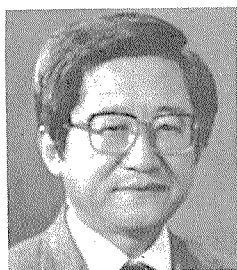


● 振興컬럼

마이크로 機器에의 提言



金 貞 欽
高麗大 教授 / 理博

눈부신 發展, 그러나...

현대 醫學처럼 눈부신 발전을 이룩한 분야도 드물 것이다. X線CT(Computer Tomography, 單層撮影)가 머리카락 자르지도 않고서도 머리카락의 斷面圖를 그려내거나, 光纖維로 된 胃鏡은 胃속을 환히 드러보면서 患部를 찾아낸다. 또 1940년대 이래 개발된 페니실린이나 마이신 등 抗生劑는 삽시간에 肺炎이나 結核菌을 이 세상에서 몰아냈고, 彈動心臟圖(BCG, Ballisto-Cardiography)는 ECG(심전도, Electron-Cardiography)와 더불어 심장질환의 상세한 질병을 찾아낸다. 그런가 하면 Internist Caduceus 또는 Mycin이라 불리는 內科病診斷 또는 감염성질환의 진단 및 처방을 도맡는 컴퓨터진단기(專門家시스템, 즉 Expert System)는 수백가지나 되는 내과계 病이나 감염성질환을 확률의 %까지도 표시하면서 척척 판단해 내고 환자의 몸에 알맞는 投藥의 處方까지도 도맡아 한다. 20세기 전반에는 상상도 할 수 없었던 엄청난 발전이었다.

그러나 그렇게 華麗해 보이는 현대의학도 視點을 달리한다면 아직도 엄청나게 原始的인 요소가 많이 남아 있다고 볼 수도 있다. 적어도 筆者의 눈에는 그렇게 밖에 안 보인다.

牛刀割鷄와 같은 手術法

예컨대 醫療分野에서 행해지고 있는 治療의 두 방법인 手術과 投藥技法만해도 그렇다. 그 技法은 너무도 전근대적 기술이라 아니 할 수가 없다.

우선 우리들의 몸을 한체의 집이라 비유하자(자동차나 비행기라 해도 마찬가지이지만), 인체에서의 병이란 집에 비유하면 그 집안에 들어있는 가구나 라이프라인(Lifeline) 또는 유틸리티(Utility, 급수파이프나 電源 또는 通信網 등의 시설)의 故障에 해당한다는 것은 누구나 다 잘 알고 있다.

그 가구나 시설물의 修理(治療)를 행하는대는 수리가 필요한 부분의 라이프라인을 일시적으로 절단하고, 그 施設物 또는 장치를 뽑아내서 고장난 부분의 부분품을 交換함으로써 수리를 끝마치게 된다.

한편 醫療分野에서는 外科的手法에 따라 修理를 하게 된다. 우선 皮膚나 살을 切開하고(이것은 건축물의 지붕이나 벽을 부수는 것에 해당), 라이프라인인 혈관이나 神經을 절단하거나 피의 흐름을 멈추고(가옥의 수리인 경우에 비유한다면, 수도나 가스파이프를 찾아낼 때까지의 경로에서 수많은 다른 가구들을 닦치는대로 자르거나 부셔대고), 대부분의 경우 질환부를 절제하고(건물의 경우라면 그 부분을 빈 공간으로 남겨 두고), 절제한 부분을 手術실과 바늘로 아무렇게나 꿰뭍으로서 폐쇄해 버린다(建物 수리의 경우에 비유한다면 부서버린 지붕이나 벽을 아무렇게나 베니어판이나 막대 등에 못을 쳐서 폐쇄해 버리는 행위에 해당).

체르노빌의 원자로사고때 事故發生部の 위로부터 많은 양의 시멘트를 부어넣어서 放射能漏出을 막아낸 방법과 유사하다고 볼 수 밖에 없는 것이다. 外科에서 手術方法이 개발된 이래 이 기법은 아직도 바뀌어지지 않고 있다.

의료분야에서의 이런 원시적이라고 밖에는 볼 수 없는 수술기법을 개량하기 위해서는 집안의 가

구나 수도관 또는 전기선의 고장이 났을 때 우리들이 문을 통해 집안으로 들어가서 문제된 시설에 직접 손을 대고 수리하면 되는 것과 같이 인체 내부의 유관 장거나 組織에 수리기계를 보내거나 접촉시켜 피부나 살을 자르지 않고서도 수리(치료)를 할 수 있게 하는 수법을 생각해 내야 한다는 것은 명백하다. 이를 위해서는 혈관이라는 문을 통해 해당 환부에 微小 修理機器를 유입해서 주변 조직에는 손상을 끼치지 않고 환부만 직접 치료시켜주는 기술이 필요하다. 그럴려면 좁고 좁은 혈관속을 자유롭게 드나 들 수 있는 무척이나 작은 기구를 개발해 내야 한다. 바로 여기에 마이크로 머신(Micro-machine) 즉 極微尺度의 기계가 필요한 것이다.

草家三問에 불붙이는 빈대잡기에도 比喩되는 投藥法

또 病治療의 두번째 手法인 投藥技法도 보기에 따라서는 엄청나게 원시적이라 할 수 밖에 없다.

예컨대 편도선이 부었다는데도 우리는 곧잘 그 약효가 소화기나 血液循環을 통해 전신에 퍼지게 될 丸藥을 마시게하거나 注射를 맞게 한다.

사실 대부분의 약은 인체내의 어느 한부분에 위치한 환부에 대해 집중적으로 작용하면 되는데도 전신에 투약한다는 것은 수공이 잘 가는 일이다. 마치 빈대를 잡기 위해 草家三問을 불태우거나 또는 최소한 초가삼간의 문이란 문을 다 막고 고약한 냄새의 구충제 연기를 밤새도록 피워주는거나 같다고나 할까. 또는 越南戰爭에서 미군이 전개한 枯藥作戰과 같다고나 할까.

이 投藥의 결과 이 藥이 불러일으키는 손해 아무런 관련도 없는 타 장거나 조직에 끼치게 되리란 것은 너무도 명백한 일이다. 그렇다고 약체사용을 금지할 수도 없다. 그래서 지금까지는 약체사용을 될수록 제한해서 醫師의 엄밀한 처방에 따라서만 사용토록 규정짓고 있다.

그러니 이 문제를 해결하기 위해서는 지난번의 걸프戰爭때 처럼 巡航미사일이나 스텔스비행기(보이지 않는 비행기, 電子波感知機에 걸리지 않는 비행기)와 레이저誘導彈과 같은 尖端兵器를 사용하여 軍事的으로 꼭 破壞시켜야만 될 목표물만

을 정확히 겨누고 명중시키듯 환부에만 직접투약할 수 있는 약제운반시스템(DDS, Drug Delivery System)을 개발해내야만 한다. 여기에 다시 우리는 DDS의 주역으로서 Micro Machine의 등장을 바랄 수 밖에 없게 된 것이다.

마이크로 醫療機器의 첫 出發은 레이저 內視鏡

가까운 장래에 최초로 기술적으로 소형화되고, 수술방법을 바꾸어줄 가능성이 있는 것은 레이저(Laser) 內視鏡의 응용기술일 것이다.

내시경(Endoscope)이란 몸 밖으로부터는 직접 볼 수 없는 體腔內라든가 體內臟器나 조직을 보기 위해 체내로 가느다란 관속에 카메라나 렌즈를 꽂아넣고 들여다 볼 수 있게 만든 기기이다. 내부의 화상을 보기위해 머리카락 굵기의 유리纖維로 된 4~5만개의 광섬유의 다발로 묶고 그 끝에 카메라 또는 렌즈를 장착해서 체외로부터 위속이나 氣管 腔 등 체내 환부를 찾아내 관찰하기도 하고 사진도 찍을 수 있게 되어 있다. 그래서 파이버스코우프(Fiber Scope, Optical Fiber Scope의 略)라고도 불린다. 이 파이버스코우프의 가느다란 管(直徑 약 1cm前後)속에서 화상을 보낼 수 있는 Image Guide와 빛만을 보내주는(照明用 및 레이저빛에 의한 手術用) Light Guide, 그리고 空氣나 액체를 보내주는 공기導管 등이 들어 있다.

이 내시경은 유리섬유로 되어 있기는 하나 머리카락 굵기가 되면 유리도 彈性을 갖게 되어있어(더구나 내시경은 약 4~5만개의 유리섬유의 다발로 되어 있음) 屈曲도 가능하다.

최근에는 광섬유로 직접 화상을 보는 대신 내시경 끝에 CCD(Charge Coupled Device, 電荷結合素子, TV촬영관에 쓰이는 도체촬영관의 일종, 전자눈이라고도 불림)를 부착시켜 카메라나 렌즈 대신으로 쓰고 있다. 이렇게 CCD눈을 쓰면 내시경의 관의 굵기를 연필심 정도로 가늘게 만들 수도 있다(CCD눈이 잡은 화상을 전선 또는 광섬유로 보내기만 하면 되니까). 그래서 CCD 소자를 갖는 내시경을 특히 전자내시경이라 부르기도 한다.

또 체내에 유입된 내시경으로 환부가 있는 장거나 조직을 절개하거나 지혈 또는 혈관의 용접을

위해 레이저 빛을 통과시키는 Light Guide를 내장한 내시경을 특히 레이저내시경이라고도 한다.

이런 내시경들은 지금까지는 1cm~1.5cm의 外徑을 갖고 있었으나 전자내시경이나 레이저 내시경의 출현으로 1mm이하의 外徑을 갖는 가느다란 것으로 만들 수가 있게 되었다. 그결과 內徑 1mm이하의 動脈이나 靜脈 또는 소화관을 통해서 病巢에 까지 도달시키고, 遠隔操作에 의해 手術操作을 할 수 있다는 것이다.

사실 현재도 이미 外徑 1cm내외의 굵은 내시경이 들어갈 수 있는 消化器官의 手術에서는 내시경 끝에 달린 CCD눈이 잡은 화상을 TV화면으로 비추어보면서 원격마이크로 수술을 하는 소위 TV내시경(전자내시경) 수술이 행해지고 있다. 이제 전자기술의 발전으로 1mm이하의 가느다란 전자내시경을 써서 內徑 1mm이하의 가느다란 血管에 따라 환부에 까지 내시경을 유입시켜 그 환부를 레이저에 의해 직접 切開·血管熔接·止血 등의 수술도 가능해지려 하고 있다.

또 이 電子內視鏡 끝에 藥劑를 간직하고 있는 微小캡슐(Capsule)을 부착시키면 환부에 도달했을 때 遠隔操作으로 그 환부에 藥劑를 放出시켜 줄 수가 있다. 醫療界가 오래 꿈꾸던 미사일(Missile)療法이 실현되려 하고 있는 것이다.

결프戰爭때의 巡航미사일 모양, 目標 患部만 攻撃해주고 다른 부분에는 전연 損傷을 끼치지 않는 미사일療法이 着수 실현되려 하고 있는 것이다.

血管內 運搬체와 藥劑運搬시스템

또 혈관내를 피의 흐름에 따라 移動하고, 환부에 가 닿으면 갖고 있던 藥劑를 放出해주는 血管內 運搬車(車輛이라 하지만 1mm이하 0.1mm수준의 크기)도 개발중에 있다. 이 運搬車(Vehicle, 비히클)는 앞쪽에 몇개의 센서(感知機, Sensor)가 달려 있고, 몸통에는 돛대까지 달려 있다. 또 꼬리 부분에는 極微의 超微小크기의 모터로 움직이는 鞭毛(코르크마개를 병에서 뽑아낼 때 쓰는 도구의 모양은 갖는다)를 써서 體外로부터의 電波指令으로 독립적인 運動도 가능하다. 스크류(Screw) 대신 鞭毛를 推進力發生用으로 사용하는 이유는 1mm이하의 微小世界에서는 粘性의 효과가 너무도 커

서 스크류는 推進體로서 效力을 발휘할 수 없기 때문이다.

마이크로 머신의 時代

그 뿐만 아니라 科學者들은 이제 半導體 IC製造에서 키워둔 실리콘 微小加工技術을 써서 數십 마이크로(μ)크기의 極微의 기계인 마이크로 머신(Micro Machine) 또는 마이크로 로봇(Micro Robot)도 만들어내고 있다. 그 결과 이미 數 10 μ (1 μ 은 100분의 1mm)크기의 갖가지 부품(기어, 톱니바퀴·터빈·모터·가위·핀셋·자유로 굴곡시킬 수 있는 關節 등)도 만들어져 있다. 그 결과 直徑이 0.5mm(500 μ)이하의 血管內移動體나 마이크로 로봇도 들어낼 수 있으리라 예상되고 있다.

영화 마이크로 決死隊에서처럼 이런 종류의 마이크로 머신 또는 마이크로 로봇들이 혈관속에서 자유로이 航行을 해서 목적지인 환부에 들어가 갖고 있던 칼이나 가위로 환부를 切開하고 캡슐에 담고 있던 藥劑를 放出하는 등의 마이크로 治療法의 이루어질 시대는 21세기 초에 꽃필 것 같다.

또 이 이외로 마이크로 혈관내 移動體 또는 0.5mm수준의 電子內視鏡 끝에 장비해놓은 갖가지 感知機, 레이저 빛 방출기, 칼·가위 등등의 手術道具를 動員한 마이크로스코픽 서저리(Microscopic Surgery)도 실현이 될 것이 예상된다. 이 수술에서는 전자내시경이 잡은 환부의 화상을 커다란 TV브라운관에 비추어보면서 마이크로 매니플레이팅(Micro Manipulating)이라 불리는 기술(微小한 마이크로 機械 또는 마이크로 로봇의 손을 遠隔操作으로 움직여서 작업시키는 技術) 등이 동원될 것이다.

그리하여 21세기초가 되면, 현재의 원시적인 의료기술은 비로서 현대화가 이루어질 것이다. 그리고 물론 이런 마이크로 로봇나 마이크로 머신의 개발에는 微小한 IC를 만들기 위해 개발된 실리콘 加工技術이 원용이 된 것이고, 微小機械의 遠隔操作이나 통신 등에는 컴퓨터技術과 光通信기술 등이 대대적으로 應用될 것이다.

우리도 다른 선진국에서와 마찬가지로 이 방면에도 힘을 기울여야할 때가 된 것 같다.