

腹部超声诊断

〔丹麦〕H. K. R. 佩德森

H. J. G. 史密斯

邹贤华 张缙熙 廖有谋 译



人民卫生出版社

腹部超声诊断

〔丹麦〕 H. K. R. 佩德森

H. J. G. 史密斯

邹贤华 张缙熙 廖有谋 译

人民卫生出版社

腹部超声诊断

邹贤华 张绪熙 廖有谋 译

人民卫生出版社出版

(北京市崇文区天坛西里10号)

河北永清第一胶印厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米16开本 13 $\frac{3}{8}$ 印张 9插页 311千字

1989年12月第1版 1989年12月第1版第1次印刷

印数: 00,001—4,900

ISBN 7-117-00751-6/R·752 定价: 13.00元

[科技新书目190—157]

腹部超声诊断

第二版

H. H. 霍尔姆

丹麦, 哥本哈根大学, 赫尔利夫医院, 外科主任医师, 超声室主任, 医学博士, 哲学博士

J. K. 克里斯坦森

丹麦, 哥本哈根大学, 雷基斯医院, 外科主任医师, 医学博士, 哲学博士

S. N. 拉斯马森

丹麦, 哥本哈根大学, 雷基斯医院, 内科总住院医师, 医学博士, 哲学博士

J. F. 佩德森

丹麦, 哥本哈根大学, 格罗斯雷勃医院, 超声室主任, 医学博士

S. 汉斯克

丹麦, 哥本哈根大学, 赫尔利夫医院, 外科住院医师, 医学博士

F. 詹森

丹麦, 哥本哈根大学, 肯特夫特医院, 外科, 超声室总住院医师, 医学博士

J. 甘默尔加特

丹麦, 哥本哈根大学, 赫尔利夫医院, 超声室研究人员, 医学博士

E. H. 史密斯

美国, 波士顿, 哈佛医学院及悉尼, 法拜尔癌症中心, P. B. 伯拉罕姆医院, 教授, 医学博士

前 言

四年前，从腹部超声第一版公开发行后，在超声诊断领域已取得了相当大的进展。首先，也是最主要的，即高分辨力的灰阶仪器，差不多全都取代了信息低的静态方法；而且因动态仪器的应用愈广，对超声诊断的影响就愈趋增加；最终，由于多数有科学价值的论文，从其发表数量的增加来判断，在现代医学中，超声在腹部诊断中的应用，看来是很需要的。

因此，我们觉得有编写第二版腹部超声的必要，并将本书的标题，把动态与静态都同样表明用灰阶影像。

本书对每一位从事腹部超声诊断或对其有兴趣者来说都是必备的。我们很清楚，每章开始的有关解剖的说明，是非常基础的，如果这样理解，则可不必介意了；另一方面，我们觉得，在本书中有一系列由尸检所得到的横切与纵切面彩色解剖图片，是一个重要贡献。

有三位之多的作者，E. H. 史密斯，F. 詹森及J. 甘默尔加特，都参加过第一版的编写组。

全体作者的共同工作单位，在1965年是以肯脱夫特医院的H外科为基地，但到1976年，便迁至哥本哈根大学的赫尔利夫医院，他们在那里的超声室中先后进行工作；而现在他们则在丹麦的各地医院（其中一所医院在美国）进行工作。我们从50000多次腹部检查的经验中，筛选出资料，为编写本书提供了基础；这些资料是取自上述超声室及比得奔迪的伯拉罕姆医院，波士顿的雷基斯医院，哥本哈根大学及希莱尔得的弗雷德瑞斯布格县医院。

相当多的作者，在编写本书时差不多对每句话都耗费很多时间，确非易事；有时在八位作者之间，进行十分热烈的讨论，目的是要取得一致的意见，并求得编写本书内容的平衡。

编写组常常强调要偏重临床，因此相应地提出有关超声诊断的临床问题进行讨论。

由于增加了超声引导下穿刺的资料，也许表明了它对介入性诊断的外科处理的作用，我们也在本书中说明了这一点。

差不多所有的课题都是重行编写的，有的重行组合并进行扩大，还补充了实例，例如将产科一章就增加了三倍。

在本书内，新添了“儿科超声”及“超声与CT扫描”两章；这两章是由卓越的客座作者，即波士顿的哈佛医学院所属儿科医院医学中心的R. 迪莱，新罕布什尔州汉诺佛的玛丽哈希柯克医院的玛斯和R. 巴迪姆分别编写的。

本书中所选用的动态与静态灰阶图像之间的比例关系，并不能反映出我们日常工作中对这两种方法实际应用的常规情况；当采用单一图像时，常取静态图像；因为用静态技术所得到的全部横切或纵切影像，比在动态检查中按逻辑顺序所局限于“冻结”的图像，要易于分辨和研究。

最后，对世界各地超声界同行所给予的信息与支持表示衷心的感谢。

鸣 谢

第二版“腹部超声”，如果没有许多人的大力帮助与支持，是绝不能与大家见面的。

我们感谢赫尔利夫医院超声室的护士及秘书们，在我们编写本书时所给予的理解和帮助。

在赫尔利夫超声室，我们特别对H. 克介尔森，她以卓越的艺术才能制成文中的图片；对L. 柯夫特秘书，在手稿的准备工作方面；对G. 布尧姆电机工程师，在技术协助及图片复制方面，所给予的很大帮助，表示感谢。

我们非常赞赏这个超声室中的研究工作者O. 阿尔斯的协助。

我们也非常感谢P. B. 伯拉罕姆医院的F. E. 巴拜尔医生、超声物理博士，他将第二章进行了评阅，并提出了十分宝贵的建议。

我们也感谢哥本哈根大学解剖教研室，尤其是K. 斯道布所给予的标本图片及第五章中有关尸检切面的像片。

二十三章中的CT图象是波士顿，P. B. 伯拉罕姆医院的D. 阿当姆斯医生及S. 海赛尔医生所慷慨支助的。

我们感谢克斯加特国际出版社，尤其是J. 拜尔格玛先生，所给予的帮助与精心合作。夫加特高级国际中心协会E. H. 史密斯医生，在编写本书时给予了尽可能的合作及很大的支助。

最后，向我们的家属所具有的耐心与理解，为本书的问世提供了必要的先决条件，表示感谢。

目 录

第一章 腹部超声探测发展史.....	1	(二) 双稳态诊断仪.....	27
第二章 超声诊断的物理学基础.....	5	(三) 静态灰阶诊断仪.....	27
一、换能器(探头).....	5	(四) 动态诊断仪.....	29
二、声波的传播.....	5	五、影象记录.....	29
三、超声能量的测定.....	7	(一) 拖拉片.....	29
四、超声声场.....	7	(二) 印刷图纸.....	29
五、衰减.....	8	(三) 普通照相机摄影技术.....	29
六、界面效应.....	9	(四) X线相照片.....	30
(一) 镜象反射.....	9	(五) 电视录象带.....	30
(二) 弥漫性散射.....	10	六、检查结果的分析.....	30
七、回声记录.....	10	(一) 超声声象图的辨认.....	30
(一) A型.....	10	(二) 名词.....	30
(二) B型与TM型.....	11	(三) 报告.....	32
(三) 扫查.....	13	(四) 编码系统.....	33
八、多普勒效应.....	15	第五章 局部解剖.....	34
九、分辨率.....	16	第六章 血管.....	54
第三章 设备.....	17	一、解剖.....	55
一、产生静态影象的诊断仪器.....	17	(一) 腹主动脉及其分支.....	55
(一) 接触式手动操作式诊断仪.....	17	(二) 下腔静脉及其分支.....	55
(二) 自动操作式以水为介质的诊断仪.....	18	(三) 门静脉及其分支.....	56
二、产生动态或实时影象的诊断仪.....	18	二、检查方法.....	56
三、接触式诊断仪的常规测试.....	20	(一) 腹主动脉及其分支.....	56
第四章 普通常规.....	22	(二) 腹主动脉分支.....	56
一、科室组织.....	22	(三) 下腔静脉及其分支.....	56
(一) 面积与人员.....	22	(四) 门静脉及其分支.....	56
(二) 预约.....	22	三、正常的血管.....	56
二、患者需知要点.....	22	(一) 腹主动脉及其分支.....	56
(一) 准备工作.....	22	(二) 下腔静脉及其分支.....	58
(二) 局限性.....	23	(三) 门静脉及其分支.....	62
(三) 可能产生的损害作用.....	23	四、病理情况.....	62
三、临床诊断问题.....	23	(一) 腹主动脉瘤.....	62
(一) 申请单.....	23	(二) 其他的腹主动脉异常.....	64
(二) 病历及其他诊断报告.....	23	(三) 下腔静脉的异常.....	65
(三) 触诊.....	23	(四) 门静脉系统的异常.....	65
四、超声检查.....	24	第七章 肝脏.....	67
(一) 基本原理.....	24	一、解剖.....	68

二、检查方法	70
三、正常肝脏	73
四、弥漫性肝脏疾病	73
五、局灶性肝脏疾病	74
(一) 囊肿	74
(二) 脓肿	74
(三) 实质性肿块	75
(四) 肝外伤	78
第八章 胆道系统	79
一、解剖	80
二、检查方法	80
三、正常胆道系统	82
四、病变情况	82
(一) 胆道梗阻	82
(二) 胆囊积水	83
(三) 炎症性疾病	84
(四) 胆结石	84
(五) 胆道系统的肿瘤	85
第九章 胰腺	87
一、解剖	88
二、检查方法	89
三、正常胰腺	91
四、胰腺炎症性疾病	93
(一) 急性胰腺炎	93
(二) 慢性胰腺炎	93
(三) 胰腺脓肿	94
五、胰腺肿物	94
(一) 胰腺囊肿	94
(二) 胰腺癌	95
第十章 脾脏	98
一、解剖	99
二、检查方法	99
三、正常脾脏	100
四、脾脏疾病	100
(一) 先天性畸形	100
(二) 脾囊肿	100
(三) 脾脏肿大	100
(四) 脾损伤	101
(五) 脾包膜下血肿	102
第十一章 肾脏	103

一、解剖	104
二、检查方法	105
三、正常肾脏	106
四、肾先天性异常	107
(一) 肾先天性发育不全	107
(二) 肾发育不良	107
(三) 异位肾	107
(四) 双重肾	108
(五) 马蹄肾	108
五、弥漫性肾脏疾病	109
(一) 急性肾脏疾病	109
(二) 萎缩肾	109
六、肾脏肿物	109
(一) 肾腺癌	110
(二) 肾脏移行细胞瘤	111
(三) 其他的肾肿瘤	111
(四) 肾脓肿	112
(五) 肾囊肿	113
(六) 多囊肾	113
(七) 肾多发性囊肿	115
(八) 肾盂积水	115
(九) 肾结石	115
七、肾创伤	116
八、移植肾	116
第十二章 腹膜后及肾上腺	118
一、解剖	119
二、检查方法	119
三、正常的腹膜后腔及肾上腺	119
四、病理情况	119
(一) 原发性腹膜后肿瘤	119
(二) 继发性腹膜后肿瘤	120
(三) 肾上腺肿瘤	121
第十三章 胃肠道	125
一、解剖	126
二、检查方法	126
三、正常胃肠道	126
(一) 胃	126
(二) 肠	127
四、病理情况	128
(一) 胃	128

(二) 小肠及大肠·····	129
第十四章 膀胱、前列腺及其周围结构 ·····	132
一、解剖·····	133
二、检查方法·····	133
(一) 外扫查·····	133
(二) 内扫查·····	134
三、正常膀胱及前列腺·····	134
(一) 外扫查·····	134
(二) 内扫查·····	134
四、病理情况·····	135
(一) 膀胱·····	135
(二) 前列腺·····	137
第十五章 女性生殖器官 ·····	140
一、解剖·····	141
二、检查方法·····	141
三、正常女性生殖器官·····	142
四、病理状态·····	143
(一) 先天性畸形·····	143
(二) 炎症性病变·····	144
(三) 子宫肿瘤·····	145
(四) 卵巢肿瘤·····	146
第十六章 妊娠 ·····	149
一、解剖·····	150
二、检查方法·····	151
三、正常妊娠·····	151
(一) 超声产科进程表·····	151
(二) 妊娠囊·····	152
(三) 胎心活动·····	152
(四) 头臀长度测量·····	153
(五) 双顶径·····	154
(六) 胎儿的其他测量·····	155
(七) 胎儿体积·····	155
(八) 胎儿超声解剖结构·····	155
(九) 脐带·····	156
(十) 胎儿先露·····	156
(十一) 胎盘·····	157
(十二) 胎儿机能·····	157
四、异常妊娠·····	157
(一) 妊娠早期衰竭·····	157
(二) 稽留流产·····	157

(三) 枯萎卵·····	158
(四) 葡萄胎·····	158
(五) 异位妊娠·····	158
(六) 多胎·····	158
(七) 宫内发育迟缓·····	159
(八) 死胎·····	160
(九) 前置胎盘·····	160
(十) 胎盘早期剥离·····	161
(十一) 羊水过多·····	161
(十二) 胎儿畸形·····	161
(十三) 胎儿的其他畸形·····	162
(十四) 妊娠合并卵巢囊肿和子宫肌瘤·····	163
第十七章 脓肿、血肿、腹水及其他积液 ·····	164
一、解剖·····	164
二、检查方法·····	164
三、游离的腹腔内液体·····	164
四、局限性积液·····	166
第十八章 儿科腹部超声检查 ·····	171
一、检查方法·····	171
二、肾脏·····	171
(一) 发育不全·····	171
(二) 肾盂积水·····	172
(三) 缺血·····	173
(四) 感染·····	174
(五) 肾小球性肾炎·····	174
(六) 肿瘤·····	174
(七) 其他·····	174
三、腹部肿块·····	174
(一) 肾-腹膜后肿物·····	175
(二) 盆腔肿块·····	176
(三) 前腹部肿块·····	177
(四) 肝脏肿块·····	177
四、肝、胆道、脾和胰·····	178
五、腹部脓肿·····	179
第十九章 超声引导下经皮穿刺 ·····	181
一、设备与步骤·····	181
(一) 静态扫查引导下穿刺·····	181
(二) 动态扫查引导下穿刺·····	181
二、穿刺针和抽吸技术·····	182

三、可活检的部位·····183	三、搏动性腹部肿块·····205
(一) 肝脏·····183	四、盆腔肿块·····206
(二) 胰腺·····183	五、腹部膨胀·····206
(三) 肾脏·····184	六、急腹症·····206
(四) 腹膜后病变·····185	七、黄疸·····206
(五) 胃肠道·····185	八、腹腔内脓肿·····207
(六) 积液·····187	九、无尿·····207
(七) 妊娠·····187	十、血尿·····207
四、穿刺危害·····187	十一、肾脏不显影·····208
第二十章 脏器的体积·····190	十二、胆囊不显影·····208
一、用测直径法测定脏器体积·····190	十三、腹部外伤·····208
二、用平行扫查法测定脏器体积·····190	十四、隐匿性的癌瘤·····208
三、用成角扫查法测定肝脏体积·····192	十五、转移性的肿瘤·····208
(一) 检查方法·····192	十六、肿瘤局部复发·····209
(二) 计算原理·····193	第二十三章 超声与CT扫描·····210
第二十一章 超声诊断中的失误·····195	一、合用性·····211
一、超声显象的基本限制·····195	二、检查费用·····211
二、图象的误认造成的临床错误·····195	三、放射性·····211
(一) 肾脏和肾周的误诊·····195	四、检查的质量·····212
(二) 肝脏与肝周的误诊·····198	五、可探查的部位·····212
(三) 胰腺区的误诊·····200	六、病人的接受能力·····213
(四) 胃肠的误诊·····202	七、活组织检查·····213
(五) 其他各种误诊·····202	八、未来的应用·····213
第二十二章 腹部超声诊断的适应证·····205	九、当前CT和超声在腹部扫查中的
一、右肋缘下可触及的肿块·····205	作用·····214
二、左肋缘下可触及的肿块·····205	

第一章 腹部超声探测发展史

无数年来,有些动物例如蝙蝠就利用超声进行飞翔时的导航;可是直到一百年前,当实验室中还不能产生超声的时候, Curie兄弟首先发现了压电效应,这种效应对产生和证明高频机械振动波提供了可能性(1880)。E. Curie为她母亲M. Curie所写的传记中,讲述她的父亲Pierre(图1.1)和他的一项发明时说:“当Pierre 16岁毕业时,便是一名从事科学研究的学生,到18岁时,便获得了理学士学位。19岁时在基础科学学院任Dessains教授的研究助手,在此,他坚持研究工作达5年之久。他和其兄Jacques共同进行了实验工作,当时Jacques在Sorbonne也是一名研究助手。这两位年轻的物理学家,不久就宣布发现了一种重要现象,即压电效应。他们经过多次科学实验,终于发明了一种有多种用途的新的材料装备,即压电石英晶体。用这

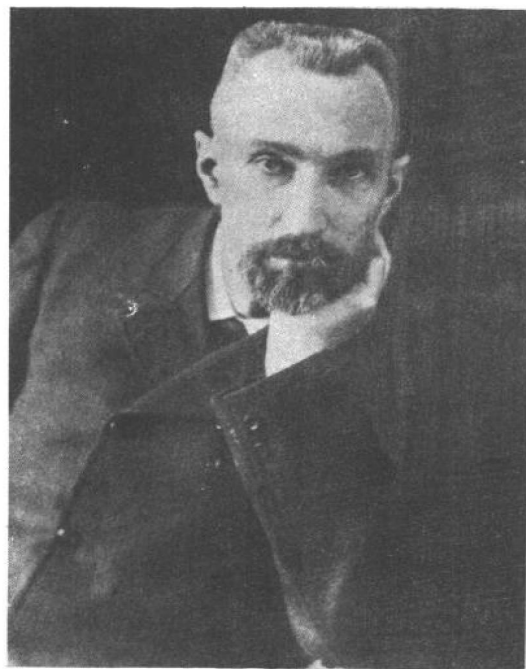


图1.1 比居里(P. Curie)

种晶体,有可能显示非常微弱的充电讯号”。

第一次世界大战时, Chilowsky和Langevin(1916)曾首先试图应用这一原理去发现敌方的潜艇。这种超声技术后来被发展成为完善而闻名的声纳系统(声的导航和测距)。用同样的回声技术能发现金属体中的裂隙,这是由Sokolov(1937)和Firestone(1940)所首先报道的。

1942年Dussik在澳大利亚曾首次试图应用超声作医学诊断,他试想借超声的穿透作用,使之穿过颅骨,再从对侧进行检测,就能将脑瘤的轮廓显示出来,好像X线一样。但其试验未能成功。

1949年Ludwig与Struther首先发表了应用脉冲超声技术进行医学诊断的工作。在精心研究超声声速和衰减现象的物理基础上,他们证实超声可能探测胆结石及软组织中的异物。



图1.2 约.约.沃尔德(J. J. Wild)
承Wild博士同意刊载

此后不久，从1950年至1953年期间，Wild及其研究组在Minneapolis城发表了一系列关于超声在医学上应用的论文（图1.2）。他们主要感兴趣的领域是探测脑瘤和乳腺肿瘤。

无疑，美国Colorado州首府Denver城的研究小组对超声在医学中的早期发展，曾起过很大的作用。D. Howry（图1.3）于1947年曾首先开始了应用超声对软组织结构进行显示。1949年Howry和工程师W. Bliss合作，研制了一种能记录组织界面的声象图的仪器（图1.4）。至1950年秋季，Howry获得了第一张横切面的超声图象。1951年Howry研制了第一台多方位或复合扫描系统的仪器，并在几次试用之后，成功地获得了在盆水浴中金属物体的影象。以Howry的工作所撰写的第一篇论文，公开发表在1952年的实验与临床医学杂志（Journal of Laboratory Clinical Medicine）上。

1951年J. Holmes（图1.5）开始

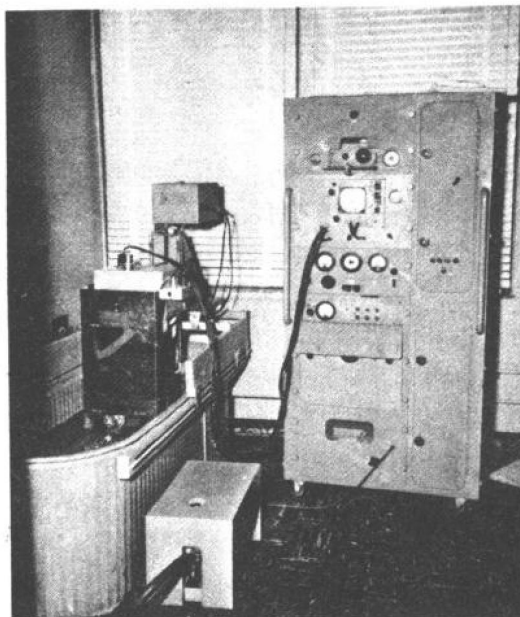


图1.4 第一台超声诊断仪

由Denver市医生小组所研制。利用一个牛食槽，将其两侧边缘装上轨跡，并使超声探头架沿着轨跡运行。此探头只能向前后移动。

从《老年医学》(Geriatrics)杂志第10卷，第3期，第124页复制。版权属于纽约时代报导公司(New York Times Media Co. Iwe)，经作者同意刊载

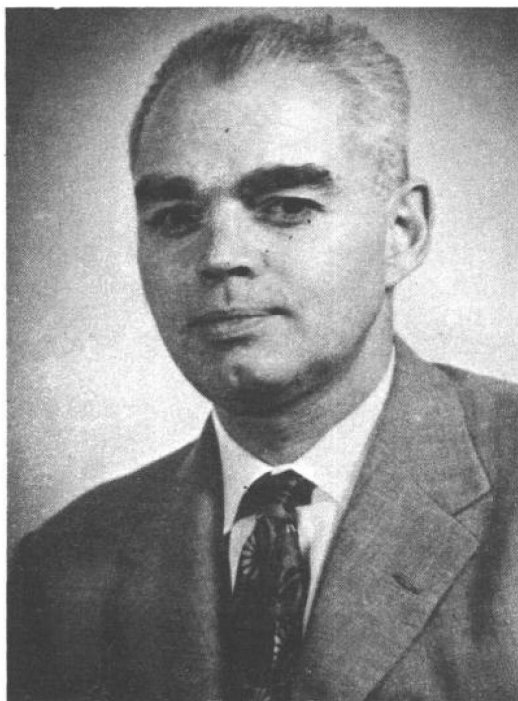


图1.3 德豪尔(D. Howry)

承D. S. Howry博士及临床超声杂志Journal of Clinical编辑部同意刊载



图1.5 约. 赫. 赫尔姆斯(J. H. Holmes)

承Holmes教授同意刊载

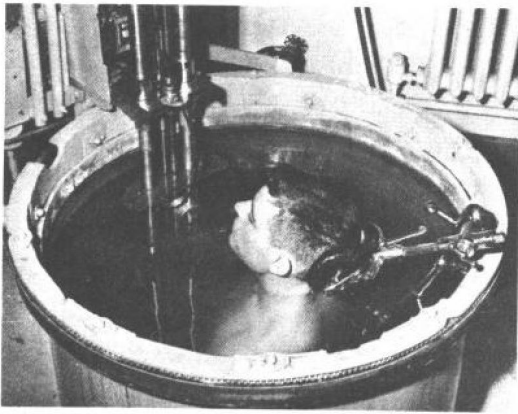


图1.6 由Denver市医生小组所研制的复合超声水浴诊断仪

探头架连接在旋转的环上,该环可沿充满水的圆槽(B-29轰炸机的炮塔)作360°的旋转。与此同时,探头能作水平面的前后活动。

承Holmes教授同意刊载

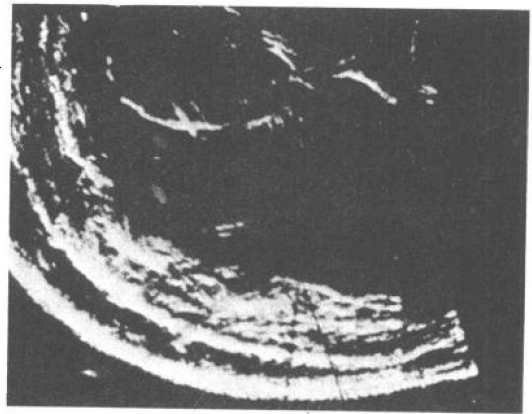


图1.7 上腹部超声声象图

这是从圆形水槽上进行探测的声象图,图中可见到腹壁的结构,透声的肝脏,肝的后缘及后缘以外的肾脏。

承Holmes教授及美国消化疾病杂志 (The American Journal Digestive Diseases编辑部同意刊载)

专心注意超声研究。他具有丰富的临床经验和广泛的超声知识,使他成为应用超声对腹部及其他部位的疾病进行诊断的一位创始人。此外,他预测到在许多方面用超声诊断是有帮助的,今天,这些方面已得到普遍的应用。

1954年Denver市的研究小组又将复合扫描系统的装备进一步完善。他们将病人或物体沉浸在水桶中(图1.6)以便进行超声探测研究。这个新的扫描装备,尤其对人体的肢体和颈部,能进行非常好的横切探测。

由于将有病的患者沉浸在水桶中,事实上是不可能的,因而研制了半圆形的塑料盘槽。在盘槽的平面上有一个塑料窗,超声探头能在半圆形的通道中自行移动。盘槽用皮带固定在病人身上,病人坐在旧式的牙科坐椅上,借其上下移动,以获得连续的横切探测。对肝、脾、肾和膀胱探测都能获得清晰的声象图(图1.7)。

另一个腹部超声探测的创始人是Glasgow市的I. Donald(图1.8)。他在医学超声诊断中的卓越经历,首先开始于用发现金属裂隙的超声探头,直接放置在

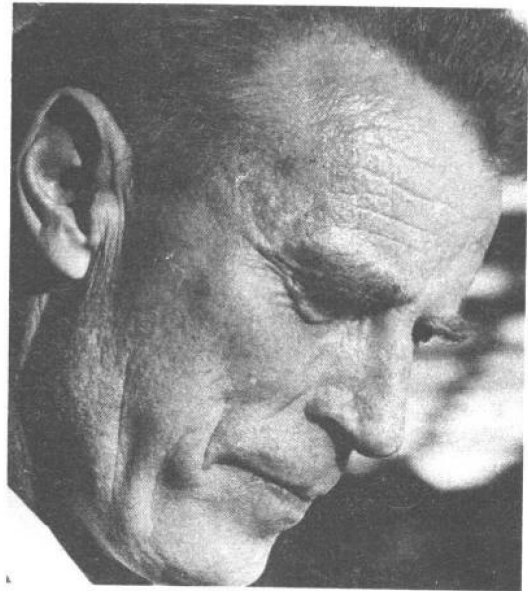


图1.8 安·多纳尔(I. Donald)

承Donald教授同意刊载

肿瘤体上,以探测手术切除的妇科病人新生物。Donald一开始就应用直接接触式探头进行探测,从临床的观点看,这是合适的,这种方法比在浴水中进行探测要减少许多麻烦。至1957年Donald和他的同事J. MacVicar及一位工程师T. Brown一起工作,他们研制了第一台二维超声直

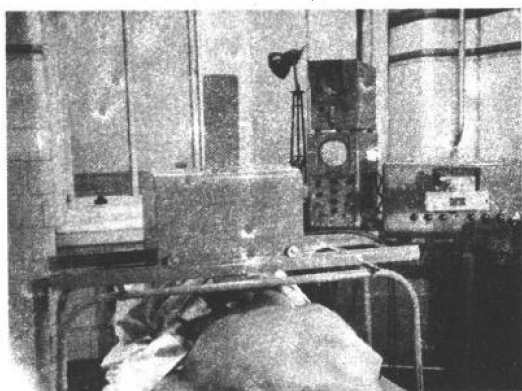


图1.9 第一台二维接触式超声诊断仪
 承特·勃朗先生 (Mr. T. Brown) 同意刊载

接探测仪 (图 1.9), 并于1958年在《柳叶刀》(Lancet) 杂志上发表了他们的第一篇论文。

早在1952年, 在日本就有一批医生和

工程师开始了他们的超声医学研究。至1957年, Y. Kikuchi、R. Uchida、K. Tanaka 及 T. Wagai发表了他们的论文:“对早期癌瘤的超声诊断”, 在论文中叙述了浴盆水中的探测器并显示了腹部声象图。

这些创始人开辟了道路。他们对这种新的诊断工具提出了评价, 并认为超声诊断还有巨大的潜力, 这种潜力不仅局限于在腹部超声诊断方面取得的成效。

超声工作仍然是年轻的, 还在向前进展中, 且其装备经常处于发展和更新之中。

直至目前, 所利用的超声探测信息只是回声的强度和回声的部位。可是在未来, 无疑将有更多的信息 (如频移、衰减、折射及散射等) 要从所接收到的回波中提取出来加以利用, 由此, 为正常和病变组织的更加广泛的分析, 提供了可能性。

(邹贤华 译)

第二章 超声诊断的物理学基础

超声是机械振动波所形成的,此波在介质中传播时使粒子产生振荡,而且振荡率超过了人类的听觉范围。可听声波的频率界于20 Hz和20 kHz之间。1 赫(Hz)即1周/秒,1千赫(kHz)即1000赫,而1兆赫(MHz)即1000000赫。在医学诊断中,所用超声的频率为1~15MHz。产生这种高频率的声波需要特殊的换能器即探头(由一种能量转换成另一种能量的装备)。

一、换能器(探头)

用于超声诊断的换能器是在压电效应的原理基础上形成的。这个原理说明当把某种物质置于电场中时,即有改变其厚度的能力。与此相反,当其承受机械力量的作用而变形时,则在此物质中产生压电现象。

压电晶体材料结构中的正负离子,由于晶体的形状及晶体表面之间的电势差,二者之间存在着密切的相互关系。虽然许多自然晶体中如已证实的石英,具有压电性质,而目前换能器中所用的压电材料,最常用的是合成陶瓷制品如钛酸钡和锆钛酸铅。图2.1所示为典型换能器探头的结构。设计时能产生超声短脉冲,这种探头多在医疗超声脉冲技术中应用。在探头的前面通常覆盖着一层由多个压电陶瓷晶体所形成的聚焦匹配薄片(“晶片”)。电极

和每侧涂有银粉的陶瓷换能器表面相联结。

如果陶瓷晶体被极短的电脉冲(近1 μ s)所激发时,则陶瓷换能器的厚度将发生同步改变。当换能器直接与适合的介质进行接触时,由此而产生的振荡波便在介质中传播。如果用以激发陶瓷晶体的电脉冲的频率正在晶体的共振频率时相内,便产生最大振幅。事实上,陶瓷的频率是由其厚度所决定的。大家知道,极短的超声脉冲,在脉冲回声技术中是很重要的。可是即使在应用一次极短时间的电脉冲后,由于陶瓷体具有弹性性质,甚至在电脉冲停止后,陶瓷体还将继续振荡一定的时间。为了将尾声(“after ringing”)减少到最低限度,在陶瓷体的后表面附加一种吸收能力很强,并使陶瓷体保持湿润的物质(如分散在环氧树脂中的钨分子)作为“后屏”使用。

在超声医学诊断中所使用的换能器,最常用的频率范围是1~10MHz。

二、声波的传播

下面将叙述声能的穿透作用,主要涉及在均匀物体中单纯谐音的传播;虽然脉冲超声并不是单一频率的声波,且其情况是十分复杂的。当把换能器与介质紧密接触时,处于工作状态中的换能器便产生机械振动波,引起最贴近的介质中粒子由静止位置发生位移;这样将使粒子产生压缩和舒张的带区。因为粒子之间有内部的凝聚力,一个发生位移的粒子,在恢复到原来位置的过程中,所经受的力量与位移的大小成正比。这将引起粒子从他们的中间位置向后和向前活动,从而形成短时间的振荡运动。这些粒子并不能穿越介质,但由于他们自身位置的移动,干扰了他们前

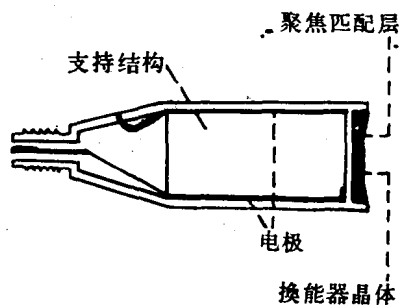


图2.1 聚焦式超声换能器示意图

面的粒子，这种由压缩和舒张而形成的粒子带，便经过介质而传播（图2.2）。

频率的名词符号用 f 来表示，解释为每秒振荡的次数。

波的周期 T 是指完成一个振荡全过程所用的时间，这样：

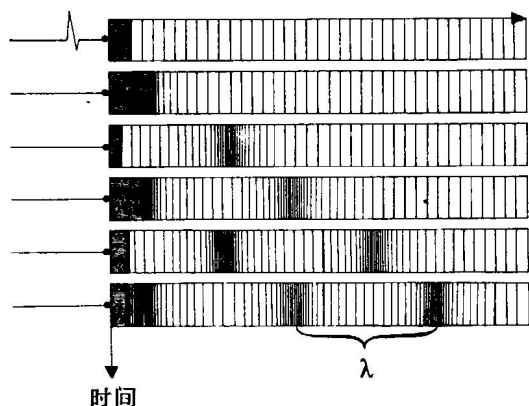


图2.2 波的传播

由短的激发脉冲，使探头陶瓷产生阻尼振荡。介质接触探头时，由于陶瓷晶体的膨胀，同步地使介质中的粒子形成周期性的压缩而密集。由于介质的弹性性质，压力波能以一定的传导速度连续传播。但在静止介质中，在压力的顶峰与周围压力之间，仍有小的差异。 λ 表示波长

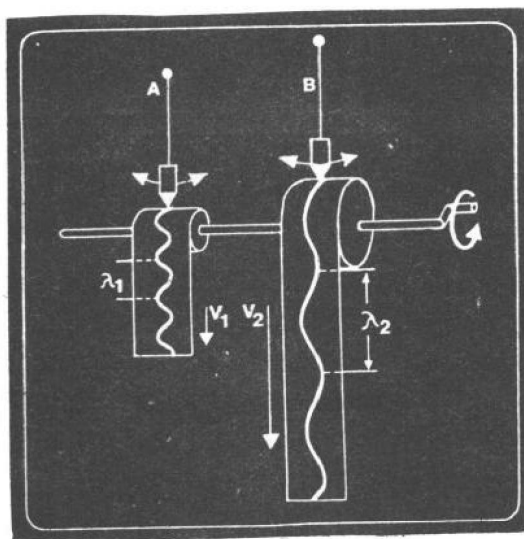


图2.3 波长

介质中的波长是由声速决定的。两个等长的摆代表声音振荡器。摆的尖端装有钢笔，在移动的纸带画出正弦曲线。如纸的移动速度慢 (V_1)，相应的波长 (λ_1)，将相对地短 (A)；如纸的移动速度快 (V_2)，测波长 (λ_2) 将较长 (B)

$$f = \frac{1}{T}$$

波长 λ 是指在介质中，两组相邻的移动粒子，其所形成的相等振幅之间的距离。

声速 c 是指振荡通过特定介质的传播速度。

声速、频率及波长的关系按公式表明如下：

$$c = f \cdot \lambda \quad (\text{见图2.3})$$

假设在人体软组织中，应用频率为 2 MHz 的超声（声速为 1540 m/s，从上式中可推算出波长接近 3/4 mm。在特定的介质中，声速决定于介质的弹性 K (K 为给予介质一定力量时，其粒子产生位移的大小) 及介质的密度 Q (Q 为给予介质一定力量时，其粒子产生加速度的大小)，用公式表示如下：

$$c = \sqrt{\frac{K}{Q}}$$

超声在不同的生物体与非生物体中，其传播速度见图2.4。

物质	声速
	ms ⁻¹
空气	300
脂肪	1,450
水	1,500
人体软组织 (平均值)	1,540
肝脏	1,550
肾脏	1,560
血	1,570
肌肉	1,590
有机玻璃	2,700
铁	5,000

图2.4 在不同生物与非生物介质中的声速

由于温度能影响物体的弹性和密度，因此影响声速。在水中随着温度从 0℃ 上升到 75℃，声速由 1400 m/s 增加到近 1560 m/s。在临床诊断的情况下，温度的影响是不重要的（除非在校准诊断仪器，并进行一系列测量时）。

三、超声能量的测定

超声的强度，是一种机械能的表现形式，用每平方厘米面积上的瓦数($\overline{W}/\text{cm}^2$)来进行测定，这表示在垂直传播的方向上，每秒每平方厘米的面积上，所通过的声能流量。总的辐射能量以 $W \times s/\text{cm}^2 = \text{J}/\text{cm}^2$ ($\text{Watts} \cdot \text{s}/\text{cm}^2 = \text{Joules}/\text{cm}^2$)来表示。在超声治疗应用中，用这样的超声强度绝对值是很重要的，因为要考虑到可能产生的生物效应。可是在超声诊断中，需要对超声的强度或幅度的差别进行测定。由于这些差别有的可以很大，为了达到这种测定的目的，有一种更为方便的测量单位已被应用。这种单位用对数表示，可表明其差别，定名为分贝 (decibel, dB)，其相关等式如下：

$$\text{dB} = 10 \cdot \log \frac{I_2}{I_1} = 20 \cdot \log \frac{A_2}{A_1}$$

上式中的 I_1 和 I_2 是两种声强($\overline{W}/\text{cm}^2$)， A_1 和 A_2 是从荧光屏上所测量到的，并与之相对应的回声波幅。必须着重指出，除

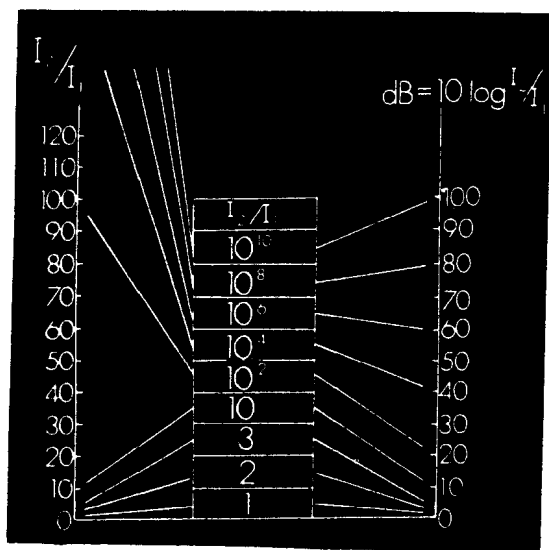


图2.5 超声强度比率

用非对数 (I_2/I_1) 及对数 (dB) 标志的各种不同强度比率。鉴于强度方面的巨大差异，可以明显看出为何对数表 (dB) 较之非对数表更为方便

非有可供参考的标准水平数值，否则分贝对表明绝对值方面是没有意义的。

从图2.5中可以说明，当考虑到有很大的声强差别时，为何应用分贝表时要比应用非对数表方便得多。对各种声强比值和与其相对应的一系列分贝数值，均已在表中列出。

四、超声声场

如果产生超声的换能器，其直径比发射声波的波长大得多时，便产生定向的声束。例如，应用一个2 MHz的换能器，则其波长将接近于3.4mm；当换能器直径为2 cm时，几乎都能发射出呈锥形的声束。声束的这一性质是高频声波最基本的特征之一。

图2.6 A表示一个频率为2 MHz，无聚焦装置的换能器所发射出典型声束的

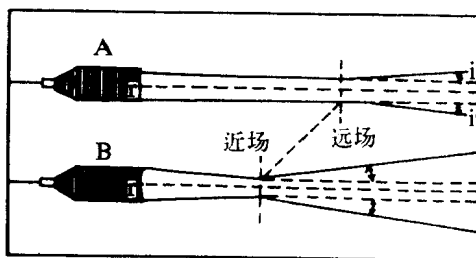


图2.6 超声声场

非聚焦 (A) 和聚焦 (B) 式探头的超声声场。声场分为锥形或聚中的近场与分散的远场，见正文

模式图。声束分为一个近似锥形的近场和一个与中心轴构成声束分散角即 $\pm \theta$ 的远场，按下式：

$$\sin \theta = 0.61 \cdot \lambda / r$$

λ 表示波长， r 表示换能器的半径。从换能器的表面，到两个场间转换带的距离是 r^2/λ 。在医学诊断中，差不多经常希望利用宽度最小的声束，因为其分辨率最佳。在近场中，应用一种特定的频率时，减小换能器的直径就会使声束宽度变窄，而这样，也同样地减少近场的长度，并增加了远场的扩散。在换能器的晶体前面，附加