

生物醫學工程概論

Introduction to Biomedical Engineering

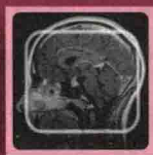


大島宣雄 原著

薛敬和 編譯 & 增著

Introduction to Biomedical Engineering

生物醫學工程概論



大島宣雄 原著

薛敬和 編譯 & 增著

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

生物醫學工程概論：支援醫學的工程學 / 大島宣雄
原著；薛敬和編譯著。-- 初版。-- 新竹市：
薛敬和出版：百晴文化科技發行，2012.02
面；公分
譯自：入門医工学：医学をサポートする工学
ISBN 978-957-41-8941-0(平裝)

1. 生物醫學工程 2. 生物技術

410.1636

101002947

生物醫學工程概論

Introduction to Biomedical Engineering

—支援醫學的工程學—

原 著：大島宣雄
編 譯 著：薛 敬 和
出 版 者：薛 敬 和
發 行 所：百晴文化科技出版股份有限公司
公 司：新竹縣竹北市東興路 285 巷 17 號
電 話：(03)5726825；(03)6675577
傳 真：(03)5726825
郵政劃撥：50220598

ISBN：978-957-41-8941-0

初版一刷：2012年2月

定 價：新台幣 450 元

本書如有缺頁、破損、裝訂錯誤，請寄回更換

原日文版《入門 醫工學》（著者：大島宣雄）由サイエンス社於
2008年7月25日初版發行。本書經原著者及出版社同意由薛敬和
編譯及增著以及授權獨家在台灣地區出版、發行、銷售。

本書所有內容，未經編譯著者事前書面授權，不得以任何方式作
全部或局部之翻印、複印、仿製、簡体化或轉載。

版權所有*翻印必究

原序中譯

本書的讀者，任何一位都有接受過心電圖檢查或胸部單純 X 光攝影的經驗吧，這些醫療技術只不過是在 100 年前發明的產物，但是接受檢查的人很少想到他們對醫學的進步有多大的貢獻吧。除了第二次世界大戰以前所用的這些古典的醫療機器之外，X 光 - CT（X 光電腦斷層掃描裝置）和 MRI（磁共振造影裝置）等近代的醫療技術在 1970 年代以後急劇性地普及，對現代醫療產生巨大的影響。現代的醫療說是全靠工程學的支撐也不為過。本書是將如此貢獻於現代醫學和醫療的進步的工程學技術：以此，做為「生物醫學工程」簡稱「生醫工程」的前言來敘述。但是無論如何，醫學和工程學所涵蓋的領域每一個都非常廣泛。例如，在醫學工程學的領域最大的學會即「日本生物醫學工程學會（舊日本 M. E 學會）」（<http://www.jsmbe.or.jp/>），曾經指出因沒有適當的教科書，故對教育及研究產生很大的阻礙。經過審慎的探討，學會即進行企劃編撰教科書的系列，預定出版共 37 冊教科書（自 2007 年至現在已出版 21 冊）。如此巨大的學問和研究的領域，要由一位教育及研究者來涵蓋是非常困難的，對著者而言是無法勝任的課題。但也就是在這新穎又龐大的學問領域裡，「如何使工程學貢獻在醫學的進步上」，想必需要有一本簡淺易懂的書本。本書是基於觀點，以學習生物學、醫學、護理學、醫療技術等的學生為主要對象，嘗試當作「生物醫學工程」的入門書籍。

生物醫學工程的領域於 1960 年代才將體系化，所以是比較新的學問領域，但是最近十年來，醫用影像處理裝置急速地進步及發展，以及「再生醫學工程」中的器官再生的新技術也急速地進步。作者長年

從事研究有關人工器官和再生醫學工程和微小循環系統的血流的流動的生物力學，但此領域只不過是生物醫學工程領域中的一小部分。因此在本書大部分的學問之進步，作者是無法充分的跟進，恐多有理解過淺之處。爲了彌補不足，在各章末尾加上參考書，敬請各位參閱。

不只是醫療技術，全部支持人類生活的技術，都有明確的理論和想法和基礎，經過長年的改良，才能到達現在的進步。作者對生物醫學工程技術的基礎，和其對醫學進步的貢獻所理解的範圍內，以易懂的敘述寫入本書中。在工程學的領域，很多要談論到重要的概念或理論時就必需用到數學式，但本書爲醫學、生物學的諸多讀者考量，就不使用數學式了。還有由於生物醫學工程技術的進步神速，因此參考圖書原則上採用過去十年左右所刊行的書籍。

本書是以作者在筑波大學專門學群和大學院醫學研究科的授課講義爲基礎。本書所用的圖表，大多是 2005 年到 2007 年在台灣的長庚大學和中國的浙江大學集中授課時全面性的改寫重整，可能有些冗長難懂，但還是感謝辛勤毅力的國內外來聽講的學子們，並且期待以本書爲參考，做出更好的教科書。

大島宣雄

2008年6月

編譯著序

編者近年來致力於生命科學與工程的跨領域研究和教育工作，希望將生命科學作為基礎以通識教育學科的理念，推展實踐於國內高等教育體系之中，並編寫《生命科學與工程》一書，作為推動此一理念的平台和工具。相較於生命科學與工程學的兩相結合、互體互用，支援醫學與醫療的工程學，也就是生物醫學工程，則更有專門學科的味道，科學技術的進步精進了生物醫學工程的發展，生物醫學工程的進步則提供了診斷和醫療的便利性和精確性，提高了對人類生活和福祉的貢獻。

編者在編寫《生命科學與工程》時，引用了大島宣男教授所著的《入門醫工學》一書的部分內容，也在拙作完成後送給大島教授審閱。大島教授對於譯文編寫以及全書的內容和品質，都給予高度的讚賞，遂有邀請我將其著作翻譯為中文在台出版之議；我進一步仔細品讀《入門醫工學》一書，越覺這是一本內容深入淺出、說明易讀易懂的好書，因而決定再投入時間和精力，向國內讀者以及學子引介大島教授的著作，並期盼延續擴展我推動生命科學、生物醫學以及工程學跨領域教育的自我期許。

本書「生物醫學工程概論：支援醫學的工程學（Introduction to Biomedical Engineering）」原文共有六章，包括第一章〈生物醫學工程的源起〉、第二章〈支援診斷的工程學（I）：生醫訊號的量測〉、第三章〈支援診斷的工程學（II）：造影處理的技術〉、第四章〈支援治療的工程學：活用於治療的器材〉、第五章〈代行器官機能的工程學：人工器官〉、第六章〈人體再生的工程學：再生醫學工程〉，

已包括了生物醫學工程基礎與入門的課題。然譯筆完成之後，我覺得若在國內作為一學期的教科書使用，則內容略顯單薄；另一方面，本書原以學習醫學工程、醫療護理和醫技等學科的學生為對象的入門書籍，關於生物醫學工程的基礎科學和智識描述較少，因此，在取得大島教授的同意後，編者於此譯本中，添寫了三章的內容，包括第七章〈支援診斷與治療的工程學：生物感測與生物晶片〉、第八章〈支援疾病治療的工程學：藥物傳輸系統〉、第九章〈支援醫療體系的工程學：生物資訊與生醫系統〉等。此外，編者亦在每章書末添寫了習題，以及在書末索引中加註了中英名詞對照，增加本書作為教科書的適切和完備性，並提高學生的學習效果。如此，期望讓本書的內容更完備，更適合於國內生物醫學工程教育之所需。

希望在持續的努力下，本書能達到編者推動生命科學、生物醫學、工程學跨領域教育的初衷，對國內相關領域的學子有所幫助。當然，雖經殫精竭慮的考量和修正，仍不免有疏漏與不妥之處，還望諸先進和讀者，不吝改正與賜教，不任感荷。

薛敬和

2012年1月
於新竹清華大學

修 校

第 1 章 生物醫學工程的源起

林康平（中原大學電機工程學系）

第 2 章 支援診斷的工程學(I)–生醫訊號的量測

林康平（中原大學電機工程學系）

第 3 章 支援診斷的工程學(II)–造影處理的技術

江惠華（陽明大學生物醫學工程學系）

第 4 章 支援治療的工程學–活用於治療的器材

林康平（中原大學電機工程學系）

第 5 章 代行器官機能的工程學–人工器官

楊台鴻（台灣大學醫學工程學研究所）

第 6 章 人體再生的工程學–再生醫學工程

鄧文炳（台北醫學大學醫材暨組織工程所）

第 7 章 支援診斷與治療的工程學–生物感測與生物晶片

張憲彰（成功大學生物醫學工程學系）

吳靖宙（中興大學生物產業機電工程學系）

第 8 章 支援疾病治療的工程學–藥物傳輸系統

邱信程（清華大學醫工程與環境科學系）

駱俊良（陽明大學生物醫學工程學系）

第 9 章 支援醫療體系的工程學–生物資訊與生醫系統

李文婷（中原大學生物醫學工程學系）

目 錄

第 1 章	生物醫學工程的源起	
第一節	生物醫學工程涵蓋的領域	2
第二節	生物醫學工程發展之基礎與生物科技	5
1.2.1	電磁波	6
1.2.2	電子工程學	6
1.2.3	雷射	8
1.2.4	超音波	9
1.2.5	生物奈米科技	10
第三節	醫療產業為基礎的生物醫學工程技術	12
第 2 章	支援診斷的工程學 (I) – 生醫訊號的量測	
第一節	電氣生醫訊號的量測	18
第二節	非電氣生醫訊號的量測	21
第三節	生醫訊號量測系統的構成	23
第四節	生醫訊號量測的特殊性	24
第五節	生物電極的特徵	25
第六節	各種電極	27
第七節	各種電極量測的生醫資訊	28
2.7.1	心電圖的量測	28
2.7.2	腦波圖的量測	31
2.7.3	肌電圖的量測	31
2.7.4	人體磁氣現象的量測	35
第八節	換能器量測的生醫資訊	36
2.8.1	血壓的量測	36
2.8.2	血液流量的量測	40

第 3 章 支援診斷的工程學(II) – 造影處理的技術

第一節	在醫學上的影像資訊的意義	48
第二節	X 光機：X-ray	52
第三節	電腦斷層掃描系統：CT	53
	3.3.1 X 光電腦斷層掃描系統的原理	53
	3.3.2 CT 掃描高速化的改良	56
	3.3.3 螺旋式 CT 掃描：高速化和三維 CT	56
第四節	核磁共振造影系統：MRI	59
第五節	輻射型電腦斷層掃描系統：PET 與 SPECT	61
第六節	超音波儀	64
第七節	三維影像處理	66
第八節	熱影像儀	67
第九節	其他影像資訊處理儀器	68

第 4 章 支援治療的工程學 – 活用於治療的器材

第一節	生物醫學工程的治療器材及設備分類	73
第二節	電刺激設備	74
	4.2.1 經皮電刺激裝置	74
	4.2.2 功能性電刺激裝置	75
第三節	超短波治療設備	76
第四節	除顫動設備	78
	4.4.1 心室顫動的危險性和電氣除顫	78
	4.4.2 除顫氣的簡要結構和操作	79
	4.4.3 自動體外式除顫器：AED	80
	4.4.4 植入型除顫器	80
第五節	各種手術用刀	82
	4.5.1 電刀	82

	4.5.2 雷射刀	84
	4.5.3 超音波刀	86
	4.5.4 冷凍刀	87
第六節	高壓氧治療室	89
第七節	人工呼吸器	92
第八節	溫熱療法	94
第九節	使用特殊器材心導管的治療	95
	4.9.1 主動脈氣球幫浦：IABP	95
	4.9.2 經皮冠狀動脈形成術：PTCA	96

第5章 代行器官機能的工程學—人工器官

第一節	人工器官的進步與發展	102
第二節	人工器官的意義和開發趨勢	105
第三節	支援人工器官開發的關鍵技術	107
	5.3.1 生醫材料	107
	5.3.2 生醫材料的物理化學特性	112
	5.3.3 生醫材料的生物相容性	112
	5.3.4 暫時性生物體反應的血栓形成	114
	5.3.5 長期生物體反應的組織反應	117
	5.3.6 血液相容性的生醫材料之開發	118
	5.3.7 作為生物反應器的人工器官	120
	5.3.8 人工器官的動力來源	124
第四節	循環系統的人工器官	125
	5.4.1 人工心臟	125
	5.4.2 人工心瓣膜	128
	5.4.3 人工血管	130
	5.4.4 心臟節律器	133
第五節	呼吸系統的人工器官	134
	5.5.1 人工肺和人工心肺裝置	134

	5.5.2 人工血液 · · · · ·	135
第六節	泌尿、代謝系統的人工器官 · · · · ·	138
	5.6.1 人工腎臟 · · · · ·	138
	5.6.2 人工肝臟 · · · · ·	139
	5.6.3 人工胰臟 · · · · ·	142
第七節	運動系統的人工器官 · · · · ·	142
	5.7.1 人工骨 · · · · ·	143
	5.7.2 人工關節 · · · · ·	144
第八節	感覺系統的人工器官 · · · · ·	145
	5.8.1 人工耳 · · · · ·	146
	5.8.2 人工眼 · · · · ·	146

第 6 章 人體再生的工程學—再生醫學工程

第一節	再生醫學工程的三大要素 · · · · ·	152
第二節	再生醫療的各種解決方法 · · · · ·	153
第三節	再生醫學工程的醫學與生物學的基礎 · · · · ·	155
	6.3.1 幹細胞 · · · · ·	155
	6.3.2 細胞培養用的培養基 · · · · ·	158
	6.3.3 細胞外基質：ECM · · · · ·	160
	6.3.4 細胞激素 · · · · ·	161
第四節	支架基材的基本要求性質 · · · · ·	164
	6.4.1 生物分解性的支架基材 · · · · ·	164
	6.4.2 三維支架基材 · · · · ·	165
	6.4.3 藥物傳輸系統的應用 · · · · ·	166
第五節	器官再生所需的生物反應器 · · · · ·	168
	6.5.1 各種生物反應器的型式 · · · · ·	170
	6.5.2 再生醫學工程的生物反應器之應用 · ·	171
第六節	各種器官的再生醫療 · · · · ·	176
	6.6.1 皮膚的再生 · · · · ·	177

6.6.2 骨、軟骨的再生	177
6.6.3 血管的再生	181
6.6.4 血液的再生	183
6.6.5 其他器官的再生	186

第 7 章 支援診斷與治療的工程學—生物感測與生物晶片

第一節 生物感測器的介紹	193
第二節 生物感測元件的種類	194
7.2.1 酵素型生物感測器	194
7.2.2 抗體抗原型生物感測器	194
7.2.3 化學受體型生物感測器	194
第三節 換能器的種類	196
7.3.1 電化學式感測器	196
7.3.2 光纖式感測器	198
7.3.3 壓電晶體感測器	200
7.3.4 場效型感測器	203
第四節 酵素固定化技術	205
7.4.1 物理吸附法	205
7.4.2 包埋法	205
7.4.3 膠囊法	205
7.4.4 共價鍵結法	206
7.4.5 交聯法	206
第五節 生物感測器的範例	207
7.5.1 葡萄糖感測器	207
7.5.2 細胞感測器	210
7.5.3 微全分析系統晶片	210
7.5.4 實驗室晶片	212
7.5.5 電氣泳動晶片 / DNA 晶片	213
7.5.6 DNA 微陣列 / DNA 晶片	215

第 8 章 支援疾病治療的工程學—藥物傳輸系統

第一節	藥物治療及其生理作用	222
第二節	投藥途徑	223
	8.2.1 口服吸收	225
	8.2.2 注射吸收	225
	8.2.3 黏膜吸收	226
	8.2.4 經皮吸收	227
第三節	藥物代謝與排除	228
第四節	藥物傳輸系統	230
	8.4.1 藥物制放原理	230
	8.4.2 藥物釋放的質量傳輸原理	231
	8.4.3 藥物傳輸系統	235
第五節	藥物釋控系統分類	237
	8.5.1 速率控制	237
	8.5.2 地點控制	241
第六節	藥物劑型與設計	246
第七節	個體化醫療	247
	8.7.1 基因治療原理	247
	8.7.2 基因傳輸	249
	8.7.3 未來展望	252

第 9 章 支援醫療體系的工程學—生物資訊與生醫系統

第一節	生醫系統學概論	256
	9.1.1 分子生物學的中心教條	256
	9.1.2 系統生物學	257
	9.1.3 生醫系統學	260
	9.1.4 合成生物學	261
第二節	生物資訊的核心技術	262

9.2.1 基因體定序技術	262
9.2.2 基因表達分析	263
9.2.3 蛋白質體技術	264
9.2.4 代謝體技術	268
9.2.5 細胞體技術	269
9.2.6 醫學影像技術	271
第三節 生醫資料的取得與處理	272
9.3.1 資料庫的建立	272
9.3.2 資料探勘	274
9.3.3 資料呈現	276
9.3.4 影像儲存及傳輸系統	277
第四節 生醫系統學的應用	280
9.4.1 基礎醫學	280
9.4.2 新藥研發	281
9.4.3 臨床診斷	283
9.4.4 電子病歷	286
9.4.5 遠距醫療系統	286
9.4.6 雲端醫療	289
圖表出處	293
索引與中英名詞對照	297
謝誌	310
編譯著簡介	311
原著簡介	311

第 1 章

生物醫學工程的源起

- 1.1 生物醫學工程涵蓋的領域
- 1.2 生物醫學工程發展之基礎與生物科技
- 1.3 醫療產業為基礎的生物醫學工程技術

第 1 節

生物醫學工程涵蓋的領域

醫學有關疾病的「診斷 (diagnosis)」和「治療 (treatment)」或是「預防 (prevention)」的知識，是經驗、技術及理論的總體系統。因為具有這種特性，醫學比其他科學更積極地吸收當代最前瞻的知識和技術，以求成長和進步。例如 1895 年 11 月發現 X 光 (X-ray)，純粹是物理學的技術，但僅僅在發現後一個月，X 光就被應用於手掌的透視。醫學之外，支援醫療行為的工程學概稱為「生物醫學工程」，其在 1960 年代後期更趨系統化，是結合醫學和理工學的跨領域學問。最近，由於科學技術急速地進步，環繞醫學的跨領域學科越來越擴大，初期稱呼工程學應用在醫學者為「醫用工學」，但為了強調它的實用性，最近改稱為「生物醫學工程」，在歐美則稱為 Medical Engineering (ME) 或 Biomedical Engineering (BME)。

生物醫學工程包含的領域如圖 1 所示，涉及大部分的醫學和工程學領域，為了獲得“診斷”疾病所需要的資訊，需要量測如心電圖、腦波圖、血壓、血流量等人體資訊的監視裝置，或是 X 光和熱分析圖 (thermal graph) 等影像裝置；另一方面，使用於“治療”疾病的醫療器材、心臟除顫裝置、雷射刀、和人工器官等，依所涉及的對象，均有各式各樣的技術。支援這些生物醫學工程技術的理工學理論，可分別牽涉到電機電子工程、高分子化學、機械工程、化學工程等領域的學理知識。由於這些彼此相互關連的醫學和工程，各自均持續進步發展中，因此，欲掌握其全貌並非易事，但如表 1 所示的六個生物醫學工程主要領域中，可以看出它們的相關性。

表 1 中所謂的生理事訊的量測技術，是指量測生物的電氣現象或非電氣現象的技術 (如第 2 章所述)，最近亦稱為生物感測 (bio-