

生物医学工程的基础与临床

天津市生物医学工程学会

主编：虞颂庭 翁铭庆

编委：耿长松 董衍传 王明时 杨文修

1988

天津科学技术出版社

责任编辑：郝俊利

生物医学工程的基础与临床

主编 虞颂庭 翁铭庆

•

天津科学技术出版社出版

天津市赤峰道130号

天津武清永兴印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

•

开本787×1092毫米 1/16 印张 36 插页 2 字数 379 000

1989年1月第1版

1989年1月第1次印刷

印数：1—3 380

ISBN 7-5308-0319-0/R·103 定价：26.25元

FUNDAMENTAL AND CLINICAL
ASPECTS
OF
BIOMEDICAL ENGINEERING

TIANJIN BIOMEDICAL ENGINEERING SOCIETY

Chief Editors,

Yu Song-ting Weng Ming-qing

Editorial Board,

Geng Chang-song Tong Yan-chuan

Wang Ming-shi Yang Wen-xiu

TIANJIN SCIENCE AND TECHNOLOGY PUBLISHERS

1988

编著者 (按姓氏汉语拼音顺序排列)

- 陈长治 南开大学分子生物学研究所
丁 伟 天津市结核病医院人工肺研究室
邓景华 天津大学精密仪器系
费起礼 天津医院手外科
高广伟 天津医院手外科
高晓峰 天津市第一中心医院人工肾研究室
耿长松 天津大学力学系
顾汉卿 天津市泌尿外科研究所
管继羽 天津市国营无线电厂
孔令震 天津医院手外科
李安之 南开大学物理系
李春林 天津医院骨科
林必锦 天津市第一中心医院耳鼻喉科
林闯亮 天津市电能源研究所
林 青 天津大学精密仪器系
刘宏富 天津市第一中心医院人工肾研究室
刘鸿源 天津市第二中心医院耳鼻喉科
刘 健 南开大学物理系
柳慎耳 天津市第二中心医院耳鼻喉科
鲁 格 南开大学分子生物学研究所
马云飞 天津市合成材料工业研究所
孟永生 天津医院手外科
苗振魁 天津大学精密仪器系
钱绍诚 天津市河东医院肝胆疾病研究室
钱庆达 天津市心血管病研究所
宋继昌 天津市河东医院肝胆疾病研究室
孙家增 天津市第一中心医院人工肾研究室
田柳堤 天津市第二中心医院外科
田 心 天津市泌尿外科研究所
童明容 南开大学分子生物学研究所
童衍传 天津市化学工业局
王 充 天津市第二中心医院外科

王明时	天津大学精密仪器系
王健宇	天津医学院附属医院泌尿外科
魏世津	天津医学院第二附属医院泌尿外科
翁铭庆	天津市医学科技情报研究所
吴妙华	天津医院手外科
吴明英	天津第一中心医院人工肾研究室
武金鉴	天津大学精密仪器系
谢天钧	天津市眼科医院
谢廷栋	南开大学物理系
杨成民	中国医学科学院生物医学工程研究所
杨文修	南开大学物理系
叶宏琛	天津市结核病医院人工肺研究室
俞耀庭	南开大学分子生物化学研究所
曾宪森	天津市合成材料工业研究所
张化新	天津市心血管病研究所
张慧真	天津市河东医院肝胆疾病研究室
张金海	天津大学精密仪器系
张璐仁	天津医学院第二附属医院泌尿外科
赵克明	天津市环湖医院神经外科
赵鸣之	天津市听力障碍恢复中心
赵学刚	天津大学精密仪器系
赵之纲	天津市第一中心医院人工肾研究室
周金台	天津医学院附属医院心内科

生物医学工程学是一门高度综合性的学科。它运用自然科学和工程技术的原理和方法，从工程角度了解人的生理、病理过程，并从工程角度解决防病治病问题。它所涉及的范围很广，包括数学、物理学、化学、生物学等基础学科，也包括声、光、磁、电子、机械、化工等工程学科，而它应用于医学又遍及基础医学、临床医学和预防医学的各个学科。

摘自中国生物医学工程学会已故理事长黄家驷教授中国生物医学工程学报的发刊词（中国生物医学工程学报 1982，1：1）

序 言

生物医学工程是一门新兴的边缘学科，为了解人体生理及医学临床诊断和治疗做出了巨大的贡献。它虽是年轻的学科，但工程技术手段用于临床医学检查与治疗已有多年，其历史可追溯到上世纪末。由于自然科学的迅速发展、物理、化学、生物、机械、电子等等学科间互相渗透，终于形成一门新的学科。医学的某些专业，如心脏外科，其进步在很大程度上有赖于这门学科的发展。目前，这门学科已有国际性学术组织，并设有各专业或专题学会，出版多种刊物。

1980年中国医学科学院前院长黄家驷教授创建中国生物医学工程学会。经过几年的发展，也已设有各种专业委员会，少数医学院校或工科大学建立了生物医学工程学系或教研室。

在市科委的领导下，1974年天津市组成生物医学工程协作组，一些医务、工程技术、教学研究人员共同协作，十几年来取得一批成果。在这基础上，1980年成立了天津市生物医学工程学会，广泛团结了本市各种专业的众多人员，为促进学科的进步而努力。

1984年初，在天津市生物医学工程学会第三届学术年会上，理事会决定编写本书，对生物医学工程学科做出概括而重点的介绍，便利已经从事这门学科的各分支专业的工作者了解其它有关专业的内容，以及想要从事这门学科的人员了解这门学科的梗概，奉献给相当于住院医师以上的医务人员、工程技术人员及教学研究人员做为参考。

本书的编写者大多为本学会会员，撰写中力求写出既有普及又有提高，既有基础又有临床，既有文献复写又有实践经验的内容。但这门学科范围广泛，本书篇幅有限，挂一漏万，在所难免。著者众多，在文章长短、内容繁简、文笔风格方面也不尽统一。限于编者水平，遗漏、错误之处尚祈国内同道批评指正。

本书基本上反映了我市生物医学工程领域的工作。这些年来，之所以能做出一些成绩，是与协作组和学会工作者的积极努力分不开的，尤其是徐振邦、吕毓欣、徐世清、向欣方、于焕文、李涛等同志做了大量的组织协调工作。因此，本书的字里行间都凝有他们的血汗。

仅代表天津市生物医学工程学会向天津科学技术出版社的同志们表示感谢，只有在他们的支持努力之下本书才得与读者见面。

虞颂庭

天津市生物医学工程学会 理事长

天津医学院

教授

1987年12月

目 录

第一部分 生物力学与生物医学物理

Part I Biomechanics and Biomedical Physics

第一章	血流动力学Hemodynamics.....	(3)
第一节	生物力学发展概况	(3)
第二节	连续介质的力学基础	(4)
第三节	血液与血管的力学性质	(15)
第四节	脉动流	(23)
第二章	生物电学及其医学应用	
	Biological Electricity and Its Medical Applications	(36)
第一节	人体电活动现象及其微观来源	(36)
第二节	细胞和组织的电学特性及医学应用	(37)
第三节	人体器官电活动图	(45)
第三章	生物磁学及其医学应用	
	Biomagnetics and Its Medical Applications	(55)
第一节	生物磁场的来源和强度	(55)
第二节	生物磁场的探测技术	(56)
第三节	生物磁场及医学应用	(58)
第四节	磁场的生物效应	(66)
第五节	磁生物效应的医学应用	(71)
第四章	准弹性光散射 (QLS) 及其临床医学应用Quasi-elastic Light Scatter- ing (QLS) and Its Clinical Application	(75)
第一节	基本原理	(75)
第二节	实验装置	(76)
第三节	生理学和医学应用	(77)
第五章	激光生物效应及其医学应用	
	Biological Effects and Medical Application of Laser	(82)
第一节	应用于生物医学的激光器	(82)
第二节	激光的生物效应及其机制	(84)
第三节	激光在医学临床中的应用	(88)
第六章	生物医学信息的分析与处理	
	Analysis and Processing of Biomedical Information	(92)
第一节	基本原理	(92)
第二节	临床应用	(102)

第二部分 生物医学材料与人工器官

Part II Biomedical Materials and Artificial Organs

第一章 生物医学材料Biomedical Materials.....	(115)
第一节 生物医学材料与生物医学工程	(115)
第二节 生物医学材料的分类和性能要求	(121)
第三节 生物医学金属材料	(124)
第四节 生物医学无机材料	(127)
第五节 生物医学高分子材料	(128)
第六节 药用高分子化合物与高分子药物	(134)
第七节 血液相容性材料	(135)
第八节 生物医学材料的消毒与灭菌	(137)
第九节 生物医学材料安全性的生物学评价	(144)
第二章 固定化酶及其在医学方面的应用	
Immobilized Enzyme and Its Medical Application	(152)
第一节 固定化酶概况	(152)
第二节 固定化酶在医学方面的应用	(154)
第三章 吸附剂与血液灌流Adsorbents and Hemoperfusion	(159)
第一节 前言	(159)
第二节 临床医用吸附剂的发展概况	(160)
第三节 吸附剂	(163)
第四章 人工肺Artificial Lung	(172)
第一节 前言	(172)
第二节 简史	(172)
第三节 种类, 结构, 原理	(172)
第四节 临床	(175)
第五节 评价	(179)
第六节 展望	(180)
第五章 人工心脏Artificial Heart.....	(182)
第一节 简史	(182)
第二节 辅助人工心脏临床应用概况	(183)
第三节 完全人工心脏	(189)
第六章 人工心脏瓣膜Cardiac Valve Prosthesis	(196)
第一节 前言	(196)
第二节 机械瓣膜	(196)
第三节 生物瓣膜	(201)
第四节 国产人工心脏瓣膜的现状	(203)
第五节 人工心脏瓣膜置换术的指征	(204)
第六节 临床疗效	(204)
第七节 人工瓣膜的选择	(206)
第七章 人工心脏起搏器Cardiac Pacemaker	(208)
第一节 心脏起搏器发展史	(208)

第二节	人工心脏起搏的适应证	(210)
第三节	人工心脏起搏技术	(212)
第四节	埋藏起搏器病人的随访工作	(214)
第五节	心脏起搏器的电路设计	(216)
第六节	高可靠起搏器电源——锂碘电池	(222)
第七节	人工心脏起搏及有关技术的展望	(227)
第八章	人工血管Vascular Prosthesis.....	(229)
第一节	前言	(229)
第二节	简史及国内外情况	(229)
第三节	合成人工血管的材料	(230)
第四节	合成人工血管	(232)
第五节	针织人工血管的研究与临床	(239)
第六节	存在的问题	(240)
第九章	人工血液Artificial Blood.....	(242)
第一节	人工血液简史	(242)
第二节	氟碳化合物的性质	(243)
第三节	动物实验研究	(245)
第四节	氟碳化合物的临床研究	(247)
第五节	我国研究简况及结语	(249)
第十章	人工肾Artificial Kidney	(252)
第一节	人工肾发展简史	(252)
第二节	血液透析疗法的基础理论	(253)
第三节	血液透析疗法的临床	(258)
第四节	血液滤过	(262)
第五节	吸附型人工肾	(264)
第六节	尿素氮吸附剂氧化淀粉治疗尿毒症	(271)
第七节	新型腹膜透析的临床应用	(274)
第十一章	人工肝 Artificial Liver.....	(280)
第一节	前言	(280)
第二节	分类	(280)
第十二章	人工胰Artificial Pancreas	(287)
第一节	前言	(287)
第二节	简史	(287)
第三节	人工胰的种类	(288)
第四节	人工胰的构成	(291)
第五节	人工胰的临床	(293)
第六节	人工胰研制的展望与结语	(296)
第十三章	超滤吸附腹水浓缩治疗难治性肝硬化腹水Ultrafiltration and Ad- sorption in the Treatment of Ascites of Refractory Cirrhosis of Liver.....	(299)
第一节	腹水浓缩静脉回输的作用	(299)
第二节	超滤吸附腹水浓缩机的原理和装置	(300)

第三节	腹水浓缩机的临床应用	(305)
第四节	临床疗效和典型案例	(306)
第十四章	人工关节Artificial Joint	(308)
第一节	简史	(308)
第二节	生物医学材料的选择	(309)
第三节	人工关节的配伍	(310)
第四节	人工关节置换术适应证及注意事项	(311)
第五节	硅橡胶人工指关节	(312)
第十五章	硅橡胶薄膜及硅橡胶人工肌腱 Silicone Rubber Sheeting and Artificial Tendon	(315)
第十六章	人工喉Artificial Larynx	(317)
第一节	前言	(317)
第二节	喉全切除气管食管吻合应用硅胶管发音重建术	(318)
第三节	喉切除发音重建及人工喉简史	(321)
第四节	食道发音	(323)
第五节	喉部分切除和喉全切除发音重建	(324)
第六节	结语	(330)
第十七章	硅橡胶在鞍鼻整形及萎缩性鼻炎鼻粘膜下填塞术中的应用Silicone Rubber in Rhinoplasty and Subcutaneous Tamponade of Atrophic Rhinitis	(333)
第一节	鞍鼻整复材料	(333)
第二节	硅橡胶性质特点	(333)
第三节	硅橡胶临床应用	(334)
第四节	结语	(336)
第十八章	人工鼓膜和人工听骨Artificial Tympanic Membrane and Ossicular Replacement Prosthesis	(338)
第一节	前言	(338)
第二节	鼓室成形术的发展概况	(339)
第三节	人工鼓膜、人工听骨	(339)
第四节	全人工中耳的植入	(341)
第五节	结语	(342)
第十九章	人工食管Artificial Esophagus	(344)
第一节	人工食管的制作材料及基本性能要求	(345)
第二节	人工食管设计原理	(345)
第三节	人工食管的设计类型及其衔接固定方法	(347)
第四节	人工食管的实验研究及观察结果	(353)
第五节	人工食管的临床应用	(362)
第二十章	人工硬脑膜Artificial Dural Mater	(365)
第二十一章	脑积水分流装置Shunting Systems for Hydrocephalus	(368)
第二十二章	颅脑快速粘合剂Quick Adhesive Agent for Intracranial Use	(374)

第二十三章 角膜接触镜Cornea Contact Lens	(377)
第一节 硬角膜接触镜	(377)
第二节 亲水性角膜接触镜	(378)
第二十四章 人工膀胱Artificial Bladder	(386)
第一节 前言	(386)
第二节 人工膀胱的种类	(388)
第三节 人工膀胱的材料	(390)
第四节 人工膀胱的适应证与改进	(390)
第五节 结语	(391)

第三部分 医学仪器与设备

Part III Medical Instruments and Equipments

第一章 医用传感器Medical Sensor	(395)
第一节 医用传感器的作用与分类	(395)
第二节 人体压力参数测量及压力传感器	(397)
第三节 流速流量参数的测量	(404)
第四节 射线测量用传感器	(406)
第五节 人体电信号检测用电极	(409)
第六节 电化学传感器	(416)
第七节 生物传感器	(418)
第二章 医用电子线路Medical Electronic Circuit	(420)
第一节 电子线路中的器件	(420)
第二节 放大电路	(425)
第三节 线性放大器	(433)
第四节 脉冲数字电路	(440)
第三章 医用电子仪器Medical Electronic Instruments.....	(456)
第一节 概述	(456)
第二节 诊断用电子仪器	(457)
第三节 治疗用电子仪器	(468)
第四节 监护用电子仪器	(473)
第四章 医学超声仪器Medical Ultrasonic Instruments.....	(480)
第一节 超声波的物理特性	(480)
第二节 超声换能器及辐射场	(485)
第三节 超声诊断仪基本原理	(488)
第五章 X射线成像技术X-ray Imaging Technique	(496)
第一节 X射线的产生和物理性质.....	(496)
第二节 X射线管.....	(497)
第三节 高压发生器及其高电压的补偿	(499)
第四节 X射线机的附属设备.....	(501)
第五节 X-CT概述	(502)
第六节 X-CT的发展和特点.....	(505)
第七节 X-CT的主要参数.....	(507)

第八节	图像重建的基本原理	(507)
第九节	X-CT的组成和使用	(509)
第十节	数字减法式心血管造影	(510)
第六章	核磁共振成像系统NMR Imaging System	(513)
第一节	概述	(513)
第二节	核磁共振成像技术的原理	(513)
第七章	医疗设备的电气安全	
	The Electric Safety of Medical Equipments.....	(530)
第一节	电流的生理效应及人体导电	(530)
第二节	电击	(532)
第三节	电击的防护	(535)
第八章	生物医学仪器及其设备的可靠性The Reliability Considerations of Biomedical Instruments and Equipments.....	(543)
第一节	概述	(543)
第二节	系统与网络可靠度的计算	(544)
第三节	可靠性设计概述	(545)
第四节	可靠性预测与分配	(546)
第五节	机械系统的可靠性设计	(548)
第六节	可靠性增长与评定	(550)
第七节	可靠性试验	(551)
第九章	数字计算机在医学中的应用	
	Digital Computer and Its Medical Application	(553)
第一节	电子数字计算机的功能	(553)
第二节	电子数字计算机中数的表示方法	(553)
第三节	电子数字计算机的组成	(554)
第四节	计算机的语言	(555)
第五节	计算机在医学上的应用	(555)

第四部分 生物医学工程在治疗中的新进展

Part IV The Recent Advances in Therapeutics of Biomedical Engineering

体外冲击波碎石术

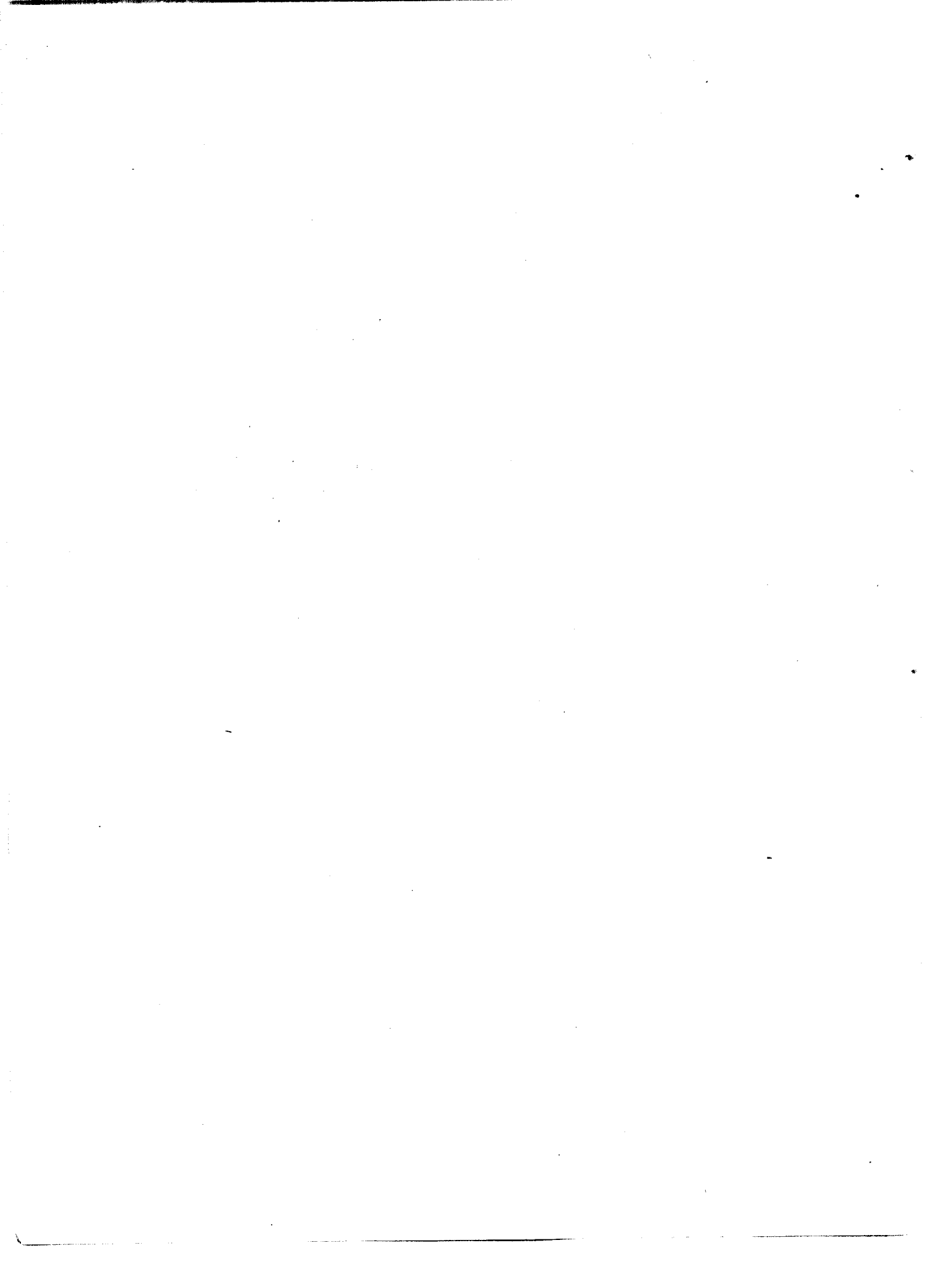
(Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy, ESWL.)	(559)
--	---------

第 一 部 分

生物力学与生物医学物理

Part I

Biomechanics and Biomedical Physics



第一章 血 流 动 力 学

Hemodynamics

第一节 生物力学发展概况

生物力学是一门试图从力学的角度了解生命的科学。是力学与生物学、医学等学科之间相互渗透的边缘学科,它将用经典力学、固体力学、流体力学的知识来理解生物的某些现象,用力学的方法定量地分析研究生命系统的功能与构造的关系,进而探讨生命过程的一门科学。

近年来医学科学技术的进一步发展,仿生学的发展,宇航技术的要求,推动了人对特种环境适应性问题的研究,提出了一系列生物力学问题,促进了生物力学作为一门新兴学科蓬勃发展起来。60年代后期,电子计算机开始用于医学,为生物力学开辟了新的前景。有人预言,人类不久将进入生命科学的时代,那时,就有可能人为地控制生命。

正因为生物力学具有理论与实践的意义,现代技术又提供了必要的手段,故近年来它有很大的发展。

从1960年美国召开第一届仿生学讨论会以来,生物力学引起人们的广泛注意和研究,发展十分迅速。美、欧、日、苏、澳、加等国都建立了专门的研究机构,经常召开国际会议,如已经召开过多次国际性生物流变学会议与生物力学讨论会。此外,科学专题会议和区域性生物力学会议就更加频繁。

我国的生物力学研究才刚开始,但发展的速度也很快。在1978年全国力学规划会议上,将生物力学作为力学一个分支列入规划中。1979年11月在重庆召开全国高等学校生物力学座谈会,1980年11月在北京召开我国第一届生物医学工程会议,生物力学引起了与会者的重视,1981年在上海举行全国第一届生物力学会议,研究工作的深度与广度都有显著的提高。1983年在武汉召开了国际生物力学会议,通过交流对我国生物力学的发展起到很大的促进作用。

生物力学研究的特点

1. 生物系统是很复杂的,无论是理论研究还是实验分析都必需提出简化的模型。对同一个生物系统由于解决的问题不同,可以建立不同的模型。故在提出生物力学模型之前必须首先明确研究的目的;另一方面,生物力学涉及多种学科,问题的彻底解决不能只靠力学,如动脉粥样硬化机理的探讨,Fry认为是局部高剪应力损伤血管壁的内皮膜,血小板凝集成血栓所致。因此,病变应和流场的局部加速或局部湍流有关。相反,Caro等认为斑块最初发生在低剪切率区,血脂易于沉积,血小板也易于凝集。故病变与流动分离、驻点及死区等有关。岗小天则认为血流高压将加强血脂类对血管壁的渗透扩散等原因引起的病变。又