

# 生物醫學工程簡介

私立中原理工學院醫學工程系副教授兼系主任 張恆雄

## 一、緒論

生物醫學工程 (Biomedical Engineering 簡記為 BME 或 BE) 融數學技巧、物理科學、工程技術與生物、醫學於一爐，來發展學術綜合研究。最近二十年來一方面由於工程技術的進步和科學知識的深入研究，工程師們已經有辦法知悉複雜的生物系統，另一方面生物醫學家們藉着高度發展之測試儀表，對生命的系統也有更進一層的了解，因此應用理、工、量度和分析的方法來研究醫學與生物的現象和問題，是生物醫學工程師的工作範圍。

生物醫學工程學分為兩類：生物工程學 (Biological Engineering) 及醫學工程學 (Medical Engineering)，醫學工程主要和新電子學的發展與電子儀器的製造有關，它使醫學保健 (Medical Care) 及現代健康輸送服務的情形更邁進一步。我們希望在不斷的發展中，醫學保健可由改良的醫學儀器之介入而得以改善。生物工程學則屬於科學的活動 (Scientific Activities) 方面。要了解整個生命系統，以及生物，生化與生理學方面的問題，近代工程方面的知識如控制理論、通訊、消息理論、系統理論、電磁波、輸送現象等都被應用來研究。

## 二、生物醫學工程之發展

生物醫學工程並不是一門新興的科學。早在一百年前有些科學家們已從事這方面之研究，但真正有計畫的研究和培養人才要算從 1945 年開始。由歷年來在美國所開的醫學和生物工程討論會 (Annual conference of engineering in Medicine & biology) 時所發表的研究報告，可以知道它發展的情況。第一次會議於 1947 年舉行，參加的人數不到一百，討論的題目也只集中於放射學 (Radiological) 方面，如 X-ray 及其技術。至 1955 年人們開始將興趣轉移到如何把電子學應用到生物與醫學問題方面。參加這個年會的人愈來愈多，至 1971 年約有二千五百名工程師和科學家與會，發表了三百五十份研究報告。除此而外在美國至少有十二個同樣性質的會議，所有

這些會議供給美國每年五、六百份的研究報告。生物醫學工程如今已成為美國最主要的工程活動之一，也是美國主要的工程事業。在美國目前約有八百位學生分別在七十五所大學攻讀生物醫學工程之博士學位，有二十五所大學設有大學部 (Undergraduate) 之生物醫學工程系，每年約有十億美元投資在生物醫學工程方面之研究。蘇俄、英國、西德、法國、瑞典等歐洲之先進國家及日本也早有生物醫學工程研究之科技活動。

國內早在民國五十八年交通大學有位客座教授曾指導研究生從事生物工程之研究，但那位教授只是短期回國，未能使這方面的研究和教育在國內生根。民國六十年美國賓州大學生理學博士韓偉先生 (現陽明醫學院院長) 回國任中原理工學院院長，鑒於國內醫學及工程技術均已進步至國際一流水準，但兼具醫學及工程知識之專門人才却極缺乏，即積極籌設生物醫學工程系 (簡稱為醫學工程或醫工系)。六十一年五月經教育部核准設立，在國內首創醫學工程系，其英文名稱為 Biomedical Engineering，今年夏天即將有畢業生，不久國內將有一批醫學工程人才，從事醫學與理工之間的搭橋工作。國內有許多人士對醫學工程教育不甚了解、醫學工程授課內容將於後面詳加介紹。現在先讓我們談談什麼是生物醫學工程。

## 三、什麼是醫學工程？

醫學工程包括的範圍廣，分為儀器製造 (Instrumentation)，分析 (Analysis) 方面，信息和能源的控制 (Control of Information and Energy) 方面，人造器官或義肢 (Artificial Devices or Prostheses) 方面，生物聲學 (Bioacoustics)，血循環動力學 (Hemodynamics)，微波輻射對生物體的影響 (Microwave Effects on Biological Systems) 七方面加以介紹。

(一) 儀器製造 (Instrumentation) 方面

1. 眼球運動量度 (Eye-movement Measurement)  
電子儀器量度的進步，使我們對視覺訊息傳遞的了解

，及對眼睛臨床診斷有極大的貢獻，眼科醫生可以用眼球運動記錄器來判斷動眼不正常 (oculomotor disorders) 治療之效果，以靈敏度極高的技術來檢查眼球震動 (Nystagmus)，不正常的注視運動，或診斷某些藥物對眼球運動之效應，神經病學家由觀察眼球運動來診斷神經之不正常。眼球動眼反應時間 (ocular reaction time) 也可用精密的眼球運動量度系統來測得，其他如麻醉程度，心理學家的催眠術，人類工程學家 (human-factor engineers) 之 man-machine systems 置放控制及指示器的位置都與眼球運動之研究有關。

目前眼球運動量度系統，利用眼球的電特性，直接接觸眼球，眼球的形狀和光學特性等有下列幾種：

- Electrooculography ( EOG )
- Contact-lens system
- Cornedl Reflection
- Photoelectric Tracking of the Limbus

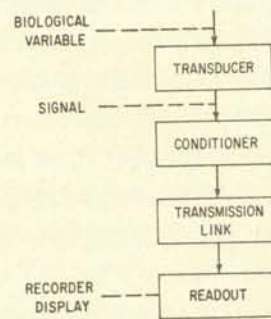
許多醫學工程師們還在研究如何以工程技術改進現有之系統或創造新的方法，使能量得更精確，而讓被測者沒有不舒服的感覺。

2. 生理測量與換能器 ( Physiological measurements & transducer )

電子工程的進步，電的信號是很容易被放大、衰減、過濾、測試、調幅，傳遞和記錄，但必煩有換能器把溫度、壓力、流量、體積、血液的化學特性，呼吸系統的體積、壓力、流量等等的變化轉變為電的信號才能加以記錄下來研究分析。把生物的信號轉變為電的信號需用電橋把它變到能使用的阻抗和大小。換能器是一門很大的學問，生物醫學的換能器有專書討論。

3. 生物遠測術 ( Biotelemetry ) :

Biotelemetry 是以電子工程的技術把生物組織內的信息傳遞出來並記錄下來，也可說是生命系統和觀察者間的通訊情形如圖(-)，Transducer 把生物變數轉換為電的信號，然後由放大器把這信號變為可傳送或記錄的信號，Transmission link 把輸入的信號用有線或無線的方法

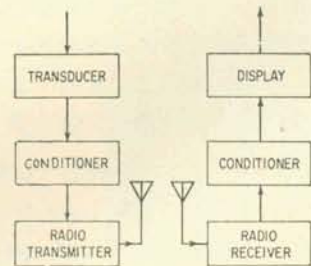


圖一

傳到輸出 ( Readout ) 。

Biotelemetry 一直到了 1948 年電晶體的發現始為可能，1954 年後才被廣泛地利用，體積的縮小和能源的改進 Biotelemetry 在生物醫學量度上已被普遍地使用和研究。無線電遠測系統 ( Radio Telemetry System ) 如圖(-)：有一發射器及接收器，以微電子技術可把完成系統的裝置 ( 重量小於一公克 ) 放置人體表面或裏面，而可繼續使用幾星期甚至幾個月。

移植於體內的遠測器其大小、重量、表面情況及和身



圖二

體產生的反應必須加以考慮。長期能量供給系統也是值得研究的項目。由於微電子學及大型 IC 技術的高度進展，將來遠測術系統會更輕、更小却有更複雜的功能，移植體

內遠測術的伸強及複雜的電子系統，相信是未來生物醫學工程師們熱烈研究的領域。

其他尚有下列幾種量度系統與儀器製造有關：

(1) 生理學上的量度 (Physiological measurement) 如細胞 (Cell)、神經系統 (Nervous System)、循環系統 (Circulatory System)、呼吸系統 (Respiratory System)、體內流體之控制 (Control of Body Fluids)。

(2) 電化學的量度 (Electrochemistry in measurements)。

(3) 電視掃描技術 (Television and Scanning Techniques)。

(4) 病人檢查器 (Patient Monitoring) 如 EKG.

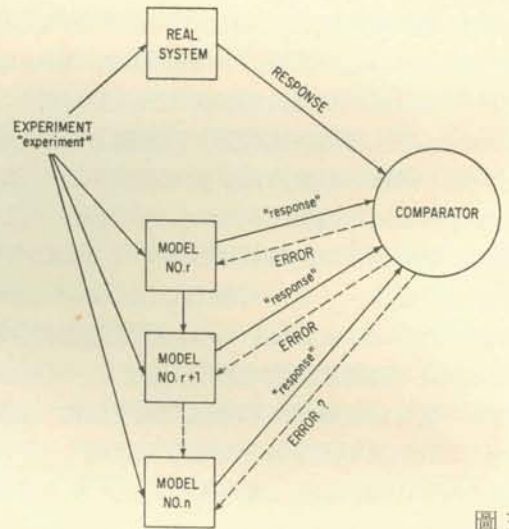
(5) 診斷用設備：如腦波圖儀 EEG (Electroencephalography)、心音描記器 (Phonocardiography)、體積變化描記器 (Plethysmography)、頭部輪廓描記器 EIC (Electrical-impedance cephalography)、或叫 REG (Rheoencephalography)、心跳調律器 (Pacemakers) 等。

此外比較特殊的儀器製造有(1)電極，它有好幾種，金屬的、玻璃的等，或將電流注入生物系統 (稱為主動電極 active electrode)，如針灸刺激器即通電流到人體或用以記錄生物體內電波信號 (稱為被動電極 Passive electrode)，電極本身是很複雜的，當插入生物體時接觸面會發生化學變化而易使電波信號失真 (distortion)，如何使失真減至最小量是很重要的。(2)生物阻抗技術 (biological impedance technique)。(3)生化研究性儀器 (instrumentation for biochemical research)。

## (二) 分析 (Analysis) 方面

### 1. 從生物的信號推斷它的意義

我們想知道生物體內信號變化的情形，就必須考慮量度它的時間基數 (time base) 之性質和構造，不可能所有的生理作用同時被量下來，用一種時間基數量下來看起



圖三

來毫無意義，但改變另一時間基數後，也許可以推斷它所包含的生理現象。這種由生物體內量得隨時間變化參數 (time-varying parameters)，可由通訊工程信號處理的方法加以分析，例如 EKG、EEG 等信號都是經過信號處理的分析研究後，才能達到臨床診斷的階段。分析腦波以判斷不同藥物對人體的反應是目前醫學工程師們研究的熱門項目。

### 2. 生物系統模型 (Biosystem Modeling)

近年來系統工程理論逐漸被用來研究生物醫學，把所要研究的視為一個系統，由輸入 (Stimulus) 和輸出 (Response) 建立一模型加以研究，這模型經過多次實驗加以修改而得到更完美的 Model，如圖三。

Model 表示的方法有 Physical model、graphical model、mathematical model、block diagram model，有了 Model 後就可以模擬 (simulation) 它而加以研究如圖四。

類比模擬 (analog simulation) 與實際的系統不但有相同數學式子，而且有相對應的變數，如果以 digital computer 來模擬則只有相同的數學式子而已。例如

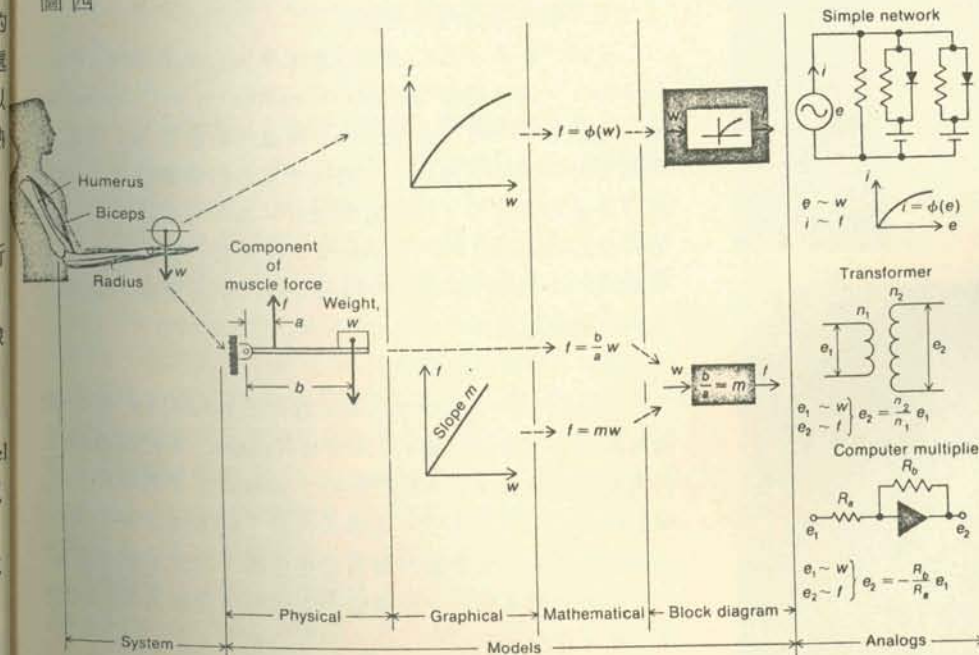
研究肺的功能，我們可將肺、氣管、支氣管等類比成許多電阻與電容器的組合，而成一「模擬肺」，肺的任何一部份在「模擬肺」上都有一對應關係，同樣地肺之任一刺激與改變也可對應到「模擬肺」，此「模擬肺」可應用電子工程的知識，很精細地將任何情況加以研究，它可以推斷醫學上較困難，或無法得到的資料。

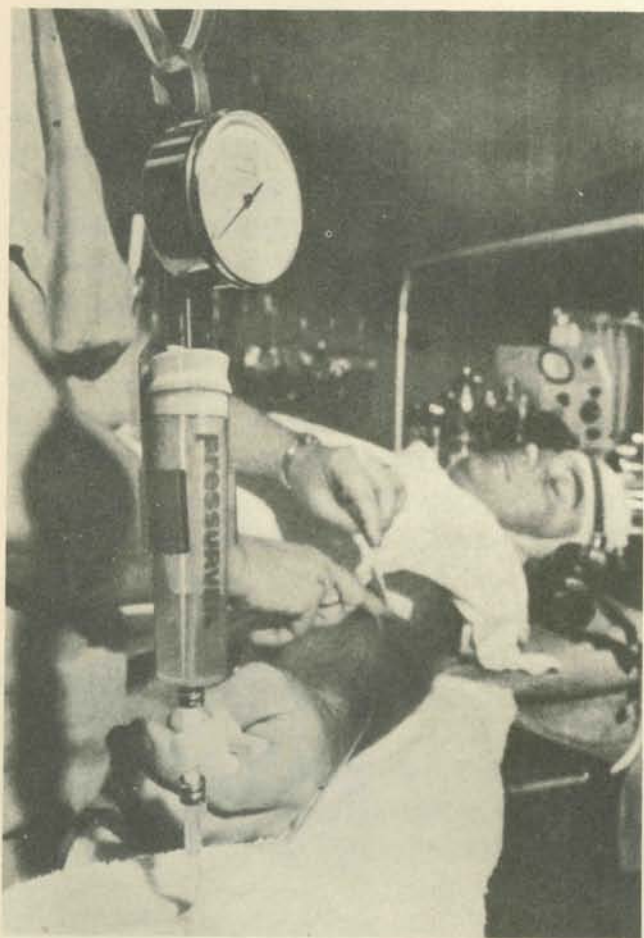
### 3. 生物系統分析與控制理論 ( Biological System Analysis and Control Theory )

生理學家是研究有生命的生物系統，而科學家們則是分析自然界現存無生命的物理系統，表面上看起來彼此好像沒有相同設計的規則，但當我們更進一層觀察之後，發覺還是有些相同點。當明白社會環境的變化原因之後，我們開始發展預防的醫學，設計一些適當的系統來維護大眾的健康，人工彌補學所設計的組件 ( devices ) 無論是取代或增加人們控制他生活的環境，只要一牽涉到創造和設計程序就需醫學家和工程師充分的合作。

一位工程師欲設計許多又新又複雜的儀器或組件給醫療和生理研究用，他必須先對整個生物系統有了粗略的了解才能適當地設計出一套合用的東西來，這就讓我們看出在儀器製造，新組件與整個系統的關係，及系統分析三個領域裏，工程和生物醫學有相互密切的關係。今日生物醫學基本系統分析的問題和一百年前理、工科學所面臨的問題相同，現在我們已經發覺數學、物理、和工程對生物系統的分析與了解有極大的幫助。許多生物系統都和控制系統的瞬時 ( transient )、迴授 ( Feedback ) 情形相似。實際上生物系統就是控制系統，如心血管系統 ( cardiovascular system )，簡單地可把它看為較複雜的抽水機，詳細一點它應該包含輸送許多物質，這樣我們可以把它模擬成許多複雜的網路，進一步我們知道心血管系統和熱調節系統 ( thermoregulatory system ) 的熱轉移函數 ( heat-transfer function ) 是相關連的。我們知道人體可有其他系統如神經肌肉系統 ( Neuromuscular

圖四





System)，心肺系統 (Cardiorespiratory system)，賀爾蒙系統 (hormonal System)，酸鹼控制系統 (acid-base control system) 等。

(三) 信息和能源的控制方面 (Control of Information and Energy)

#### 1. 移植體內組件所需的能源

最近由於工程技術的高度發展，使因生理的缺陷而加以彌補成爲可能，如心跳調律器 (Pacemakers)、腹膈刺激器 (diaphragm stimulators)、義肢 (artificial limbs)，長期移植於體內的 Devices。相當重要的是微小電池的改良和製造，二年或三年再行開刀一次。爲了增長電池使用的時間，幾種利用人體正常作用來產生可供使用的電能源已被研究，如 Biogalvanic electricity，muscle motions 和 implanted fuel cell 已被研究得相當成功，另外以 inductive coupling 或 radio-frequency energy 的方法把能量經過皮膚傳到移植於體內的電池，以便延長它使用的時間。

#### 2. 醫療用生理刺激器：

1952年 Zoll 首先成功地臨床使用心跳調律器 (Pacemaker)，七年後即 1959年 Greatbatch 和 Chardack 成功地把 cardiac pacemaker 移植到動物體內，次年他們成功地在臨床上使用。在最近十年心跳節律器在各地醫院很普遍地被使用，心跳節律器有一種叫同步心跳節律器 (Synchronous Pacemakers) 與身體正常的心跳一起跳動，另一種叫 Demand Pacemakers 正常的心跳停止了它才開始跳動。

1966年 Greatbatch 成功地使用 SNAP 15 核子能源來推動的心跳節律器，1969年 Hursen 等把這種核子心跳調律器成功地移入動物體內，這種以核子爲燃料的心跳節律器在目前已可安全地移入人體，但考慮到使用者因車禍而被損害，放射線外漏而產生危險，因此美國健康安全當局還未核准使用，這種核子心跳節律器移入體內可使用二十年之久。

### 3. 計算機在臨床信息處理之應用

近十年來由於各方面的進步和需要，醫院的結構本質上起了變化，同時信息處理的方法有了很大的進展，人們已開始把計算機應用到臨床醫學上來，應付工作負荷量的增加，使用 analog instrumentation 和 on-line monitoring 的設備，可連續記錄如血壓、心跳、EKG、或呼吸頻率等生理上的資料，尤其是在開刀房或加強防護中心 (ICU)，計算機可以使收集和儲存的資料更容易處理，並提供臨床診斷的參考，也可幫忙確定最好的藥方。其他病歷處理、臨床診斷等也是計算機應用的研究項目。

#### (四)人造器官或義肢 (Artificial Devices or Prostheses)

這方面的研究如：

1. 義肢、傷殘復健
2. 盲人感覺器 (Sensory aids for the Blind)
3. 心肺機 (Heart-Lung Machines)
4. 洗腎機之改良
5. 人工心臟器 (Complete Artificial Heart)

#### (五)生物聲學 (Bioacoustics)

生物聲學研究之目的是想明瞭生物體的聲性能，如聲波如何穿透人體，它和肌肉以及組織內的分子間作用情形、聲弛理論 (Acoustic Relaxation Theory) 早已闡述聲波如何為生物體的組織所吸收。此外人們更想製造精密的儀器，以測量聲波在生物體內進行的速度，生物體聲阻抗 (Acoustic Impedance) 的大小以及超音波的如何被吸收。因此聲波可像雷達般地診斷組織結構。以聲音為透熱工具 (Diathermic Tool) 可診治生理上的失調或其他疾病，當頻率改變時聲波穿入生物體內的程度亦有所不同。當超音波由換能器 (transducer) 發出經胸腔而至心臟壁時，一部份能量被反射到原來的換能器，而顯示在示波器上，當心臟跳動時，示波器也會出現一連串的圖形，這種簡單的診斷心臟壁運動的方法稱為「心動聲圖」 (Acoustic cardiography)，它提供心電圖所不能提供的

資料。

以超音波、脈波回音的方法可檢查腦部，超音波亦可用於眼科方面的診斷。

#### (六)血液循環動力學 (Hemodynamics)

血循環動力學是討論生物體內流體流經彈性脈管的情形，醫學工程師們把生物體內的血管系統 (vascular system) 用適當的電路表出來，一般而言血管的本身特性是非線性的，利用合成的電路，吾人可更進一步地明瞭循環系統。例如電路中每一單位諸電阻電容等都有其特殊的生理意義，如果這些單位斷路、短路或數值不對時，對整個電路也會有影響，從醫學的觀點來看是循環系統某一部分有了毛病，有些電路更可由類比計算機來解答，使得模擬的手續簡化不少，這種方法稱為人體循環類比計算機模擬系統 (Analog computer of the human circulatory system) 其他有關血循環動力學之科技活動有：

1. Pressure-flow relationships in Arteries and Veins.
2. Electrical Simulation of the human Heart.
3. Behavior of the closed circulatory system
4. Characteristic functions for systemic tree and ventricle
5. Regulation and control of pressure and flow.

#### (七)微波輻射對生物體的影響

非離子輻射 (Nonionizing radiation) 包括低頻電場 (Low-frequency electric fields)，射頻電場 (Radiofrequency field)，微波、紅外線、紫外線、雷射 (Lasers)。這種輻射是否有危險性答案是肯定的，微波對生物體的影響在生物醫學研究中日趨重要，因為：

- (1) 雷達系統的發達使得輻射綫增多。
- (2) 美、日諸國普遍使用微波爐，而爐內所發出的輻射量足使雙目失明。
- (3) 微波與高頻電磁輻射，常在醫院中被用作透熱方法

表一：

BME631	ELECTRICAL PROPERTIES OF BIOLOGICAL SYSTEMS
BME632	BIOLOGICAL IMPEDANCE TECHNIQUES
BME 633	CARDIAC ELECTROPHYSIOLOGY
BME 634	HEMODYNAMICS
BME 635	INTERACTION OF BIOMATTER WITH RADIATION
BME 638	IONIZING RADIATION
BME 639	NEURAL MODELS
BME 649	PRECEPTORSHIP IN BIOMEDICAL ENGINEERING
BME 659	SPECIAL TOPICS IN BIOMEDICAL ENGINEERING

之一。

與微波輻射有關情形分四項討論：(1)生物物理因素 (Biophysical Parameter)，(2)輻射照射之忍受度與標準 (Tolerance and Standard of Exposure)，(3)微波與生物間非熱效應 (Nonthermal Effect) 及(4)未來。

#### (1) 生物物理因素

人體對微波的吸收量，不僅是微波頻率的函數，同時亦是脂肪厚度的函數。微波所輻射出來的能量為人體所吸收後，在人體內會產生熱，在低頻時，所有為人體所吸收的微波輻射能量可穿過脂肪層而深入體內，使中心體溫度增高，由於脂肪層的阻隔，熱量不能發散體外，而產生所謂中心熱的危機。相反地，在高頻率時，微波輻射絕大部分為人體皮膚所吸收，皮膚感到溫熱，而以出汗及輻射方式排熱。在這種情況下，高頻微波輻射看來顯然較不危險。頻率介於 1000Mc 與 3000Mc 之間的微波，其與人體間的作用是很複雜的，我們必須知道皮膚、脂肪的厚度與頻率之高低，始知結果。

#### (2) 輻射照射之忍受與標準

當人體浸沐於微波輻射之中時，能忍受多少或多久？吸收了微波能量後，對人體組織的健康有怎樣的危害呢？美國許多大學利用牛、狗、兔子、貓、老鼠等作實驗後所得之結論，表示動物連續地接收微波輻射後，某些部位溫度上升。眼睛的灼傷是很危險的，美國已有一兩百個因微波輻射、雷達系統的輻射等而導致眼疾的例子，200mW/cm<sup>2</sup>的微波量可使眼睛的晶狀體溫度升高 10°C，而產生瞎盲，故當微波輻射量達 100mW/cm<sup>2</sup> 時，連續的照射不但會使眼睛瞎盲，體內溫度升高，更可使振動情形達及腦部，暫時性或永久性地損及中樞神經系統，許多在美國空軍或雷達系統服務的人員，抱怨他們因受微波輻射而導致生殖機能受損或中樞神經系統損傷，但醫生却診斷不出確實原因，可能是微波輻射的結果，也可能不是。

#### (3) 微波與生物間的非熱效應

微波輻射量超過 10mW/cm<sup>2</sup> 時，除了發生熱損傷如

發熱，白內障等外，這種微波電磁場還會和組織中的分子直接作用，而形成非熱效應的傷害。

#### (4) 未來

目前美國有許多人熱中於環境工程，研究環境污染及微波對生物的影響問題，由於生物組織有適應的能力，微波對生物體的影響尚未定論還在研究階段。

## 四、醫學工程教育

在諸論中已提到美國目前約有 800 位研究生分別在七十五所大學攻讀博士學位，但從事生物醫學工程的活動或研究的共約有一百所，這些活動和研究有在電機、化工、土木，和機械系裏進行的，在一些知名的學府裏許多教授（尤其是電機系）皆或多或少涉及到醫學工程的工作，在柏克萊、麻省理工學院、賓州大學，以及約翰赫普京大學，約有四分之一的教授從事這方面的工作、生物醫學工程在美國已漸漸地由學術性的發展進入工業界，在日本醫學電子工業相當有成就，製造了不少儀器，但只有極少數學校備有這方面的課程。

談到如何培養和訓練這方面的人才，在美國其課程因學校不同而迥異，因為每一學校發展的重點不同，但有一共同性，即差不多所有從事生物醫學工程研究的學生都具有工程方面的涵養，更驚人的統計是約有百分之八十的學生是電機系出身的，一般而言，在數學方面，學生必須修讀微積分、工程數學、概率論、電機方面須通曉電路、電磁理論以及控制理論，至於生命科學方面，除了有有機化學、生物化學外，還需修讀一系列生理課程。美國賓州大學所開的一些課程（表一）：

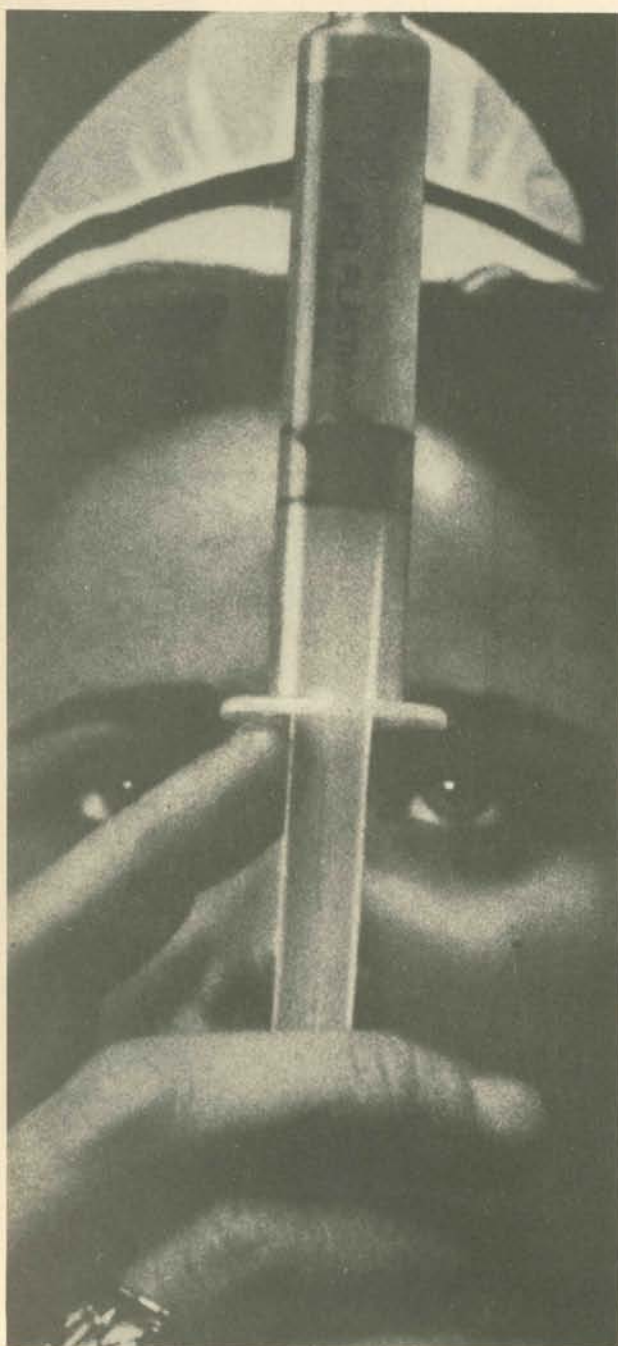
大學部的醫學工程教育，在美國剛開始時是屬於電機系、化工系、或機械系裏的一組，十年前為了醫學工程專業人才需要量大增，已開始有學校設立大學部之醫學工程系，目前已有二十五所大學設有該系，課程方面也因校而異，茲舉南加州大學的醫學工程系課程來參考（表二）：

從以上國內外幾所大學醫學工程課程的內容，使我們對醫學工程教育有了進一步的瞭解，今天醫學工程的研究

表二

FIRST YEAR		Units	
		1st sem.	2nd sem.
Math. 125	..... Caculus I .....	4	0
Math. 126	..... Caculus II .....	0	4
Physics 151L	..... Fundamentals of Physics I: ..... Mechanics, Heat, & Sound .....	0	4
Chem. 105abL	..... General Chemistry .....	4	4
English 101	..... Freshman Seminar I in Writing ..... & Literature .....	4	4
E.E. 100	..... Intro. to Engineering Computation .....	1	4
E.E. 150	..... Intro. to Engineering Analysis .....	0	4
BM.E. 101	..... Intro. to Biomedical Engineering .....	2	0
		15	16
SECOND YEAR		Units	
		1st sem.	2nd sem.
Math. 226	..... Caculus III .....	4	0
Math. 345	..... Mathematics of Phys. & Engr. I .....	0	4
Physics 152L	..... Fundamentals of Physics II: ..... Optics, Electricity, & Magnetism .....	4	0
Physics 1531	..... Fundamentals of Physics. III: ..... Intro. to Modern Physics .....	0	4
Chem. 322abL	..... Organic Chemistry .....	4	4
Biol 106abL	..... General Biology .....	4	4
		16	16
THIRD YEAR		Units	
		1st sem.	2nd sem.
Biol. 316L	..... Intro. to Biochemistry & Cell ..... Physiology .....	4	0
E.E. 2202	..... Linear Circuits .....	4	0
E.E. 301	..... Introduction to Systems.....	0	3
E.E. 464	..... Probability Theory for Engineers .....	0	3
BM.E. 302L	..... Medical Electronics .....	0	3
BM.E. 302	..... Control of Metabolic Systems .....	0	3
Electives	..... Humanities .....	8	4
		16	16
FOURTH YEAR		Units	
		1'st sem.	2nd sem.
BM.E. 403ab	..... Physiological Systems .....	3	3
BM.E. 404	..... Biostatistics .....	3	0
BM.E. 402a	..... Contro & Communication in the ..... Nervous System .....	0	3
Electives	..... Humanities .....	4	4
Electives	..... Technical .....	7	6
		17	16





已進行得如火如荼，但醫院裏還有許多事情沒有解決，學保健，及現代健康輸送服務未能達到完美，是因為過偏重於基本的學術性研究，而忽略了實際存在的問題，1975年美國電子電機工程協會（IEEE）醫學工程雜誌就有一期專門檢討醫學工程教育得失的問題，目前已有種趨勢即比較偏重實用的醫療工程（Clinical Engineering）方面，對健康服務的輸送系統，醫療及醫學研究用儀器的製造較為重視，國內的醫學工程教育，曾有人現在來發展還太早且是一種浪費，由於醫學工程範圍廣，若是指純學術性而無大的實用價值之研究，在國內其方面都很需要去發展情況下，也許是早了一點，但若換角度來看，尤其是醫療工程方面，也許就國內的工程技術水準和醫學的水準來看，早就可以開始了，舉個例子來說，醫院的醫師欲購買一部醫療儀器，五花八門他不知如何去選擇，儀器代理商大力推銷，結果買的不是最經濟的而且醫院裏常有許多儀器故障了就無法使用，修護要等幾個月，因為醫院沒有兼具醫學和工程的人才，再說儀器代理商的水準很低，真正具有修護能力的沒幾家，目前許多極簡單的醫療儀器國內已有能力製造了，但還是靠進口，國科會精密儀器中心已開始發展製造醫療儀器，但缺乏兼具醫學和工程的人才而發展緩慢。順便提了以上幾點我們不難看出醫學工程教育在國內是該受到重視。醫學已很重視醫學工程的人才培養，吾人希望藉此介紹也引起其他各界人士對醫學工程的認識和重視，因為這方面人的培養不但配合國家的經濟建設，也關係到每個人的健康服務。

## 五、結論

醫學工程融理、工、醫學於一爐，開啓現代學術綜合研究的趨勢。美國比較偏重純學術性的研究，最近已開始注意實際的應用，日本的醫學電子儀器還銷到美國，其先進國家都早已從事這方面的研究和應用。國內經濟建設突飛猛進，十項建設完成後即將由開發中國家進入先進國家的行列，人們對健康的問題愈加重視，綜合醫院、大型醫院林立，大批進口醫療及醫學研究儀表，成為歐美各國醫療儀表的市場。民國六十一年美國賓州大學醫學工程教授史旺博士（Herman P. Schwan）來台灣參加近代工程學術討論會時已在呼喊「台灣的確該開始研究人們健康的需要和目前保健的系統結構，發展醫學電子儀表」。今日醫學研究已漸脫離純醫學的境界，而邁入醫學與科技合作的時代，發展醫學工程純學術性的研究，使醫學邁入新的領域。發展醫學電子工業製造醫療儀器，不但供應國內需要且可積極推展外銷。

國內中原理工學院醫學工程系課程為：

註：有記號 ※ 者為選修課程

一年級	學分	
	上學期	下學期
國文思想	2	2
英文	4	4
微積分	4	4
普通物理	3	3
普通物理實驗	1	1
普通化學	3	3
普通化學實驗	1	1
普通動物學及實驗	3	0
比較解剖學及實驗	0	3
	21	21

二年級	學分	
	上學期	下學期
國文	4	4
工程數學	3	3
電路理論	3	3
電路實驗	1	1
生理學	3	3
生理學實驗	1	1
有機化學及實驗	4	0
生物化學及實驗	0	4
電子學	0	3
電儀表 ※	3	0
	21	21

三年級	學分	
	上學期	下學期
中國通史	2	2
電子電路	3	3
電子學實驗	1	0
電子電路實驗	0	1
系統工程	3	0
生物系統	0	3
細胞生理學	3	0
概率論	3	0
生物統計	0	3
電子計算機程式	3	0
數值分析	0	3
電機機械	3	0
※交換電路	0	3
※熱力學	0	3
※電子儀表學	0	3
	21	21

四年級	學分	
	上學期	下學期
醫學測量及儀表	3	0
醫學測量及儀表實驗	1	0
中國現代史	2	0
社會科學概論	0	2
人類工程學	0	2
醫學電子學	3	0
醫學工程醫院應用	1	0
※計算機模擬	3	3
※近代物理	3	0
※核子物理概論	0	3
※脈波電路	3	0
※核子電子學	0	3
※神經肌肉工程	0	2
※針灸醫學概論 I, II.	3	3
※醫學儀表設計及實驗	0	1
※放射線醫學概論	0	1
※臨床化驗儀器學	2	0
※書報討論	1	1
	9~16	9~16