



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材




国家卫生和计划生育委员会“十三五”规划教材
全国高等学校教材
供临床医学、影像医学等专业用

临床超声诊断学

CLINICAL DIAGNOSTIC ULTRASOUND

第2版

主 审	张 运	
主 编	田家玮	姜玉新
副主编	唐 杰	王金锐
	何 文	周晓东

 人民卫生出版社





“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



国家卫生和计划生育委员会“十三五”规划教材

全 国 高 等 学 校 教 材

(第2版)

供临床医学、影像医学等专业用

临床超声诊断学

CLINICAL DIAGNOSTIC ULTRASOUND

主 审 张 运

主 编 田家玮 姜玉新

副主编 唐 杰 王金锐 何 文 周晓东

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

临床超声诊断学/田家玮,姜玉新主编. —2版.

—北京:人民卫生出版社,2016

ISBN 978-7-117-22895-4

I. ①临… II. ①田…②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(2016)第154899号

人卫智网	www.ipmph.com	医学教育、学术、考试、健康, 购书智慧智能综合服务平台
人卫官网	www.pmph.com	人卫官方资讯发布平台

版权所有,侵权必究!

临床超声诊断学

第2版

主 编:田家玮 姜玉新

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:010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷:北京盛通印刷股份有限公司

经 销:新华书店

开 本:850×1168 1/16 印张:28

字 数:828千字

版 次:2010年4月第1版 2016年8月第2版

2016年8月第2版第1次印刷(总第3次印刷)

标准书号:ISBN 978-7-117-22895-4/R·22896

定 价:99.00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市场营销中心联系退换)



编 委 (以姓氏笔画为序)

- 王 浩 (中国医学科学院阜外医院)
王 彬 (北京大学第一医院)
王文平 (复旦大学附属中山医院)
王金锐 (北京大学第三医院)
王建华 (中国人民解放军陆军总医院)
尹立雪 (四川省人民医院)
邓又斌 (华中科技大学同济医学院附属同济医院)
田家玮 (哈尔滨医科大学附属第二医院)
他得安 (复旦大学信息科学与工程学院)
朱天刚 (北京大学人民医院)
任卫东 (中国医科大学附属盛京医院)
许 迪 (南京医科大学第一附属医院)
李建初 (北京协和医院)
杨 军 (中国医科大学附属第一医院)
杨文利 (首都医科大学附属北京同仁医院)
何 文 (首都医科大学附属北京天坛医院)
汪源源 (复旦大学信息科学与工程学院)
秘 书 杜国庆 (哈尔滨医科大学附属第二医院)
张 军 (第四军医大学西京医院)
张 运 (山东大学齐鲁医院)
罗葆明 (中山大学孙逸仙纪念医院)
周晓东 (第四军医大学西京医院)
胡 兵 (上海交通大学附属第六人民医院)
段云友 (第四军医大学唐都医院)
姜玉新 (北京协和医院)
唐 红 (四川大学华西医院)
唐 杰 (中国人民解放军总医院)
黄品同 (浙江大学医学院附属第二医院)
常 才 (复旦大学附属肿瘤医院)
傅先水 (解放军总医院第一附属医院)
舒先红 (复旦大学附属中山医院)
谢红宁 (中山大学附属第一医院)
谢晓燕 (中山大学附属第一医院)
詹维伟 (上海交通大学附属瑞金医院)
薛恩生 (福建医科大学附属协和医院)
戴 晴 (北京协和医院)

前 言



《临床超声诊断学》第1版于2010年公开出版发行以来已经有5个年头了,历经三次印刷,多所院校采用该书作为超声专业教材,已经成为一本畅销教材。2014年12月经过教育部组织专家层层评选,本书被评为教育部“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,批准编写第2版。一年来,经过35名国内著名超声专家的积极努力,与时俱进,几经修改,现在第2版教材终于要呈献给大家了。第2版教材有以下五大特点:一是在编委会组成上又增加了年富力强的中青年专家;二是在内容上进行较多修订,增加了特异性心肌病、淋巴结疾病、甲状腺细针穿刺等新内容;三是结合国际最新指南将公认的临床新技术、新知识充实进来,使本教材具有时新性;四是增加了教材增值版,各位编者将所写内容相关的动态图像及内容作成PPT,同时原书基础上更换和增加了一些新的更加清晰的超声图片和图表;五是增加了课后复习题;六是参考文献进行了更新。

本教材的指导思想仍然是以学生掌握基本知识、基本技能为根本,既突出基本理论,又介绍近年来成熟、公认的新技术和新方法。在内容上力求重点突出,条理清晰,新颖翔实。全书共十章44节,40余万字,附图648幅(模式图36幅,黑白图425幅,彩色图187幅),而且采取图文混排,非常便于学生形象学习和记忆,书后附有超声医学术语中英文对照索引,便于学生查阅和对照。新增加的增值版另附光盘。本书可供高等院校本科生教学使用,尤其是影像专业本科生、研究生及七年制学生,也可作为超声医学工作者和临床相关科室医生的重要参考书。

本书的参编人员来自全国15所大学28家医院的、从事超声医学教学多年、具有丰富临床经验的国内知名专家教授,他们在繁忙的工作之余,利用业余时间完成本书的再版编写工作,在此一并致谢。同时还要感谢在本书的编写过程中提出宝贵修改意见和建议的专家教授们。

本书编写过程虽力求严谨,几易其稿,但由于水平和时间所限,难免存在疏漏之处,敬请广大读者不吝批评指正。

田家玮 姜玉新

2016年2月



目 录

第一章 总论	1
第一节 超声医学发展历史	1
第二节 超声诊断基本物理原理	1
一、超声波的基本概念	1
二、超声换能器及声场特性	3
三、超声波的传播特性	5
四、人体组织的声学参数	5
第三节 多普勒超声物理基础	6
一、多普勒效应基本原理	6
二、多普勒信息的显示	7
三、尼奎斯特极限与频率混叠	7
第四节 超声诊断技术基础	7
一、超声诊断仪的基本构件及其工作流程	7
二、超声诊断仪类型	8
三、超声显像类型	9
第五节 超声临床诊断基础	12
一、超声图像的分辨力	12
二、二维灰阶超声图像分析	12
三、二维灰阶超声图像回声的描述	13
四、多普勒超声图像分析	14
五、超声伪像	14
第六节 超声诊断新技术	16
一、组织多普勒超声成像	16
二、超声造影	16
三、三维超声	16
四、超声斑点跟踪成像	17
五、超声组织弹性成像	17
第七节 超声的生物效应	17
一、超声波对人体的作用机理	17
二、超声声强参数	18
三、超声诊断安全标准	18
第二章 头颈、胸部疾病	20

第一节 颅脑疾病	20
一、解剖概要	20
二、检查适应证	21
三、检查技术	21
四、正常颅脑声像图	22
五、颅脑疾病	24
第二节 眼疾病	30
一、解剖概要	30
二、检查适应证	30
三、检查技术	31
四、正常超声表现	31
五、常见疾病	32
第三节 甲状腺和甲状旁腺	37
一、解剖概要	37
二、检查适应证	38
三、检查技术	38
四、正常超声表现	39
五、常见疾病	40
第四节 涎腺	51
一、解剖概要	51
二、检查适应证	52
三、检查技术	52
四、正常超声表现	52
五、涎腺常见疾病	53
第五节 淋巴结疾病	56
一、颈部淋巴结的分区	57
二、检查方法	57
三、淋巴结的超声评估指标	58
四、正常淋巴结超声解剖	59
五、异常淋巴结	60
六、淋巴结超声检查的新进展	62
第六节 乳腺	63
一、解剖概要	63
二、检查适应证	63
三、检查技术	64
四、正常超声图像	64
五、乳腺良性疾病	65
六、临床价值	74
第三章 心脏疾病	78
第一节 超声心动图总论	78
一、解剖概要	78
二、超声心动图检查适应证	80

三、检查方法	80
四、正常超声心动图	81
第二节 心脏功能测定	93
一、左心室收缩功能测定	93
二、左心室舒张功能	97
三、右心室收缩功能测定	100
四、右心室舒张功能测定	101
第三节 先天性心脏病	102
一、房间隔缺损	102
二、室间隔缺损	106
三、动脉导管未闭	110
四、心内膜垫缺损	112
五、三尖瓣下移畸形	115
六、法洛四联症	118
第四节 心脏瓣膜病	122
一、风湿性二尖瓣狭窄	122
二、二尖瓣关闭不全	128
三、主动脉瓣狭窄	132
四、主动脉瓣关闭不全	140
第五节 心肌病	146
一、扩张型心肌病	146
二、肥厚型心肌病	149
三、限制型心肌病	154
四、致心律失常型右室心肌病	155
五、心肌致密化不全	155
六、特异性心肌病	157
第六节 冠心病	162
一、概述	162
二、超声心动图表现	167
三、鉴别诊断	173
四、临床价值	173
五、展望	173
第七节 主动脉疾病	174
一、主动脉夹层动脉瘤	174
二、主动脉窦瘤破裂	180
第八节 心包疾病	183
一、心包积液	184
二、缩窄性心包炎	186
第九节 心脏肿瘤和血栓	188
一、心脏肿瘤	188
二、心腔血栓	193
第四章 消化系统疾病	197

第一节 肝脏	197
一、解剖概要	197
二、检查适应证	197
三、检查技术	197
四、正常肝脏超声表现及正常测量值	198
五、局灶性肝病	199
六、弥漫性肝病	212
第二节 胆道系统	217
一、解剖概要	217
二、检查适应证	217
三、检查技术	218
四、正常超声表现和正常值	219
五、胆囊疾病	219
六、胆管疾病	228
第三节 胰腺	237
一、解剖概要	237
二、检查适应证	238
三、准备事项及检查方法	238
四、正常超声图像及测值	241
五、常见疾病	242
六、小结	249
第四节 脾脏	249
一、解剖概要	249
二、检查适应证	249
三、检查技术	250
四、正常超声表现和正常值	250
五、常见疾病	251
第五节 胃肠	257
一、解剖概要	257
二、检查适应证	257
三、检查技术	258
四、正常超声表现	259
五、常见疾病	261
六、小结	271
第五章 泌尿生殖系统疾病	272
第一节 肾脏、输尿管和膀胱	272
一、解剖概要	272
二、检查适应证	273
三、检查前准备	274
四、正常超声表现	274
五、肾脏常见疾病	275
六、输尿管疾病	285

七、膀胱疾病·····	287
第二节 男性生殖系统·····	289
一、前列腺·····	289
二、阴囊和睾丸系统疾病·····	296
第六章 妇产系统疾病·····	307
第一节 妇科·····	307
一、解剖概要·····	307
二、检查适应证·····	308
三、检查技术·····	308
四、正常声像图表现·····	309
五、常见疾病·····	310
第二节 产科·····	324
一、概述·····	324
二、产前超声检查适应证·····	324
三、产前超声检查时机·····	325
四、产科超声检查技术·····	325
五、产科超声检查内容·····	326
六、产科超声图表现·····	327
七、异常妊娠·····	333
八、滋养细胞疾病·····	338
九、胎儿畸形的超声诊断·····	340
十、双胎妊娠胎儿畸形·····	351
第七章 腹壁、腹腔及腹膜后肿物·····	355
第一节 腹壁疾病·····	355
一、前言·····	355
二、解剖概要·····	355
三、检查适应证·····	355
四、检查技术·····	356
五、正常超声表现·····	356
六、常见疾病·····	356
七、小结·····	358
第二节 腹腔疾病·····	358
一、前言·····	358
二、解剖概要·····	359
三、检查适应证·····	360
四、检查技术·····	360
五、正常超声表现·····	360
六、常见疾病·····	360
七、小结·····	362
第三节 腹膜后肿瘤·····	362
一、前言·····	362

二、解剖概要	362
三、检查技术	363
四、正常超声表现	363
五、常见疾病	363
六、小结	366
第八章 肌肉骨骼疾病	367
第一节 肌肉	367
一、肌肉解剖及构成	367
二、检查适应证	367
三、检查技术	367
四、正常超声表现	367
五、肌肉损伤	368
第二节 肌腱	369
一、概要	369
二、检查适应证	369
三、检查技术	369
四、肌腱正常超声表现	370
五、常见肌腱损伤	370
第三节 韧带	373
一、解剖、适应证及检查技术	373
二、正常超声表现	373
三、常见韧带损伤	373
第四节 滑囊	374
一、解剖概要	374
二、检查技术	375
三、正常超声表现	375
四、常见滑囊病变	375
第五节 骨骼、软骨及关节滑膜	377
一、正常骨骼、软骨超声表现	377
二、骨骼损伤	377
三、关节软骨损伤	379
四、关节周围滑膜增生	379
第九章 血管疾病	381
第一节 颈部血管疾病	381
一、解剖概要	381
二、检查适应证	381
三、检查技术	382
四、正常超声表现	382
五、颈内静脉正常超声表现	384
六、常见疾病	385
第二节 四肢血管疾病	393

一、四肢动脉	393
二、四肢静脉	397
三、临床价值与存在问题	403
第三节 腹部大血管疾病	403
一、腹主动脉	403
二、下腔静脉	408
第十章 介入性超声	412
第一节 总论	412
一、适应证	412
二、介入超声器械	413
三、介入超声的基本原则	413
四、操作技术	414
五、超声引导穿刺细胞学检查和组织学活检	415
六、并发症	416
七、穿刺操作后的护理与随访	417
第二节 临床应用	417
一、超声引导细针抽取细胞学检查和穿刺组织学活检	417
二、含液病变的穿刺抽吸和置管引流	417
三、超声引导经皮肝穿刺胆管造影术和置管引流术	418
四、经皮肾造瘘术	419
五、超声引导物理或化学消融	419
六、术中超声	419
七、腔镜超声	419
八、介入性超声在产科的应用	420
九、甲状腺细针穿刺细胞学诊断	421
参考文献	426
索引	429



第一章 总 论

超声医学是研究超声波与人体组织相互作用的现象和规律,并运用于医学目的的一门交叉学科,涉及物理、生物、医学、电子、计算机、机械、材料等学科。超声诊断是超声医学的最重要组成部分,它是利用人体不同类型组织之间、病理或损伤组织与正常组织之间的声学特性差异,以图像、图形、数字、声音等形式予以显示,并对疾病的有无、性质、程度做出判断的过程和行为。本章扼要介绍超声诊断的物理基础,包括超声医学发展历史、超声和多普勒的基本物理原理、超声诊断技术、超声临床诊断基础、超声诊断的新技术以及超声的生物效应等。

第一节 超声医学发展历史

1880年法国物理学家居里发现的压电效应是现代超声技术的起点,而超声技术渗透到医学领域始于20世纪30至40年代。超声诊断始于1949年,Dussik将脉冲超声波用于脑部疾病的诊断;Wild用超声波检测离体脏器的厚度,属于最初的A型(amplitude mode)超声诊断技术。此后,A型超声诊断仪在临床上得到了广泛地应用。20世纪50年代,Wild和Reid研制出手动接触式二维灰阶扫描仪;里村茂夫将多普勒(Doppler)效应引入超声医学;Edler与Hertz应用M型(motion mode)超声显示心壁的运动。60年代末,Bom研制了诊断脏器的电子线阵二维灰阶扫描实时成像系统。此后,二维灰阶成像技术发展迅速,在临床诊断中占据了十分重要的地位。70年代初出现了可在二维图像上选定部位测量血流频谱的脉冲多普勒技术。80年代初彩色血流成像技术问世。将彩色血流信号叠加于二维声像图上,不但可以直观显示心脏、血管内的血流方向和速度,而且使多普勒频谱的取样快速便捷,超声诊断的方法更加丰富。90年代以后出现了腔内超声、超声造影、三维超声和谐波超声等成像技术,使超声医学发展到了一个新的高度。

近10年来,由于计算机容量的扩大和功能的增强,数字化技术的引入,以及各种信号处理、图像处理和控制技术的应用,医学超声成像的新技术、新设备、新方法层出不穷,图像质量越来越高,信息量越来越大。当前超声诊断已从单一器官扩大到全身,从静态到动态,从定性到定量,从模拟到全数字化,从单参数到多参数,从黑白到彩色,从二维到三维显示,大大扩充了超声诊断的范围,提高了诊断的特异性和信息量。

第二节 超声诊断基本物理原理

一、超声波的基本概念

(一) 超声波的概念

人类是通过耳朵的听觉感知声音的,这一部分声波称为可听声,高于或低于这一频段的声波是听

不到的。其中,频率高于可听声上限的声波称为超声波,该上限是一种统计结果,一般认为在 16 ~ 20kHz 之间。

声波是由于弹性媒质质点受到机械力的作用而发生周期振动并向四周传播而产生的,属于机械波。产生振动的声源和传播声波的媒质是两个最基本的要素。

产生超声波的振动声源为超声换能器(或称超声探头),当超声换能器产生振动时,引起其接触的人体皮肤、脂肪及内脏的振动,这样超声波能量就进入人体。因此,获得超声波的条件是具有做机械振动的波源(超声换能器)和能传播这种振动的弹性介质。固体、流体、气体都是弹性介质,都可以传播超声波,真空中没有介质存在,所以不能传播超声波。

(二) 超声波的分类

1. 按发射超声波的类型分类 声源连续振动时产生的超声波为连续波,短促振动时产生的超声波为脉冲波。在目前的临床实践中,连续波仅在胎儿心率仪和连续波频谱多普勒血流仪中应用,A型、M型、二维灰阶、脉冲波频谱多普勒及彩色血流成像中,采用的都是脉冲波。

2. 按质点振动方向和波传播方向的关系分类 波动只是振动状态的传播,媒质的质点并不随着波前进。波的传播方向与质点振动方向可以有不同的组合。波的传播方向与质点振动方向垂直的波称为横波(或剪切波),波的传播方向与质点振动方向平行的波称为纵波。

纵波能够在固体、液体、气体、凝胶体和人体软组织等各种媒质中传播,横波能够在固体、凝胶体和人体软组织中传播,而不能在液体和气体中传播。迄今为止,超声医学的诊断、治疗活动利用的都是纵波。与纵波相比,人体组织中的横波速度要慢得多,衰减要快得多,但并非毫无用途。比如,在作为超声医学最新进展之一的弹性成像中,就包括横波的应用。

3. 按波阵面的形状分类 波从波源出发,在媒质中向各个方向传播。在某一时刻媒质中相位相同的各点组成的面为波面。显然波面有无数个,最前面的一个波面也就是波源最初振动状态传播的各点组成的面,通常又叫波阵面。波面的形状决定了波的类型,波面为平面的波称为平面波,波面为同心球面的波称为球面波,波面为同轴柱面的波称为柱面波。

(三) 超声波的基本物理量

超声波有三个基本物理量,即声速、波长和频率。

1. 传播速度 单位时间内声波在媒质中传播的距离称为声波的传播速度,简称声速,单位为米/秒(m/s)。

声波的传播过程实质上是声能量的传递过程,其速度依赖于媒质的密度、弹性模量和波动的类型。在固体、液体和气体三大类媒质中,除个别的交叉外,总的趋势是固体中声速最高,液体中次之,气体中最低。人体软组织虽然从生物医学角度分多种多样,但声速并无太大差异,国际公认的平均值为 1540m/s,也是迄今为止各种医用超声仪器设计、制造的基本假设之一。各种软组织的声速大概有 5% 左右的差异。一般而言,固体物含量高者声速高;含纤维组织(主要为胶原纤维)高者声速较高;含水量较高的软组织声速较低;液体中声速更低。

2. 周期、频率、波长 媒质中的质点在平衡位置往返振动一次所需要的时间称为周期,单位是秒(s);单位时间内质点振动的次数称为频率,单位为赫兹(Hz)。声波的频率和周期互为倒数关系。一个周期内声波传播的距离就是一个波长,如图 1-1 所示。

因为质点每振动一次声波将前进一个波长 λ 的距离,质点在单位时间内振动次数为

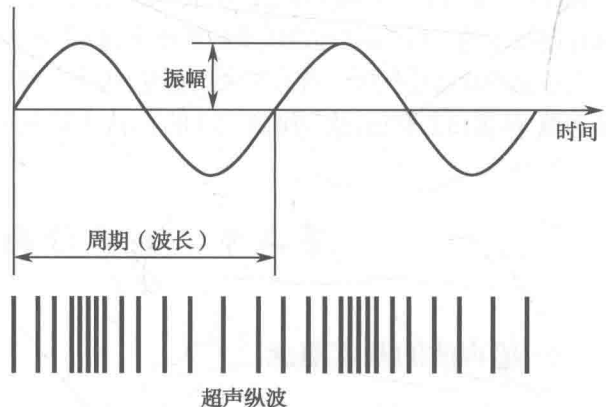


图 1-1 超声波的物理特性

f ,也就是说单位时间内波前进了 λf 的距离,而根据声速的定义,单位时间内波前进的距离就是声速 c ,因此声速(c)与声波的波长(λ)和频率(f)的关系为:

$$c = \lambda \cdot f \quad (1-1)$$

目前医学诊断中常用的频率范围为 2.5MHz 到 20MHz,在人体软组织中传播的超声波的波长约为 0.6mm 到 0.075mm。

频率和波长在超声成像中是两个极为重要的参数,波长决定了成像的极限分辨力,而频率则决定了可成像的组织深度。

3. 声特性阻抗 声特性阻抗是声波在介质中传播的一个十分重要的参量,它和声波的传播过程有着很大的关系。实质上,超声诊断技术的应用都和声特性阻抗有关。按照严格的物理定义,声特性阻抗是平面自由行波在媒质中某一点的声压与质点速度的比值。声特性阻抗 z 在数值上等于媒质的密度 ρ 和其中声速 c 的乘积:

$$z = \rho \cdot c \quad (1-2)$$

当考虑媒质中的衰减时,声特性阻抗是一个与频率有关的复数,但对人体软组织等衰减不高的媒质,采用密度与声速的乘积并不会造成明显的误差。需要注意的是,当密度以千克/立方米(kg/m^3)为单位,声速以米/秒(m/s)为单位时,声特性阻抗的法制计量单位为帕·秒/米($\text{Pa} \cdot \text{s}/\text{m}$)。

4. 声衰减系数 声波在媒质中传播的过程中,由于声能损失(吸收)和(或)方向歧异(散射)导致强度逐渐减弱的现象称为衰减。沿声传播方向单位距离上的声衰减称为衰减系数。如声波在 A 点的声压为 p_a ,在其之后 B 点的声压为 p_b ,A、B 两点间距离为 d ,则声衰减系数 α 为:

$$\alpha = \frac{1}{d} \left[20 \log \frac{p_a}{p_b} \right] \quad (1-3)$$

在式(1-3)中,log 是十进对数符号,两个声压的比值是无量纲的,如距离的单位为 cm(厘米),则声衰减系数的单位为 dB/cm(分贝/厘米)。在人体组织中,吸收和散射都是超声衰减的重要原因,故其声衰减系数 α 是由吸收衰减 α_a 和散射衰减 α_s 两部分构成,即:

$$\alpha = \alpha_a + \alpha_s \quad (1-4)$$

5. 声强和声压 声压是指媒质中有声波传播时的压强与没有声波传播时的静压强之差。

一般,声强 I 和声压 p 、特性阻抗 z 之间存在以下关系:

$$I = p^2 / z \quad (1-5)$$

声强和声压可以描述声波在媒质中传播的强弱。当声波在媒质中传播时,声波的能量也从媒质中的一个体积元通过邻近的体积元向远处传播。我们把单位时间内通过垂直于声波传播方向单位面积的能量称为能流密度,也称为波的强度,即声强,单位为瓦/平方厘米(W/cm^2)。声强也定义为单位面积上发出或辐照的声功率。

当声源尺寸远小于波长,可以视为点声源时,声束横截面积是逐渐增大的,声压和声强将随传播的距离而减小。对于平面波,波阵面彼此平行且面积不变,不存在因声束横截面扩展引起的声压、声强减小现象。

二、超声换能器及声场特性

(一) 压电效应

某些电介质(如晶体、陶瓷、高分子聚合物等)在其适当方向施加作用力时,在电介质的相对两表面上会出现与外力成正比的符号相反的束缚电荷,这种由于外力作用使电介质带电的现象叫做正压电效应。相反地,若在电介质上加一外电场,电介质会产生与外加电场强度成正比的应变现象,这一

现象称为逆压电效应。

(二) 超声换能器

超声换能器是超声医学设备必备的主要部件之一,其作用是发生和接收超声波。超声换能器是指在超声频段内,能够将电能转换为机械能(声能)和(或)将机械能(声能)转换为电能的器件。在超声医学工程和临床中,用得更多的术语是“探头”。在复杂情况下,超声探头是由外壳、超声换能器、相关的电路(如前置放大器)、外壳中充装的液体、连接探头与主机的一体化电缆等的组合;在简单情况下,探头中只有超声换能器。目前临床所用的超声探头,采用的几乎都是压电陶瓷换能元件,而采用非压电元件的电容式微型制造超声换能器还处在研究试验阶段。

在临床所用的超声探头中,换能器部分除压电陶瓷换能元件外,还包括背衬、声阻抗匹配层和声透镜。背衬指加在压电元件背面的阻尼材料,其作用除用以缩短压电元件的余响外,还是被切割成数十至上百阵元的压电元件的结构依托。匹配层的作用在高阻抗的压电陶瓷材料与低阻抗的人体组织之间起阻抗过渡作用,以提高发射-接收灵敏度并缩短脉冲宽度。声透镜的作用是在与声束扫描方向垂直的方向(俯仰方向)上实现声束的几何聚焦。

对于超声诊断仪器来说,超声换能器的性能对诊断的质量有着十分重要的影响。为了利用超声设备准确而灵敏地诊断疾病,医用的超声换能器应有较高的灵敏度、信噪比、纵向和横向的分辨力。

依据超声换能器发射超声波的频率范围及其中心频率的个数,通常将超声换能器分为:单频探头、变频探头和宽频探头。在临床实践中,依据探头的外形、阵元的排列方式和激励方式以及不同的使用目的和频率范围,又将其分为:

1. 凸阵探头 应用于腹部器官和妇产科检查;
2. 线阵探头 应用于外周血管和浅表器官检查;
3. 相控阵探头 应用于心脏和颅脑检查。

依据超声探头扫描的部位,探头又分为:体表探头、腔内探头(经食管、经阴道或直肠)、介入性的胸腔内探头和血管内探头。

(三) 超声换能器的声场特性

媒质中有声波存在的区域称为声场。

非聚焦换能器的声场可划分为近场(fresnel zone, near zone, NZ)和远场(fraunhofer zone, far zone, FZ)两段,近场中声压与质点速度不同相,远场中声压与质点速度同相。如图 1-2 所示,近场区声压和声强无规则地剧烈起伏,将影响超声诊断的准确性,不能用于诊断,是超声诊断中的一个盲区。而远场区声束横截面严重发散,难以取得高信噪比和清晰图像,只有中间一段“自然焦区”较有价值。

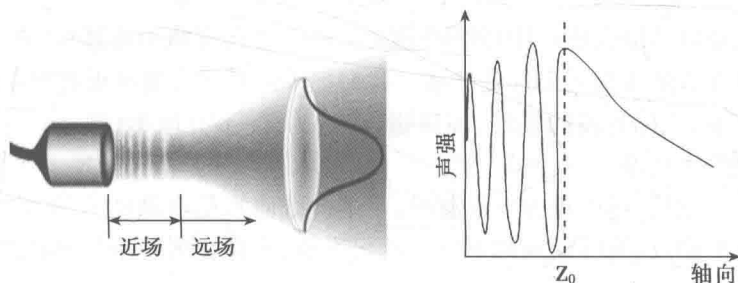


图 1-2 圆形换能器的轴向声强分布

使声束变细,从而提高诊断仪器空间分辨力的最有效办法是聚焦。其中,沿声束扫描方向均采用电子聚焦,与声束扫描平面垂直的方向(俯仰方向)绝大部分采用声透镜聚焦,只有近年出现的“多维探头”在俯仰方向采用了电子聚焦。

三、超声波的传播特性

超声波在人体组织中的传播特性实际上是指超声波和人体组织相互作用的规律,这些相互作用包括与组织特性阻抗和声速有关的超声波的反射、折射、散射和衰减。

(一) 超声波的反射和折射

两种声特性阻抗不同的媒质相接触处称界面。大、小界面是一个相对的概念,是与入射声束的波长相比较来确定的,界面小于波长者称为小界面,界面大于波长者称为大界面。超声波在人体组织中的传播特性与组织的特性阻抗和组织界面的大小有直接关系。

在大界面的情况下,当声波从一种特性阻抗的组织进入另一种不同特性阻抗的组织(或同一组织特性阻抗不同的两个区域)时,有一部分能量被界面反射回来,而其余的能量则进入界面另一侧的组织中,即声波的折射。

两种组织的特性阻抗相差越大,则反射越强。同时由于能量守恒,入射波的能量总等于反射波的能量和折射波的能量之和。如反射越强时,进入第二种组织的折射波的能量将越小。只要声阻抗差值大于1%时,就会产生反射回波,所以超声波对人体软组织具有很高的分辨力。

被界面反射的声波给我们带回来了界面位置和形状等重要信息,使人们可以利用这些信息进行超声波的诊断。而透射进去的那一部分声波,将在第二种媒质中继续传播,探索更深处组织的情况。

(二) 超声波的散射

当组织界面(或组织中的微小粒子)的尺寸与声波长相当或小于波长时,声波将向各个方向散射。它是超声波在人体组织传播中最重要、最普遍和最基本的现象。当散射的方向为入射波的反方向时,这种散射称为超声波的背向散射。

散射体的性质、几何形状不同时,声波散射的情况也不同。一般来说,散射体的尺寸越大,频率越高,则散射也就越强。

(三) 超声波的绕射

当障碍物直径等于或小于声波长的一半时,超声绕过该障碍物而继续前进的现象称为绕射(又称衍射),它与障碍物的大小、声波波长等有关。邻近超声束边缘的物体,虽然没有阻碍超声的传播,但会使一部分声波偏离原来的传播方向,沿其边缘绕行,绕过物体后又以接近原来的方向传播。绕射现象可导致某些被测体后方声影抵消。

(四) 超声波的衰减

超声波在组织中传播时,其强度随传播距离的增大而减小,这种现象称为声波的衰减。人体组织的衰减机理比较复杂,主要原因有:第一,软组织的声吸收所造成的声能转化为其他形式的能量,主要是热能,从而引起声波的衰减。第二,组织的非均匀性造成的声波的反射和散射,在声特性阻抗差异大的界面反射很强烈,因而透射波的声强将大大减小;另一方面,即使在界面两边特性阻抗相差不大的情况下,组织的非均匀性也会引起声波的反射和散射使得按原来方向传播的声波的声束强度逐渐减弱。第三,声波传播过程中声束的逐步扩散,从而引起声束截面积的逐渐增大,导致了声强的减弱。

在超声诊断的频率范围内,人体软组织的声衰减系数大多与频率呈正比。但血液和骨组织的声衰减系数和频率不是线性关系,血液的声衰减系数比一般软组织小,而骨组织的声衰减系数比一般软组织大很多。

四、人体组织的声学参数

作为概括,(表1-1)列出了人体组织的一些声学参数。