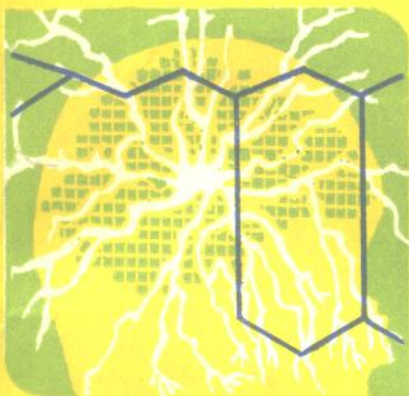


人工器官

李宗明 主编

医学新知丛书 ▶ 8 ●

● 人民卫生出版社



医学新知丛书(8)

人工器官

李宗明 主编
李宗明 董佩纯 丁文祥
秦家楠 益永安 廖建坤 编著
叶宏琛 丁伟 舒昌达
(按章节顺序列名)

人民卫生出版社

医学新知丛书(8)

人工器官

李宗明 主编

人民卫生出版社出版

(北京市崇文区天坛西里10号)

北京市卫顺排版厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米32开本 5 $\frac{1}{2}$ 印张 118千字

1987年10月第1版 1987年10月第1版第1次印刷

印数：00,001—3,000

ISBN 7-117-00646-3/R·647 定价：1.05元

统一书号：14048·5448

〔科技新书目146—90〕

医学新知丛书书目

1. 遗传与疾病
2. 免疫与疾病
3. 电子显微镜与超微结构
4. 受体与疾病
5. 生物膜与疾病
6. 医学中的生物控制
7. 医学成像技术
8. 人工器官

32156P

《医学新知丛书》前言

医学科学在现代科学技术的推动下飞速发展，知识更新速度不断增加。非生命科学与生命科学相结合，社会科学与自然科学相结合，宏观和微观的新概念不断进入医学领域，新兴学科、边缘学科不断出现，医学科学研究在深度和广度上不断取得进展，为揭示人的生命现象、探索疾病规律提出了很多新理论，为临床防治工作提出了很多新的途径和方法。为帮助广大医务人员学习、运用新理论、新技术、新方法，以更新五、六、七十年代相对过时的知识，我们组织出版《医学新知丛书》。

《医学新知丛书》以丛书的形式按学科或专题分册陆续出版，它将反映近年来国内外在医学领域中的新知识、新进展、新课题和新学科。丛书以医学院校毕业后从事多年医学工作的人员为主要读者，亦可供其它各级医务人员以及医药卫生界业务领导干部、医学生阅读参考。丛书各分册的作者都是从事各项专业工作的专家。我们要求各分册都能以精辟的语言表达出本学科（专题）的基本理论、主要问题、特点及发生、发展规律，深入浅出，联系临床实际，以便从事医学不同专业工作人们学习和运用，并从中了解医学发展的动向，扩大眼界，开阔思路。全套丛书计划编写约一百种，力求达到每门新学科都有一本普及性的读物。

丛书自组稿以来，受到了医学界老一辈科学家和有关学科中青年技术骨干人员的关心和支持，在此谨致谢意。并欢

迎广大读者对已出版的丛书分册提出意见和建议。

我们热忱地希望，《医学新知丛书》能为我国医药卫生事业的现代化建设作出贡献。

《医学新知丛书》编委会

陈文杰 王宝恩 余铭鹏

周佳音 杨国忠 李兰山

南 潮

目 录

第一章	人工器官的发展现况与前景	
第一节	人工器官的定义与发展现况	(2)
第二节	人工器官的发展前景	(5)
第二章	人工心脏的实验研究与临床应用	
第一节	概论	(6)
第二节	人工心脏的研制	(8)
一、	材料与血泵	(9)
二、	能源与驱动	(16)
三、	检测与控制	(19)
第三节	动物实验	(23)
一、	动物选择与术前准备	(23)
二、	手术操作	(23)
三、	术后处理	(26)
四、	驱动与控制	(26)
第四节	临床应用	(27)
一、	心室辅助装置术	(28)
二、	全人工心脏替换术	(30)
第五节	展望	(33)
第三章	人工肾的原理与各型装置	
第一节	概论	(34)
第二节	人工肾的构成	(36)
一、	血液管道	(36)
二、	人工肾机	(37)
三、	透析器	(40)

0191388 - 88/3/28 - 1.05之

第三节	血液透析原理	(45)
一、	透析器类型	(47)
二、	透析时间	(47)
三、	血液和透析液通过透析器的流量	(47)
四、	跨膜间的压力差	(48)
五、	各种溶质分子量的大小	(49)
六、	透析液温度	(50)
七、	透析液成分	(50)
第四节	透析液的配制	(50)
一、	透析液配制的基本要求	(50)
二、	透析液配方的选择	(51)
第五节	动静脉分流的建立	(55)
一、	动静脉临时插管法	(56)
二、	动静脉直接穿刺法	(56)
三、	动静脉外分流	(57)
四、	动静脉内分流	(57)

第四章 人工肾的临床应用与近代发展

第一节	人工肾的临床应用	(59)
一、	血液透析的适应证与相对禁忌证	(59)
二、	肝素的应用	(61)
三、	透析监护	(63)
四、	透析故障处理	(64)
五、	透析的急性并发症	(65)
六、	血液透析期间管理中的几个重要问题	(69)
第二节	人工肾的近代发展	(71)
一、	血液滤过	(73)
二、	单纯超滤和序贯透析	(76)
三、	血液灌流	(80)
四、	血浆分离	(84)

第三节	展望	(87)
第五章	人工肺的实验研究与临床应用	
第一节	概论	(89)
第二节	膜式人工肺的原理与类型	(93)
一、	膜式人工肺的原理	(93)
二、	膜式人工肺对各器官的影响	(97)
三、	膜式人工肺的分类	(99)
第三节	人工肺的实验方法	(101)
一、	离体试验	(101)
二、	动物实验	(106)
三、	人工肺的实验研究	(108)
第四节	膜式人工肺的临床应用与展望	(113)
一、	ECMO 的适应证和禁忌证	(113)
二、	ECMO 的方法	(115)
三、	应用ECMO 的患者处理	(116)
四、	ECMO 的并发症	(117)
五、	预后	(118)
六、	展望	(118)
第六章	人工肝的实验研究与临床应用	
第一节	概论	(120)
一、	肝的正常功能	(121)
二、	肝性昏迷的发病机理	(122)
第二节	人工肝的各种装置及实验研究	(124)
一、	血液透析	(125)
二、	血液灌流	(127)
三、	血浆分离	(133)
四、	肝组织血液灌流与肝细胞移植	(134)
五、	人工细胞固相酶血液灌流	(136)
六、	离体肝灌流	(138)

第三节	临床应用的初步经验·····	(140)
一、	PAN膜血液透析·····	(140)
二、	活性炭血液灌流·····	(141)
三、	血浆分离·····	(143)
四、	离体肝灌流·····	(143)
第四节	存在问题与展望·····	(144)
第七章	人工胰腺的实验研究与临床应用	
第一节	概论·····	(146)
第二节	人工胰腺装置·····	(148)
一、	闭环系统·····	(148)
二、	开环系统·····	(152)
三、	半生物(混合型)人工胰·····	(158)
第三节	实验研究与临床应用·····	(159)
一、	代谢控制·····	(159)
二、	糖尿病昏迷与酮症酸中毒的治疗·····	(161)
三、	对微血管并发症及神经病变的防治·····	(162)
四、	其他·····	(163)
第四节	存在问题与展望·····	(164)
一、	闭环式人工胰腺·····	(164)
二、	开环式人工胰腺·····	(165)

第一章 人工器官的发展 现况与前景

在世界文明进程中，时代对人类卫生保健工作的质量提出了越来越高的要求。随着科学技术的不断发展，为求在医学上给病人提供更为有效的服务，在涉及人体成像与功能检测、生理及病理状态分析与诊断、病变组织及器官因不可修复而人工结构代用品的研制，也就是关系到生物信息、生物效应、生物力学、医用材料、人工器官及医学仪器设备等的理论与应用研究，已日益受到重视。由此推动着生命科学与工程学的相互渗透，目的在运用自然科学及工程技术的原理与方法，从工程角度来解决防病、治病问题，已经形成一门新兴的学科领域，称为生物医学工程学。

人工器官是生物医学工程学中一个重要的分支。和人工器官的发展有密切关联者，包括了生物学、物理学、化学、数学等基础学科，及声、光、磁、电子、化工、机械等工程学科的最新技术成就。特别是通过医用高分子化学材料、电子计算机控制系统、人体功能理化调节、生物力学、能源利用等在医学上的理论与应用研究，为人工器官的进一步发展，奠定了基础。例如，自从二十世纪五十年代以来，随着高分子化学材料的深入研究，医用高分子化学制品不断丰富，促进了人工器官研究的发展；人工器官研究的不断深入，反过来又对高分子化学材料研究提出了更高的要求，包括仿生膜材料、抗凝血材料、化学稳定的抗老化材料、物理性能优良的耐挠曲材料等，使其性能更趋完善，同时也给人工器官

的临床应用创造了有利的条件。又如电子计算机的微型化与价格下降，使它在医学上的应用日趋广泛，微电子技术的发展为人工器官的研制解决了许多难题，包括全人工心脏血泵为确保左右心室输出量平衡而采用的计算机驱动控制、人工胰腺血糖浓度的传感识别与信息处理用以控制调节所需胰岛素或胰高血糖素的供应量等。又如为提高义肢功能而依赖神经肌肉发生的电讯号来控制义肢精巧运动的研究；生物力学应用于人工心瓣、人工心脏的合理设计；能源方面电池能源、原子能源、生物能源等在人工器官中的安全、有效、持久利用研究等。这些均使人工器官这门崭新学科分支得到发展，加速了前进步伐。由此也可说明，人工器官并不是单独从医学上进行研究获得的成果，而是现代社会先进科学技术发展在医学上的反映和结晶。

第一节 人工器官的定义与发展现况

人体因疾病或创伤而致其器官出现严重而不可修复的病变，使其功能基本丧失，甚至行将导致死亡或无法赖以维持有效生命时，可用摹拟有关天然功能的人工特殊装置，予以暂时或永久性替代，称为人工器官。当前，外科学发展很快，器官移植工作已比较成熟，特别是进入八十年代以来，新的免疫抑制剂环孢霉素A问世，使急性排异危象的威胁已大为减少；脑死亡的概念逐渐为人们接受，供体、受体已可能获得最佳的组织选配，从而保证了移植器官的质量。故采用天然器官进行移植以取代病变器官，也是一种可以信赖的治疗方法。目前一般认为人工器官与器官移植，作为现代医学中取代病变器官的两种手段，各有其适应范围。就人工器官而言，它不仅可作为过渡性应急措施，以期病人能有获得供体

的机会，主要还是由于供体器官的来源有限、器官保存尚有不少困难，因此从长远着眼，人工器官无疑更有发展前途。

人体形态结构的基本单位是细胞。凡功能相同、形态近似的细胞结合而成的结构称为组织。人体的基本组织在习惯沿用上主要分为四大类，即上皮组织（以覆盖作用为主的皮肤上皮、粘膜上皮、纤毛上皮及腺体上皮、特殊感觉上皮等）、结缔组织（供支架作用的疏松、致密、网状结缔组织及骨、软骨、血液、淋巴液等）、肌肉组织（具有收缩功能的平滑肌、骨骼肌、心肌）及神经组织（具有兴奋与传导功能的神经元等）。人体器官是上述各类组织综合而成的具有一定形态特点与生理功能的结构。

器官的种类很多，一般可归纳为二种基本类型，即空腔器官与实质器官；又可根据其主要相关的生理功能，分别纳入十个系统。有关系统及其包括的器官见表1-1。

表 1-1 人体的系统及有关器官

系 统	器 官
运动系统	骨、关节、肌
消化系统	口、咽、食管、胃、小肠、大肠、肝、胆、胰
呼吸系统	鼻、咽、喉、气管、肺
泌尿系统	肾、输尿管、膀胱、尿道
生殖系统	睾丸、附睾、前列腺、阴茎、卵巢、输卵管、子宫、阴道
循环系统	心脏、血管
内分泌系统	脑垂体、甲状腺、甲状旁腺、肾上腺、胰岛、性腺
造血系统	骨髓、淋巴结、脾
神经系统	脑、脊髓、神经
感觉器官	眼、耳、鼻、舌

目前，人工器官涉及的范围甚广，其发展的现况是除神经系统、生殖腺外，各系统都有多种器官已被或正在被人工器官装置取代。有些已臻成熟而成功地用于临床，有些经实验研究，包括在动物比较长期地应用与观察，已经或接近于临床试用。有关的人工器官发展现况见表 1-2。必须指出，当前不少所谓人工器官并不属于器官的范围。它们虽在临床上能够取代病变器官的某一部分，获得形态上或功能上的替代作用，如义齿、人工皮、心包、脑膜、肌腱、角膜、晶状体、玻璃体、鼓膜及人工血浆、血液等，但严格说来它们不同于器官，不是一种人工器官装置，只能称为人工制品。

表 1-2 人工器官的现况

	器 官
已成功地用于临床	人工肾 人工骨、人工关节 人工血管、人工心瓣 人工喉 人工胰腺(开环) 义肢 人工耳蜗
已经或接近临床试用	人工心脏 人工肝、人工胆道、人工食管 人工肺(膜式)、人工气管 人工输尿管、人工膀胱 人工胰腺(闭环) 人工视觉

本书就近代发展较快的人工器官，仅包括人工心脏、人工肾、人工肺、人工肝与人工胰腺的研究与临床应用，加以阐述。

第二节 人工器官的发展前景

人工器官的研究与临床应用近年虽有持续深入的发展，但是由于人体天然器官的功能极为复杂，迄今还没有任何一种人工器官能够完善地取代人体天然器官的全部功能。例如，目前人工器官中发展已达到比较完善境地的人工肾，在极大程度上已可摹拟人体肾小球的过滤、廓清功能，甚至肾小管的选择性吸收功能，但严格说来它只能称为一种血液净化装置，因为它还不能取代天然肾脏的全部功能，包括红细胞生成素的功能。显然，其它人工器官所面临极须解决的问题更多，特别是天然器官用以维持生命的至关重要的各种精确理化性能。这就要求今后在理论上、技术上的研究不断取得新的突破。

人工器官的发展前景，应该是尽量取代天然器官的功能，由部分功能进而甚至全部功能；有效地应用于临床，由短期使用进而甚至长期使用；合理地进行装置设计，由大型体外类型进而成为小型便携式，终于能够植入体内的类型。相信通过医学与工程专业人员的通力协作，不断加强基础学科、实验医学、应用医学及工程技术的相互紧密联系，将加速人工器官的研究与开发进程。

(重庆医科大学人工肝研究室 李宗明)

第二章 人工心脏的实验 研究与临床应用

第一节 概 论

人工心脏的原来定义是指天然心脏全部摘除后，原位植入人工血泵来替代天然心脏的全部功能；或系解剖上、生理上能完全替代天然心脏的人工血泵。后来人工心脏的概念被扩大到辅助装置，无论是体内、体旁或体外的装接和功能的大小，凡是能替代天然心脏的部分功能、帮助天然心脏（心脏未摘除）的血泵装置都被包括在内，如左（右）心室辅助装置。本文介绍这个新的概念。

天然心脏的功能具有类似泵的作用，是血液循环的推动力。当心脏病患者到了晚期，心脏丧失泵的作用，又无有效治疗方法，就应用一个功能良好的心脏来替换，以推动血液循环、维持生命。

替换天然心脏的方法有两种，即心脏移植和人工心脏装置。心脏移植存在着供心来源、组织配型、排异反应和供心的冠状动脉硬化等因素，在应用上受到一定限制。人工心脏虽能弥补这个缺点，但还存在不少问题需待解决。故人工心脏尚处在实验研究阶段。

人工心脏的研究，是在人工心肺机临床应用5年之后就开始的。1957年，美国 Akutsu 和 Kolff 首先开创研究。随后，报告了几种类型血泵的设计。第一种设计是电磁泵，使用的材料是有机玻璃，用聚氨酯的管道作接口。整个人工心

脏可全部植入动物胸腔，只由电线引出。用这种泵动物仅存活3小时20分钟。在这一时期的许多其他类型的泵，如钟摆型使用一只小电动机来回摇摆，交替压缩血泵，结果动物存活5小时20分钟；Kolff的另一种转流泵可使动物存活2小时；也有人使用离心泵，但效果更差。后来，Hasting等作一只液压双心室泵，使动物存活34小时。

由于上述这些血泵都有严重缺点，动物试验不能长期存活。Norton和Kolff转向气动系统。Norton设计一种称为抗吸引气囊或称为抗真空泵，使用增强型聚氨酯囊，驱动系统的能源是一个可调速的电动机。动物存活到21小时。Kolff应用硅橡胶做囊形泵，外壳是硬的，里面是血囊。收缩期时血囊被压瘪，血液被挤压出去。Akutsu报告这种血泵使动物存活24小时。经过改进，Kolff和Noše的动物试验才达到存活48小时。

在这一期间，世界各国有许多人工心脏研究组出现。在美国除盐湖城、克利夫兰外，还有匹兹堡、休斯敦；日本有东京、大阪和广岛；欧洲有联邦德国的西柏林、法国的马赛、苏联的莫斯科、捷克的布尔诺、奥地利的维也纳、瑞典的斯德哥尔摩和意大利的罗马等城市。

经过各方面的努力，到六十年代末期，动物存活约为100小时。随后，由于在材料选择、血泵设计、监测控制、手术操作和术后监护等方面的改进，到七十年代末期动物存活达到200天。目前，美国盐湖城犹他大学、日本东京大学和联邦德国西柏林自由大学的动物实验存活在6个月以上的有10只，其中最长为297天。

根据这些试验结果，美国已初步应用于临床，到1984年底进行了4例全人工心脏装置，其中2例是暂时性的，2例是永