

超声诊断学

C0133862



超 声 诊 断 学

上海市超声医学研究组 编著



07753 /R445SCY

上海科学技术出版社

011410

2186/37 31.02

超声诊断学

上海市超声医学研究组 编著

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 上海群众印刷厂印刷

开本787×1092 1/16 印张2 插页1 字数485,000

1961年7月第1版 1976年2月第2版 1976年2月第6次印刷

书号: 14119·998 定价: 1.40元

前 言

超声诊断是近三十多年来在现代电子学发展基础上,将雷达技术与声学原理结合起来应用于临床医学方面的一种新的诊断方法。随着工作的进展,超声诊断已逐渐成为临床医学中的一门新的学科。

本书从1961年第一版发行以来,受到了广大医务人员的欢迎、鼓励和重视,并提出了不少积极性的修改和补充意见。由于历时已久,内容已大大落后于超声诊断现状,远远不能满足目前工作的需要。在当前国内外一片大好形势下,根据各方面,特别是农村、工厂和基层医疗单位的反映,希望能有一本比较全面、系统的超声诊断参考书籍,因此,我们重新改写和充实了内容,作为第二版和读者见面。本书主要供超声诊断专业人员和超声诊断有研究需要的临床医务人员阅读。

本书取材主要来自各编写单位,并吸收和引用国内有关兄弟单位的资料、数据,适当参考国外资料。内容和见解上各编写单位力求统一,对国内的不同观点和看法,也尽量予以客观的介绍。在编写过程中,对分歧较多的章节,如对病毒性肝炎的诊断和评价等问题,曾多次组织上海市超声诊断工作者和有关临床医师进行反复讨论,也征求了国内有关单位的意见。

对于某些国内应用较少的诊断方法和少见疾病,本拟删节不予列入,但为了供初学者和有关研究人员的参考和了解其演变过程,本版仍作了简要的介绍,并对目前情况和应用价值提出了我们的看法。

参加本书的编写单位有上海市肿瘤医院、上海第一医学院中山医院、上海市第六人民医院、上海第一医学院华山医院、上海第二医学院附属瑞金医院、上海第二医学院附属第三人民医院、上海市杨浦区中心医院、上海超声波仪器厂。由于我们水平有限,对超声诊断工作的研究还不够深入细致,对有些问题未能获得深刻的认识,对实验数据和临床资料的收集也还不够全面,缺点和错误一定不少,殷切期望广大读者提出批评,供再版时补充、提高。

上海市超声医学研究组

一九七六年

目 录

第一章 超声的物理基础 1	第三章 超声诊断仪的构造25
第一节 超声的概念及其应用 1	第一节 超声换能器25
第二节 超声的物理特性 1	第二节 各种医用探头的结构和简介26
一、波动特性 1	一、常用探头的结构26
二、声场特性 4	二、使用探头时的注意点27
三、与周围介质间关系 5	三、供特殊情况下应用的探头27
(一)声阻抗 5	第三节 仪器30
(二)反射 5	一、A型(幅度调制型).....30
(三)折射 7	二、B型(辉度调制型).....32
(四)绕射 8	三、PPI型(平面位置指示器).....33
(五)干涉 8	四、BP型34
(六)驻波 9	五、M型.....34
四、衰减特性 9	六、C型.....35
五、频率、波长与穿透力、分辨力 的关系10	七、其他各种显像方法35
六、连续波与脉冲波11	八、多普勒超声法35
(一)连续波的特点11	九、超声全息法38
(二)脉冲波的特点11	第四章 常用超声诊断仪的特性和 使用方法39
七、多普勒效应12	第一节 江南I型C和CS-2(3)型超声 诊断仪39
第二章 超声的诊断基础14	一、江南I型C超声诊断仪39
第一节 简介14	二、CS-2(3)型超声诊断仪43
第二节 诊断基础15	第二节 国内其他类型的超声诊断仪43
一、回声测距15	一、医电7311型(武进7311型)45
二、液性、实质性与气体的鉴别15	二、超声JCZ-1型45
三、脏器的动态变化规律16	三、汕头TS-1、CTS-3及CTS-5型45
四、脏器的功能变化规律16	四、武汉JTC-3型45
五、组织的吸收与衰减17	五、武汉JTC-4型46
六、反射波形的表现与变化17	六、武汉YP-621A型46
七、界面的运动对入射频率的改变18	七、上海医用电子仪器厂ABP型46
第三节 影响反射的因素18	八、武汉XJY-3型心脏机能诊断仪46
一、耦合18	九、超声厂多普勒超声诊断仪47
二、皮下软组织的衰减18	第三节 稳压器47
三、界面与探测角度18	第五章 探测方法49
四、灵敏度的选择19	第一节 超声诊断采用的方式及方法49
五、仪器分辨力19	第二节 超声检查的基本要求50
第四节 对人体的影响问题19	第六章 超声诊断术语和波的命名53
一、超声的生物效应19	
二、超声对人体的影响20	

第七章 颅脑疾病的超声诊断	58	二、正常超声心动图	96
第一节 颅脑的解剖概要	58	(一)二尖瓣区正常超声心动图	96
第二节 颅骨外超声探测	59	(二)三尖瓣区正常超声心动图	99
第三节 硬脑膜上超声探测	66	(三)主动脉瓣区正常超声心动图	99
第四节 脑内超声探测	66	(四)肺动脉瓣区正常超声心动图	99
第五节 颅脑超声的其他进展	67	(五)心腔内径的探测区与正常值	100
第八章 眼科疾病的超声诊断	70	(六)心壁的厚度与活动规律	100
第一节 眼的解剖和功能	70	正常超声心动图	100
第二节 探测方法	72	心脏瓣膜病变	100
第三节 诊断方法	73	1. 二尖瓣狭窄	100
一、眼轴测量	73	2. 二尖瓣关闭不全	102
二、正常眼球回声图	74	3. 二尖瓣狭窄合并关闭不全	104
三、视网膜剥离回声图和声像图	75	4. 二尖瓣炎/瓣膜替换术后	105
四、玻璃体混浊、出血的回声图和声像图	76	主动脉瓣病变	106
五、眼内异物的回声图和声像图	77	7. 肺动脉瓣病变	107
六、眼部肿瘤的回声图和声像图	77	(二)左心房病变	107
七、其他疾患之检查	80	1. 左心房扩大	107
第四节 临床意义	80	2. 左心房粘液瘤	107
第九章 胸壁(包括乳腺)、肺、纵隔疾病和胸水的超声诊断	81	3. 左心房内血栓	107
第一节 乳腺疾病的超声诊断	81	(三)左心室病变	108
第二节 肺及纵隔疾病的超声诊断	83	1. 冠状动脉硬化性心脏病	108
第三节 胸膜腔积液的超声诊断	85	2. 特发性肥厚性主动脉瓣下狭窄	109
第十章 心脏疾病的超声诊断	88	3. 左心室衰竭	110
第一节 诊断依据	88	(四)先天性心脏病	110
一、解剖	88	1. 心房间隔缺损	110
二、生理	90	2. 心室间隔缺损	110
第二节 探测方法	90	3. 动脉导管未闭	110
一、探测方法	90	4. 先天性紫绀四联症(法乐氏四联症)	110
二、仪器条件	91	5. 右室双出口	110
三、记录方法	91	6. 主动脉闭锁	112
四、分析要点	91	7. 完全性肺静脉畸形引流	112
第三节 A型法在心脏疾病诊断中的应用	91	8. 单心室	112
一、正常波型	91	9. 埃勃斯坦(Ebstein)氏畸形	112
二、病变波型	92	(五)其他	112
(一)心包积液	92	1. 左心排量测定	112
(二)二尖瓣狭窄	93	2. 心包积液	112
(三)二尖瓣关闭不全	94	3. 慢性肺原性心脏病	113
第四节 超声心动图法在心脏疾病诊断中的应用	94	4. 主动脉瘤	113
一、超声心动图的探测区域及方法	94	第五节 多普勒超声法研究心脏疾病	114
		一、简介	114
		二、心脏多普勒超声法的正常波型	114

三、从实验方法分析确定各该多普勒信号的来源	115	三、鉴别诊断	143
四、多普勒超声法在心脏疾病中的研究情况	116	四、临床意义	144
第六节 超声显像法研究心脏疾病	118	第六节 原发性肝癌	144
第七节 心内心音	118	一、病理改变和诊断依据	144
第十一章 血管疾病的超声诊断	120	二、肝癌超声波型的实验研究	145
第一节 脉冲法	120	三、超声表现	146
第二节 多普勒超声法	121	四、鉴别诊断	151
一、原理	121	五、临床意义	151
二、有关血管的解剖	122	第七节 继发性肝脏恶性肿瘤	155
三、生理	122	一、病理改变和诊断依据	155
四、探测方法	123	二、超声表现	155
五、正常值	123	三、鉴别诊断	158
六、几种临床疾病中的表现	123	四、临床意义	158
(一)动脉急性阻塞(断裂)	123	第八节 肝脏血管瘤	159
(二)静脉急性阻塞(静脉内血栓形成)	124	一、超声表现	159
(三)脉管炎	125	二、鉴别诊断	159
七、用多普勒超声法诊断其他疾病	127	三、临床意义	160
第十二章 肝脏肿瘤的超声诊断	129	第十三章 肝脏非肿瘤疾病的超声诊断	162
第一节 肝、脾的解剖概要和诊断依据	129	第一节 肝脓肿	162
第二节 探测方法	132	一、诊断依据	162
一、体位	132	二、超声表现	162
二、仪器条件	132	三、鉴别诊断	163
三、探测方式	132	四、临床意义	165
四、几种常用探测方法简介	132	第二节 膈下脓肿	165
五、探测时注意点	133	一、解剖概要	165
第三节 正常肝脏和脾脏	135	二、膈下脓肿回声图	165
一、正常肝脏回声图和声像图	135	三、临床意义	166
二、正常脾脏回声图和声像图	136	第三节 血吸虫病的肝脏探测	166
三、下腔静脉回声图	136	一、病理改变和诊断依据	166
四、正常肝、脾大小和厚度的超声测定值	137	二、超声表现	166
五、临床意义	139	三、鉴别诊断	167
第四节 肝囊肿(非寄生虫性)	140	四、临床意义	167
一、病理改变和诊断依据	140	第四节 病毒性肝炎	168
二、超声表现	140	一、病型及病理变化	168
三、鉴别诊断	142	二、国内资料简介	168
四、临床意义	142	三、超声表现	170
第五节 肝包虫病	142	四、鉴别诊断	171
一、病理改变和诊断依据	142	五、临床意义	172
二、超声表现	142	第五节 肝硬化	172
		一、临床分型和病理改变	172
		二、检查前准备	173

三、诊断依据	173	第四节 胃下垂	195
四、超声表现	173	一、胃下垂的超声诊断标准	195
五、临床意义	175	二、临床意义	196
第六节 肝淤血	175	第五节 胃潴留	196
一、肝淤血回声图和声像图	175	一、胃潴留回声图	196
二、临床意义	176	二、临床意义	197
第七节 脂肪肝	176	第六节 急性胃扩张	197
一、脂肪肝回声图和声像图	176	一、急性胃扩张回声图	197
二、临床意义	176	二、临床意义	197
第八节 腹水	177	第七节 胃肿瘤	197
一、体位	177	一、胃肿瘤超声表现	198
二、腹水回声图	177	二、临床意义	198
三、鉴别诊断	177	第八节 急性胃穿孔	198
四、临床意义	177	一、胃穿孔超声表现	198
第十四章 胆囊及胆道疾病的超声		二、临床意义	199
诊断	179	第九节 正常胰腺	199
第一节 胆囊的探测	179	第十节 胰腺囊肿	199
一、胆囊的解剖生理概要	179	一、胰腺囊肿回声图	199
二、探测方法	180	二、胰腺囊肿与周围脏器的关系	200
三、胆囊液性平段的特点	180	三、胰腺囊肿声像图	200
四、超声探测胆囊收缩功能的		四、鉴别诊断	200
结果和临床意义	180	五、临床意义	201
五、胆囊炎症	182	第十一节 胰腺癌	201
六、胆囊结石	183	一、胰头癌回声图	201
七、胆囊肿瘤	185	二、胰头癌声像图	202
第二节 胆道疾患的探测	186	三、胰体、尾部癌回声图	202
一、肝外胆道的解剖	186	四、临床意义	202
二、超声探测	186	第十二节 急性胰腺炎	203
三、总胆管极度扩张	187	一、急性胰腺炎回声图	203
四、超声探测与X线胆囊造影之		二、急性胰腺炎声像图	203
比较	187	三、临床意义	203
第三节 胆囊积液的鉴别诊断	187	第十三节 慢性胰腺炎	203
第四节 胆囊的切面显像	187	一、慢性胰腺炎回声图	203
第十五章 胃及胰腺疾病的超声诊断	191	二、慢性胰腺炎声像图	203
第一节 胃及胰腺的解剖生理概要	191	三、临床意义	203
第二节 探测方法	192	第十六章 肾脏疾病的超声诊断	205
第三节 正常胃	193	第一节 肾脏的解剖概要	205
一、正常胃回声图	193	第二节 探测方法	206
二、空腹胃小弯定位	193	一、体位	206
三、空腹-饮水胃定位	194	二、仪器条件	206
四、胃的蠕动和排空	195	三、探测方式	206
五、临床意义	195	第三节 正常肾脏	208
		一、正常肾回声图	208

二、正常肾声像图	208
三、正常肾的超声测量值	209
四、临床意义和波形解释	209
第四节 肾积水	209
一、肾积水回声图	209
二、肾积水声像图	210
三、临床意义	210
第五节 脓肾	210
一、脓肾回声图	211
二、临床意义	211
第六节 多囊肾	211
一、多囊肾回声图	211
二、多囊肾声像图	211
三、临床意义	211
第七节 肾囊肿	212
一、肾孤立性囊肿回声图	212
二、肾孤立性囊肿声像图	213
三、肾多发性囊肿回声图	213
四、肾多发性囊肿声像图	213
五、临床意义	213
第八节 肾肿瘤	213
一、肾肿瘤回声图	213
二、肾肿瘤声像图	214
三、临床意义	215
第九节 肾结核	215
一、肾结核回声图	215
二、临床意义	215
第十节 肾结石	216
一、肾结石回声图	216
二、肾结石声像图	216
三、临床意义	216
第十一节 肾定位	216
一、同位素肾图检查的肾盂中心位置测定	216
二、肾穿刺活检的肾下极定位	217
三、肾盂穿刺和肾囊肿穿刺定位	217
第十二节 肾下垂	217
一、肾活动度测定方法	218
二、临床意义	218
第十三节 游走肾和异位肾	218
第十四节 肾破裂(肾裂伤)	218
第十五节 肾周围脓肿	219
第十六节 无功能肾	219

第十七节 肾源性腹部肿块	219
一、鉴别方法	220
(一)脏器来源	220
(二)肿块性质	220
(三)疾病诊断(病理学诊断)	220
二、临床意义	220
第十七章 妊娠子宫及水泡状胎块的超声诊断	221
第一节 妊娠子宫的解剖和胚胎发育概要	221
一、妊娠子宫	221
二、胚胎发育	221
第二节 探测方法	222
一、仪器条件	222
二、探测方式	222
(一)膀胱排空法	222
(二)膀胱充盈法	225
(三)阴道法	226
第三节 正常子宫	226
一、正常子宫的超声测量	226
二、正常子宫回声图	226
三、正常子宫声像图	227
四、临床意义和波形解释	227
第四节 正常妊娠	227
一、早期妊娠	228
(一)早期妊娠的超声诊断阳性指标	228
(二)早期妊娠声像图	230
(三)早期妊娠的多普勒胎心、胎动音	230
二、中期妊娠和晚期妊娠	230
(一)中期妊娠回声图	231
(二)中期妊娠声像图	231
(三)晚期妊娠回声图	231
(四)晚期妊娠声像图	231
(五)中期妊娠和晚期妊娠的超声多普勒所见	232
三、临床意义	233
第五节 水泡状胎块	233
一、水泡状胎块回声图	234
二、水泡状胎块声像图	234
三、鉴别诊断	234
四、临床意义	235

第六节 胎儿头径测量	236	第六节 盆腔肿块的鉴别诊断	262
一、胎头回声图	236	一、肿块来自子宫体或卵巢的 鉴别诊断	262
二、胎头声像图	237	二、巨大卵巢囊肿与大量腹水的 鉴别	263
三、临床意义	237	三、卵巢囊肿与输卵管囊肿的鉴别	263
第七节 胎位	238	四、盆腔炎性粘连肿块与肿瘤的 鉴别	263
一、胎位超声诊断依据	238	五、子宫体增大与卵巢肿瘤的 鉴别	264
二、临床意义	239	第七节 临床意义	264
第八节 双胎妊娠	239	第十九章 超声对腹部肿块的诊断和 鉴别诊断	266
一、双胎回声图的特点	239	第一节 腹部超声诊断的解剖	266
二、双胎声像图	240	一、腹部的分区	266
三、双胎的超声多普勒法探测	241	二、腹部常见肿块的性质	267
四、临床意义	241	第二节 探测方法	268
第九节 羊水过多	242	一、仪器条件	268
一、羊水过多回声图	242	二、探测方式	268
二、羊水过多声像图	242	三、探测前准备	268
三、临床意义	243	四、探测步骤	268
第十节 胎盘定位	243	第三节 诊断方法	269
一、胎盘回声图	243	一、确定腹部肿块的有无	269
二、胎盘声像图	243	二、测定肿块的部位和体积	269
三、超声多普勒法	243	三、确定腹内肿块的数目	270
四、临床意义	244	四、探测腹内肿块与呼吸、体位改变 和血管搏动的关系	271
第十一节 难免流产、过期流产和死胎	244	五、观察某些脏器的功能性改变以 鉴别其与肿块的关系	271
一、难免流产、过期流产和死胎 回声图	244	六、推断肿块与周围脏器的关系	271
二、难免流产、过期流产和死胎 声像图	244	七、推测腹内肿块的良性或恶性	271
三、临床意义	244	第四节 常见腹部肿块的鉴别诊断	274
第十二节 宫外孕	244	一、来自右上腹部的肿块	274
一、异位妊娠回声图	245	二、来自中上腹部的肿块	281
二、临床意义	245	三、来自左上腹部的肿块	282
第十三节 无脑儿	245	四、来自下腹部的肿块	283
第十四节 双角子宫	245	五、腹壁肿块的鉴别诊断	284
第十八章 盆腔肿块的超声诊断	247	六、全腹膨隆的超声诊断	285
第一节 盆腔的有关解剖	247	七、腹腔内其他肿块的超声诊断	285
第二节 探测方法	247	八、腹膜后肿块的超声诊断	287
第三节 诊断依据	249	第五节 临床意义	288
第四节 正常盆腔的超声表现	250	第二十章 其他疾病的超声诊断	290
第五节 常见盆腔肿块的超声诊断	252		
一、子宫体肿瘤的诊断	252		
二、卵巢肿瘤的诊断	256		
三、输卵管肿瘤的诊断	260		
四、盆腔转移性癌瘤的诊断	262		

第一节 上颌窦疾病的超声诊断	290	三、膀胱容量和残余尿的测定	300
一、探测方法	290	四、尿潴留与盆腔肿块的鉴别	301
二、超声表现	290	五、膀胱肿瘤和结石的超声探测	301
三、临床意义	291	六、临床意义	301
第二节 颈部肿块的超声诊断	292	第六节 超声对睾丸肿瘤和鞘膜积液的 鉴别诊断	302
一、探测方法	292	一、探测方法	303
二、超声表现	292	二、正常睾丸回声图	303
三、临床意义	294	三、鞘膜积液回声图	303
第三节 子宫颈疾病的超声诊断	295	四、睾丸肿瘤回声图	303
一、探测方法	295	五、临床意义	303
二、超声表现	296	第七节 肾上腺肿瘤的超声诊断	304
三、临床意义	298	一、探测方法	304
第四节 骨肿瘤的超声诊断	298	二、肾上腺肿瘤回声图	304
一、探测方法	298	三、临床意义	305
二、超声表现	298	第八节 其他	305
第五节 膀胱疾病的超声诊断	299	附 录 超声诊断仪的使用和维修	306
一、探测方法	299		
二、正常膀胱回声图	299		

第一章 超声的物理基础

第一节 超声的概念及其应用

超声与声在本质上是一致的，但两者间既有共同性，也有特异性。它们都是一种机械振动，通常以纵波的方式在弹性介质内传播，使介质内的粒子产生压缩与稀疏的交替变化，传播能量。我们在日常生活中可以知道，敲锣时锣面产生振动；说话时声带振动；播音时喇叭的纸盆振动……等等，以上这些，得到一个共同的结果——产生人耳听得到的声音。发生声音的东西，叫做声源。

声音从一处传播到另一处，一定要经过一种媒介物，叫做介质。固体、液体和气体都可传播声，因而，都是声的传播介质。因为声的传播依靠物质粒子的交替振动，而真空中并不或极少存在物质粒子，故真空中不能传播声，这点和光波及无线电波的性质是不同的。

声音有音调。音调的高低是由声源的振动快慢(频率)来决定的。现定每秒振动一次作单位叫1赫兹(Hertz)，简称赫(Hz)。每秒振动100次就是100赫，人耳能听到16~20,000赫的声波。

超声是指声源振动次数很快，超过20,000赫的声波。它的最高频率在 10^{18} (即10兆兆)赫以上。但是，频率高的超声和频率低的声音在同一物质中传播的速度是基本相同的。例如两者在20°C的空气中传播速度都是343米/秒。它和“超声速”的概念完全是两回事。后者是指某些物体的运动速度超过了声在空气中的传播速度(即大于343米/秒)；而前者只是指振动频率的高低。

虽然人耳不能听到超声，但在自然界中，超声是客观存在的。例如某些蟋蟀、蜜蜂等，能发生超声。蝙蝠能发生超声引导飞行及准确地捕捉小虫。有些动物，能听到超声。犬能听到1000千赫(即1兆赫)左右的超声。

近年来，超声已应用到国民经济的一些领域中去。一般可分为：(1)检测用超声：用于超声测厚、金属探伤、海底测深、渔探与医用诊断等方面；(2)处理用超声：用于清洗、乳化、金属熔炼中除气、焊接与治疗某些疾病等方面。本书中仅介绍有关医用诊断超声的一些特性。

第二节 超声的物理特性

现在介绍与超声诊断有关的物理特性。

一、波动特性

超声与声都是一种波动。这种波动，和在一根固定的弹簧上一端加力，使它压缩后再释放所产生的波动一样。它是一种纵波，依次传递着压缩和弛张交替的波动(图1-1)。

在介质中，同样地使介质内粒子(质点)

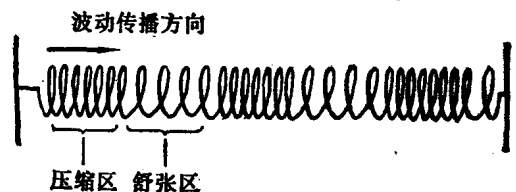


图1-1 弹簧的纵波振动

产生压缩和弛张的变化,传递声能。

在质点的振动中,从一群粒子来看,它们先离开原点向一侧移动,然后又回至原点;再经过原点向另一侧移动,又回复至原点。如此循环往复,就象钟摆动作一样,即质点在原来位置的附近来回振动,最终并没有离开原位;而声波的能量却从一端传到另一端去(图1-2)。

现将质点位移幅度与质点的空间位置关系作图,可以得出超声的纵波质点振动波形正弦曲线(图1-3)。

其中,相邻两处位移最大点间的距离叫波长。如同一切波动的情况一样,超声具有三个物理量:波长(λ)、频率(f)及声速(c),见图(图1-4)。

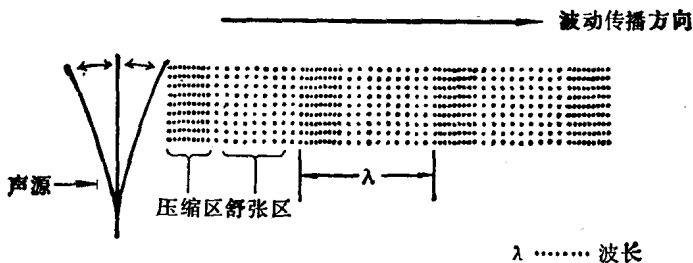


图1-2 质点振动产生压缩与弛张变化

$$\lambda = \frac{c}{f}, \text{ 或: } c = f \cdot \lambda$$

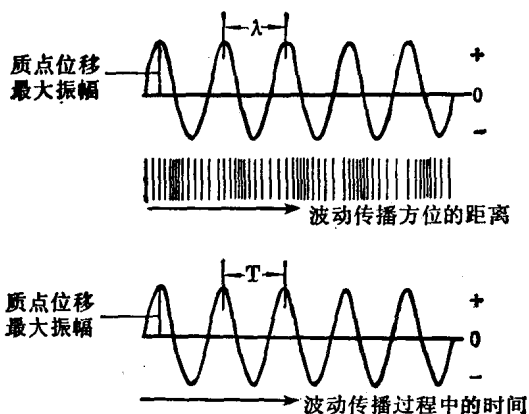


图1-3 纵波质点位移幅度与空间位置关系的正弦曲线

上图: 代表空间的波动分布
下图: 代表在时间中的波动分布
 λ -波长 T -周期

声速(c)就是超声在某种介质中的传播速度,它随各种介质的弹性(K)及密度(ρ)有密切关系。前者支配介质内部质点给定位移的力;而后者支配介质内给定的力所产生的加速度。以公式表达如下:

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

各种不同介质的声速各不相同。在 0°C 的空气中为 331.3 米/秒,在水中约为 1500 米/秒,而在钢材中为 6000 米/秒。人体软组织中的声速与水(或生理盐水)近似。各种不同物质中的超声声速数值见下表(表1-1):

今举例如下:频率为 1 兆赫 (10^6 赫) 超声,在生理盐水(25°C)中传播时,其超声波长近似为:

$$\lambda(\text{生理盐水}) = \frac{c}{f} = \frac{1,500,000 \text{ 毫米/秒}}{1,000,000 \text{ 赫}} = 1.5 \text{ 毫米}$$

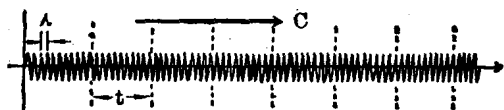


图1-4 正弦波的波长、频率及声速间关系
 λ -波长 c -声速 t -单位时间

表 1-1 超声诊断中有关介质的密度、声速与声阻抗

超声频率(兆赫)	介 质 材 料	密度(克/厘米 ³)	超声声速(米/秒)	声阻抗 × 10 ⁵
2.9	空 气 3℃	0.0001293	333	0.000428
2.9	水 0℃	0.9973	1480.0	1.407
2.9	水 25℃	0.99707	1493.2	1.489
2.9	水 37℃	0.99340	1523.0	1.513
	生理盐水 37℃	1.002	1534.0	1.537
	生理盐水 25℃	1.005	1504	1.511
2.1	蓖 麻 油 0℃	0.972	1681	1.634
2.1	蓖 麻 油 20℃	0.960	1502	1.442
2.86	蓖 麻 油 20℃	0.960	1530	1.469
4.29	蓖 麻 油 20℃	0.960	1534	1.472
	石 蜡 油 20℃			
	石 蜡 油 33.5℃	0.835	1420	1.186
	石 英	2.65	5700	15.105
	钛 酸 钡	7.8	5000	34.300
	锆 钛 酸 铅	7.8	4400	39.000
	钢 材	7.9	6000	47.400
2.5	人体软组织(平均值)	1.016	1500	1.590

如仍以 1 兆赫的超声,在钢材中传播时,其波长近似为:

$$\lambda_{(钢)} = \frac{c}{f} = \frac{6,000,000 \text{毫米/秒}}{1,000,000 \text{赫}} = 6 \text{毫米}$$

而在空气中传播时(0℃),其波长为:

$$\lambda_{(空气)} = \frac{331,300 \text{毫米/秒}}{1,000,000 \text{赫}} \approx 0.331 \text{毫米}$$

可见在通常情况下,同一频率(f)的超声,在不同介质内部因传播速度(c)的不同,使它的波长(λ)也不相同。

再举例如下:频率为 1 兆赫的超声,在人体软组织内传播时,其波长为:

$$\begin{aligned} \lambda_{(人体软组织)} &= \frac{1,500,000 \text{毫米/秒}}{1,000,000 \text{赫}} \\ &= 1.5 \text{毫米} [\text{因 } c(\text{人}) \\ &= c(\text{生理盐水})] \end{aligned}$$

然而,如改用频率为 2.5 兆赫,则在人体软组织内的波长为:

$$\begin{aligned} \lambda_{(人体软组织)} &= \frac{1,500,000 \text{毫米/秒}}{2,500,000 \text{赫}} \\ &= 0.6 \text{毫米} \end{aligned}$$

同上例,如改用频率为 5.0 兆赫,则波长为 0.3 毫米。由此可见,在同一个传播介质中,超声的波长与所用超声的频率成反比。在人体软组织中传播时,超声频率与波长的关系见下表(表 1-2):

表 1-2 常用超声频率与波长对照表
(在人体软组织内传播,声速平均值为 1500 米/秒时)

使用频率(兆赫)	0.5	0.8	1.25	2.0	2.5	3.0	5.0	8.0	10.0	18.0	32.0
超声波长(毫米)	3.0	1.88	1.2	0.75	0.6	0.5	0.3	0.188	0.15	0.083	0.047

超声的下限频率为 20 千(2×10^4)赫,最高为 10 兆兆(10^{18})赫以上,已如前述。超声诊断用的频率范围在 0.5 兆(0.5×10^6)赫至 32 兆 (32×10^6)赫之间。国内应用频率有 0.8 兆赫、1.25 兆赫、2.5 兆赫、5 兆赫与 10 兆赫等。

波的振态:超声在气体及液体中传播时, 通常的纵波形态外, 还有横波(或切变波)与只有一种振动方式即纵波。但在固体中, 除了 表面波两种波态(图 1-5)。

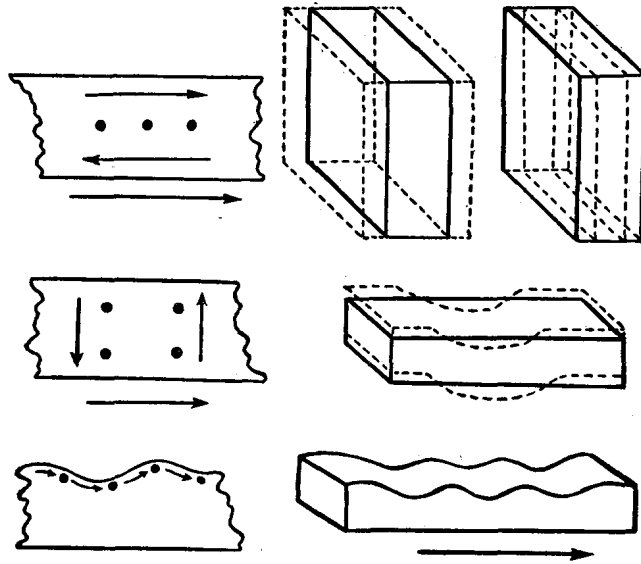


图 1-5 超声在固体中传播时的三种振态
上图: 纵波 中图: 横波 下图: 表面波

后两种波态在人体诊断中还未发现有任何作用, 在人体中是否能产生横波也尚无定论。本书在下文所述的内容, 均为超声纵波的特性和应用。

二、声场特性

超声必须在物质内传播, 依靠物质内质

点的压缩和弛张。传播超声的介质内受到超声振动明显影响的区域, 叫作超声声场。超声声场具以下几方面的特性:

束性(方向性): 通常用一片压电晶体(见第三章详述)发生超声。这晶体就叫作声源。超声在传播途径中, 象手电筒的光线一样, 形成一股超声声束。利用这种定向的特性, 来

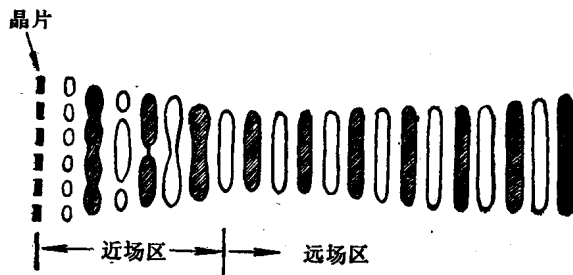


图 1-6 超声的声场特性
O-声强最小区域 ●-声强最大区域

寻找和探测体内脏器的情况(图 1-6)。

在接近晶片的一段为几乎平行的声束, 叫做近场区。近场区是一个复瓣区(图 1-6)。

把晶片看作是许多分散小声源的组合体。在开始的一段距离内产生相互干涉; 形成许多大小不一的超声所组成的“花瓣”。只

有其中心区几乎完全没有杂波存在。所以,近场区声束虽然平行,但因复瓣存在,对诊断分析带来一些麻烦之处。近场区的长度 (l) 从下式算出(图 1-7):

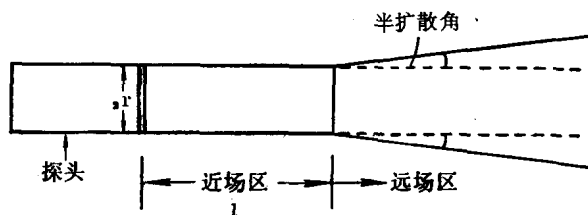


图 1-7 超声近场区、远场区内半扩散角与声源半径关系

$$l = \frac{r^2 f}{c}$$

r 为声源半径

在近场区以后,声束开始扩散,名为远场区。超声在远场区形成一个立体的圆锥体,其半扩散角为 θ 。 θ 的大小,与所用晶片的直径成反比,与超声的频率成反比,而与声速成正比。即:

$$\sin \theta = 1.22 \frac{c}{f \times 2r}$$

亦即是与超声的波长成正比:

$$\sin \theta = 1.22 \frac{\lambda}{2r}$$

今举例如下:一个半径为 6 毫米的晶片,其工作频率为 2.5 兆赫,在水或人体软组织中传播时:

$$\begin{aligned} \text{近场区 } l &= \frac{r^2 f}{c} \\ &= \frac{36 \times 2.5 \times 10^6}{1,500,000} \\ &= 60 \text{ 毫米} \end{aligned}$$

远场区内半扩散角:

$$\sin \theta = \frac{1.22 \times 1,500,000}{2.5 \times 10^6 \times 12} = 0.06$$

$$\text{故 } \theta = \sin^{-1}(0.06) = 3^\circ 33'$$

半扩散角 θ 的大小,为衡量超声质的指

标之一。 θ 愈小,能量愈集中,它的方向性愈强,就愈能用以针对、寻找某个目的物。

一般地说,换能器半径等于 4 个波长时,方向性较好;等于或大于 8 个波长时,方向性很好。

三、与周围介质间关系

(一) 声阻抗 超声在介质内传播时,好多物理现象受到介质声阻抗所决定。声阻抗 (Z) 既与介质的密度 (ρ) 有关,又与超声在该介质内的声速 (c) 有关。即:

$$Z = \rho \times c$$

物质的密度一般是固体 $>$ 液体 $>$ 气体。而超声在介质中的速度是:固体 $>$ 液体 $>$ 气体。故声阻抗数值一般亦是固体 $>$ 液体 $>$ 气体(见表 1-1)。

人体软组织及实质性脏器的密度、声速和声阻抗与水相接近,而这些组织及脏器内,水的组成往往占 60~70% 以上。故无论从声学特性或组织的主要组成成分考虑,都不能将它们认为“固体”(表 1-3)。

(二) 反射 超声反射是传播过程中的一个现象。当超声在均匀的介质中传播时,无任何反射。而从一种介质进入另一种介质,又当两者间的声阻抗不同时,则在界面上引起反射(图 1-8)。

* 汞例外,其密度为 13.6 克/厘米³

表 1-3 人体正常组织的密度、声速、声阻抗及吸收系数表

组 织 器 官	密度(克/厘米 ³)	声速(米/秒)	声阻抗($\times 10^5$)	吸收系数 (分贝/厘米)	频率(兆赫)
血 液	1.055	1570	1.656	0.2	1
血 浆	1.027	—	—	0.07	1
大 脑	1.038	1540	—	0.9	1
小 脑	1.030	1470	1.514	—	
脂 肪	0.955	1476	1.410	0.6	1
软组织(平均值)	1.016	1500	1.590	0.8	1
肌 肉(平均值)	1.074	1568	1.684	2.3	1
肝	1.050	1570	1.648	0.9	1
肾	—	1560	—	1.0	1
脑 脊 水	1.000	1522	1.523		
颅 骨	1.658	3360	5.570	13	1
甲 状 腺	—	—	1.620~1.660		
胎 体	1.023	1505	1.579		
羊 水	1.013	1474	1.463		
胎 盘	—	1541	—		
角 膜		1550			
水 晶 体	1.136	1650	1.874		
前 房 水	0.994~1.012	1495	1.499		
玻 璃 体	1.010~0.992	1495	1.496		
巩 膜		1630			
体 液	0.9973	1495.6	1.492	0.002	
空 气(肺、肠腔)	0.00129	332	0.000428	12	

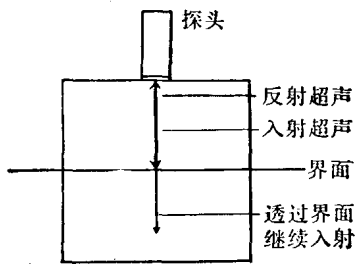


图 1-8 垂直入射时超声反射

反射回的声压 R_A ，与两介质间声阻抗差别的大小有关。即：

$$R_A = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

而反射回的声强 R_I (即声能量) 为声压的平方。故：

$$R_I = \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^2$$

Z_1 ——第一种介质的声阻抗

Z_2 ——第二种介质的声阻抗

如以液体石蜡油与人体软组织相接触，超声传播通过其界面时，反射回至石蜡油中的超声声压为：

$$R_A = \frac{(1.590 - 1.186)}{(1.590 + 1.186)} = 0.146 \text{ 或 } 14.6\%$$

而蓖麻油与人体软组织相接触时，超声在此界面反射回蓖麻油内的声压为：

$$R_A = \frac{(1.590 - 1.469)}{(1.590 + 1.469)} = 0.039 \text{ 或 } 3.9\%$$

但在水-气的界面上，反射回的声压为：

$$R_A = \frac{(1.492 - 0.00428)}{(1.492 + 0.00428)} = 0.9994 \text{ 或 } 99.94\%$$