

講座 マイクロマシンシステムの医療応用〔第3回〕

政策研究院 教授 藤正 巖

低侵襲への限らない挑戦 マイクロマシン手術システムの開発

医療用マイクロマシンは既に存在するといつてよい。すべての治療領域で低侵襲化が起こり始めたことが、医療のマイクロマシン適用に大きな市場を与えた。医療においては治療は生体に侵襲を与える行為に他ならないから、必要な侵襲は十分に不必要な侵襲は最低限にと考えると、侵襲となる外科手技は少なくなる。

マイクロマシンプロジェクトの始まった丁度同じ頃に腹腔鏡を用いた遠隔操作の低侵襲外科も始まり、やがてそれは手術革命の本流となった。そのキーワードも微小化である。しかしわが国ではこの領域での医療を手術の本流としなかった。その理由の一つには治療用具や機器の大半が輸入品で開発を引き受ける企業がなかったからにすぎない。そのうえにこの領域は医療の現場でも産業界でもマイクロマシンという認識があまりない。理由は単純である。道具の使用法が手技に頼っていて機械システムの認識が少ないからである。いままでの人の手によって行ってきた技術を、ただ単に狭い操作チャンネルを通した遠隔操作にただけに過ぎないからである。

しかし海外の医療技術開発者はそうは考えなかった。この領域こそもう一度外科の技術を治療機械システムとして再構築すべき領域と考えた。全ての外科操作を低侵襲システムに設計し直すために、生体の何を対象にどのような物理量を測りどのような観測をしてどのような操作をすれば良いかを決めようというのである。小さな外套管を通して行う手術は必然的に生体の計測と制御システムをマイクロマシンで構築せねばならない。腹腔鏡下の胆嚢摘出術から僅か10年後の1999年にはゼウス(Computer Motor社やダビンチ Intuitive Surgical社)と呼ばれる本格的遠隔ロボット手術装置がFDA(米国食品医薬品局)の許可を得、アメリカ・カナダ・ヨーロッパで各種の低侵襲手術を始めると共に、需要は多いが対象が小さく遠隔操作が困難な手術と考えられる冠動脈バイパス手術さえもシステム開発の対象とするに至った。人工心臓を使わないで心臓が拍動したまま冠動脈血管とバイパスグラフトを吻合する手術(ポンプ・オフ手術)がこれである。拍動する心臓にも血管吻合するための小型マイクロハンドを取り付け、遠隔から手の動きをモーションスケーリングを行って手術を行う手法が登場することになった。この領域には、もはや外科、内科といった区別は存在しない。あるのは、どのような病態にどのような手法で治療を行うかをロボット手術システムと、手術用のMRIやX線CT画像装置とのデータ統合によって手術を計画し実行するシステムを、統合した医療チームが使うことである。

このような装置に取り付けられるマイクロシステムの技術要素としては、必要とする操作に十分なトルクを発生する駆動手法と生体に無害な材料の提供を必要とする。液体を取り扱う際の粘性や血液凝固や気泡の付着に関する情報、滅菌、抗菌などの情報、これらの

情報から得られた多くの制限条件から、機械の設計を再度検討する必要が出てくるだろう。現在成功しているシステムの多くは、その根本に、それらをうまく回避した高度の科学的知識の集積があり、独自の産業技術があることを忘れてはいけない。

遺伝子治療はポストゲノム医療技術の本流 医療マイクロマシンで何ができるのか

近い将来、医療でもっとも本質的な治療を行うのは、個人の遺伝子を同定し、個人特有の遺伝子異常を発見し、その人に合わせた遺伝子的治療を行うことだと誰もが思っている。しかし、現状は疾病に特定の遺伝子を発見し、ウイルスなどのベクターにその遺伝子を乗せて、全身へ遺伝情報を送ってやることしかできない。マイクロナノマシニングによってDNAチップが完成しても、治療の手法が無い場合は、遺伝子治療は絵に描いた餅となる。したがってこの領域は、遺伝子治療用の道具を如何にうまく作るかに、その発展の行く末がかかっている。遺伝子の全情報が明らかになり、その発現形式が明らかになったのちのいわゆるポストゲノムの時代は予想外に早くくる可能性がある。この時には疾病の発現部の組織や細胞を特定して、その部分に遺伝子操作を加える必要があるが、いまのところ誰もそれをしようとはしていない。マイクロマシンの技術者がこのような医療現場に存在しないからである。

薬剤の特定部位への投与も、いまのところ汎用性のある技術が存在しない。すでに述べたように将来の医療画像装置によるデータ統合によって臓器や組織や細胞への微小注入カテーテルの遠隔挿入が可能となることは明らかだ。無侵襲よりむしろ低侵襲で操作の必要部分に特定のDNAや薬剤を送り込む技術の開発を大至急行う必要がある。この意味ではジョージア工科大学などで開発されている数十ミクロン四方に数ミクロンの針を無数に備えた注入装置の開発は大きな可能性を持っている。種々の形式の微小カテーテルの発想がこれからの医療現場から起こり始めるだろう。それはほんの僅か20年前の心筋梗塞の治療のためのPTCAやEPカテーテルの無かった時代の心臓内科と今日を比較して考えてみればよい。特定部位に接近し、そこで操作を加える機械的手法が登場することが如何に医療を変え得るかを知る必要がある。これらの技術は現場から登場した技術でもある。

このような目で見るとマイクロマシンやナノ技術の医療応用のための基礎技術は既に存在しているといつてよい。今、この世界で先端に立つには、広い視野を持ったエンジニアが医療現場に入ることに由るしかない。実現可能なすべてのマイクロナノマシン技術を引っさげて、医療の現場に入って行くエンジニアがいまこそ必要なのだ。