

# 医用生体工学

( 1 )

洪 勝 弘

(仁荷大學校 工科大学 電子工學科)

우리들은 現在 3次産業革命이라고 하는 情報化 時代に 生活하고 있으며, 급격한 科學의 進歩는 社會에 큰 影響을 미쳐, 커다란 變革을 초래하여 왔다. 이로써 人間이란? 生體란? 生命이란? 무엇인가에 대해 反問하게 되는 기회가 많아지게 되었고 이에 따라 生物物理, 生物化學, 生體工學, 醫療工學의 研究에 더 많을 관심을 갖게 되었다. 또한 社會의 富裕化, 國民의 健康意識의 增大, 福祉志向社會의 深化를 背景으로 醫療는 質的으로도 量的으로도 高度化되어 가고 있다. 이에 高度化하고 廣範한 工學技術이 發展하게 되었으며, 醫用生體工學의 研究開發에 대한 社會的 要求가 점차로 커져가고 있다. 本稿에서는 醫用生體工學의 定義에서부터 學問領域, 展望까지 소개하기로 한다.

## 1. 医用生体工学이란?

物理學을 기초로 하여 發展해온 現代科學技術은 生體를 대상으로 하는 科學으로 그 초점을 맞추어 가고 있다.

醫用生體工學은 원래 電子工學과 醫學의 境界에서 발생한 醫用電子工學(Medical Electronics)을 기초로 발전한 學問이다.

즉, 電子工學의 成果를 醫用技術에 도입하여 生體現象의 計測, 生體에의 作用등에 반영하고, 生體에 대한 工學의 理論이나 手法이 具體化되어 工學이 生體를 對象으로 하는 方向으로 발전하게 되었다.

醫用生體工學은 흔히 ME(Medical Engineering), MBE(Medical and Biological Engineering), BME(Bio-Medical Engineering) 등의 명칭을 사용한다(앞으로 本稿에서는

ME라고 통칭하기로 한다). ME에 관한 國際學會 IFME(International Federation for Medical Electronics)가 탄생된 것은 1958년이다. 工學的 機器나 技術의 醫學에의 應用은 紀元前의 에집트, 로마시대에서 부터이다.

現在에는, 단지 機器나 技術을 醫療에 提供하는것이 아니고 시뮬레이션에 의한 治療方針決定이나 畫像處理에 의한 診斷과 같이 診療의 方法論을 變革하거나, 數理的診斷論理, 시스템적 治療計劃을 수립하여 제공한다. 또한 人間에 관계하는 機器·시스템의 設計, 環境의 評價, 教育工學등 넓은 범위의 工學問題에 人間特性에 대한 知識이 필요하게 된다. 즉, 生物學, 醫學의 知識을 工學에 應用하는 것도 ME에 속하는 學問領域이다.

技術의인 것에 중점을 두는가, 혹은 用途에 主眼을 두는가에 의해 ME의 分類方法이 다르게 된다. 工學的인 立場에서 分類하면 表1과 같고, 研究領域·題目에 의해 分類하면 表2와 같다.

表1. 工學의 立場에서 본 ME

1. 生體計劃工學
2. 生體情報處理工學
3. 生體 Model 工學
4. 生體作用工學
5. 生體代用工學
6. 醫用系統工學
7. 工學에 醫學의 應用

表 2. 研究領域·題目에 의한 分類

1. 生體計測技術
  - 1.1 電極
  - 1.2 變換器
  - 1.3 電氣現象의 測定
  - 1.4 音響機械現象의 測定
  - 1.5 流量·流速등의 測定
  - 1.6 變位·壓力등의 測定
  - 1.7 光·溫度·熱등의 測定
  - 1.8 化學現象의 測定
2. 生體計測시스템
  - 2.1 超音波應用計測
  - 2.2 放射線應用計測
  - 2.3 光學系·TV의 應用
  - 2.4 Telemeter 監視裝置
  - 2.5 生體現象의 記錄과 表示
3. 生體材料技術
  - 3.1 生體物性
  - 3.2 成分分析
  - 3.3 檢體檢査
  - 3.4 醫用材料
4. 生體에의 作用
  - 4.1 에너지의 生體作用機器
  - 4.2 刺戟裝置
  - 4.3 破壞裝置
  - 4.4 治療裝置
5. 生體情報處理와 病院·健康管理
  - 5.1 生體데이터處理
  - 5.2 自動判讀, 自動診斷
  - 5.3 生體情報의 傳送, 記錄, 表示
  - 5.4 病院機能의 自動化
  - 5.5 健康管理시스템
6. 生體와 機械系
  - 6.1 人間 - 機械系
  - 6.2 生體機能·行動의 制御
  - 6.3 人工臟器의 制御
  - 6.4 循環·呼吸의 制御
  - 6.5 生體에너지의 利用
7. 生體工學·Bionics
  - 7.1 生體情報系의 解析, 表現
  - 7.2 生體內的 流體, 機械系의 解析

- 7.3 Simulator
- 7.4 Bionics
- 7.5 生體分子工學
8. 기 타
  - 8.1 ME 教育
  - 8.2 教育機械
  - 8.3 安全性
  - 8.4 機器의 規格

ME의 目的은 크게 나누어 工學分野의 知識이나 技術을 醫學에 應用하는 醫學側에서 본 目的과 醫學이나 生物學에서 取扱하는 生體의 교묘한 機能이나, 메카니즘을 工學分野에 應用하려고 하는 工學側에서 본 目的으로 나눌 수 있다.

醫學側에서 본 目的은,

- ①自覺的 判定을 客觀的 測定이 되도록,
  - ②不正確한 測定을 正確한 測定이 되도록,
  - ③現在까지 計測不可能이던 것을 可能하게 하기 위해
  - ④遠隔, 無線으로 計測이 可能하도록
  - ⑤간헐적인 計測을 連續적으로 記錄하기 위해
  - ⑥斷片的인 情報를 同時 多重化하기 위해
  - ⑦현재까지 數量化不可能한 것을 數量化 하기 위해
  - ⑧데이터處理를 可能하게 하기 위해
  - ⑨集團檢診을 可能하게 하기 위해
  - ⑩모니터方式의 進歩를 위해
  - ⑪診斷·治療의 進歩·發展을 위해서
- 이 學問이 必要한 것이다.

한편, 工學側에서 본 目的은

- ①自動化, 自動制御의 見本으로써 生體를 利用하기 위해
- ②生體의 動特性을 이용하여 生體의 시뮬레이션을 행하기 위해
- ③生體가 가진 에너지를 活用하기 위해
- ④醫學에 사용되는 機器의 研究開發을 위한 것 등이다.

한마디로 요약하면 ME는 醫學을 科學化하는 手法이고 工學에 새로운 局面을 展開하는 分野로 人類生存을 위한 科學技術이다.

醫用生體工學에 기여하는 基本技術과 이와 인접하는 技術을 그림으로 表示하면 그림 1 과 같다.

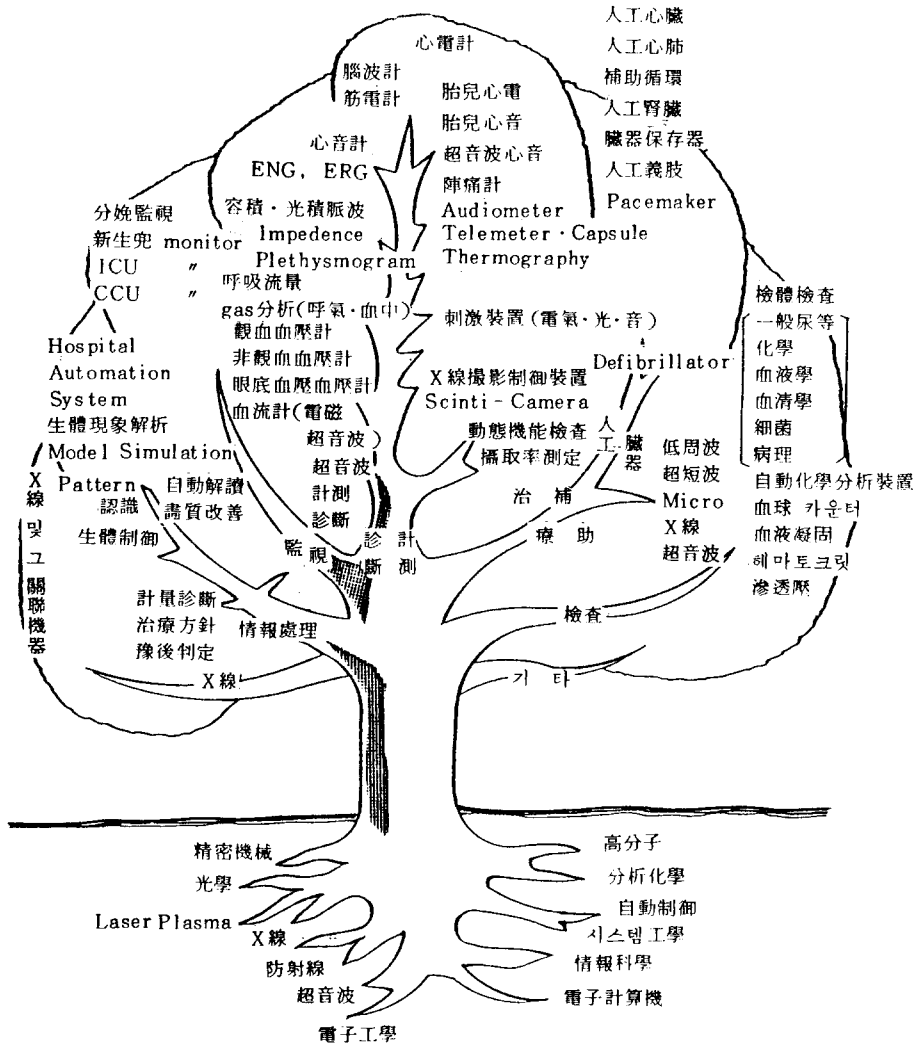


그림 1. ME에 기여되는 基本技術

## 2. 生体物性と 機能

生體情報을 바르게 計測하여 評價하기 위해서는 어느 정도 生體의 여러가지 性質을 알아 둘 필요가 있다. 또 새로운 計測法을 考案하기 위해서도 生體의 組織이나 細胞等 巨視的인 레벨에서 微視的인 레벨에 이르기까지 各對象에 應한 生體物性의 理解가 필요하다. 生體는 살아 있기 위한 特性과 受動的인 物體로서의 特異性이 있다. 生體의 構成은 原子 → 分子 → 細胞 → 組織 → 臟器 → 個體의 順으로 構成되

어 있다. 生體特性을 고려할 때 이들 모든 레벨에서의 生體物性을 고려해야 한다. 각 레벨에서 독립한 生命活動을 하고 있지만 같은 레벨의 몇 종류가 結合하여 上位레벨을 만들고 있어서 生體는 階層性의 特性을 가지고 있다. 또한 生體의 機能으로부터 고려하면 복잡하게 多重結合하여, 하나의 機能을 다하고 있으므로 일부를 分할하여 解析할 수 있다. 生體는 매우 安定한 狀態를 유지하여 動作하고 있으므로 恒常性이 있다고 할 수 있다. 또

生體는 各部가 복잡하게 結合하여 그 機能을 다하고 있기 때문에 多重 feedback 制御의 性質을 가지고 있다. 冷水에 손을 넣었을 때 末梢 血管이 적어지는 것과 같이 生體에는 適應性이 있고, 人間에서 腎臟이 하나이면 충분한테 둘이 있는 것과 같이 신뢰성을 유지하기 위한 冗長性이 있다. 또 어느 레벨을 초월하면 급격히 興奮을 일으키는 것과 같이 能動性이 있다.

生體는 受動的인 物體로 보아도 異方性, 非直線性, 周波數依存性, 特異한 反射·散亂·吸收特性 등이 있으므로 生體計測에서는 이들을 충분히 검토하여야 한다.

生體의 基本的인 組成도 중요하지만 ME 領域에 대한 生體로서 가장 특징적인 性質은 細胞레벨 이상의 不均質에 기인하는 경우가 많다. 細胞는 生體를 構成하는 가장 基本的인 要素이지만 種類가 많고 形狀이나 그 役割도 多樣하다. 그러나 基本的인 構造는 비슷하다. 그림 2(a)와 같이 細胞膜(形質膜)에 둘러 싸여 있다. 속에는 核이나 小器管이 있다. 核은 細胞의 生死에 關係하는 가장 중요한 부분이지만 生體의 物理特性만을 고려할 경우에는 문제가 되지 않고 生體레벨에서 生體의 特性을 고려할 경우, 중요한 것이 細胞膜의 特性이다. 細胞膜은 2重層의 脂質分子를 양측으로 단백질층이

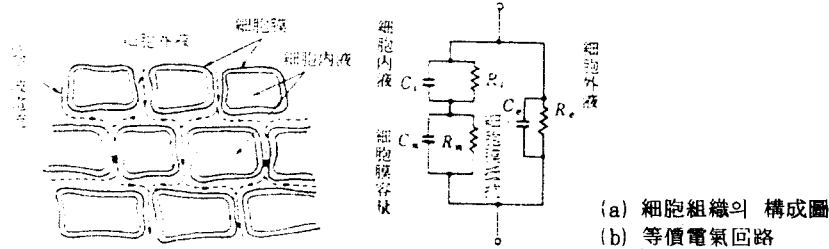


그림 2. 細胞레벨에서의 電氣特性

배열되어 있는 構造로 되어 있다. 두께는  $50 \sim 100 \text{ \AA}$ , 電氣抵抗은  $1 \text{ cm}$ 당  $500 \sim 10 \text{ K}\Omega$ , 電氣容量  $C$ 는  $1 \text{ cm}$ 당  $1 \mu\text{F}$  정도이다. 低周波에서의 電氣의 等價回路는 그림 2(b)와 같다. 生體組織의 電氣의 性質에 관한 基礎研究는 많은 研究者에 의해 보고되고 있다. 生體電氣特性은 아직 불명확한 점이 많지만 表 3에 導電率과 比誘電率, 그림 3에 抵抗率의 實測值를 표시했다.

心音의 計測이나 生體의 超音波計測에 있어서는 生體의 力學特性을 고려하여야 한다. 여기에는 筋肉의 흥분등 能動的 機能에 관한 特性외에 血液, 血管, 肺등의 受動的 特性도 중요하다. 아울러 生體의 熱特性, 光學特性도 규명되어져야 한다.

表 3. 生體의 電氣特性例

特 性	周波數 組織	100 Hz	10 KHz	10MHz	10GHz
		導電率 $\sigma$ ( $\text{mS/cm}$ )	骨 格 筋 脂 肪 肝 臟 血 液	1.1 0.1 1.2 5.0	1.3 0.3 1.5 5.0
比誘電率 $\epsilon$	骨 格 筋 脂 肪 肝 臟 血 液	$10^6$ $10^5$ $10^5$ $10^6$	$6 \times 10^4$ $2 \times 10^4$ $6 \times 10^4$ $1 \times 10^4$	$10^2$ 40 $2 \times 10^2$ $10^2$	50 6 50 50

### 3. 生体電氣現象과 生体計測対象

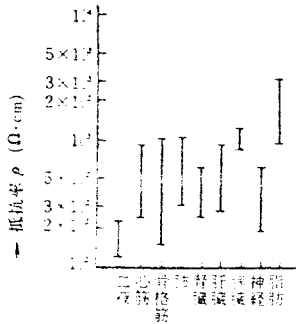


그림 3. 生体의 抵抗率

生物이 發生하는 電位는 靜止電位 (resting potential) 와 活動電位 (action potential) 가 있다. 細胞膜을 경계로 하여 細胞의 内側과 外側에는 항상 일정한 膜電位 (Membrane potential) 또는 靜止膜電位가 존재하고 있다. 이 膜電位는 細胞内液의 K이온濃도가 細胞外液보다 높고, Na 이온濃도는 낮다고 하는 이온의 不平等分布 및 細胞膜의 이온에 대한 透過性의 차이에 의해 생긴다. 한편, 神經細胞나 筋細胞등이 흥분하든지 收縮하여 活動할 때 活動電位가 생긴다. 이것은 흥분시에

表 4. 各種 生體電氣 現象

種 類	波 形	周波數帶域 (Hz)	電 壓	임피던스
心電圖 (ECG) Electrocardiogram		0.1~200	1mV 前後	1~ 20kΩ
腦 波 (EEG) Electroencephalogram		0.5~60	數 μV~ 300 μV	10~ 50kΩ
筋電圖 (EMG) Electromyogram		10~2,000	10 μV~ 15 mV	1~ 數+kΩ
平活筋의 活動電流 (勝光)				
腺의 活動電流				
皮膚의 活動電流 (GSR)		0.03~15	數+ μV ~數mV	1~ 數+kΩ
網膜電圖 (ERG)		DC~200	50 μV~ 1mV	數+kΩ
神經의 活動電流		DC~數	數+mV	
損傷電流				

細胞膜의 Na 이온에 대한 透過性이 증대하여 Na 이온의 平衡電位에 가깝게 되기때문이다. 이 現象을 脫分極 (depolarization) 이라고 한다. 脫分極의 時間的 經過는 매우 짧아 1ms 전후에 頂點에 달하고, 그 후에 평탄부를 經과해서 再分極 (repolarization) 하여 원래의 靜止電位로 되돌아간다. 이와 같이 膜電位의 變化가 생기면 神經이나 筋肉 fibre에 따라 電位勾配가 생겨 局部電流가 흐르고, 組織全體에 電位分布가 생겨 活動電位로서 記錄된다. 心臟의 心筋細胞의 活動電位를 記錄한 것이 心電圖 (ECG: Electrocardiogram) 이고 腦細胞의 總合的인 活動電位를 기록한 것이

腦波 (EEG: Electroencephalogram), 筋細胞의 活動電位를 취한 것이 筋電圖 (EMG: Electromyogram)이다. 이와 같이 組織이나 器管의 活動과 함께 電氣的인 現象이 생기고, 皮膚의 電氣的 抵抗變化에 의해서 생기는 皮膚電氣反射, 網膜이나 聽覺神經, 味覺細胞, 唾液腺, 內分泌器管 등에서도 電氣現象이 일어난는데 表 4에 정리해 두었다. 이와같은 電氣現象 이외에 計測對象이 되는 것은 血流, 呼吸氣의 流量, 오줌의 排出速度 등의 物理的 流量과 溫度, 壓力 등의 生理學的 環境條件, 生物學的 길이 등 대상이 되는 것은 무수히 많다.

### 參考文獻

1. Charles D. Ray : "Medical Engineering," Year Book Medical Publishers Inc. (1974)
2. Schwan, H.P. : "Biological Engineering," McGraw-Hill (1969)
3. Jacobson, B. : "Medical and Clinical Engineering," Prentice-Hall (1977)
4. 齋藤正男 : "生體物性(1)-序論", 日本 ME學會誌, 13.(1975)
5. Shimada, K., et al. : "Application of Catheter tip ISFET for Continuous in Vivo Measurement" Med. and Biol. Eng. 18. (1980)
6. 洪勝弘 : "生體計測技術과 情報處理", 大韓電子工學會雜誌 第5卷, 第2號, (1978)
7. 阪本捷房, 齋藤正男 : "生體와 ME", 東京電機大學出版局, (1980)