



卫生部“十一五”规划教材
全国高等医药教材建设研究会规划教材

全国高等学校教材 | 供医学影像学专业用

医学超声影像学



主 编 姜玉新 王志刚
副主编 胡 兵 周晓东



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

卫生部“十一五”规划教材

全国高等医药教材建设研究会规划教材

全国高等学校教材
供医学影像学专业用

医学超声影像学

主 编 姜玉新 王志刚

副主编 胡 兵 周晓东

编 者 (以姓氏笔画为序)

王文平 (复旦大学附属中山医院)	李颖嘉 (南方医科大学南方医院)
王志刚 (重庆医科大学附属第二医院)	杨文利 (首都医科大学附属北京同仁医院)
王金锐 (北京大学第三医院)	周晓东 (第四军医大学西京医院)
冉海涛 (重庆医科大学附属第二医院)	姜玉新 (北京协和医学院北京协和医院)
田家玮 (哈尔滨医科大学附属第二医院)	胡 兵 (上海交通大学附属第六人民医院)
刘学明 (浙江大学医学院附属第二医院)	唐 杰 (中国人民解放军总医院)
华 扬 (首都医科大学宣武医院)	高云华 (第三军医大学新桥医院)
朱庆莉 (北京协和医学院北京协和医院)	傅先水 (北京大学第三医院)
许 迪 (南京医科大学第一附属医院)	董晓秋 (哈尔滨医科大学附属第四医院)
应 涛 (上海交通大学附属第六人民医院)	谢红宁 (中山大学附属第一医院)
李建初 (北京协和医学院北京协和医院)	谢明星 (华中科技大学同济医学院附属协和医院)
李胜利 (深圳市妇幼保健院)	薛恩生 (福建医科大学附属协和医院)

主编助理 李建初 冉海涛

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

医学超声影像学/姜玉新等主编. —北京: 人民卫生出版社, 2010. 8

ISBN 978 - 7 - 117 - 13113 - 1

I. ①医… II. ①姜… III. ①超声波诊断 - 医学院校 - 教材 IV. ①R445. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 105628 号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com	护士、医师、药师、中医师、卫生资格考试培训

版权所有, 侵权必究!

本书本印次封底贴有防伪标。请注意识别。

医学超声影像学

主 编: 姜玉新 王志刚
出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010 - 59780011)
地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号
邮 编: 100021
E - mail: pmph@pmph.com
购书热线: 010 - 67605754 010 - 65264830
 010 - 59787586 010 - 59787592
印 刷: 北京汇林印务有限公司
经 销: 新华书店
开 本: 889 × 1194 1/16 印张: 29
字 数: 919 千字
版 次: 2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 版第 1 次印刷
标准书号: ISBN 978 - 7 - 117 - 13113 - 1/R · 13114
定价 (含光盘): 98.00 元
打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com
(凡属印装质量问题请与本社销售中心联系退换)

全国高等学校医学影像学专业规划教材

第三轮修订说明

随着医学影像学的飞速发展,对医学影像学高等教育教学内容和体系的改革提出了更高的要求,为了满足学科发展和教学需要,我们在进行多次调查研究、分析论证的基础上,并经全国高等医药教材建设研究会和卫生部教材办公室审议同意,决定从2009年开始启动医学影像学专业规划教材第三轮的修订工作。此次修订仍以《中国医学教育改革和发展纲要》为指导思想,强调三基(基础理论、基本知识和基本技能)、五性(思想性、科学性、先进性、启发性和适用性)原则,紧扣医学影像学专业培养目标,密切结合专业发展特点,按照医学影像学教学改革的要求,重新修订了原有的9种教材,同时新增《医学超声影像学》教材。本套教材共10种,各自成册又互成系统。修订后的教材将满足培养医学影像学专业高级人才的要求。

第三轮教材目录

- | | | | |
|--------------------|-----|-----|-----|
| 1. 人体断面与影像解剖学(第3版) | 主 编 | 王振宇 | 徐文坚 |
| | 副主编 | 段菊如 | 付升旗 |
| 2. 医学影像物理学(第3版) | 主 编 | 吉 强 | 洪 洋 |
| | 副主编 | 周志尊 | 甘 平 |
| 3. 医学电子学基础(第3版) | 主 编 | 陈仲本 | |
| | 副主编 | 鲁 雯 | 柴 英 |
| 4. 医学影像设备学(第3版) | 主 编 | 徐 跃 | 梁碧玲 |
| | 副主编 | 赵 强 | 李 彪 |
| 5. 医学影像检查技术学(第3版) | 主 编 | 张云亭 | 于兹喜 |
| | 副主编 | 郑可国 | 余建明 |
| 6. 医学影像诊断学(第3版) | 主 编 | 白人驹 | 张雪林 |
| | 副主编 | 孟俊非 | 李健丁 |
| | | 徐 克 | 龚洪翰 |
| 7. 介入放射学(第3版) | 主 编 | 郭启勇 | |
| | 副主编 | 申宝忠 | 滕皋军 |
| 8. 影像核医学(第2版) | 主 编 | 黄 钢 | |
| | 副主编 | 左书耀 | 陈 跃 |
| 9. 肿瘤放射治疗学(第2版) | 主 编 | 徐向英 | 曲雅勤 |
| | 副主编 | 李国文 | 伍 钢 |
| 10. 医学超声影像学 | 主 编 | 姜玉新 | 王志刚 |
| | 副主编 | 胡 兵 | 周晓东 |

前 言

医学超声影像学是临床医学、声学 and 计算机科学之间的交叉学科。超声以无创、便捷、价廉和高效等优点在临床诊疗过程中被广泛应用。超声成像技术发展迅速,彩色多普勒超声、三维超声、声学造影、弹性成像以及介入超声等多种技术的开发,大大拓展了超声影像学的临床应用范围。目前,我国医学超声影像学已成为临床医学中具有鲜明专业特色,医疗、教学和科研相结合,相对独立的综合型学科,与放射医学及核医学共同在临床诊治中发挥着重要作用。

为了适应超声医学临床应用和学科发展的需求,应卫生部教材办公室要求,第三轮医学影像学专业教材新增《医学超声影像学》。本教材是卫生部“十一五”规划教材及全国高等医药教材建设研究会规划教材。参编者皆具有丰富的专业教学经验和较高的学术造诣。编写要求严格遵循“三基”(基础理论、基本知识、基本技能)和“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性、适用性)的原则。在坚持循证医学的基础上,兼顾新进展,力求内容丰富翔实,简明扼要,实用性强。全书共分十一章,总论中系统介绍了超声成像技术的基本原理、检查技术,以及近年来的发展成果和未来前景;各论中重点介绍超声在心血管、消化系统、泌尿系统、妇产科、浅表器官及骨骼肌肉系统的检查方法、声像图特点、诊断及鉴别诊断要点和临床价值,介入超声与超声治疗的操作技术及临床应用。其中配图清晰,具有代表性,图片均来自编者多年临床工作的积累。为配合电子多媒体教学,同时为教材制作了配套光盘,其内容包括:扫查技术、典型超声表现和病例分析等,以方便学生学习和掌握。

本教材的筹备过程短,编写时间紧,内容繁多,但在各位编者不辞劳苦、夜以继日的努力工作下,使之得以如期完成,在此对各位编者表示衷心感谢!在本书编写过程中,王金锐、高云华、杨娅等教授主审了部分章节,提出了许多宝贵意见和建议,对他们的精心审校表示诚挚的感谢!同时对给本教材提出许多宝贵意见及建议的专家和医务工作者表示衷心的感谢!

由于本教材编写时间短,工作量大,在编排上难以做到完全规范、统一,不当之处在所难免,恳请广大读者给予批评指正。

编 者

2010年5月

目 录

第一章 总论	1
第一节 概述	1
一、学习要求及方法	1
二、医学超声影像学发展简史	1
第二节 医学超声诊断基础和原理	2
一、医学超声的物理特性	2
二、人体组织的声学参数	6
三、人体组织对入射超声的作用	7
四、人体组织声像图分型	9
五、超声成像基本原理	10
六、超声生物效应与安全性	10
七、超声伪像	11
第三节 医学超声仪器组成及使用	11
一、探头	11
二、B型超声主要功能键的使用和调节	13
三、多普勒超声的正确调节使用	13
第四节 医学超声技术	14
一、A型超声	14
二、B型超声	14
三、M型超声	14
四、D型超声	14
五、三维超声	16
六、超声造影	16
七、超声组织定征	20
第五节 医学超声新技术	26
一、声学定量与彩色室壁动态分析	26
二、斑点追踪超声心动图	28
三、超声弹性成像	30
第二章 心脏及大血管	31
第一节 正常心脏及大血管的解剖和生理概要	31
一、解剖概要	31
二、生理概要	35
第二节 超声检查技术	35
一、二维超声心动图检查方法	35

二、M型超声心动图检查方法	40
三、超声多普勒检查方法	43
第三节 心脏功能测定	48
一、左心室功能测定	48
二、右心室功能测定	52
第四节 后天获得性心脏病	53
一、心脏瓣膜病	53
二、冠状动脉粥样硬化性心脏病	75
三、主动脉夹层	87
四、心肌疾病	90
五、心包疾病	102
六、心脏肿瘤	114
七、心腔内血栓	119
第五节 先天性心脏病	122
一、先天性心脏病超声检查方法	122
二、房间隔缺损	123
三、室间隔缺损	126
四、动脉导管未闭	128
五、心内膜垫缺损	129
六、肺动脉口狭窄	132
七、主动脉狭窄	133
八、Fallot 四联症	135
九、大动脉转位	137
第三章 消化系统	139
第一节 肝脏	139
一、解剖概要	139
二、超声检查技术	139
三、正常超声表现	140
四、肝脏局灶性病变	141
五、肝脏弥漫性病变	152
第二节 胆道系统	157
一、解剖概要	157
二、超声检查技术	157
三、正常超声表现	158
四、胆囊疾病	159
五、胆管疾病	165
第三节 胰腺	169
一、解剖概要	169
二、超声检查技术	170
三、正常超声表现	170
四、胰腺疾病	171
第四节 脾脏	180
一、解剖概要	180

二、超声检查技术	180
三、正常超声表现	181
四、脾脏疾病	182
第五节 胃肠	190
一、解剖概要	190
二、超声检查技术	190
三、正常超声表现	191
四、胃溃疡	192
五、胃癌	193
六、胃黏膜下肿瘤	195
七、胃息肉	196
八、十二指肠溃疡	197
九、肠道肿瘤	198
十、急性阑尾炎	201
第四章 腹膜后间隙、大血管及肾上腺	204
第一节 腹膜后间隙	204
一、解剖概要	204
二、超声检查技术	204
三、正常超声表现	205
四、腹膜后肿瘤	205
五、腹膜后脓肿	208
第二节 腹膜后大血管	209
一、解剖概要	209
二、超声检查技术	210
三、正常超声表现	211
四、腹主动脉及其主要分支疾病	212
五、下腔静脉及其属支疾病	216
六、动静脉瘘	219
第三节 肾上腺	220
一、解剖概要	220
二、超声检查技术	220
三、正常超声表现	221
四、常见的肾上腺疾病	221
五、其他肾上腺疾病	225
第五章 泌尿系统	227
第一节 解剖概要	227
一、肾	227
二、输尿管	228
三、膀胱	228
四、前列腺	229
第二节 超声检查技术	230
第三节 正常超声表现	232

一、肾的正常超声表现·····	232
二、输尿管的正常超声表现·····	232
三、膀胱的正常超声表现·····	233
四、前列腺的正常超声表现·····	234
第四节 肾疾病 ·····	235
一、肾积水·····	235
二、肾囊性病变·····	236
三、肾实质性占位性病变·····	238
四、肾结石·····	241
五、肾感染性病变·····	242
六、肾功能不全和移植肾·····	244
第五节 输尿管疾病 ·····	245
一、输尿管先天发育异常·····	245
二、输尿管结石·····	245
三、输尿管肿瘤·····	246
第六节 膀胱疾病 ·····	247
一、膀胱炎·····	247
二、膀胱结石·····	248
三、膀胱肿瘤·····	248
四、膀胱憩室·····	249
五、膀胱异物及凝血块·····	250
第七节 前列腺疾病 ·····	250
一、前列腺增生·····	250
二、前列腺癌·····	252
三、前列腺炎·····	253
第六章 妇科 ·····	255
第一节 解剖概要 ·····	255
第二节 超声检查技术 ·····	256
第三节 正常超声表现 ·····	257
一、生育年龄女性子宫、附件超声表现·····	257
二、青春期前女性子宫、卵巢超声表现·····	260
三、绝经期女性子宫、卵巢超声表现·····	261
第四节 子宫疾病 ·····	261
一、子宫肌层的病变·····	261
二、子宫内膜的病变·····	267
三、子宫颈癌·····	269
四、子宫发育异常·····	270
第五节 卵巢疾病 ·····	274
一、卵巢肿瘤概述·····	274
二、卵巢瘤样病变·····	275
三、良性卵巢肿瘤·····	279
四、恶性卵巢肿瘤·····	284
第六节 盆腔其他常见疾病 ·····	288

一、输卵管病变	288
二、计划生育相关疾病超声诊断	291
第七章 产科	294
第一节 妊娠解剖及生理概要	294
一、胚胎/胎儿发育过程	294
二、胎儿血液循环特点	295
三、妊娠期母体子宫及卵巢的变化	295
第二节 超声检查技术	295
第三节 正常超声表现	298
一、早孕期超声表现	298
二、中晚孕期超声表现	298
第四节 异常妊娠	300
一、流产	300
二、异位妊娠	302
三、多胎妊娠	304
四、胎儿生长受限	307
五、巨大胎儿	308
六、胎死宫内	308
七、羊水过多与过少	309
第五节 胎盘脐带异常	310
一、前置胎盘	310
二、胎盘早剥	311
三、胎盘植入	312
四、单脐动脉	313
第六节 胎儿畸形	314
一、颅脑畸形	314
二、唇腭裂	317
三、心脏畸形	318
四、消化道闭锁与狭窄	320
五、泌尿系统畸形	321
六、前腹壁畸形	323
七、肌肉骨骼系统畸形	324
第七节 妊娠滋养细胞疾病	326
一、葡萄胎	326
二、侵蚀性葡萄胎及绒毛膜癌	328
第八章 周围血管	329
第一节 颅脑血管	329
一、解剖概要	329
二、超声检查技术	330
三、颅外段颈内动脉狭窄、闭塞	332
四、颅内动脉狭窄和闭塞	334
五、蛛网膜下腔出血	336

六、脑动静脉畸形	336
七、颅内高压与脑死亡	337
第二节 颈部血管	338
一、解剖概要	338
二、超声检查技术	339
三、正常超声表现	339
四、颈动脉硬化病变	342
五、颈动脉其他病变	343
六、颈动脉支架	346
七、颈动脉内膜剥脱术超声检查	348
第三节 四肢动脉	349
一、解剖概要	349
二、超声检查技术	349
三、正常超声表现	350
四、动脉硬化闭塞症	351
五、四肢动脉其他疾病	353
第四节 四肢静脉	357
一、解剖概要	357
二、超声检查技术	357
三、正常超声表现	358
四、四肢静脉血栓	359
五、下肢静脉瓣功能不全	360
六、四肢动静脉瘘	361
七、先天性四肢血管畸形	362
第九章 浅表器官	364
第一节 眼部	364
一、解剖概要	364
二、超声检查技术	365
三、正常超声表现	366
四、眼部疾病	366
第二节 涎腺	372
一、解剖概要	372
二、超声检查技术	372
三、正常超声表现	372
四、涎腺炎症与结石	373
五、涎腺肿瘤样病变	374
六、涎腺肿瘤	376
七、涎腺疾病超声检查的临床价值	377
第三节 甲状腺和甲状旁腺	378
一、解剖概要	378
二、超声检查技术	378
三、正常超声表现	379
四、甲状腺疾病的超声分类及其超声鉴别诊断	380

五、甲状腺先天发育异常	380
六、甲状腺炎症性疾病	381
七、甲状腺增生性疾病	383
八、甲状腺肿瘤	385
九、甲状旁腺疾病	388
第四节 乳腺	389
一、解剖概要	389
二、超声检查技术	390
三、正常乳腺超声表现	390
四、乳腺增生症	391
五、乳腺纤维腺瘤	392
六、乳腺导管内乳头状瘤	392
七、乳腺炎	393
八、乳腺癌	394
九、乳腺介入超声	396
十、乳腺超声进展	397
第五节 阴囊	397
一、解剖概要	397
二、超声检查技术	398
三、正常超声表现	398
四、阴囊急症	399
五、睾丸肿瘤	402
六、睾丸附睾结核	403
七、隐睾	404
八、睾丸附睾囊肿	405
九、精索静脉曲张	405
十、鞘膜积液	406
十一、斜疝	407
十二、睾丸微小结石	407
第六节 浅表淋巴结	408
一、解剖概要	408
二、超声检查技术	409
三、正常超声表现	409
四、淋巴结良性疾病	410
五、淋巴结恶性疾病	412
六、淋巴结疾病超声检查的价值	413
第十章 肌肉骨关节系统	414
第一节 肌肉	414
一、解剖生理概要	414
二、超声检查技术	414
三、正常超声表现	414
四、肌肉撕裂	414
第二节 肌腱	416

一、解剖生理概要	416
二、超声检查技术	416
三、正常超声表现	416
四、常见肌腱损伤	417
第三节 韧带	419
一、解剖生理概要	419
二、超声检查技术	419
三、正常超声表现	419
四、膝关节内侧副韧带损伤	420
第四节 骨、软骨及关节疾病	421
一、解剖生理概要	421
二、正常超声表现	421
三、滑膜增生	421
四、骨骼侵蚀及皮质骨折	422
五、关节软骨损伤	423
六、滑囊炎	423
第十一章 介入超声与超声治疗	425
第一节 介入超声	425
一、超声引导下的穿刺技术	425
二、临床常见疾病介入超声治疗简介	430
三、术中超声	433
四、腔内超声	434
第二节 超声治疗	434
一、概述	434
二、超声-电疗法	435
三、超声药物透入及雾化吸入疗法	435
四、超声碎石疗法	435
五、超声美容与超声减肥疗法	436
六、眼科、耳鼻喉科及口腔科超声疗法	436
七、颅脑超声疗法	436
八、高强度聚焦超声治疗肿瘤	437
九、超声微泡造影剂在疾病治疗中的应用研究	439
参考文献	441
中英文名词索引	443
英中文名词索引	448

第一章

总 论

(王志刚)

第一节 概 述

医学超声影像学是临床医学、声学 and 计算机科学相结合的学科。随着计算机技术的发展,超声成像技术发展迅速,彩色多普勒超声、三维超声、声学造影、弹性成像、介入超声及治疗超声等多种技术的进步,拓展了医学超声影像学的临床应用范围。医学超声以无创、便捷和高效等优点在临床诊断、治疗中已被广泛应用,医学超声影像学已经成为一门成熟的影像学科。

医学超声影像学,以超声医学工程学和人体解剖学、病理学等形态学为基础,与临床医学紧密结合,可实时、无创地获得活体组织、器官的断层图像,达到诊断疾病的目的。介入超声及高强度聚焦超声的问世,使医学超声从诊断疾病进入到对肿瘤等疾病进行治疗的全新领域。

超声波是机械振动波,超声图像可反映介质中声学参数的差异,对人体组织有良好的分辨能力,有利于识别组织的细微变化。主要功用有:

1. 形态学检测 可得到组织、器官的断层图像,行定位、定性判断。
2. 功能学检测 可根据正常和异常组织、器官的形态学改变,通过 M 型、二维、多普勒超声等方法,反映其功能变化。
3. 组织特性检测 通过超声组织定征射频法和视频法、组织弹性成像、声衰减、声阻抗、经验判断等方法,可行组织特性分析。
4. 介入超声检测 在超声引导下进行诊断和治疗。
5. 医学超声治疗 包括传统的超声理疗及高强度聚焦超声治疗疾病等。

一、学习要求及方法

1. 打好理论基础 医学超声影像学发展很快,涉及解剖、病理、生理、组织胚胎、超声医学工程学等,扎实的理论基础十分重要。
2. 密切结合临床 医学超声影像学,主要是对组织、器官进行形态学、功能学检诊,检诊结果一定要结合临床综合分析判断。因而,系统的内、外、妇、儿等临床学科的课堂学习和扎实的临床实习十分重要。

二、医学超声影像学发展简史

医学超声起源于 20 世纪 40 年代,德国精神病医师 Dussik (1942) 用 A 型超声探测颅脑。Howry (1949) 首次将二维超声用于检诊疾病。1954 年 Edler 等相继用 M 型超声诊断多种疾病。20 世纪 60 年代中期,开始研究机械式或电子快速实时成像法。1973 年机械和电子相控阵扇形实时法得以应用。1973 年 Johnson 等首先报道了选通门脉冲多普勒超声诊断室间隔缺损。20 世纪 80 年代,彩色多普勒超声用于探

测心脏、大血管疾病。1982年挪威 Aaslid 等研制出彩色经颅多普勒超声扫描仪(TCD)。20世纪90年代之后,三维超声成像(3D)、实时三维超声成像、彩色多普勒能量图(CDE)、组织多普勒成像技术(TDI)、腔内超声、超声造影、介入超声、超声组织定征、组织弹性成像、斑点追踪等技术相继出现。

我国1958年进行了超声诊断仪的研制,上海市第六人民医院周永昌等和汕头超声仪器研究所姚锦钟等研制、应用了国产脉冲式A型超声仪检诊。1961年上海中山医院研制了国产M型超声仪。20世纪80年代,武汉协和医院王新房等应用过氧化氢(俗称双氧水)开展了心腔内造影。超声治疗学亦发展迅速,超声止血刀、超声理疗等已用于临床。20世纪末,重庆医科大学附属第二医院王智彪等研制了高强度聚焦超声(HIFU)肿瘤治疗系统应用于临床。

第二节 医学超声诊断基础和原理

一、医学超声的物理特性

(一) 超声波的定义

声源振动频率 $> 20\,000\text{Hz}$ 的机械波为超声波。

超声诊断所用声源振动频率一般为 $1 \sim 10\text{MHz}$, 常用 $2.5 \sim 5.0\text{MHz}$ 。

(二) 超声波的主要物理参数

1. 波长(wave length) 用 λ 表示, 在波的传播方向上, 质点完成一次振动的距离(图 1-1)。波长以 mm 为单位, 高频超声中则以 μm 为单位。

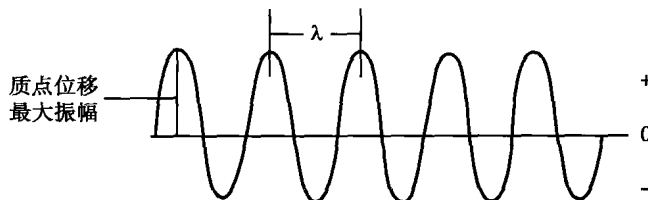


图 1-1 波长

图中相邻两个波峰间的距离为波长

2. 频率(frequency) 用 f 表示, 单位时间内质点完成一个振动过程的次数(图 1-2), 单位为赫兹(Hz), $1\text{Hz} = 1$ 周)。

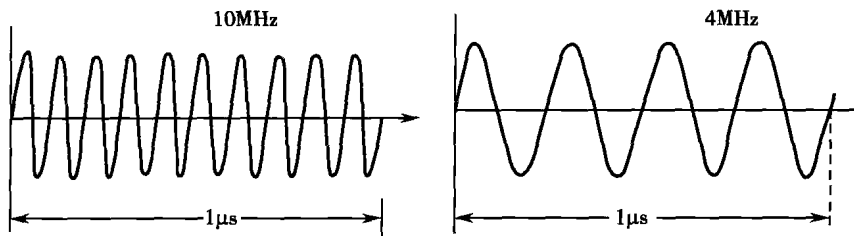


图 1-2 频率

图中以 $1\mu\text{s}$ 作为时间单位。左图在 $1\mu\text{s}$ 内包含 10 个整波, 为 10MHz ;
右图在 $1\mu\text{s}$ 内包含 4 个整波, 为 4MHz

3. 周期(period) 用 T 表示, 质点完成一次振动所需的时间, 单位为秒(s)、毫秒(ms)或微秒(μs)。周期与频率间互为倒数。即:

$$T_{(\text{s})} = 1/f_{(\text{Hz})}, f_{(\text{Hz})} = 1/T_{(\text{s})}$$

$$\text{或 } T_{(\mu\text{s})} = 1/f_{(\text{MHz})}, f_{(\text{MHz})} = 1/T_{(\mu\text{s})}$$

4. 声速(sound velocity) 用 c 表示,单位时间内声波在介质中的传播距离,声速的单位常用 m/s 、 cm/s 、 $\text{cm}/\mu\text{s}$ 、 $\text{mm}/\mu\text{s}$ 等,人体软组织平均声速为 1540m/s 。 c 与体膨胀系数(K_a)、介质密度(ρ)、杨氏模量(E)等关系如下:

$$c \approx (K_a/\rho)^{1/2} \text{ 或 } c \approx (E/\rho)^{1/2}$$

5. 波长、频率与声速间的关系 波长、频率与声速间有确切的关系,即波长与频率的乘积等于声速。从诊断超声分析,如所用频率固定,则在声速高的介质中其波长亦大;如在相同声速的同一介质中,所用频率愈高,则波长愈小。

$$\lambda_{(\text{mm})} = c_{(\text{mm/s})}/f_{(\text{Hz})}, \text{ 或 } \lambda_{(\text{mm})} = c_{(\text{m/s})}/f_{(\text{MHz})} \times 10^3$$

为简化计算公式,在人体软组织中($c \approx 1500\text{m/s}$),上述公式变为:

$$\lambda_{(\text{mm})} = 1.5/f_{(\text{MHz})}, \text{ 或 } \lambda_{(\text{mm})} \times f_{(\text{MHz})} = 1.5$$

6. 声功(能)(acoustic energy) 从探头向一个面发出超声的总能量称为声功(能),以焦(J)为单位。

7. 声功率(acoustic power) 单位时间内从超声探头发出的声功(能),称为声功率。以瓦(watt, W)或毫瓦(mW)为单位, $1\text{W} = 1\text{J/s}$ 。

8. 声强(intensity) 单位面积上的声功率,称为声强。用 I 表示,亦即在单位时间内每单位面积上所经过的声能量,以 W/cm^2 或 mW/cm^2 为单位, $1\text{W}/\text{cm}^2 = 1\text{J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ 。

在脉冲式超声系统中,超声声强(I)分为:

(1) 空间平均时间平均声强(I_{SATA}):为标出声强中的最低数据。

(2) 空间峰值时间平均声强(I_{SPTA}):非聚焦声束中,为 I_{SATA} 的 3~5 倍;聚焦超声中,焦区声强为 I_{SATA} 的 108~200 倍。

(3) 空间平均时间峰值声强(I_{SATP}):为占空因素的倒数与 I_{SATA} 的乘积。

(4) 空间峰值时间峰值声强(I_{SPTP}):为标出声强中的最高数据。可达 I_{SATA} 的 300~1000 倍。

此外,尚有空间峰值脉冲平均声强(I_{SPPA})及最大半周脉冲声强(I_{max})等标示值。

在各种声强中,多数学者认为 I_{SPTA} 为生物效应的最主要指标。

(三) 超声波的发生

诊断用超声波一般应用压电元件所产生的压电效应,即电能与机械能的相互转换而发生。压电元件可为天然晶体(石英)、压电陶瓷(钛酸钡、钛酸铅、锆钛酸铅)或有机压电薄膜(PVDF, PVDF₂)等。

1. 压电效应 压电效应(piezoelectric effect)指在力的作用下(压力或负压力),压电元件的一对面上产生电场,其符号(正、负)相反(图 1-3)。所加的力愈大,电场强度亦愈大;反之则小。或者,在电场的作用下,压电元件产生如同外力作用下的改变,或增厚,亦可减薄(电场反向时)。所加的电场强度愈大,厚薄的变化亦愈大。

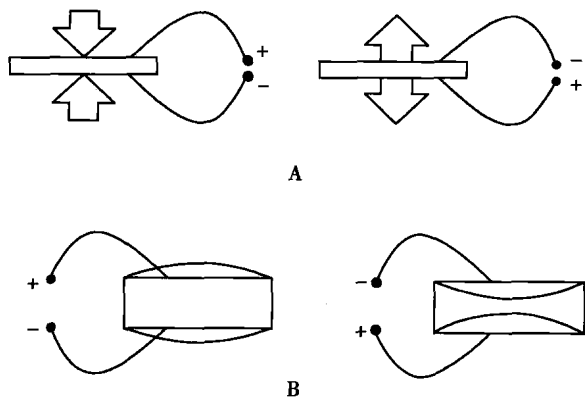


图 1-3 压电效应

A. 正压电效应; B. 逆压电效应

凡加力后产生电场的变化,称正压电效应(direct piezoelectric effect);而加电场后产生厚度的变化,称逆压电效应(converse piezoelectric effect)。

2. 压电材料

(1) 压电晶体:可分为以下两种:

1) 天然压电晶体:石英又名二氧化硅(SiO_2)。X 切割的石英晶体具有压电性能,其发射频率单纯,带宽窄, Q 值高,但要求激励电压高,常需数千伏(kV)。

2) 压电陶瓷晶体:为铁电体的化合混合物,采用人工配方、烧结、磨粉、混合、压模、再烧结、

磨片、涂银、极化、切割等一系列工艺制成,可掺杂微量化学元素以改变其压电和介电性能,为目前绝大多数商品超声诊断仪所采用。

(2) 压电有机材料:聚偏氟乙烯具有压电性能。PVDF(或 PVDF₂)薄膜经延展使其分子链轴规则排列,并外加电场使之极化,即获得压电高分子薄膜,易制成宽带探头,具有质柔软、可弯曲、易加工等优点。

(四) 超声波的传播特性

1. 超声波在同种介质中呈直线传播。
2. 频率越高,波长越短,束射性或方向性越强。

(五) 声源、声束、声场与分辨力

1. 声源(sound source) 能产生超声的物体称为声源,通常采用压电陶瓷、压电有机材料或混合压电材料组成。声源由超声换能器发出(图 1-4)。

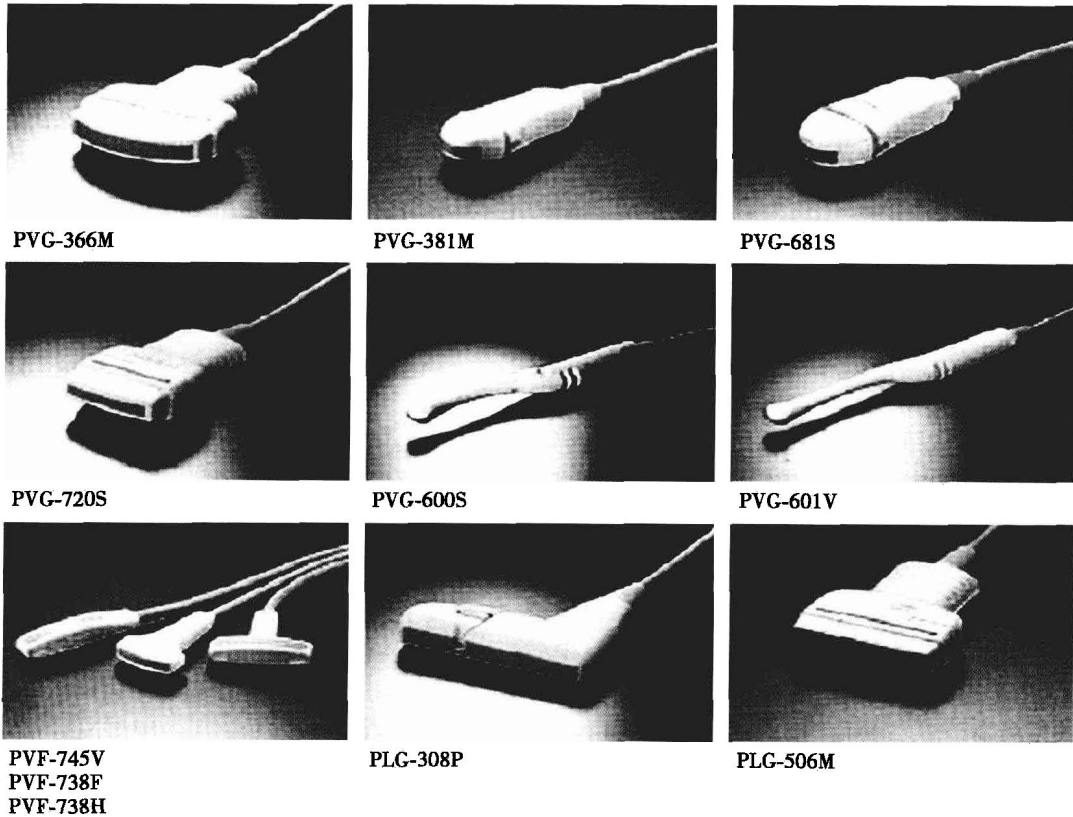


图 1-4 各式超声换能器

2. 声束(sound beam) 从声源发出的声波,一般在一个较小的立体角内传播。其中心轴线称为声轴(sound axis),为声束传播的主方向。声束两侧边缘间的距离称为束宽。

3. 近场与远场 声束各处宽度不等。在邻近探头的一段距离内,束宽几乎相等,称为近场区(near field),近场区为一复瓣区,此区内声强高低起伏;远方为远场区(far field),声束开始扩散,远场区内声强分布均匀(图 1-5)。近场区的长度(L)与声源的面积(r^2)成正比,而与超声的波长(λ)成反比。

即:

$$L_{(\text{mm})} = r_{(\text{mm}^2)}^2 / \lambda_{(\text{mm})}, \text{ 或 } L_{(\text{mm})} = r_{(\text{mm}^2)}^2 \cdot f_{(\text{MHz})} / c_{(\text{mm/s})}$$

远场区声束扩散程度的大小亦与声源的半径及超声波长有关,用 θ 代表半扩散角时,则: $\text{Sin}\theta = 1.22\lambda/D$ 或 $\text{Sin}\theta = 0.61\lambda/r$ 。

显然, θ 愈小,声束扩散愈小。

近场区及远场区都有严格的物理定义,它随探头工作频率及探头发射时的有效面积而变化。实用超