう。

(名古屋大学名誉教授)

## 文献

- 1) 柳沢忠：健康デザイン研究会・手術部研究 WG,2001.12.
- 2) 万代恭嗣編：内視鏡下手術の最前線(外科臨床ハンドブック 3),1994.6, 中山書店.
- 3) 丸山優編：内視鏡下手術最近の進歩(形成外科 ADVANCE シリーズ 2-3),1998.3,克誠堂.
- 4) NEDO 公募：「内視鏡等による低侵襲高度手術支援システム」平成 12 年から 5 年間.
- 5) 佐久間貞行：医療と技術革新,燦 40,5-6,1999,1.
- 6) 佐久間貞行：ポストゲノムの画像診断、健康文化 30,37-42,2001,10.
- 7) 佐久間貞行他：マイクロマシン開発の現況,先端医療 1,1994.