

醫學工程： 整合台灣大學醫學與工程教育的基石

林啓萬¹ 曾淵如^{1,2}

醫學工程的廣泛定義是以物理與數學的觀念方法有規劃地去解決生命科學的問題，而實際的醫學工程則包括應用電機、電子、機械、化工、光學、材料、等其他工程原理於瞭解、修改、或控制生物系統（人與動物），以致於設計、製造、用於監測患者生理功能與協助診斷、治療程序之儀器與設備。有鑑於此一醫工領域的多樣性與整合性，本院醫學工程研究中心自八十七年八月一日起正式改制為醫學院與工學院合設之醫學工程研究所，為本校醫學工程教育設立重要的里程碑。值此重要轉型時刻，實有必要依國內現況對未來之課程、研究領域與學生之生涯規劃提出說明，作為將來教學與研究的方針。

關鍵詞：醫學工程，臨床工程，教育
(醫學教育 1998；2：429~36)

前 言

二十世紀醫學與工程科技的快速發展，已大幅改善人類生活品質與福祉，尤其是在臨床醫療方面，隨著電子醫療儀器、新器材、新技術的發明與使用，不僅使得許多疾病的預防與治療獲得重大的成果，也使得醫療服務的方式有了急遽的變化，而工程技術在醫學的研發方向也愈來愈受到成本考量的影響^[1-3]。如今在一個現代化的醫療院所裏，各種複雜的醫療儀器往往需要整合具不同技術專長的人員，以整體團隊的合作方式，才能使醫學的藝術能發揮到極致。而在基礎研究方面，對於分子、細

胞、組織、器官等不同層次在生理與病理狀況的深入瞭解，也更需要新儀器、新材料與新理論模型的配合發展及使用，以獲得突破的成果，這也是需要各領域人才的積極投入與整合，尤其是讓基礎醫學與工程各領域的知識與成果交流，才能讓本土之研究水準與國際知名學府齊頭並進。隨著跨領域整合的需求趨勢，醫學工程（Biomedical Engineering, BME）在醫學與工程之間的溝通橋樑的角色也逐漸由被動參與轉變成為主導，這不僅反應在各類研究計畫數目的增加上，也隨著醫療器材產業的建立而有更積極的動力^[4]。

醫學工程的廣泛定義是以物理與數學的觀念方法有規劃地去解決生命科學的問題，而實

Special Report: Biomedical Engineering: A New Program Integrating Medicine and Engineering at National Taiwan University.

國立臺灣大學 醫學院暨工學院 醫學工程學研究所¹ 國立臺灣大學醫學院 內科²

通信作者地址：林啓萬 台北市 100 仁愛路一段一號 臺灣大學 醫學院暨工學院 醫學工程學研究所

際的醫學工程則包括應用電機、電子、機械、化工、光學、材料、等其他工程原理於瞭解、修改、或控制生物系統(人與動物)，以致於設計、製造、用於監測患者生理功能與協助診斷、治療程序之儀器與設備^[5,6]。當部分以上的工作是在醫院或臨床醫療機構中進行時則被稱為臨床工程(Clinical Engineering, CE)。而今二者的工作範圍與內容雖然包羅萬象，可以有極大的差異，但在本校的本質上仍然以研究、發展與服務為主。

本校在電機學院雖然已經早有醫學工程組碩、博士班，從事醫學電子與儀表之相關研究，但有鑑於此一醫工領域的多樣性與整合性，本院醫學工程研究中心自八十八年八月一日起正式改制為醫學院與工學院合設之醫學工程學研究所，為本校醫學工程教育設立重要的里程碑。值此重要轉型時刻，實有必要對未來之課程、研究領域與學生之生涯規劃提出說明，作為將來教學與研究的方針，故在參考各國醫學工程教育之文獻與課程內容後，依國內現況提出下列之規劃^[7-12]。

研究所定位與規劃

為能充份發揮本校兼具醫學與工程完整資源之特色，本所之定位與規劃，著重於整合各科系所既有與未來對醫學工程之研發有興趣的人員、實驗室及專業課程，以成為一具有完整學習環境的教學研究單位，提供跨領域學門所需要的共同基礎與前瞻性專長訓練。

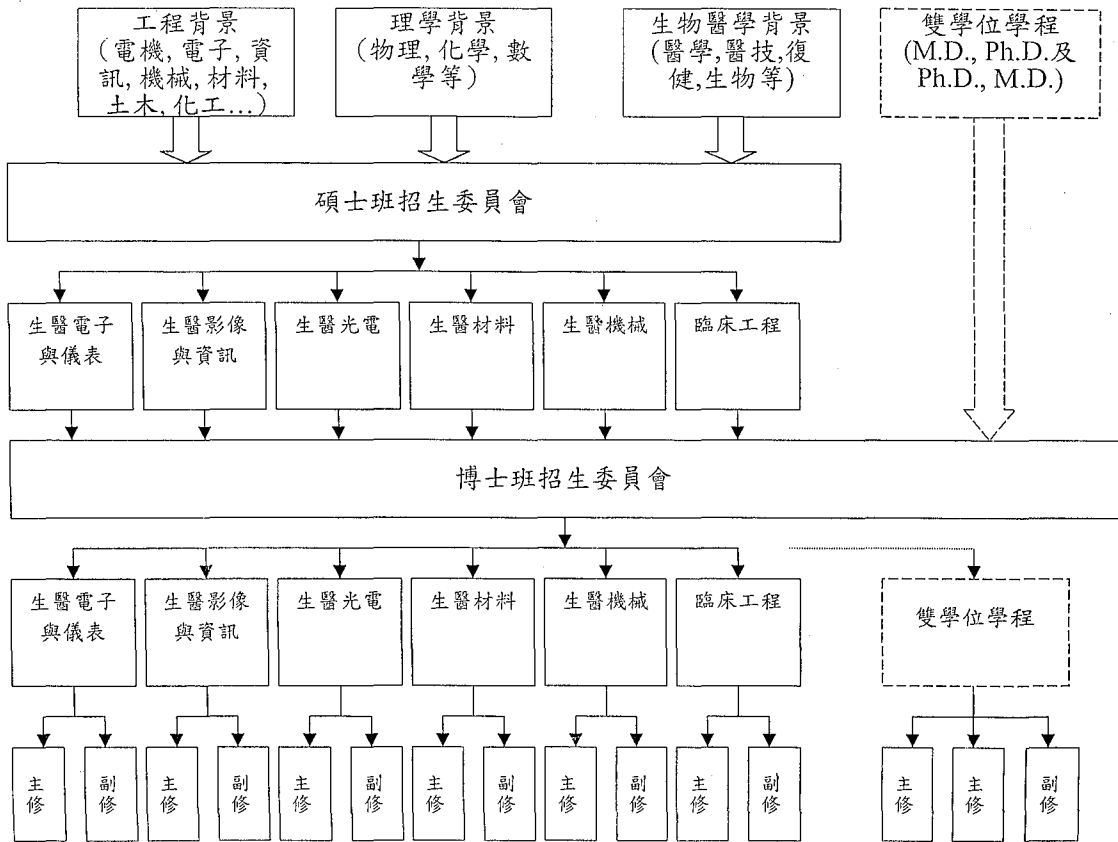
研修背景與入學方式

醫學工程的跨領域範圍包含相當廣泛，舉凡電機、電子、機械、化工、資訊、材料等工學院背景或物裡、化學、數學等理學院基礎之學生都可參與經由課程訓練後選擇適切研究題

目進行學位論文的研修。同理對於醫學院具臨床醫學專長的醫師與其他專長之學生亦可經由相關工程課程的選讀，進而獲得學位。依目前所擬定之研究專長領域來分類，主要將包括生醫電子(Bio-electronics)、生醫資訊(Bio-informatics)、生醫光電(Bio-optics)、生醫材料(Bio-materials)、生醫機械(Bio-mechanical engineering)與臨床工程(Clinical engineering)。各分組之招生人數將依實際需求與師生人數比制訂，其招生入學管道，將採筆試與甄試之方式進行，其可能流程與組織架構如圖一所示。對於在職進修的需求將編列特定名額，除配合上述之招生方式外，亦將考慮以論文班(Thesis)與學分班(Non-Thesis)之方式進行，以具彈性方式，回應各種可能背景、需求學生對醫學工程領域探索的初衷與目的。其中較特殊的是希望能設法突破現有學制針對醫學士提供醫學博士與醫工博士(MD、Ph.D.)之雙學位學程。在中長期設法突破現有學制，提供學士後醫學博士與醫工博士(PostGraduate, MD、Ph.D.)之雙學位學程。

課程與研究領域規劃

為能充分發揮本校特色並與國內其他大學之專長交流，本所之課程規劃將以現有之師資提供核心課程(Core Courses)與部分之專業課程(Major and Minor Areas)，其餘之課程將依現有規劃與研究領域經由科、系、所、院、校之交互承認(Mutual Agreement)，以達到求取新知與專業深入的目標。另外在國際化的角色上，首先將積極參與亞太地區相關學術交流活動，以確立本校在亞太地區之崇高學術地位，再進一步經由相關學會之國際學術活動，建立本校醫工學術之地位。

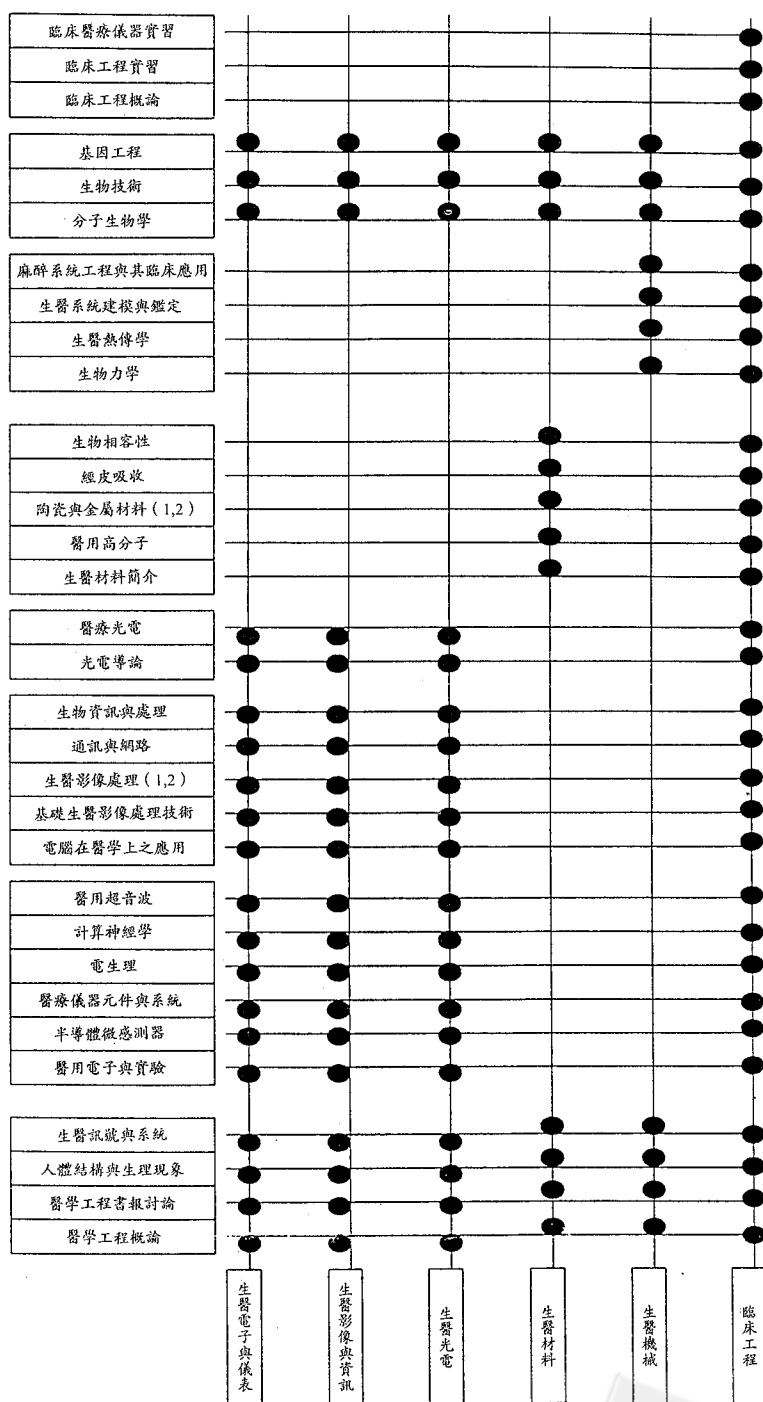


圖一、研究所規劃之研究領域與部份分組課程，其中核心課程為各組共同必修，分組必修與選修課程由本校研究所課程中開設。

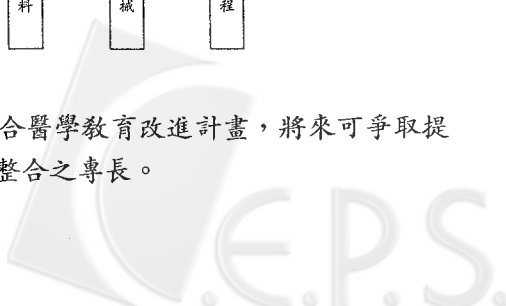
在本所所規劃提供之課程中，必須充分整合本校各相關學院科系所之現有專業課程與教學資源，務期使學生能獲得最適切的課程安排。尤其與教學醫院的教學合作關係，有必要透過與醫工室的相互協定建立更穩固的實務訓練課程，以增強本所在臨床工程方面師資與實習環境，使此成為本所在醫學科學校區之重要特色之一。將來配合與本院教學合作之醫院網路，可使目前已有之工程師人力具有獨當一面之機會，也可讓所招訓的學生有學以致用的地方，成為推廣臨床工程到全國的生力軍。依據以上所述原則，並參考國內外醫學工程教育與

研究之發展趨勢，初步規劃本所之研究領域與部份分組課程如圖二所示，各分組課程之先後順序與內容，將由各組討論後實行。課程進行方式將以實務訓練課程 (Work Shop)、專題討論 (Seminar)、研討會 (Conference)、研究所學分課程 (Course Credit) 與論文等方式配合進行。碩士應於四年內完成三科主修、三科副修共六門醫工相關課程與必要之論文學分 (6 學分)，而博士應於八年內完成六科主修、三科副修共九門醫工相關課程與必要之論文學分 (18 學分) 以獲得相關學位。





圖二、醫工研究所招生入學、分組與組織架構，其中配合醫學教育改進計畫，將來可爭取提供醫學博士與工程博士雙學位學程，以發揮醫工整合之專長。

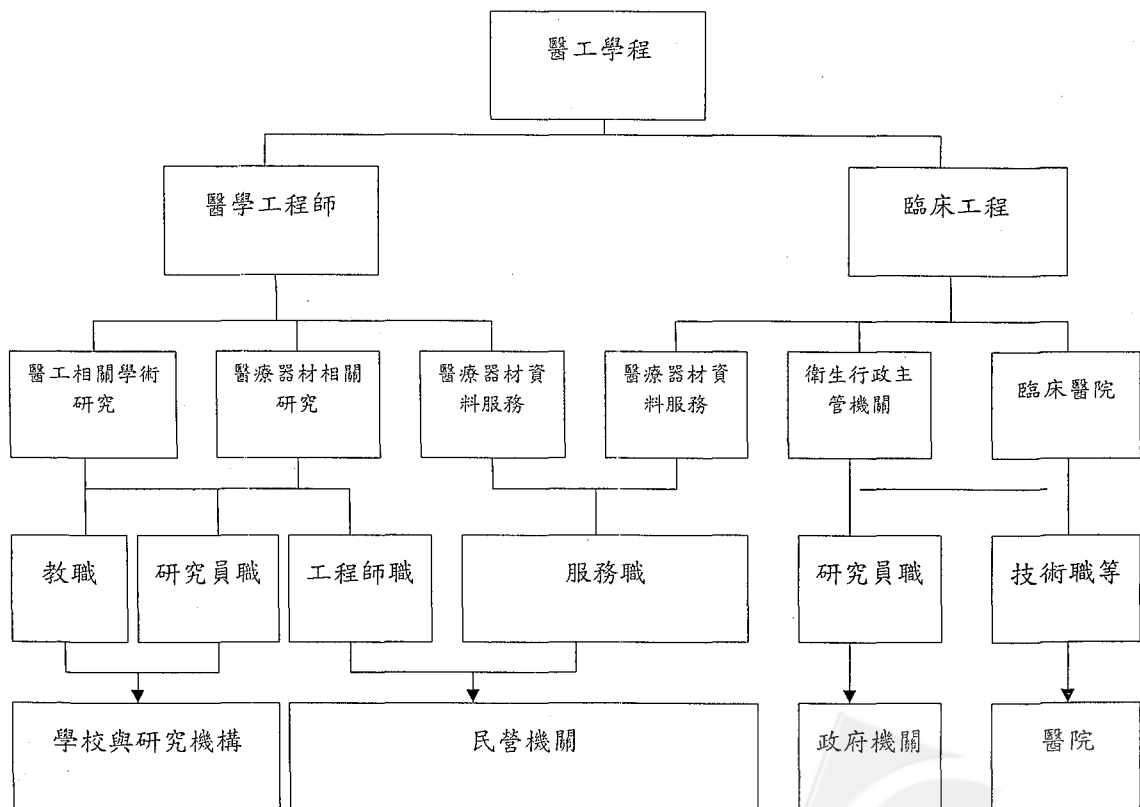


生涯規劃

依國外醫學工程畢業學生的就業與深造途徑分析，在大學部的醫工畢業生中大約有 $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{2}$ 以進入醫學系為目標（M.D. 或 M.D.、Ph.D.），另外 $\frac{1}{3}$ 進入產業界，其餘不及 $\frac{1}{3}$ 進入研究所繼續攻讀學位。在研究所方面則以醫學工程與臨床工程為主，其中臨床工程大多只提供碩士學位，而學位之獲得又可依學分與論文兩種方式，以期符合實務工作之需求。醫學工程則提供碩士與博士學位，但僅提供論文方式修讀，畢業生之就業除在教育、研究單位外，亦有相當數量任職於相關醫療器材產業。

國內醫學工程畢業就職的選擇，則相對的相當缺乏多樣性，一則因為國內醫療器材產

業，大多為中小型企業型態且還在起步階段，故而尚未能重視研發與長期性投資的必要，使得學士甚至是碩士畢業生之就業仍以業務銷售與維修為主，尤其是碩士畢業生的就業，除一部份繼續攻讀博士學位外，其餘之就業甚至有與專長訓練無關之情形，形成人力資源之極大浪費。博士畢業生目前雖然數目不多，但一直是以服務學術研究單位為主，進入產業界則仍相當少。本所將來之畢業生勢必面臨相同之困境，實在有必要在研究所成立之初就對此提出適當之規劃說明，其可能分類如圖三所示。首先是在公職方面，過去幾年在王正一教授擔任醫學工程學會理事長時的努力下，爭取確立醫工職教體系與稀少性科技人員高等考試之任用管道，為高等醫工人力任職政府機構開啓正式



圖三、醫學工程生涯規劃

的通路，將來在衛生署、國科會、教育部等單位將可以有本學門專長的人才，實際參與各項科技政策、人力資源中長程規劃的擬定與執行，有助於醫工的長期發展。在實際的層面上，上述之管道雖然對於工作機會的增加，仍然十分有限，但是對於高等醫工教育畢業的人才卻具有鼓勵的指標作用。

其次是臨床工程師部分，目前各教學醫院單位已有相當數目的臨床工程師任職，如何發揮其功能並提供在職進修的管道，以協助建立臨床工程師執照與增加其就職機會，實是相當重要的問題。目前國內相關研究所雖有提供臨床工程之課程，但大多難謂專業，將來如何結合醫儀技術、法規、標準、與管理等重要課題，提供完整而專業之課程內容實是本所課程規劃的一大挑戰。以本院醫工室為例，現有技佐、技士、技正約二十人，雖有相關研討會與內部教育定期舉行，但在可預見之未來勢將面臨年資升遷與執照認證之問題，以現有職缺的限制將無法滿足年輕工程師的上進目標，恐會造成士氣低落與服務品質降低的惡性循環，在院應可率先與相關建教合作之區域醫院建立合作制度，以內部工程師擇優擔任，以達疏通內部人事管道之目的，將來配合研究所與區域教育中心之養成教育學員人力資源，可發揮本院在醫學教育與臨床工程教育的特色，並確立本校的學術領先地位。

而在醫學工程師部分，目前國內各校都已有相當完整的師資與課程供學生選修，課程規劃雖各具特色，但大多傳統而保守，缺乏能整合工程與醫學相關課程的學校。畢業學生近年雖已有留在國內就業與深造之趨勢，但仍有相當人數選擇至國外進修博士，國內之就業情況不論是本國或海外的碩、博士畢業生則仍是以學術研究機構為主。近年來醫工產業與相關研究在國內日漸成形，目前對於醫學工程師的需

求雖未形成獨立的工程師領域，但是在公眾的認知上已較以往具體，且廠商在求才時也己能具體描述醫學工程師的需求。但在相關產業真正起飛前，高等醫工人力之就業仍以學術研究機構為主，是故提供適切資訊與技術以利新型態產業的建立或如何協助相關產業進入醫療產業與突破現狀，是與人力出路息息相關的。以醫療產業為例，除傳統研發之需求外，因應新技術與新需求的就業機會，與傳統以研發導向的就業市場，將有極大的不同，例如在技術資訊服務方面隨著市場開放，在檢測與校正上將有需求性的增加，此外在法規、標準與專利方面就醫工專業角度之技術分析與顧問，亦將有實質的需求。另外近年在生物資訊、組織工程、精微機電系統、生醫光電與微電子等方面的快速發展，學校若能在課程與研究上加強，並與工商產業界的交流，相信在上述各領域將可提供新的就業機會。

結 語

有鑑於上述之情形，目前之醫工教育應思考如何在實務需求與學術研究中取得平衡，對於現今研究任務之雜亂無章，實應依各研究單位之性質做適度的區隔，雖然醫工本身的工作很多是屬於應用性質，但在學校與以實用為導向的研究機構（如工研院等），仍應依前瞻性與重點性做出合理的區隔並做垂直的資源整合，以縮短自概念（ideas）、可行性（feasibility）、原型（prototype）到量產（mass production）的技術鴻溝與時程。為此本所未來之研究方向與課程規劃，理應深入基礎、臨床研究並與之全面交流，以由實際接觸中發掘新問題，積極從事前瞻性研究，使醫工之學術研究成果能被基礎與臨床所肯定，並注意工程技術之新發展以應用於醫工研究，俾益於新領

域的建立與發展，以免因固步自封而遭到淘汰的命運，如此本所設立之初衷，即促成本校醫學與工程積極交流之目的堪可謂達成。另外為達研究成果於醫療保健之應用，實有必要加強品質觀念與法制之探討與建立，因為最終我們會是與國際對手面對面的比較。除了積極於學術上的優勢外，以人為重的倫理、法規與品質觀念，將是醫學工程長久發展的磐石^[13]。

參考文獻

1. Raymond CA: Answering the call of high tech medicine: wedding engineering to healing art, science. *JAMA* 1945; 260: 450-1.
2. Zambuto RP: Current health care trends and their impact on clinical engineering. *Biomed Instrum Technol* 1997; 31: 228-36.
3. Bronzino JD: HMOs and medical technology. *IEEE Eng Med Biol Mag* 1997; 16: 85-6.
4. Baker RJ, Colvin JB: IBEEES Prize Lecture. The future of biomedical engineering. *J Biomed Eng* 1991; 13: 267-8.
5. Woodford FP: A scientist's view of bioengineering. *Med Eng Phys* 1994; 16: 91-6.
6. Dowson D: The Christopher Hinton Lecture 1990. Medical engineering: the multi-disciplinary challenge. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part H. J Eng Med* 1991;205: 1-10.
7. Iwata A: Biomedical engineering research programs in Nagoya Institute of Technology. *Front Med Biol Eng* 1993;5: 233-6.
8. Edrich J: Biomedical engineering education in Europe. *Biomed Sci Instrum* 1993; 29: 295-9.
9. Sasada T: Education in the field of biomedical engineering for Japanese engineering students. *Eng Med* 1983; 12: 211-3.
10. Gordon GJ: Southern California biomedical equipment technician apprenticeship program. *Med Instrum* 1980; 14: 123-5.
11. Meyer-Hartwig K, Bleifeld W: Education and professional training of biomedical engineers in West Germany. *J Med Eng Technol* 1978; 2: 62-6.
12. Anonymous: Graduate education in computer systems in medicine: a conceptual model. Canadian Organization for Advancement of Computers in Health. *Med Inf* 1978; 3: 3-13.
13. Saha S, Saha PS: Biomedical ethics and the biomedical engineer: a review. *Crit Rev Biomed Eng* 1997; 25: 163-201.



Biomedical Engineering : A New Program Integrating Medicine and Engineering at National Taiwan University

Chii-Wann Lin, M.D.¹, Yung-Zu Tseng, M.D.^{1,2}

Biomedical engineering (BME) can be defined in general terms as a branch of science or engineering that systemically solves life science problems with the tools of Physics and Mathematics. Practically, the functions of BME can extend from understanding, modifying, or controlling a biological system to designing and manufacturing devices or instruments to monitor the physiological parameters and improve diagnosis and therapy by means of electrical, electronic, mechanical, chemical, optical, material and others engineering principles. To provide the needed multidisciplinary and integrated environment for BME education, the Institute

of Biomedical Engineering, which is a joint program of the School of Medicine, and the School of Engineering, National Taiwan University, was founded on August 1, 1998. Based on the ten years experience of the Center for Biomedical Engineering in the School of Medicine, we identified and proposed some curricula, research fields, and career development in reference to both native and international trends. These will serve as guidelines for the future development of biomedical engineering education in the school of Medicine, National Taiwan University. (Full Text in Chinese)

Key words: Biomedical Engineering (BME), Clinical Engineering (CE), education
(J Med Education 1998; 2: 429~36)

Institute of Biomedical Engineering, College of Medicine and College of Engineering, National Taiwan University.¹
Department of Internal Medicine, National Taiwan University College of Medicine.²

Address correspondence to: Chii-Wann Lin M.D., Institute of Biomedical Engineering, National Taiwan University College of Medicine and College of Engineering, No.1, Sec.1, Jen-Ai Road, Taipei 100, Taiwan.