

高等医药院校规划教材

供医学影像技术专业使用

超声诊断学

主 编 刘玉森



科学出版社

高等医药院校规划教材

供医学影像技术专业使用

超声诊断学

主 编 刘玉森

副主编 李 拓 李敬哲

编 委 (按姓氏汉语拼音排序)

董建党 商丘市第一人民医院

黄晓云 曲靖医学高等专科学校

贾咏梅 襄阳市中心医院

李 拓 南阳医学高等专科学校

李敬哲 鹤壁职业技术学院

李素和 鄂尔多斯应用技术学院

刘玉森 南阳医学高等专科学校第一附属医院

于新设 辽宁医药职业学院

张玉艳 漯河医学高等专科学校第三附属医院

周玫娟 商丘医学高等专科学校

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本教材系统介绍了超声诊断学在现代医学领域的价值。教材围绕腹部脏器、心血管、小器官、肌肉骨骼，妇科、产科及超声新技术等进行阐述，涵盖了超声基础原理、检查方法、典型病例、鉴别诊断等方面。本教材参考学时为 90 学时，理论与实践比为 1.6 : 1，各学校可根据教学计划适当调整。

本教材可供医学影像技术及相关专业学生使用，也可作为影像从业人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

超声诊断学 / 刘玉森主编. —北京: 科学出版社, 2019.1

高等医药院校规划教材

ISBN 978-7-03-059761-8

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 276041 号

责任编辑: 邱 波 魏亚萌 孙岩岩 / 责任校对: 张凤琴

责任印制: 徐晓晨 / 封面设计: 赵立民

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京虎彩文化传播有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019 年 1 月第 一 版 开本: 889×1194 1/16

2019 年 1 月第一次印刷 印张: 18 3/4 插页: 6

字数: 443 000

定价: 89.80 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

为贯彻《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》《高等职业教育创新发展行动计划（2015—2018年）》等文件精神，落实教育部最新《高等职业学校专业教学标准（试行）》要求的课程建设工作，满足院校不断增长的对教育数字化转型的改革需求，契合高等职业院校教学资源共建、共享的发展需要，科学出版社组织编写了此套教材。

《超声诊断学》在编写过程中努力体现职业教育的特点，关注现代科学发展的前沿知识，注重实践技能。本教材参考和借鉴了各层次超声诊断专业的书籍，剔除了过时的理论，力求精简，能够反映现代超声诊断的水平。编写时根据超声诊断学教学大纲，参考国内外最新的行业规范和指南，系统介绍了超声诊断学在现代医学领域的价值，内容涵盖超声基础原理、检查方法、典型病例、鉴别诊断等；范围包括腹部脏器、心血管、小器官、肌肉骨骼，妇科、产科及超声新技术等。并参考卫生健康委人才交流服务中心组织编写的《全国医用设备使用人员业务能力考评彩色多普勒超声诊断及诊断技术专业考试大纲（CDFI 医师、技师）》，使教材与考试内容保持一致性，更符合社会需要，更实用。

由于编者编写水平有限，加之时间仓促，缺点和不足在所难免，恳请使用本教材的广大师生和同仁们批评指正。

编 者

2018年3月

目 录

CONTENTS

第一章 绪论 / 1

- 第一节 超声诊断学的内容与特点 / 1
- 第二节 超声诊断发展简史 / 2
- 第三节 超声诊断学习指导 / 3

第二章 超声诊断的物理基础和原理 / 5

- 第一节 超声成像的物理基础 / 5
- 第二节 人体组织对超声的作用 / 7
- 第三节 超声对人体组织的作用 / 9
- 第四节 超声显示方式及其意义 / 10
- 第五节 超声伪差 / 13

第三章 多普勒血液成像技术 / 18

- 第一节 多普勒效应 / 18
- 第二节 脉冲多普勒 / 19
- 第三节 连续多普勒 / 20
- 第四节 高脉冲重复频率多普勒 / 20
- 第五节 彩色多普勒显示方式 / 20
- 第六节 彩色多普勒技术使用要点 / 21
- 第七节 正常多普勒血流特征 / 22

第四章 腹部超声诊断基础 / 24

- 第一节 超声诊断仪的使用 / 24
- 第二节 超声探测的方法 / 26
- 第三节 超声回声的描述与声像图分析 / 32
- 第四节 超声检查报告规范 / 36

第五章 肝脏超声 / 38

- 第一节 肝脏超声解剖 / 38
- 第二节 肝脏超声检查技术和正常声像图 / 39
- 第三节 肝脏占位性病变 / 41
- 第四节 肝脏弥漫性病变 / 49

第六章 胆道超声 / 54

- 第一节 胆道系统超声解剖 / 54
- 第二节 胆道系统超声检查技术和正常声像图 / 55

第三节 胆囊疾病 / 57

第四节 胆管疾病 / 62

第七章 胰腺超声 / 68

- 第一节 胰腺解剖概要 / 68
- 第二节 胰腺检查方法和正常声像图 / 68
- 第三节 胰腺疾病 / 70

第八章 脾脏超声 / 76

- 第一节 脾脏超声解剖 / 76
- 第二节 脾脏超声检查技术和正常声像图 / 76
- 第三节 脾脏疾病 / 78

第九章 胃肠超声 / 83

- 第一节 胃肠的超声解剖 / 83
- 第二节 胃肠超声检查技术和正常声像图 / 85
- 第三节 胃部疾病 / 87
- 第四节 肠道疾病 / 92

第十章 泌尿系统超声 / 98

- 第一节 泌尿系统解剖 / 98
- 第二节 肾脏超声检查技术和正常声像图 / 100
- 第三节 肾脏疾病 / 102
- 第四节 输尿管超声 / 110
- 第五节 膀胱超声 / 112

第十一章 男性生殖系统超声 / 118

- 第一节 男性生殖系统解剖 / 118
- 第二节 前列腺超声 / 119
- 第三节 阴囊、睾丸超声 / 122

第十二章 腹膜后间隙、肾上腺超声 / 128

- 第一节 腹膜后间隙超声 / 128
- 第二节 肾上腺超声 / 133

第十三章 妇科超声 / 138

- 第一节 盆腔器官超声解剖 / 138
- 第二节 盆腔器官超声检查方法和正常声像图 / 140
- 第三节 子宫疾病 / 143
- 第四节 卵巢囊性肿瘤 / 150
- 第五节 卵巢实质性肿瘤 / 154
- 第六节 盆腔炎性肿块 / 156

第十四章 产科超声 / 158

- 第一节 常规产前超声检查方法 / 158
- 第二节 正常妊娠声像图 / 159
- 第三节 胎儿生长发育的监测 / 164
- 第四节 异常妊娠超声 / 168
- 第五节 妊娠滋养细胞疾病 / 173
- 第六节 胎盘、脐带异常 / 175
- 第七节 胎儿先天性畸形 / 178

第十五章 正常心脏超声 / 184

- 第一节 心脏解剖概要 / 184
- 第二节 心脏超声检查概述 / 186
- 第三节 二维超声心动图 / 187
- 第四节 M 型超声心动图 / 190
- 第五节 多普勒超声心动图 / 192
- 第六节 心脏功能的测定 / 194

第十六章 心脏疾病超声 / 198

- 第一节 心脏瓣膜病 / 198
- 第二节 先天性心脏病 / 203
- 第三节 原发性心肌病 / 209
- 第四节 冠状动脉粥样硬化性心脏病 / 212
- 第五节 高血压性心脏病 / 214
- 第六节 心脏黏液瘤 / 215
- 第七节 心包积液 / 216

第十七章 血管超声 / 219

- 第一节 颈部血管 / 219
- 第二节 四肢血管 / 226
- 第三节 腹部血管 / 232

第十八章 浅表器官超声 / 242

- 第一节 眼部超声 / 242

第二节 甲状腺超声 / 248

第三节 乳腺超声 / 255

第四节 浅表淋巴结超声 / 259

第十九章 肌肉、骨骼系统超声 / 264

- 第一节 肌肉、骨骼系统超声解剖 / 264
- 第二节 肌肉、骨骼系统超声检查方法 / 264
- 第三节 正常肌肉、骨骼系统声像图 / 265
- 第四节 肌肉、骨骼系统常见疾病 / 266

实训指导 / 273

- 实训一 超声诊断仪的使用 / 273
- 实训二 肝脏超声检查方法及测量 / 274
- 实训三 肝脏基本声像图观察与分析 / 275
- 实训四 胆道超声检查 / 276
- 实训五 胰腺超声检查 / 277
- 实训六 脾脏超声检查 / 278
- 实训七 胃肠超声检查 / 279
- 实训八 泌尿系统超声检查 / 280
- 实训九 男性生殖系统超声检查 / 281
- 实训十 腹膜后间隙、肾上腺超声检查 / 281
- 实训十一 子宫及附件超声检查 / 283
- 实训十二 产科超声检查 / 284
- 实训十三 正常心脏超声检查 / 284
- 实训十四 心脏常见疾病超声检查 / 285
- 实训十五 血管超声检查 / 287
- 实训十六 浅表器官超声检查 / 288
- 实训十七 肌肉、骨骼超声检查 / 289

参考文献 / 291

彩图

第一章 绪 论

学习目标

1. 掌握：超声诊断的临床应用价值。
2. 熟悉：超声诊断学的内容。
3. 了解：超声医学的发展简史。

超声医学是近半个世纪发展最为迅速的一门医学影像学分支，它以处理超声波在人体内所产生的各种回声信息为基础，结合人体组织器官的解剖、生理、病理特征和临床医学基础知识，观察人体组织、器官形态和功能变化，并分析、归纳，探讨疾病的发生发展规律，从而达到诊断疾病的目的。

第一节 超声诊断学的内容与特点

超声诊断学的应用领域很广，检查范围已从早期的腹部脏器和心脏扩展到全身各个脏器和组织。根据中华医学会超声医学分会和中国医师协会超声医师分会的专业划分，目前超声医学专业大致可分为5个亚专业领域，包括腹部、心脏、妇产、浅表脏器和介入学组。其中浅表脏器学组的内容较宽泛，包括乳腺、甲状腺、血管、肌骨、神经、眼、淋巴结和男性外生殖器等。

一 超声诊断学的主要内容

1. 解剖学检查 二维和三维超声检查可清晰地显示脏器的位置、形态和断层解剖结构图像，同时可以显示病变组织的位置、病灶的数量、回声的高低程度、几何形态、有无包膜等声学特点，还可以通过变换体位动态观察病变情况，判断其有无活动度及其与邻近组织的关系。

2. 血流动力学检查 应用多普勒技术动态显示心脏和血管内血液的流动状态，可以判断血流的方向和性质，定量测量血流动力学指标，如血流速度、跨瓣压差、加速时间等，在评估心血管内狭窄性病变、反流性病变和分流性病变方面发挥着重要作用。此外，最新的超声造影技术还可用于实时观测组织内的微循环变化，显示微循环的分布、数量及实时流动过程。

3. 功能性检查 结合应用二维和多普勒超声，可以对特定脏器和结构进行功能性测量。主要应用于心脏的收缩和舒张功能的评估，其他还包括胆囊收缩功能和胃、膀胱排空功能等的评估。

4. 介入性超声 是指以临床诊断和（或）治疗为目的的有介入性质的超声应用，包括超声监视下或引导下完成的各种穿刺活检、药物治疗和物理治疗，也包括术中超声、经阴道的腔内超声检查、经食管超声检查、经直肠超声检查和经血管内超声检查等。

(一) 超声诊断的特点

1. 无放射性损伤, 可视, 为无创伤性检查方法, 临床应用一般不受限制。
2. 准确性, 超声解剖与人体解剖结构一致, 且二维切面图像质量高, 现代高端仪器可检测出毫米级病灶; 多普勒超声可探测小于 10cm/s 的低速血流和大于 5m/s 的高速血流。
3. 实时动态性, 更符合人体的生理特性。
4. 便捷性, 所占空间小, 可移动, 可携带, 适用于床旁危重患者和突发事件。
5. 经济性, 费用较低, 受检者易接受。
6. 及时报告结果, 如需要可短时间内重复检查。
7. 检查时与受检者面对面, 可及时了解患者信息, 有助于正确诊断。

(二) 超声诊断的局限性

1. 超声难以透过骨骼和含气组织, 限制其应用范围; 病变与脏器界面之间声阻抗差较小时, 图像显示缺乏特征, 容易漏诊。
2. 脉冲多普勒超声受到脉冲重复频率的限制, 对高速血流的检测容易产生混叠现象; 连续多普勒超声缺乏距离分辨力, 难以定位。
3. 超声成像中伪差较多, 显示范围较小, 整体观不如计算机断层扫描 (CT)、磁共振成像 (MRI)。
4. 超声诊断有高度的操作者和仪器依赖性, 探测操作流程不一, 超声医生的诊断能力差异较大, 仪器质量对诊断有较大的影响。

第二节 超声诊断发展简史

最早将超声波技术应用于医学领域是在 20 世纪 40 年代, 至今已有 70 余年的历史, 主要经历了 A 型和 M 型超声阶段、二维或灰阶超声阶段、多普勒超声阶段和新技术发展与应用阶段。超声诊断技术的发展主要依赖于探头技术和信号处理技术的不断发展, 受益于 20 世纪 80 年代后信息技术的革命和不断创新。

1942 年, 奥地利科学家 Dussik 首先采用 A 型超声装置, 以穿透式超声探测脑肿瘤, 开创了超声诊断的先河。

1951 年英国 Wild 和 Reid 发展应用 A 型超声来区别人体正常组织与疾病组织, 获得了肿瘤、乳腺癌的反射波回声图像。

1954 年英国教授 Donald 等首次将超声技术用于妇产科, 随后开始腹部器官的超声检查。

1965 年 Lallagen 首先应用 Doppler 法检测胎心及某些血管疾病。

1973 年荷兰 Bon 首先报道实时超声显像仪, 它是最早真正用于检查诊断心脏病的实时超声显像仪。

20 世纪 70 年代脉冲多普勒与二维超声结合成双功能超声显像, 能选择性获得取样部位的血流频谱。

20 世纪 80 年代以来, 超声诊断技术不断发展, 应用数学扫描转换成像技术, 图像的清晰度和分辨率进一步提高。脉冲与连续频谱多普勒联合应用, 进一步提高了诊断的准确性。彩色多普勒技术能实时地获取正常及异常血流的直观图像, 它的兴起不仅在诊断心脏瓣膜疾病与先天性心脏疾病方面显示了独特的优越性, 而且可以用于检测大血管、周围血管与脏器血管的病理改变, 在临床上具有重要的意义。

1992 年 McDicken 等率先提出多普勒组织成像技术, 随后此技术被广泛应用于临床分析心肌活动的功能, 为临床心脏疾病的诊断与治疗提供了一种安全简便、无创的检测手段。

三维超声技术在 20 世纪 90 年代开始成熟, 近几年发展较快, 在很多应用领域表现出了优于传统二维超声的特性。它主要是通过计算机将所获得的一系列二维图像进行三维重建, 构成三维超声图像。

链接

三 维 超 声

超声医学影像技术作为医学影像学的一门新兴学科,经历了A超、M超、B超、彩色多普勒超声几个阶段。三维超声成像技术的研究始于20世纪70年代,由于其成像过程慢和使用复杂限制了在临床上的使用。近年来随着计算机技术的飞速发展,三维超声成像取得长足进步,已经进入临床应用阶段。

三维超声的显示方法分为:①表面成像,主要显示感兴趣结构的立体形态、表面特征及空间关系。②透明成像,主要显示实质脏器内部结构的三维成像,如血流分布情况等。

三维超声成像技术与传统二维超声成像相比,具有明显的优势:首先,三维超声成像技术能直接显示脏器的三维解剖结构;其次,还可对三维成像的结果进行重新断层分层,能从传统成像方式无法实现的角度进行观察;最后,还可对生理参数进行精确测量,对病变位置精确定位。因此,近几年来三维超声成像在医学成像领域备受关注。

近年来,随着科学技术的不断发展,很多高新技术,如介入超声、超声造影、谐波成像、心内超声成像等不断发展,并逐步在临床上得到了应用,超声诊断学的内容、方法和作用也在不断增加和提高,早已不再局限于单纯的形态学诊断,而是在其基础上更多地进行功能研究和分子水平的研究,同时也将在疾病的分子生物学治疗方面开辟更广阔的领域。毋庸置疑,超声诊断学有着可持续发展的美好前景。

第三节 超声诊断学习指导

本书是供医学影像技术专业和临床医学专业学生学习的超声诊断学教材。本课程的主要任务是学习超声诊断学的基础和原理,掌握超声检查的常用方法和技巧,依照人体器官的解剖特点掌握脏器正常声像图,并能够依据临床表现结合声像图特点进行常见疾病的系统分析,作出准确诊断,完成诊断报告的规范化书写。

超声诊断学学习的指导思想:

1. 坚持理论与实践相结合的原则 首先要掌握扎实的专业技术知识,在学习过程中要经常复习和密切联系影像解剖学、病理学等医学基础课程,掌握身体各部、各不同切面包含的脏器及其相互关系;各脏器各切面的正常声像图规律;各种常见病的病理组织形态方面的改变及其在声像图上的特征性表现。在基础专业理论知识学习的同时,还应注重基本技能的实践与训练。临床超声诊断的正确性和有效性很大程度上取决于技术人员的操作水平,实践出真知,通过体模及同学之间的上机操作,学习掌握超声扫查的基本技能;熟悉各脏器的标准切面;并对多发、常见病种可简单做出检查和诊断。

2. 坚持超声与临床相结合的原则 超声诊断学既是医学影像学的一个分支,亦是临床诊断的一部分,而临床医学诊断是一个完整的系统过程,超声检查只是系统中的一个环节,需要与临床密切结合。在进行超声检查前,要充分了解检查目的及有关临床资料,例如:①病史、症状、体征;②相关实验室检查结果;③相关影像学检查结果等。在超声检查结论中,要少用和慎用肯定性结论,多做方向性提示。总之,要坚持“临床视角看超声,超声视角为临床”的正确理念。除此之外,还要充分了解超声技术对相关疾病的临床作用与价值,准确把握好定位,做到“有所为,有所不为”。

3. 坚持主观与客观相结合的原则 超声检查结论是通过客观上的图像表现与主观上的分析判断来完成的。超声图像是超声结论的关键依据,超声的检查者(超声图像的获得与采集)又是超声结论的判断者;超声检查过程是观察识别、判断分析的过程,该过程是主客观紧密联系而互动的过程。因此容易产生“主观制造”的“假阳性”和“主观遗漏”的“假阴性”等临床误判。为避免和减少误判的发生,教学实践学习中要坚持正确的思维方法,从循证医学角度出发,去伪求真,养成科学、严谨、细致、规范的工作作风。

4. 坚持医术与医德学习相结合的原则 医术技能的培养训练,通过规范化操作来熟悉掌握和不断提高;良好医术的发挥,离不开医德的影响。因此,在超声教学实践中要学习了解伦理、心理、法律、人际交往等人文知识,牢固树立起全心全意为人民服务的人生理念与奋斗目标。

5. 超声诊断学的课程分为系统学习和毕业实习两个阶段 系统学习应包括教学大纲所规定的课堂讲授和与其结合的临床示教、课间实践;毕业实习是在上级医师指导下进行实际操作,直接为患者服务,并通过实践提高诊断能力。

小结

本章讲述了超声波的概念、超声诊断的基本内容和临床应用范围及评价,并简要介绍了超声诊断的发展简史和展望。提出了学习超声诊断学的指导思想,强调超声诊断与实践技能操作训练密切结合的重要性,应结合超声物理基础、医学基础、临床医学知识综合应用,通过正确的临床思维方式客观认识超声诊断的临床应用价值。



思考与练习

一、单项选择题

1. 下列关于超声的说法不正确的是()
 - A. 无创或微创,价格低廉
 - B. 实时显示、动态观察
 - C. 信息丰富、层次清楚、图像清晰
 - D. 超声不能进行胆囊收缩、膀胱和胃的排空等功能检测
 - E. 多普勒超声和彩色血流显现技术尤其适用于心脏和血管病变的检查
2. 超声三维重建技术目前的临床应用情况是()

- A. 正处于发展改进阶段
- B. 作为常规已成功地用于临床的诊断
- C. 三维图像已经能够完全真实反映脏器的结构和运动
- D. 用于心脏实时成像已变得简单、易行
- E. 现在已能取代二维超声及彩超

二、问答题

1. 简述超声诊断的临床应用价值。
2. 简述超声诊断的优缺点。
3. 简述实践操作技能训练的重要性。

(刘玉森)

第二章 超声诊断的物理基础和原理

学习目标

1. 掌握：超声的定义及超声传播中频率、声速、波长三者之间的关系。
2. 熟悉：人体组织对入射声束的作用；入射超声对人体组织的作用。
3. 了解：超声诊断的安全性及注意事项。

第一节 超声成像的物理基础

一 超声波的定义

超声是一种机械波，当声波振动频率为 $16\sim 20\,000\text{Hz}$ 时，能被人耳感知，称为可闻声波；当振动频率大于 $20\,000\text{Hz}$ 时，超过了人耳可听到的声波频率范围，称为超声波；当振动频率小于 16Hz 时，称为次声波。超声诊断是利用特定频率的超声波作为信息载体，将人体内部组织结构的声学特性以图形、曲线或其他数据形式表现出来，用于临床分析和诊断。

临床诊断用超声的声波频率为 $0.5\sim 60.0\text{MHz}$ ，最常选用 $2.0\sim 14.0\text{MHz}$ 。

二 超声波的特性

超声在弹性介质（气体、液体、固体）中以纵波形式传播，遵守声波的物理特性，包括束射（方向性）、反射、折射、绕射、散射、吸收、衰减和多普勒效应。

1. 超声波可在气体、液体、固体等介质中传播。
2. 超声波具有较好的方向性，可以传递很强的能量。
3. 超声波在传播过程中会产生反射、折射、散射、绕射、干涉和共振等现象。
4. 当足够强的超声波在液体介质中传播时，会在界面产生冲击和空化现象。

三 超声波的发生

临床工作中应用的超声波是由超声换能器产生的。换能器、转动装置、电缆、接插件、外壳等部件组成超声探头。能够产生压电效应的材料称为压电材料，目前最常用的换能器就是由压电材料构成的。

压电材料的压电效应具有两种可逆的能量转换形式：由电能转换成声能的过程称为逆压电效应。在逆压电过程中，高频交变的电场作用于压电材料引起材料结构的伸缩，在周围空间传播产生超声波。该超声波的频率与交变电场的频率相同；由声能转换成电能的过程称为正压电效应。在正压电过程中，声波作用于压电材料，引起压电材料两端正负电位的交替变化，产生交变电场。在临床工作中，利用逆压电效应产生超声波，利用正压电效应接收超声波。

压电材料可分为无机材料、有机材料和混合材料三大类。在超声检查过程中,压电材料通常被加工成不同的几何形状,安装在适当的外壳中,构成超声探头。为了降低探头与人体组织间的声阻抗差别,使声能很好地耦合到人体中,通常在压电材料表面加上保护层。该保护层除了保护探头表面不受磨损和氧化外,还起到阻抗匹配的作用。

目前常用的超声探头与临床应用:

1. 凸阵探头 主要用于腹部、妇产科检查。
2. 线阵探头 主要用于外周血管、小器官检查。
3. 机械扇形探头 主要用于心脏检查。
4. 环阵扇形探头 主要用于腔内检查。

四 超声波的传播

超声波有 3 个基本物理量,即波长(λ)、频率(f)、声速(c)、它们的关系如下。

$$c=f \cdot \lambda \text{ 或 } \lambda=c/f$$

如频率固定,则在声速高的介质中其波长亦大;如在声速相同的同一介质中,所用频率越高,则波长越小。超声的传播与波长、频率、声速有密切的关系。

(一) 波长

波长表示在波的传播方向上,相邻两个波峰的距离。常用单位有毫米(mm)、微米(μm)。

(二) 频率

频率表示质点在单位时间内完成的全振动的次数。

(三) 声速

声速表示单位时间内声波在介质中的传播距离。常用单位有米/秒(m/s)、厘米/秒(cm/s)等。其大小与介质的弹性系数和密度有关,可用式(2-1)计算:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (2-1)$$

式(2-1)中, c 为声速, E 为介质的弹性系数, ρ 为介质密度。

显然,在声波频率保持一致时,相同介质中的声速是相同的,不同介质中的声速是有变化的。在超声诊断中,人体软组织中的平均声速约为 1540m/s,肺及胃肠道气体中的平均声速约为 350m/s,骨骼中的平均声速约为 3860m/s。

(四) 声场

声束是指从声源发出的声波,一般它在一个较小的立体角内传播。声束的中心线被称为声轴,它代表声束传播的主方向。声场是介质中有声波能量存在的空间范围,其强弱用声压和声强来表示。

在声束的不同位置上,其宽度是不完全一致的。对于一个圆形的超声换能器,在接近声源的一段距离,声束是几乎等宽的,声束的直径略小于换能器的直径,呈圆柱形,这部分区域被称为近场区。近场区的距离(L)与声源半径的平方(r^2)成正比,与声波的波长成反比,即

$$L(\text{近场区}) = r^2/\lambda. \quad (2-2)$$

离声源较远的声场,声束则会产生扩散而呈喇叭形,此时的声场称为远场区。远场区区域中声束的扩散程度也与声源的面积和超声波长有关,其扩散角满足关系式:

$$\sin\theta = 0.61\lambda/r \quad (2-3)$$

式(2-3)中, θ 是声束扩散角度, λ 是声波波长, r 是声源半径,声波波长越小,则近场区越长,远场区的声束扩散越小(图 2-1)。

(五) 分辨力

超声能够发现最小障碍物的能力,称为分辨力。分辨力是评价声像图质量的重要技术指标,主要包

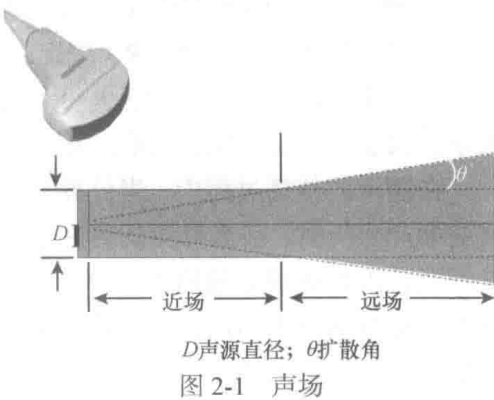
括空间分辨力和对比分辨力。

1. 空间分辨力 是指能够辨别两个细小目标空间位置的能力。根据声场的分布，又分为轴向分辨力、横向分辨力和侧向分辨力。

(1) 轴向分辨力：是指沿声束传播方向上，两个界面回声信号不重叠时的最小距离。轴向分辨力越好，靶标在深浅方向的精细度越高。

(2) 横向分辨力：是指在与声轴垂直的平面上，沿探头最小尺寸（短轴）方向上能够分辨相邻两点间的最小距离。横向分辨力越好，图像上反映组织的切面情况越真实。

(3) 侧向分辨力：是指在与声轴垂直的平面上，沿探头最大尺寸（长轴）方向上能够分辨相邻两点间的最小距离。声速越细，侧向分辨力越好（图 2-2）。



D声源直径； θ 扩散角
图 2-1 声场

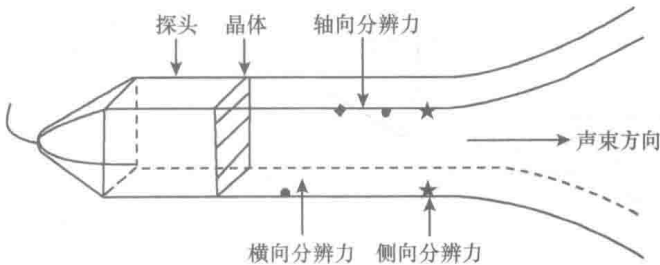


图 2-2 分辨力

2. 对比分辨力 是指在灰阶或亮度上分辨不同目标的能力，主要取决于系统的信噪比和像素大小。信噪比越高，像素数越大，则灰阶越多，对比度分辨力越高，声像图的层次越丰富。

第二节 人体组织对超声的作用

一 声阻抗及界面

声阻抗又被称为声特性阻抗，用 Z 表示。它是用来表示介质传播超声波能力的一个重要的物理量，其数值的大小由介质密度 ρ 与声波在该介质中的传播速度 c 的乘积所决定，即 $Z=\rho \cdot c$ ，单位为瑞利。

超声界面是两种具有不同声阻抗的介质相接触的面。由于界面是分割不同声阻抗的介质，因此超声的传播在界面上就会发生改变。当界面尺寸大于超声波长时，该界面被称为大界面；反之，被称为小界面。大小界面对超声传播的作用是不一样的。对于大界面，一般发生反射、折射等现象，小界面主要发生散射现象。

人体不同组织的密度不同，其声阻抗也不相同。当两种组织的声阻抗差别达到 1‰以上时，在两组织的界面上便会产生回声反射，形成图像中的回声显像，从而将两组织区分开来。人体软组织及脏器结构的声阻抗的差异构成了大小、疏密不等和排列各异的声学界面。这些界面形成了超声波分辨组织结构的声学基础。超声对软组织间的这种分辨能力可达 X 线影像的 100 倍以上。超声波在界面上反射的大小与界面两边介质的声阻抗差及超声波的入射角有关。超声波对软组织分辨力很高，超声诊断仪就是利用人体组织对超声波的反射作用，从超声反射中提取医学诊断信息的。

二 反射与折射

在超声的传播过程中，如果声束遇到大界面，则一部分超声能量会返回到原来的介质中，形成反射。超声的反射具有以下 3 个规律（图 2-3）：①入射声束和反射回声都在同一平面内；②入射声束和反射

声束分别位于界面法线的两侧；③入射角和反射角相等。

反射能量由反射系数（ R ）决定。假定 Z_1 、 Z_2 为两种介质的声阻，则 $R = [(Z_2 - Z_1) / (Z_2 + Z_1)]^2$ 。当 $Z_1 = Z_2$ 时，为均匀介质，则 $R = 0$ ，无反射；当 $Z_1 \neq Z_2$ 时， $R \neq 0$ ，则反射存在，人体软组织声阻抗差异很小，只要有 1% 的声阻抗差，便可产生反射；当 $Z_1 \leq Z_2$ 时（如水和气），则 R 很大，产生强反射。

在超声的传播过程中，当分界面两边的声速不同时，超声波透入第二种介质后，其传播方向将发生改变即产生折射。在大界面的另一边，会有一部分超声能量进入，形成折射。由于大界面两边介质的声速不同，折射声束会偏离入射声束方向。超声的折射也具有以下 3 个规律（图 2-3）：①入射声束和折射声束都在同一平面内；②入射声束和折射声束分别位于界面的两侧，但在不同的介质中；③入射角和折射角满足以下关系：

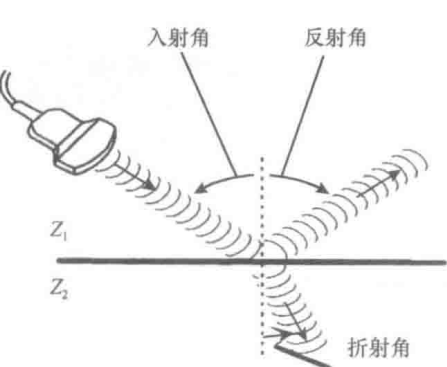


图 2-3 反射与折射

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{c_1}{c_2} \tag{2-4}$$

式（2-4）中， θ_1 为声来入射角度， θ_2 为声来折射角度， c 为声速。声波从一种小声速介质向大声速介质入射时，声波经过这两种介质的分界面后出现折射波的折射角大于入射角。当入射角超过临界角时，相应的折射波消失，出现全反射。全反射会造成第二种介质的信息丢失，形成“折射声影”，又称为“侧后声影”，在诊断过程中要加以注意。

需要指出，由于反射回声与入射角度有关，所以不能根据反射回声振幅来判断两种介质声阻抗的差别。此外，折射声束又可作为入射声束进入下一种介质。这种多次折射过程会产生折射声影效应，声像图实际上是多次折射造成的，与实际情况有一定误差。

三 散射

超声波在传播中遇到粗糙面或极小的障碍物时，将有一部分能量被散射，散射声波可进行组合（图 2-4），等频同相波叠加后能量加强，等频反相波叠加后能量减弱。

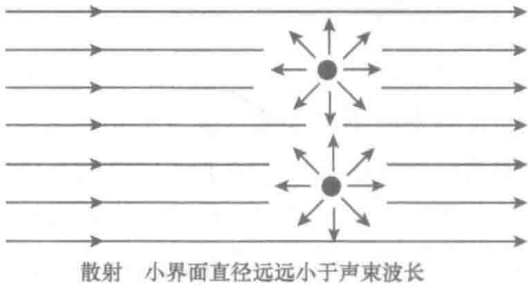
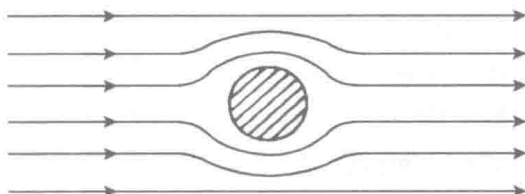


图 2-4 散射

红细胞的直径比超声波波长要小得多，红细胞是一种散射体，声束内红细胞数量越多，背向散射强度就越大。红细胞的背向散射是多普勒超声诊断的基础。

四 绕射

当入射声束遇到同超声波长大小接近的界面时，或者当入射声束经过界面的边缘，并且声束边缘与界面边缘的距离小于 1~2 个超声波长时，声束就会在界面边缘处发生弯曲，绕过该障碍物而继续前进，反射很少，这种现象称为绕射，亦称衍射（图 2-5）。大小界面都会产生绕射现象，绕射声束将在界面的后方发生偏转，且声束与界面边缘距离越小，绕射声束偏转的角度越大。



绕射 障碍物直径约等于声束波长

图 2-5 绕射

五 衰减

超声波在介质内的传播过程中,随着传播距离的增大,声波的能量逐渐减少,这一现象称为声波衰减(图 2-6)。造成超声衰减的主要原因如下:

1. 大界面的反射。
2. 小界面的散射 超声波在非均匀介质中传播,因散射而使声波能量减弱。
3. 介质的吸收 声波在传播或反射过程中,体内组织使声能转换为热能的现象,与介质的吸收系数和介质的厚度有关。

4. 声束扩散 声波在单位面积内的能量减少。

超声衰减是反射、散射和吸收等因素的综合效应,其中吸收是衰减的主要因素。超声衰减还与超声频率有关,它与超声频率成正比,频率越高,声波衰减越大。

不同组织的声衰减程度的一般规律:组织内含水分越多,声衰减越低;液体中含蛋白成分越多,声衰减越高;组织中含胶原蛋白和钙质越多,声衰减越高。

人体不同组织和体液声衰减的比较:在人体组织中衰减程度一般规律是骨组织>肝组织>血液,若进一步细分,骨>肌腱(或软骨)>肝>脂肪>血液>尿液(或胆汁)。

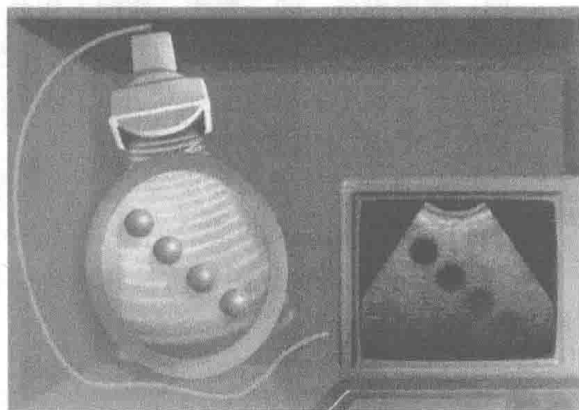


图 2-6 衰减

第三节 超声对人体组织的作用

一 超声生物效应

超声波是带有一定能量的机械波,当一定剂量的超声波在生物体内传播时,通过超声与生物组织的相互作用,可以引起生物体的功能、结构或状态的变化,这就是超声生物效应。

超声与生物组织的作用:

1. 热效应 超声波是一种机械振动能量,它在介质中传播时,其振动不断被吸收而转化为热量,导致介质温度升高,引起某种危害和损伤,这一过程称为热效应。产生热量的大小取决于介质的吸收系数,以及超声波的强度和辐照时间,热效应可用于临床理疗。近年来,它作为加温治疗癌症的一种热源受到重视。临床上,为了防止超声探测或治疗过程中局部温度过高,应不断地移动探头辐照位置。

2. 机械效应 在超声传播过程中,将引起介质质点位移、质点高速振动及升压产生等,当发生一个或多个上述因素时称为机械效应。所经过的生物组织会在声场的作用下产生剧烈的机械运动,其结构、功能和生理活动都将产生影响。

3. 空化效应 在声波作用下微小气泡的动力学过程,特别是介质为含有杂质或有溶解气体的液体时,在声压作用下容易形成空腔,空腔在迅速闭合的瞬间,产生局部高压、高温和放电现象,称为空化效应。

超声生物效应首先是引起组织内空化、电现象、升温、压强变化等效应,继而引发化学反应。一般

认为,低声强长辐照时间引起组织损伤主要以热效应为主;而高声强短辐照时间造成损伤主要以空化效应为主;在两者之间,损伤主要由机械效应产生。

超声能量在声场中的分布也是不均匀的,存在最大空间峰值区和最小空间峰值区,有4种超声强度的计算方式:①空间峰值时间平均声强(通常标记为 I_{SPTA});②空间峰值时间峰值声强(通常标记为 I_{SPTP});③空间平均时间平均声强(通常标记为 I_{SATA});④空间平均时间峰值声强(通常标记为 I_{SATP})。在这4种声强表述当中,目前尚未确定哪一种最适宜用来评价辐照剂量强度,多个国家和组织都选用空间峰值时间平均声强来规定人体超声探测安全剂量。20世纪70年代,美国超声医学会规定,超声检查时空峰值时间平均声强不超过 $100\text{mW}/\text{cm}^2$;1995年我国医用超声设备标准化委员会规定,空间峰值时间平均声强应 $<100\text{mW}/\text{cm}^2$ 。

二

超声诊断的安全性

由于超声波属于非电离辐射,长期以来一直认为超声探测对人体组织是安全的。但超声波可以携带很高的能量,而且超声又会以不同的方式对生物组织产生作用。因此,在进行超声探测时必须考虑超声的安全性,即考虑超声的安全剂量。

同一超声设备、同一探头、相同工作频率,超声强度会随着显示方式的不同而不同。例如,空间峰值时间平均声强为 $100\text{mW}/\text{cm}^2$ 时,在做彩色多普勒血流声像检测时,声强可达到 $600\text{mW}/\text{cm}^2$ 以上。因此,在检查过程中如果改变显示方式,必须调整声强到安全剂量以下。

1982年世界卫生组织建议:

1. 只有在医学上具有明确理由时,才对人体使用诊断超声。
2. 以商业显示和获得实验图像为目的时,不应把超声用于辐照人体,特别是辐照孕妇。
3. 在保证获得良好图像质量和取得必要的诊断信息前提下,应使超声诊断设备的输出强度尽可能小。

三

超声诊断的注意事项

在进行超声检查过程中,必须坚持最小剂量原则,即在保证获取必要的诊断资料的前提下,应尽量采取最小的辐射强度和最短的辐射时间。人体组织中,中枢神经系统、视网膜、视神经、生殖腺、早期妊娠胚胎、胎儿颅脑、胎儿心脏等对超声敏感。对这些器官的超声检查,每一受检切面上其固定持续观察时间不应超过1分钟,并应采取往复扫查,从而降低进入该组织的平均声强能量。如果对同一区域组织仍需观察,可在相隔2~3分钟后再至先前的感兴趣切面固定观察,但持续观察时间不应超过1分钟。

第四节 超声显示方式及其意义

一

脉冲回声法

(一) 脉冲回声法超声显示的基本工作原理

脉冲回声法超声显示包括以下4个步骤:

1. 发射 由探头发射脉冲频率在 500Hz 以上的短脉冲超声波。
2. 接收 接收回声信号,并作对数放大处理。
3. 处理 进行数字扫描转换,将模拟回声信号转换成数字信号,并最终转换成电视制式扫描模式信号。

4. 显示 在监视器上显示图形信号，包括振幅显示和辉度显示。

(二) 常用的脉冲回声法超声显示

根据工作方式的不同脉冲回声法超声显示又分为振幅调制型、辉度调制型和活动显示型 3 种类型。

1. 振幅调制型 简称 A 型。采用单声束脉冲检查方式，由单晶片探头沿单方向发射超声，声束在传播途径遇到各个界面产生一系列散射和反射，单晶片探头接收这些回声信号，以回声信号的振幅大小在示波屏上表示出来，显示一维波形信号(图 2-7)。示波屏上的横轴是时间轴，表示声束传播的途径；纵轴是信号轴，表示在声束传播途径产生的回声信号，其高低由放大后回声信号的振幅大小来表示。

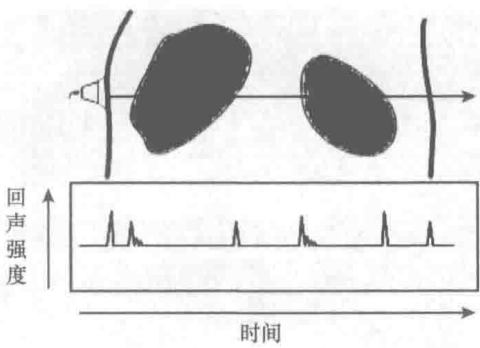


图 2-7 A 型超声显示

A 型超声是超声技术在医学诊断应用中最早的方式，它主要被用于眼、肝、胆、脾等部位的检查，通过分析回声振幅的分布来获得组织的特征信息。由于其只能显示某一方向上的回声振幅信号，属一维显示，目前临床已较少使用。

2. 辉度调制型 简称 B 型。与 A 型不同之处是，回声以光点的形式显示，回声信号的强弱以光点亮度表示。B 型超声的基本原理：沿某一方向发射的单数超声在传播途径遇到各个界面，沿空间展开产生一系列散射和反射，探头接收这些回声信号，以光点的形式在显示器上表示出来。光点按回声的先后次序在显示器纵轴上自上而下排列，在得到一个方向上的全部信号后，探头在被检查体表面上移动，得到光点在显示器上沿水平方向展开，构成二维的切面图像(图 2-8)，在检查切面内每一点上的回声信号强度以对应于该点的光点辉度表示。B 型显示也被称为超声断层显示，显示二维断层声像图。

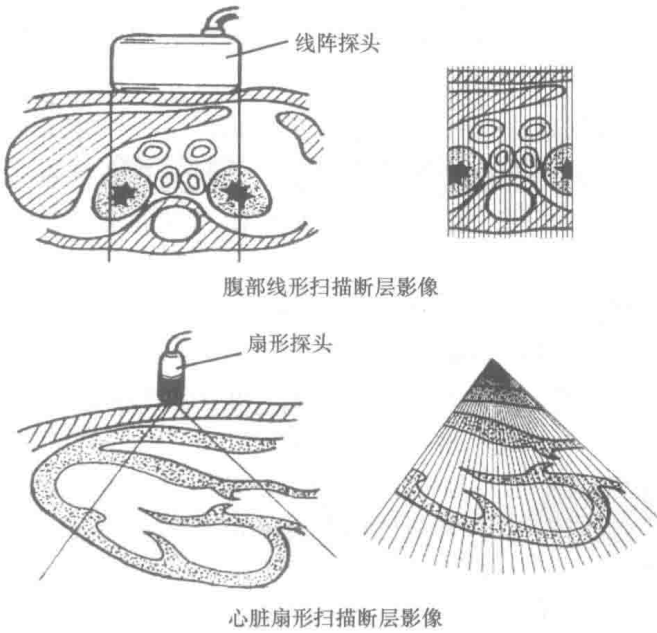


图 2-8 B 型超声显示

B 型超声可以实现实时和静态两种显示，实时超声可以观察运动脏器的动态图像。

3. 活动显示型 简称 M 型。工作原理：探头沿某一方向发射单声束超声，接收动态声像信号并以光点辉度的形式在显示器纵轴上表示，然后以完成一次发射和接收信号作为一个周期，对同一检查方向不断重复这一过程，每次接收的信号在显示器横轴上不同的位置表示，从而获得了“距离-时间”M 型超声图像(图 2-9)。M 型超声仍属一维图像，其纵轴表示检查的距离，横轴表示检查持续的时间。