

002990

新
書

人體·機械·未來



MAN
AND
MACHINE

董炯明編著
萬里書店出版

0002890

人 體 · 機 械 · 未 來

董炯明編著



香港萬里書店出版

0005830

人 · 體 · 機 · 械 · 未 · 來

董炯明編著

人 體 · 機 械 · 未 來

董炯明編著

出版者：萬里書店有限公司

香港北角英皇道486號三樓

電話：5-632411 & 5-632412

承印者：嶺南印刷公司

香港德輔道西西安里13號

定 價：港 幣 十 元

版權所有*不准翻印

(一九七九年五月版)

前 言

人和動物之間的本質區別在於人能製造工具，並通過工具的使用能動地改造世界。

考古學雄辯地告訴我們，幾十萬年前的遠古猿人就已懂得製造工具。根據陸續出土的大量石器看來，是一些能用於刮削、切割、砍砸、取火的工具。這些工具也可以說是最古老的機械吧。

人類到了二十世紀，由於現代技術的蓬勃發展，系統裝置日益複雜，人和機械之間的關係也日益突出起來。仰賴於醫療技術的發達，機械裝置已有可能植入體內，成為人體組織的一部分。如何使機械與人能更親密地相處？這是一個迫切需要解決的問題。使機械與人類和諧共存，加強人類改造自然的能力，這是擺在我們面前的一大任務。當然，在人和機械的關係上，人永遠是佔主導地位的。

本書以大量資料，系統地介紹了當前醫學仿生學研究的情況，以及有關人體修復、臟器移植等外科領域中取得的成果，目前存在的問題和今後解決的方向等。這些問題一旦獲得解決，醫學外科技術無疑將會發生根本的變革，那將是千千萬萬傷殘人士和先天性身體障礙者最大的福音。

筆者限於水平，書中如有謬誤之處，敬希讀者批評指正。

董炯明

目次

前 言	I
緒 論	1
第一章 人體的測定	7
1. 人體測定的特殊性	7
進行人體測定目前存在的困難 血液系統 心臟的功能	
肺部的作用 人體過濾器——腎臟	
2. 體內探測的途徑	13
循環系統的測定 末梢循環的測定 對骨和關節的認識	
立體攝影測定法 神經狀態的測定	
3. 複雜的人體構造	18
中樞神經系統 人體的能量和適應性	
4. 超小型系統	21
集成電路和生體工程學 集成電路的應用 微型電池	
微型無線電發射機 其他幾種微型測定裝置	
第二章 人類機能的擴大	28
1. 人體的特點與防禦能力的加強	28
人體的特點 防禦能力	
2. 機械為人類服務	31
機器人 人類和機械 母子型機械手 遙控手	
水底遙控手 宇宙遙控手 人造眼睛	
利用機械擴大和縮小動作 利用肌電位控制機械	
3. 劃時代的機械——電子計算機	46

精神活動的擴大 漫談電子計算機 電子計算機和人腦

大型高性能計算機 語言和計算機 圖形和計算機

思維和計算機 計算機在醫學上的應用

第三章 人類的修補.....56

1. 缺陷與修補.....56

身體缺陷者 人造假肢 假肢的動力問題 假肢的控制問題

假手的動作 患者選擇控制系統 椅子車

利用電子通信回路代替視力 電子感覺器 特殊感覺的研究

人造喉 關於腦的沉餘性和可靠性 脊髓神經的連結

修補脊髓神經的其他途徑

2. 幾種醫療新法和裝置.....71

心臟電起搏 體內微型電子起搏器 電子起搏器的電源問題

雙脈衝型電子起搏器 其他刺激裝置

3. 人造臟器.....76

人造腎臟 未來的人造腎臟 人造肺

第四章 人類的模擬.....84

1. 臟器的模擬.....84

人造心臟 存在的問題 開發計劃 輔助人造心臟的實現

心臟整體的取代

2. 新技術與體內起搏裝置.....90

射流元件的應用 流體控制泵 體內動力源 放射性物質的應用

微型熱機的應用 燃料電池 體外的動力 生體的能源

3. 尋找生體組織的代用品.....97

生體組織的特性 代用材料的開發 硅酮化合物及其應用

利用聚丙烯製造心臟閥門 人造血管 有待開發的複合材料

關於皮膚的移植問題 黏接技術的發展

4. 人工取代其他組織.....106

骨的取代 腐蝕問題有待解決 修補部件的設計 人造關節

人造分泌腺 人造體液

第五章 人類的移植	113
1. 組織的移植	113
組織的移植與生化學問題 組織移植的歷史 輸血與血型	
血液的保存 角膜的移植 談談腎臟的移植	
手術後的問題 與移植臟器共存	
2. 何謂免疫反應	126
免疫反應的本質 抗原與抗體 淋巴系統 移植的條件	
3. 控制免疫反應目前採取的措施	131
免疫反應抑制劑 抗淋巴球血清 尋找合型的組織	
4. 其他臟器的移植	134
有關心臟、肺部、肝臟的移植問題 與拒絕反應作鬥爭	
心臟移植的嘗試 肺部的移植 肝臟的移植	
動物肝臟的利用 移植手術 有關胰臟和脾臟的移植	
5. 其他器官的移植	145
關節、手、腳的移植 頭整體的移植 異種移植的嘗試	
6. 外科學的根本性變革	147
組織供給源 生體組織的儲藏 動物組織的利用	
第六章 人類的改造	152
有關人類改造的問題	152
未來的預測 建立無菌手術室 開發新型材料 各個領域的協作	
人和機械的協調 人對機械的依存 發展的前景	

諸 論

要使人長生不老，大概是不可能的事。

誰都知道，只要心臟不再搏動，呼吸一停止下來，就意味着死亡。不過在將來，利用機械裝置使心臟搏動和使呼吸持續，延長生命，相信並不是絕對做不到的事情。人如果失去腎臟，要不了幾天便會死去。然而，代替腎臟機能的機械目前正在工作。像肝臟這一類精巧的臟器，目前雖然仍無法人造模擬，但是，如果這類臟器生了毛病，也可以利用泵作為媒介，在一段時間裏把患者與其他動物連結起來，給生了毛病的臟器得到休息，使它恢復原來的機能。

數十年前，人類與機械的關係並不是很密切的，當時，人類只是通過手和眼與機械取得聯系。由於當時的機械還不完善，必須仰賴於人的適應能力來提高它的可靠性。

從三十年代起，有人開始設想某些範圍內的工作可以用機械代替人，接着研製出了自動機。從物理能力上說來，自動機比人要來得優越，而且它還顯示出不易損壞和不會疲勞這種重大的特點。但是，人類畢竟是經過了漫長的進化過程，用簡單的機械顯然不能完全代替人的全部機能。即使是現代的自動機，其能力仍然不及人類，並且不具有通用性。不過，自動機具有極廣泛的發展前途則是毫無疑問的。

因此，使人類與機械和諧共存，協力工作，必將產生巨大的威力。今天，人和機械之間的關係已廣泛涉及到工廠、商店、大學、手術室、研究所等各種場所。

隨着科學技術的進步，人造腎臟，以及臟器移植等技術也有了驚人的發展。據說，能代替腎臟機能的機械已經製造出來了，利用這種機械，病者將免受死亡的威脅，健康地過着正常生活。不過，這裏所謂的正常生活與普通生活的含義是不一樣的，患者必須陪伴着人造腎臟機械親密相處才成。

人造腎臟是一種單純的機械，利用泵使血液通過濾器，把人體腎臟已無力處理的毒物從血液中排除出去。爲了便於隨時使用人造腎臟進行血液人工透析（特別對於急救說來），應該設法使人類和機械能够簡單地連結起來。目前有一種比較通用的方法是在前臂的動脈和靜脈之間，利用局部麻醉縫入永久性的塑料管，每週二次到三次把血液由此導入機械，對血液進行淨化。採取這種方法，機械可以很方便地安置在醫院、家庭以及任何地方，如有必要的話，還可以陪同病人運着走。

人造腎臟的機能與人類原來的腎臟十分相似，但不全然相同，應該輔以人的注意和配合。例如，每週有規律地使用二、三次機械，注意不攝入機械不能處理的物質，飲食上盡量避免鉀鹽等等。此外，還應注意植在手臂中的塑料管引起人體感染的可能性。

1962年，美國西雅圖有一位醫生給四位患者進行了能定期連接人造腎臟的手術，其中三人手術七年後依然健在。

迄今爲止，世界上已有數百名患者動了這樣的手術。但是，確實也有在心理上不適合與機械共同生活的患者。例如，英國有一名十九歲的少女，她不耐煩人造腎臟賦予她的生活上的約束和限制，不願與機械密切配合，和諧共存，因此在她手術後生存的十七個月中，有八個月只得完全送入醫院。她沒有嚴格控制飲食生活的意志和毅力，人造腎臟即使能延長她的壽命，她並不爲此感到高興。問題在於這樣的例子並非特殊，進入病院的患者差不多有一半是不適合與機械共同生活的，因此，醫生有必要考慮像這些不適合患者在手術後出現的許多問題。

除腎臟以外，如心臟、肝臟等，既重要，又精巧，目前尚無法用人

工模擬製造。這些器官如果出了毛病或報了廢，現在的做法是考慮從其他生體中移植過來。

在移植手術中，從皮膚的移植到心臟的移植，儘管手術難易程度不一，但是移植手術的目的則完全一致，正常的生體零件置換取代不正常（壞掉）的生體零件。

但是，健康的人體對於異物，特別是對於異性蛋白質的侵入具有非常強的防禦手段，人體對於由手術插入的物質表現出抵抗現象。不使體內引起防禦反應的物質，要麼是體內完全無視其存在的物質，要麼是在體內能被緩慢吸收、並逐步置換體內生體組織的物質。當在體內植入他人的生體組織後，爲了利用、同化該生體組織，以及給予營養和防止感染，至少必須抑制一部分體內天然具有的異物排除作用。

1967年12月，進行了首次從一個人身上移到另一個人身上的心臟移植手術，此後數月，有關心臟移植的話題傳遍全世界，彷彿給人們留下了移植手術的根本問題已被解決的印象。事實上，根據移植後所產生的種種情況，表明問題根本沒有完滿解決。從一個人身上移到另一個人身上的腎臟移植手術，比這次心臟移植手術要早十三年，與心臟移植手術相比，腎臟移植手術遠爲簡單得多，但是，即使到了現在，從沒有血緣關係的人那兒移植過來的腎臟，有半數在一年之內就失去了效能。

移植後情況惡化時，患者將引起對新臟器的拒絕反應，臟器陷於不能恢復的狀態，或者患者由於別的障礙而死。所謂障礙，指的是爲了抑制體內反應、使體內能接受新臟器而施服的藥物的毒性作用的影響；或者是因爲抑制異物防禦作用過度，使患者自身的正常臟器引起感染；或者體外的感染。

爲了“同化”他人的臟器，必須長期吞服大量藥劑，由此將會產生精神障礙。長期服用類固醇這類藥物會引起圓面孔（moonface），以及最近發現的被稱爲“移植肺”這種症狀，都是長期服用拒絕反應抑制藥劑的結果。

臟器移植，儘管已研究了十多年，而且也解明了不少問題，但是移植的困難絲毫沒有減少。對於植入組織產生免疫（拒絕）反應是生物的基本特性，要想完全避免這一點是頗為困難的。

由於臟器移植是如此的困難，人造臟器的開發便受到人們的重視。人造臟器可以置於病人身邊，也可以植入病人體內，作為患病臟器的代用品或輔助用品。人造臟器與移植臟器不同，它不會再患取代前臟器所患過的病，這是它的一大優點。而且對於現代文明社會來說，與他人自由交換生體組織，特別是交換新鮮的臟器，從道德上和倫理上說來都存在着許多問題，因此，人造臟器的開發更成了迫切的問題。

人造臟器的研究，對於移植外科醫生說來也是很有意義的。腎臟移植手術的進步與人造腎臟的幫助是分不開的。人造腎臟能够使接近死亡邊緣的腎臟病患者恢復到能進行腎臟移植手術的狀態。同時，當進行臟器移植手術後，由於抑制不住拒絕反應，或者新臟器又患了舊臟器患過的病，那麼，依賴於人造腎臟可以再次把患者從死亡邊緣拉回來。

拒絕反應在移植後一週內必定發生。即使這次被很好地應付過去了，以後仍然有經常復發的危險。目前，醫生只能憑經驗不斷地增加抑制拒絕反應的藥劑量，但是，吞服大量藥劑的結果，導致患者對付感染的抵抗力極端衰弱，而且藥物的毒性作用也危及患者的健康。在這種情況下，醫生便要摘除移植上去的臟器，然後再依賴於人造腎臟，為下次移植手術作準備。

然而，在心臟、肺、肝臟的移植場合，從目前的水平說來，與腎臟移植不同，當引起拒絕反應時，除了增加藥劑量外，別無良策。所以，迄今為止，接受心臟移植手術的患者的死亡率仍然非常高。

開胸手術之所以能够順利進行，與五十年代後半期人造心肺裝置的研製成功是分不開的。但是由於長期使用這種裝置，將使血液成分受到破壞，因此只能在手術中短時期使用。心臟移植手術以後產生拒絕反應時，為了能自由地轉移到人造心臟上去，需要有堅固的、且能對血液進

行“柔和”處理的機械。要製造這種機械，從技術上說來存在着許多困難，但是假如研製成功的話，對於醫學工作者希望達到的另一目標——能在數日內栩栩如生地保存生體臟器——將有可能獲得實現。臟器如果能够貯存，就再也不要像以前那樣爭分奪秒地把死者的臟器取下，又匆匆忙忙地移到患者身上，醫生可以有充裕的時間選擇比較適合於患者身體特點的臟器來移植。

自然臟器的移植和人造臟器的植入這兩個修復外科領域，並不是互相排斥的，也不是如一部分醫學工作者所認為是互相競爭的，而應該是互相補充、互相協作的。臟器移植的關鍵在於是否能善於掌握免疫反應的抑制、組織的合適性、臟器的保存和人造心肺這四個問題。這四個領域的研究是互相關聯的，它反過來也促進了人造心臟和人造肺的進一步開發。然而要解決這些問題，單靠外科醫生是不行的，它需要有從免疫學到水力學的多學科的同心協力才成。

由於人類和機械的關係日益密切起來，不言而喻會產生出一些棘手的問題。然而，對於這些問題，在過去，從外科醫生到工業技術工作者都是重視不夠的。那些慣於解決空間技術和武器技術中的複雜問題的人們，曾經十分自信地準備解決醫用工程學問題，但是最近也終於逐漸認識到，由於修復和測定均需要深入生體內部，因此是件極為困難的事情。生體內部有着極為嚴格的環境，對於侵入體內的物質，將產生出巨大的機械力、化學力和生物化學力，反過來，侵入物質也馬上給生體施以影響。而且，生體還具有自恢復能力，能量補給能力，以及把細菌從一個地方搬移到另一個地方的能力等等。因此工業技術工作者也認為，現階段要做到完全的模擬是不可能的。

今天，人們正寄希望於系統工程學。要解決生體臟器移植和人造臟器植入這個大課題，所涉及到的面是十分廣的，其中包括免疫反應的本質，製造不會損傷血液的泵，以及道德、倫理、法律上各方面的問題。它需要有各個領域的科技工作者進行跨行業的通力合作。

■ 本書的目的，在於揭示人類和機械協作的這門新學問。爲了補充和增強人體的機能，本書將論述人和機械之間的由簡單到複雜的共存關係，同時介紹當前醫學仿生學所獲得的成果及其前景。

第一章 人體的測定

1. 人體測定的特殊性

進行人體測定目前存在的困難

正確的觀察和測定，是一切科學的共同基礎。但是對於人體的測定，還僅僅是最近的事情，這或許是因為醫學——作為科學的一個部門——應後於其它科技領域的緣故。不過平心而論，對於生體的觀察和測定，確實是件很難的事情。

在工業技術領域裏，零件實際上是在極其嚴苛的環境條件下接受試驗和檢查的，例如用強有力的X射線、伽瑪射線、紫外線來透視零件，從而發現零件深部的缺陷。不言而喻，如果生體細胞接受這樣的檢查，細胞將全部被破壞殆盡。由於生體的測定頗為困難，因此目前的醫生們對於患者的病情診斷並不是很自信的。

對於生體的測定，必須以對生體不會產生壞影響為前提。為此，我們首先要對人體的主要臟器進行科學的剖釋。

血液系統

人體依賴於各種流體系統而動作。流體系統中，最重要的是血液系統。血液用來給生體的各部分補充能量，以及補修受傷的部分。這個流體系統遍佈身體的各個角落，為了說明其複雜性及相互依存性，我們將用以下的生理學數據來表示。工業技術工作者如果希望進入醫學這個領域，就必須正視這些驚人的數字。

血液循環系統是脈管的系統。最粗的脈管的直徑為三厘米，最細的

脈管的直徑僅為二百分之一毫米，全部的管子長度，合起來達十萬公里。這個流體系統遍佈身體組織的所有部分，在任何一個組織細胞裏，雖然僅僅只有〇·六毫米的大小，也分佈着毛細血管（最細的血管）。

在這些大大小小的管子中，有總約五升的液體流動着，其重量佔體重的7.7%。血液的主要任務，在於給體內的所有細胞隨時提供充分的營養，並把由代謝產生的沒有用的物質（廢物）運送出去。所以，從身體的不同部分抽出的血液，其組成有明顯的不同。總而言之，血液是一種非常巧妙的輸送媒體。

血液由血漿和細胞組成，兩者所佔的體積幾乎相等。血漿類似於稀薄的食鹽水，但是除鹽分外尚含有其他多種化學成分和粒子，其中某些成分使血漿具有例如像滲透壓，與空氣接觸時產生凝血作用等特別的物理的和生化學的性質，但是大多數成分僅僅是從身體的一個地方被運送到另一個地方而已。細胞浮游在血液中，不過它們的體積比化合物分子要大得多。當紅血球和白血球通過毛細血管時，必須排成一列才行。

血液在各種影響下，特別是在機械力的影響下，很容易受到破壞，這是因為它包含有易受破壞的細胞。細胞膜在外力作用下將受到機械性破壞。由於血液容易受到損害，所以生理學者中甚至有人提出應把血液看作是一種器官的意見。正如後面要提及的，由於血液具有這種易損的“壞脾氣”，以致使得技術工作者在製造血液泵、血液輸氧裝置、心臟用閥門時遇到了重大的困難。

心臟的功能

心臟使血液不停地循環。簡單地說來，心臟是一個泵，每分鐘動作六十次到七十次，每次動作可擠出一百毫升血液，所以在一分鐘裏面可擠出六升左右的血液。但是如有必要，這個泵的輸出在短時間內可提高五倍，並且對於血液沒有任何損傷。倘若這泵一停止工作，幾分鐘以內，腦的一部分便馬上死亡。

實際上，人的心臟是由兩組泵和約三百克重的肌肉構成的四間“屋

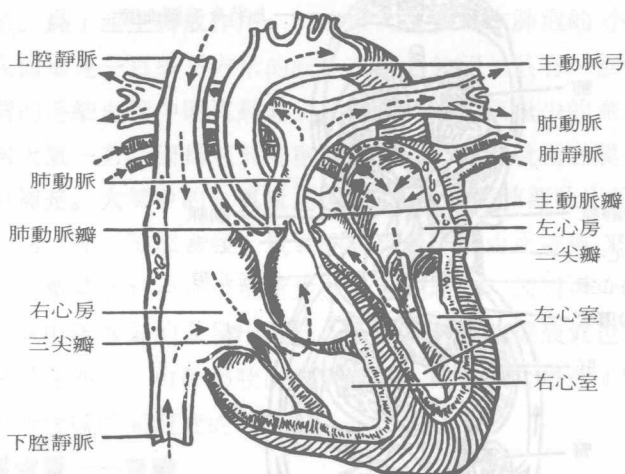


圖 1 心臟各腔室、瓣膜和血液的出入途徑。

子”，其中二間是心房，接受血液；另二間是心室，通過各別的通道把血液擠壓出去。心臟的肌肉特別強而有勁，能忍耐非常劇烈的工作。實際上，在一天二十四小時內，心肌約反覆收縮十萬次之多，總計一萬四千升的血液從心室中擠壓出去。人處於安靜狀態時，由心臟工作而產生的熱量佔整個身體所產生的全部熱量的 11%。

心臟所作的功，在普通情況下約為一·五至四瓦特，在劇烈運動時，可達到七瓦特（約 1% 馬力）。為了作出上述的功，心臟必須在擠壓出來的血液中抽一部分提供給本身的肌肉，抽得最多時可達十分之一。到心肌去的如此大量的血液是通過心臟中的冠狀動脈而流動的。

血液循環系統可分成小循環系統和大循環系統。僅僅給肺供應血液的系統叫做小循環，也可叫肺循環；給除肺以外其他部分供應血液的系統叫大循環，也可叫體循環。到肺部去的血液，其含氧量較少。

肺部的作用

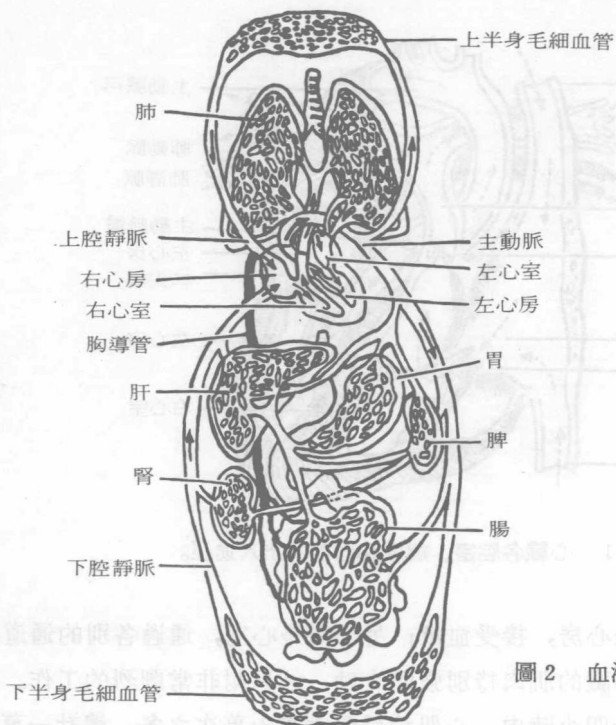


圖 2 血液循環概況模式圖

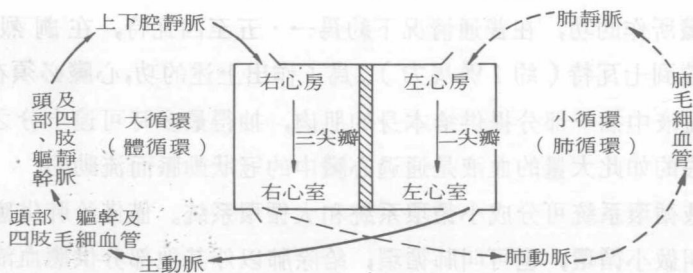


圖 3 大小循環示意圖