

现代医学与 现代医用仪器

朱翠玲 等编著

中国医药科技出版社

XIANDAI YIXUE YU XIANDAI YIYONG YIQI

前 言

二十世纪,电子技术、电视技术、新型材料等技术的发展和电子计算机的问世,把人们带入了一个现代医学的崭新时代。特别是60年代以来,以微电子技术为先导的大量新技术,如核素技术、激光技术、超声技术、红外技术、纤维光学技术、半导体技术、电子计算机技术、新材料技术、生物工程技术等,像一层层巨浪涌进医学领域,使医学诊断、治疗、预防、测试、实验等技术走上电子化和自动化,并开辟了诸如人工器官、基因工程等新领域。尤其是医学与现代科学和工程技术的紧密结合,产生了生物医学工程学这门新兴学科,使得医学问题能够应用现代自然科学技术的理论、方法进行研究,并从工程学角度,运用工程技术手段来解决人体的结构、功能及医学的应用问题,如生物信息测量及处理工程、生物技能代行工程、生物作用工程等技术。这一切推动了现代医学领域内理论研究的发展和医疗技术的更新,导致了目不暇接的新仪器、新设备的出现。医学科学在现代科学技术推动下飞速发展,知识更新不断加速,使人们倍感自身知识的老化和信息的陈旧,迫切需要吸取最新医学知识、学习最新医疗技术、掌握最新医用仪器。

当前,非生命科学与生命科学的结合,社会科学与自然科学的结合,宏观与微观新概念的不断进入医学领域,导致了新兴学科、边缘学科的不断出现,医学科学研究在深度、广度上不断取得进展。相比之下,医药院校的教材呈现出了知识滞后现象。我们有责任让医学生和医学研究生及青年医务工作者及时地学习到出现在医学领域内的新理论、新技术、新方法,

了解现代医学的新进展、新课题、新成果。只有这样，才能培养出胜任现代医疗实践和科研的新型人材。

本书的编写，充分体现了多单位间的团结协作精神。在编写过程中，得到了长春中医学院、山东中医学院、第一军医大学、河北医学院、滨州医学院、泰山医学院、湖南中医学院及山东医科大学等15所院校和医院的大力支持，在此一并深表谢意。

编著者

一九九一年于北京

目 录

第一章 超声医学与超声诊断仪	(1)
第一节 超声医学.....	(1)
一、超声医学的发展简史.....	(1)
二、超声医学的物理基础.....	(3)
三、超声波的生物效应.....	(6)
四、超声诊断原理.....	(8)
第二节 超声诊断仪.....	(17)
一、超声诊断仪的概况.....	(18)
二、Aloka SSD-870彩色多普勒诊断仪.....	(20)
第二章 超显微医学与电子显微镜	(24)
第一节 超显微医学.....	(25)
一、超显微医学的主要技术.....	(25)
二、细胞的超微结构.....	(29)
三、电子显微镜术在临床医学中的应用.....	(33)
第二节 电子显微镜.....	(37)
一、电镜的主要结构及成像原理.....	(39)
二、扫描电镜 (SEM)	(44)
三、超高压电镜 (UVEM)	(45)
第三章 血液流变学与其临床检测方法	(48)
第一节 血液流变学.....	(48)
一、粘滞液体的流动.....	(49)
二、血液的粘度.....	(50)
三、红细胞的变形性.....	(58)
四、血液的触变性.....	(59)
五、血液流变学与临床诊断.....	(61)

第二节 仪器与测量方法	(63)
一、粘度计	(63)
二、测定方法	(67)
第四章 纤维光学与医用内窥镜	(77)
第一节 纤维光学	(77)
一、纤维光学	(77)
二、纤维光学元件的传光和传象	(78)
三、纤维光学元件的主要特性	(81)
第二节 医用内窥镜	(83)
一、医用内窥镜的发展简史	(83)
二、纤维内窥镜的结构、功能和原理	(85)
三、纤维内窥镜的临床应用	(89)
四、纤维内窥镜的优缺点	(93)
五、纤维内窥镜的使用与维护	(94)
第五章 计算机图象处理技术与CT	(97)
第一节 计算机图象处理技术	(97)
一、图象数据的形式	(98)
二、计算机的图象增强技术	(99)
三、计算机图象重建技术	(102)
第二节 电子计算机断层摄影 (CT)	(105)
一、CT装置	(106)
二、CT原理	(108)
三、CT在医学中的应用	(110)
四、CT的发展	(111)
第六章 生物电与心电图机	(115)
第一节 生物电	(115)
一、心脏膜电位	(116)
二、心脏的电生理特性	(119)
三、心律失常的电生理基础	(124)
四、心电向量与心电图	(126)

第二节 心电图机	(130)
一、心电图机的结构和原理	(130)
二、各类心电图机的性能及特点	(134)
三、心电图机的使用	(135)
第七章 核磁共振原理与医学核磁共振成像技术	(136)
第一节 核磁共振的物理原理	(136)
一、原子核的自旋角动量、自旋磁矩和在外磁场中进动	(136)
二、核磁共振的基本概念	(139)
三、弛豫过程、自由感应衰减信号及自旋回波	(143)
第二节 医学核磁共振成像技术	(148)
一、二维和三维成像方法	(148)
二、核磁共振成像系统	(159)
第八章 红外热象技术与热象图仪	(167)
第一节 红外热象技术	(167)
一、红外热象技术发展简史	(167)
二、红外热成象的基本原理	(169)
三、热象图的临床应用	(170)
四、未来展望	(174)
第二节 热象图仪	(175)
一、医用红外热象仪	(175)
二、液晶热象图的原理及应用	(184)
第九章 中医工程学与脉象仪	(187)
第一节 中医工程学	(187)
一、生物医学工程学	(187)
二、中医工程学	(195)
第二节 脉象仪	(198)
一、脉象仪的功能	(200)
二、脉象仪的基本结构与工作原理	(201)
第十章 医用传感器的原理与应用	(205)

第一节 医用传感器的原理·····	(205)
一、医用传感器的作用·····	(205)
二、医用传感器的特点·····	(206)
三、医用传感器的种类·····	(207)
四、温度传感器·····	(210)
五、位移传感器·····	(212)
六、速度、加速度、力传感器·····	(214)
第二节 医用传感器的应用·····	(216)
一、血压传感器·····	(216)
二、呼吸传感器·····	(223)
第十一章 X线诊断技术与X线设备·····	(227)
第一节 X线诊断技术·····	(227)
一、传统X线诊断及进展·····	(228)
二、多轨迹体层摄影·····	(230)
三、造影检查·····	(232)
四、消化道X线双重造影·····	(236)
五、数字减影血管造影·····	(237)
六、介入性放射学·····	(240)
第二节 X线设备·····	(243)
一、X线设备发展简史·····	(243)
二、现代诊断X线机的特点和发展动向·····	(244)
三、X线电视及计算机X线图象处理系统·····	(245)
四、X线机的分类及结构·····	(248)
五、对X线机性能的要求·····	(249)
第十二章 放射性核素与核医学成像术·····	(255)
第一节 放射性核素·····	(255)
一、放射性核素及其射线·····	(255)
二、放射性核素在医学上的应用·····	(257)
第二节 核医学成像术·····	(260)
一、核医学成像术概述·····	(260)

二、 γ 照相机	(266)
三、单光子发射 CT	(269)
四、正电子发射 CT	(271)
第十三章 生物磁学与磁疗机	(274)
第一节 生物磁学	(274)
一、生物磁学的历史发展	(274)
二、生物磁现象	(275)
三、人体磁场的来源	(276)
四、人体磁场的测量	(277)
五、磁生物工程	(282)
六、磁场生物效应	(286)
七、磁场对生物体作用的共同点	(288)
八、磁场的治疗作用	(289)
九、常用的磁疗方法	(291)
十、磁疗的临床应用	(292)
第二节 磁疗器械	(293)
一、旋转磁疗机	(293)
二、远红外磁疗仪	(294)
三、电磁治疗机	(295)
第十四章 激光医学与激光诊疗仪	(297)
第一节 激光医学	(297)
一、激光的产生原理和基本特性	(297)
二、激光的生物效应	(302)
第二节 激光诊疗仪	(305)
一、医用激光器	(305)
二、激光诊疗仪	(309)
第十五章 肿瘤放射治疗学与医用加速器	(317)
第一节 肿瘤放射治疗学	(318)
一、射线与物质的相互作用	(317)
二、剂量测量	(321)

三、临床放射治疗中的几个问题·····	(322)
第二节 医用电子直线加速器·····	(327)
一、原理·····	(327)
二、结构·····	(329)
三、使用·····	(333)
第十六章 康复医学与生物机能代行工程·····	(340)
第一节 康复医学·····	(340)
一、康复医学的发展过程·····	(340)
二、康复医学研究的对象·····	(341)
三、康复医学研究的内容和方法·····	(342)
四、康复医学事业的未来·····	(344)
第二节 生物技能代行工程·····	(345)
一、运动功能的替代·····	(345)
二、人工器官·····	(352)
三、视觉的替代·····	(354)
四、听觉的替代·····	(355)
第十七章 全息生物学与生物全息电图诊断仪·····	(357)
第一节 全息生物学·····	(357)
一、穴位全息律·····	(367)
二、生物全息律·····	(359)
三、泛胚论·····	(359)
四、全息胚学说·····	(360)
五、生物泛控论·····	(363)
六、第二掌骨侧诊疗法·····	(366)
七、全息生物学的意义·····	(371)
第二节 生物全息电图诊断仪·····	(374)
一、生物全息电图诊断仪原理·····	(374)
二、诊断方法·····	(374)
第十八章 生物控制论与人工心脏起搏器·····	(377)
第一节 生物控制论·····	(377)

一、控制论·····	(378)
二、生物控制论·····	(382)
三、生物控制论中的基本概念·····	(385)
四、生物控制论的一般理论、方法及其在医学上的应用 ·····	(388)
第二节 人工心脏起搏器·····	(393)
一、人工心脏起搏器的发展简史·····	(393)
二、人工心脏起搏器的基本构造和工作原理·····	(395)
三、人工心脏起搏器的主要技术指标·····	(401)
四、人工心脏起搏器的性能特征分类编码·····	(401)
五、人工心脏起搏器的适应症·····	(402)
六、人工心脏起搏器的发展展望·····	(403)
第十九章 生物医学材料与全人工心脏 ·····	(405)
第一节 生物医学材料·····	(405)
一、生物医学材料·····	(405)
二、生物医学材料的分类和性能要求·····	(406)
三、生物医学金属材料·····	(407)
四、生物医学无机材料·····	(409)
五、生物医学高分子材料·····	(410)
六、血液相容性材料·····	(413)
七、生物医学材料的消毒和灭菌·····	(414)
八、生物医学材料安全性的生物学评价·····	(415)
九、血浆代用品与血液代用品·····	(415)
第二节 全人工心脏·····	(418)
一、人工心脏·····	(418)
二、全人工心脏·····	(419)
第二十章 噪声及其防护技术 ·····	(425)
第一节 噪声·····	(425)
一、人耳传声的物理性能·····	(425)
二、噪声级·····	(427)

三、噪声对人体的危害·····	(430)
四、噪声的卫生标准·····	(435)
第二节 噪声防护技术·····	(439)
一、消声器·····	(439)
二、控制噪声的传播·····	(442)
三、护耳器·····	(445)
第二十一章 微波技术与微波治疗机·····	(446)
第一节 微波技术基础·····	(446)
一、微波的产生和特点·····	(446)
二、微波的传输·····	(449)
三、微波的生物效应·····	(452)
第二节 微波治疗机·····	(454)
一、医用微波辐射器·····	(454)
二、微波治疗机·····	(457)
三、微波在临床医学上的应用·····	(463)
四、微波对人体的影响及安全防护·····	(469)
第二十二章 体外冲击波碎石术与体外震波碎石机·····	(471)
第一节 体外冲击波碎石术·····	(471)
一、体外冲击波碎石术·····	(471)
二、ESWL的产生和发展·····	(474)
三、碎石治疗的步骤·····	(475)
四、ESWL的治疗现况·····	(476)
第二节 体外震波碎石机·····	(478)
一、ESWL机的研制·····	(478)
二、ESWL机的结构和原理·····	(479)
四、碎石机的临床效果及性能·····	(481)
四、ESWL机的发展·····	(484)
第二十三章 微电子学与医用微型仪·····	(486)
第一节 微电子学·····	(486)
一、电子学的发展史·····	(486)

二、微电子学.....	(487)
三、医用微电子技术.....	(490)
四、微电子学的未来展望.....	(497)
第二节 医用微型仪.....	(498)
一、医用遥测技术.....	(498)
二、助听器.....	(501)
第二十四章 低温医学与冷冻技术.....	(505)
第一节 低温医学.....	(505)
一、低温医学的发展及前景.....	(505)
二、低温保存.....	(507)
三、低温疗法.....	(513)
第二节 冷冻技术.....	(516)
一、低温致冷的物理学原理.....	(516)
二、冷冻医疗器械.....	(519)

第一章 超声医学与超声诊断仪

超声医学是声学、医学和电子工程技术相结合的新兴学科。它以高于可听频率的声学技术在医学领域中的应用为研究对象，包括超声诊断学、超声治疗学和生物医学超声工程等学科。目前，超声医学的理论和技術已被应用于疾病诊断、治疗、术中探测等许多方面。本章主要介绍超声医学原理和一些常用的超声诊断仪。

第一节 超声医学

一、超声医学的发展简史

1. 超声治疗

1915年法国科学家Langevin首先在水中成功地发射了超声波。20年代一些学者开始将超声波照射生物体，研究超声波对生物体系的作用。1939年，R.Pohlman首先报道用超声波治疗神经痛获得疗效。1949年召开了第一次国际医学超声学会议，人们对超声治疗的经验进行了交流，从而推动了超声治疗学的发展。50年代以后，超声治疗法在许多国家开始应用，发展了超声药物透入疗法、超声雾化吸收疗法、穴位超声疗法，以及与其它理疗协同应用的超声-电疗等新方法。80年代以后，随着超声工程技术的发展，超声治疗技术取得了突破性的进展，尤其是超声体外碎石疗法和超声聚焦加热治疗癌症疗法已在临床治疗中显示出重要的应用价值。

2. 超声诊断

(1) 超声示波诊断法 1942年奥地利K.T.Dussik 首先使用A型超声装置,用穿透法探测颅脑。1949年他报道成功地获得了头部包括脑室的超声图象,但是此种透射法并未达到实用程度。1950年美国J.J.Wild等开始应用脉冲反射式A型超声诊断仪分析组织结构,对脑标本进行探测,获得了脑肿瘤的反射波,此方法成为脉冲反射法超声诊断的开端。A型超声诊断法,从60年代初到70年代末,广泛应用于临床各个领域,提供了许多有价值的诊断依据。

(2) 超声显象诊断法 1952年美国D.H.Howry等开始研究超声显象法,用B型超声仪作肝脏标本的显象。1952年美国J.J.Wild首次成功地获得乳腺的超声声象图。60年代中期,开始研究机械的和电子的快速成象法。1973年机械扇形扫查仪和电子相控阵扇形扫查仪均成功地应用于临床。70年代以后,电子技术和计算机技术迅速发展,并应用于超声诊断技术中。1975年出现了数字扫描转换技术(DSC)、80年代又发展了数字扫描处理(DSP)和数字图象处理(DIP)技术。目前,B型超声诊断仪能进行实时断层显象,具有图象贮存、冻结、再现、灰阶显示和彩色显示等一系列功能。另外,仪器配有許多计算机程序,能对图象进行测量,并自动显示出计算结果。超声显象在临床诊断中发挥了巨大的作用,已成为当代医学影象的主要方法之一。

(3) 超声光点扫描诊断法 1954年瑞典Edler首先用超声光点扫描法诊断心脏疾病,此方法称为超声心动图诊断法或M型超声诊断法。自其问世以来,广泛用于对心血管疾病的诊断。

(4) 超声频移诊断法 日本的里村茂夫首先将多普勒效应原理应用于超声诊断。1957年里村与吉田常雄等开始多次发

表连续式D型超声诊断的文章,认为从超声频移信号中可以判断心脏瓣膜病。60年代以后,人们开始试用脉冲式D型超声诊断仪。1973年Johnson等人首先介绍选通门脉冲D型超声的临床应用。1975年第一台M型超声和脉冲式多普勒相结合的双功能仪器问世。以后,美国的Barker小组研制出B型超声与多普勒超声相结合的双功能仪器,它能在B型超声图象的引导下定位脉冲式多普勒的取样容积,提高了D型超声定位和测量的准确性。70年代末期,D型超声诊断仪开始采用快速富里叶变换技术(FFT),实现了实时频谱分析。1978年多点选通式多普勒技术出现。80年代初,日本Aloka公司开始研制彩色血流显象装置。1983年11月,该公司在世界上首次制造出适用于临床的SSD-880彩色血流显象装置。此后,彩色血流显象设备迅速发展,使心血管超声多普勒诊断发生了一次飞跃。

二、超声医学的物理基础

超声波 (ultrasonic wave) 是频率高于20kHz的机械波。它具有声波所有的物理性质,又由于频率高,还有许多独特的性质。

1. 超声波的基本特征

(1) 超声波的速度 超声波可以在固体、液体和气体中传播。它的传播速度只与媒质的性质和温度有关。当媒质的容积弹性模量为 B ,密度为 ρ 时,超声波的传播速度 C 可以表示为:

$$C = \sqrt{B/\rho} \quad (1-1)$$

在生物组织中,超声波的速度由生物组织的种类以及生理和病理状态决定。超声波在人体软组织中的速度约为 $1500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

(2) 超声波的波长 在临床诊断和治疗中,所用超声波

的频率范围一般为 $1 \sim 10\text{MHz}$ 。超声波的波长可由频率 f 和速度 C 表示如下:

$$\lambda = C/f \quad (1-2)$$

当使用的频率为 $1 \sim 10\text{MHz}$ 时, 在生物软组织中, 超声波的波长范围为 $1.5 \sim 0.15\text{mm}$ 。由此可见, 超声波的波长是很短的。在均匀媒质中, 超声波可以象光一样沿直线传播。此外, 超声波对生物软组织结构具有较高的分辨能力。超声诊断正是利用超声波方向性好, 分辨本领高的特征。尤其在声学显微镜方面, 用 $3 \times 10^9\text{Hz}$ 的声学显微镜, 在生物软组织中, 可获得 $0.5\mu\text{m}$ 的超声波, 其分辨率可达到光学显微镜的水平。

(3) 超声波的声强、声压和声阻抗 超声波在单位时间内通过垂直于传播方向的单位面积的能量称为超声波的声强。其单位为 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。如用 I 表示声强, 则 I 可以表示为:

$$I = \frac{1}{2} \rho C A^2 \omega^2 \quad (1-3)$$

式中 ρ 是媒质的密度, C 是速度, A 是引起质点振动的振幅, ω 是圆频率。由于超声波的频率很高, 所以, 超声波的强度要比通常声波的强度大很多。

超声波在媒质中传播所产生的附加压强称为超声波的声压。它的最大值 P_m 表示为:

$$P_m = A \omega \rho C \quad (1-4)$$

声压的单位为 $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ 或 Pa 。

声阻抗 Z 定义为媒质的密度与媒质中声速的乘积:

$$Z = \rho C \quad (1-5)$$

声阻抗的单位为 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。声阻抗反映媒质的声学性质。在生物体中, 各种组织的声阻抗是不同的, 而且同一种组织在正常生理状态下和病理状态下, 声阻抗也是不同的。

2. 超声波的传播

(1) 超声波的反射和折射 当超声波入射至两种媒质的分界面上时, 会发生反射和折射, 并且服从反射和折射定律, 能量也分配到反射波和折射波上。考虑超声波垂直入射的情况, 在图 1-1 中, I_r 代表反射波的声强, I_i 代表入射波的声强。超声波的反射系数 R 定义为 I_r/I_i 。 R 值由式 1-6 表示:

$$R = \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^2 \quad (1-6)$$

式中 Z_1 和 Z_2 分别为界面两侧的声阻抗。由此可见, R 的大小取决于分界面两边媒质的声阻抗差值的大小。差值越大, 反射波的声强越大; 反之, 反射波的声强越小。

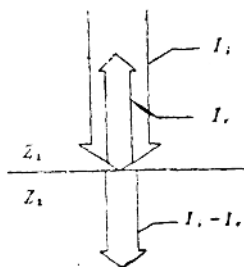


图 1-1 垂直入射超声波在界面上的反射与折射

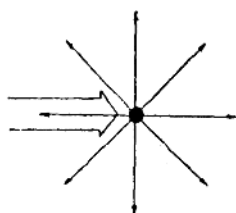


图 1-2 红细胞对超声波的散射

目前, 临床上使用的各种脉冲回声式诊断仪, 就是利用人体各种组织的声阻抗不同, 以及病变组织与正常组织的声阻抗也不相同的特点, 通过探查这些声阻抗界面的回声信息进行超声诊断。

(2) 超声波的衍射和散射 入射超声束在遇到微小障碍物时, 将发生衍射和散射现象。一部分能量的超声波继续向前传播; 另一部分超声波以这一物体为新的声源, 向四周散射。