

超声诊断基础 与检查规范

名誉主编 刘望彭

主编 袁光华 张武 简文豪

CHAOSHENG ZHENDUAN JICHU
YU JIANCHA GUIFAN

 科学技术文献出版社

超声诊断基础 与检查规范

名誉主编 刘望彭

主编 袁光华 张武 简文豪

CHAOSHENG ZHENDUAN JICHU
YU JIANCHA GUIFAN

田 科学技术文献出版社

图书在版编目(CIP)数据

超声诊断基础与检查规范/袁光华,张武,简文豪主编.-北京:科学技术文献出版社,
2001.10

ISBN 7-5023-3786-5

I. 超… II. ①袁… ②张… ③简… III. ①超声波诊断-基础理论 ②超声波诊断-规范 IV. R445.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 23065 号

出 版 者:科学技术文献出版社

地 址:北京市复兴路 15 号(中央电视台西侧)/100038

图书编务部电话:(010)68514027,(010)68537104(传真)

图书发行部电话:(010)68514035(传真),(010)68514009

邮 购 部 电 话:(010)68515381,(010)68515544-2172

网 址:<http://www.stdph.com>

E-mail:stdph@istic.ac.cn;stdph@public.sti.ac.cn

策 划 编 辑:刘新荣

责 任 编 辑:刘新荣

责 任 校 对:赵文珍

责 任 出 版:周永京

发 行 者:科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销

电 脑 制 版:中国外文局电子照排中心

印 刷 者:北京美通印刷厂

版 (印) 次:2001 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

开 本:880×1230 16 开

字 数:984 千

印 张:30.75

印 数:1~4000 册

定 价:198.00 元

© 版权所有 违法必究

购买本社图书,凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换。

《超声诊断基础与检查规范》作者名单

名誉主编 刘望彭 (教授) 山西医科大学第一医院

主 编 袁光华 (研究员) 中国医学科学院基础医学研究所

张 武 (教授) 北京大学第三临床医院

简文豪 (教授) 中国人民解放军北京军区总医院

副主编 王金锐 (主任医师) 内蒙古伊克昭盟医院

姜玉新 (教授) 中国医学科学院协和医院

吴钟瑜 (主任医师) 天津市中心妇产科医院

程克正 (副主任技师) 中国医学科学院阜外心血管医院

临床顾问 张缙熙 (教授) 中国医学科学院协和医院

编 委 (按姓氏笔画排列)

王志民 (主治医师) 中国医学科学院阜外心血管医院

刘汉英 (教授) 中国医学科学院阜外心血管医院

刘 纯 (主治医师) 首都医科大学北京同仁医院

李建国 (副教授) 北京大学第二临床医学院人民医院

李建初 (主治医师) 中国医学科学院协和医院

李俊来 (主治医师) 中国人民解放军总医院

俞 雯 (教授) 中国人民解放军总医院

孟 华 (主治医师) 中国医学科学院协和医院

姚克纯 (教授) 中国人民解放军空军总医院

张岐山 (主任医师) 中国人民解放军海军总医院

康春松 (教授) 山西医科大学第一医院

董宝玮 (教授) 中国人民解放军总医院

杨文利 (主治医师) 首都医科大学北京同仁医院

编 务 杨淑英 (经济师) 北京和安康医疗科技开发中心

绪 言

当人类跨入 21 世纪时, 超声医学作为临床影像医学的重要组成部分, 正以高速发展的新面貌展现在我们面前。半个多世纪中, 随着声学、电子学、计算机及图像处理技术等的发展, 超声医学在临床各个领域的应用日趋广泛。现今, 超声医学已成为一门崭新的临床学科, 而且每项医用超声新设备的诞生和新技术的应用都是理、工、医学相互合作的结晶。

回顾我国超声诊断发展的历程, 从早期的 A 型、M 型到 B 型、频谱多普勒; 直到今天的高清晰度的实时灰阶声像图、彩色多普勒血流显像, 以及尚在不断发展的动态和静态三维超声、组织多普勒、声学造影等各种超声诊断技术, 已在国内城乡各级医疗机构中发挥作用, 超声临床医师及工程技术人员已达数万人之多; 受益于超声诊治技术的人群逐渐扩大, 我国超声医学事业呈现了从未有过的发展态势。但是, 还需要冷静分析我国超声快速发展中存在的问题。

近年来, 多数临床医疗机构均急于开展超声诊断工作而购置各种超声仪器设备, 其中有不少部门因缺少超声诊断专业技术人材和缺乏超声设备物理基础知识, 往往引进的设备与实际需求不适合。其次, 从事超声诊断、治疗的工作者多为医学院校或中级卫校培养的医生或技师, 对于超声物理学、电子学、计算机及图像处理等多项理工知识掌握不深, 他们在经过短期培训或进修学习后, 匆匆上岗, 整日忙于大量的临床工作, 很难系统学习和接受继续教育, 这也是影响超声新技术应用和超声仪器(尤其是高科技含量的进口设备)潜力发挥的重要原因。第三, 我国土地辽阔、人口众多, 对超声专业人员和超声设备的需求量大, 短期内快速发展必然形成各地区间的不平衡, 表现为人员、设备及技术水平差距很大、参差不齐, 以及缺少统一规范; 在临床超声诊断工作中, 对超声的应用范围、适应证、检查手法、标准图像、报告内容等没有统一标准。

针对上述问题, 国内超声医学界的知名专家和学者纷纷著书立说, 撰稿呼吁, 特别在改革开放后的二十多年来, 北京、上海、武汉、西安等各地区, 超声学会、工程学会、声学会、影像医学会等在指导我国超声医学正确发展方面作了大量工作。

1999 年夏天, 以袁光华、张武、简文豪等一批北京的超声医学专家提出: 编撰一本适合各级各类超声医学工作者应用的、通俗易懂的《超声诊断基础与检查规范》。此意得到山西医科大学第一医院为代表的基层单位的赞同和支持。接着以北京地区为主的 20 余名专家、教授多次讨论编写大纲, 反复斟酌内容, 多方汇集资料, 经过 1 年又 10 个月的艰辛劳动, 《超声诊断基础与检查规范》终于问世。

近年来有关超声医学方面的专著层出不穷, 内容十分丰富。本书不像其他专著那样从原理基础、公式计算、历史及现状、生理和病理、症状与表现、声像图分类、一般与特殊等作详尽

阐述，而是简明扼要、提纲挈领、深入浅出、概念清楚、观点明确，便于读者理解和记忆。本书亦不同于“手册”（手册是便于使用者携带的简单的提示性参考书），为了使读者能够透彻地理解物理学概念，能够完整地掌握检查技术规范，而不惜篇幅，采用图文并茂，作以详细阐述，对现今正在发展的超声诊断新技术、新设备及新经验作了简要介绍。

本书的内容中除为编者的知识、实践经验、体会及理解外，还收集了国内、外学者在专著、手册、杂志上发表的资料。由于超声诊断应用领域愈来愈广，从事超声诊断专业的人员越来越多，尽管有20多位国内著名专家参加本书编写，但远远不能涵盖众多超声学者的卓越见识，尤其对超声检查规范来说，是需要经过超声界同道们上上下下反复讨论议定，再由权威学术机构审核认定的工作，本书如此妄冠“规范”之词，目的是为促进我国超声诊断尽快向规范化发展而作一抛砖引玉。

本书是从事超声医学工作的各级各类医师、技师，特别是“彩超”上岗人员的必读之作。亦适合作为大专院校、中专卫校教师、学员，尤其是影像医学专业师生的教学参考书。对从事超声仪器制造厂家、代销公司的销售人员以及超声设备购置、维修人员等，均具有很好的参考价值。

由于编写时间短促，资料收集不全，听取各方意见不够，加之参编人员各自文笔文风不尽相同，书中错误和不妥之处在所难免，祈望读者不吝赐教，以利订正。

北京安贞医院的李治安教授对第十三章“心血管超声诊断与报告书写”进行了审阅，在此特意致谢！

并向参编人员表示衷心感谢！

刘望彭

目 录

第一篇 超声临床诊断基础	(1)
第一章 超声诊断的物理基础	袁光华 (3)
第一节 超声诊断的特点及价值	(3)
第二节 超声波的基本概念	(5)
第三节 超声成像的物理基础	(9)
第四节 超声波的分辨力与穿透力	(16)
第五节 超声成像规律及误诊因素	(19)
第六节 超声的生物效应	(21)
第二章 超声诊断的图像基础	张 武 (24)
第一节 声像图产生与声像图分析	(24)
第二节 超声图像的基本描述方法	(32)
第三节 超声伪差(伪像)	(38)
第四节 怎样书写超声诊断结论	(51)
第三章 频谱多普勒的诊断基础	袁光华 (55)
第一节 频谱多普勒的物理基础	(55)
第二节 频谱多普勒的三种方式	(58)
第三节 多普勒血流方向信息	(62)
第四节 多普勒血流频谱分析与显示	(63)
第五节 多普勒频谱的混叠及制约关系	(64)
第四章 彩色多普勒成像基础	袁光华 (70)
第一节 彩色多普勒成像基本原理	(70)
第二节 彩色多普勒成像装置构成	(73)
第三节 彩色多普勒血流显示方式	(74)
第四节 彩色多普勒血流成像的帧速率	(76)
第五节 彩色多普勒血流成像的局限性	(77)
第六节 彩色多普勒其他成像方式简介	(78)

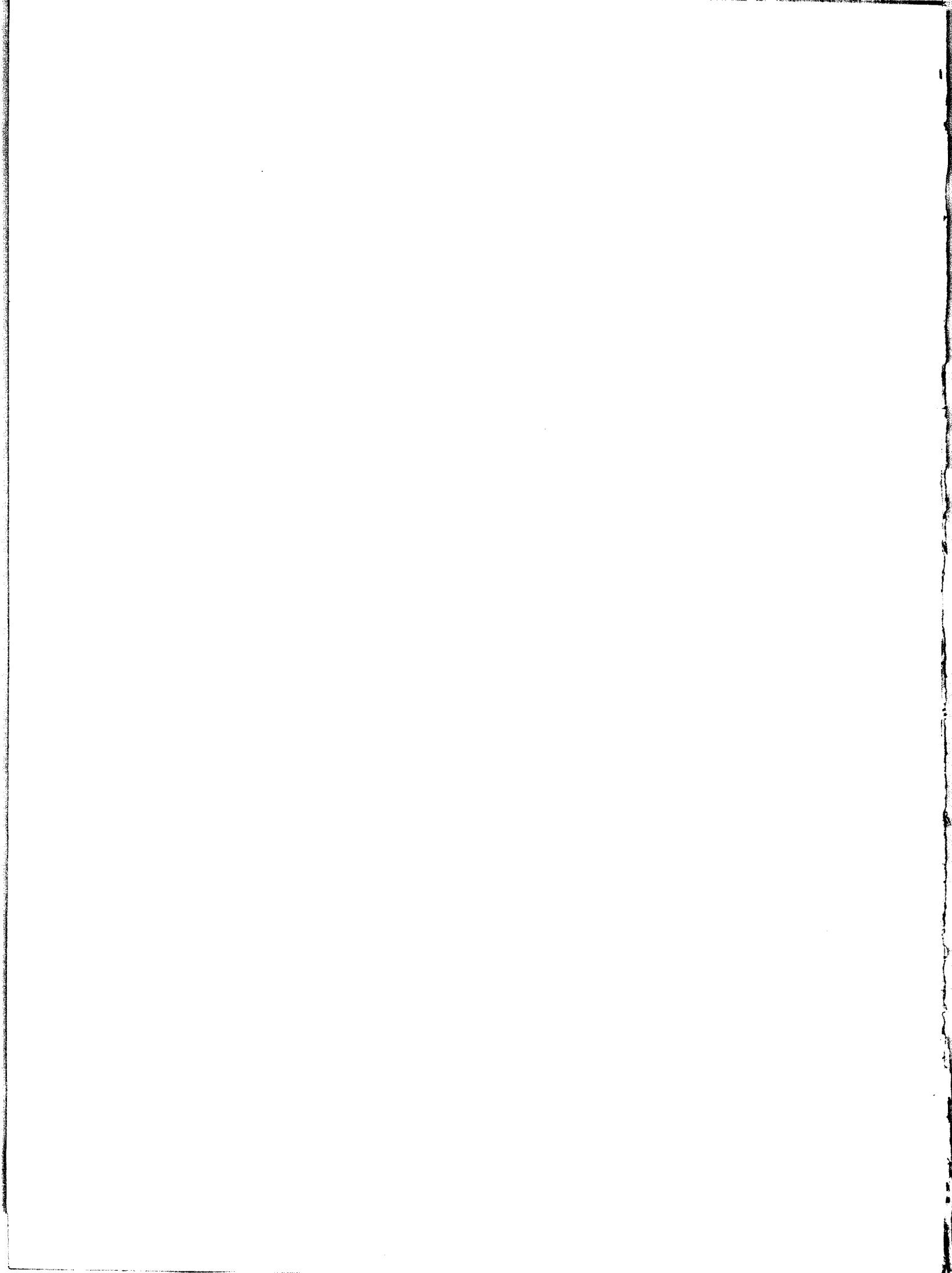
第五章 自然组织谐波与造影剂谐波成像基础	(82)
第一节 谐波的基本概念与谐波成像的相关问题	袁光华 (82)
第二节 超声造影原理与超声造影剂	简文豪 (86)
第三节 增强超声造影效果的技术	简文豪 (90)
第四节 超声造影效果的分析方法	简文豪 (92)
第五节 超声造影的临床应用	简文豪 (93)
第六章 超声血流动力学基础	王志民 袁光华 (95)
第一节 血流动力学基本概念	(95)
第二节 血管横截面积对流速剖面的影响	(97)
第三节 流体能量定律	(99)
第七章 超声三维成像基础	王志民 (101)
第一节 三维超声心动图的方法	(101)
第二节 三维数据的获取	(102)
第三节 图像数据的处理	(103)
第四节 三维成像及显示	(104)
第五节 三维成像的临床应用	(105)
第六节 三维成像存在的问题与发展前景	(108)
第八章 实时超声成像基本原理	袁光华 (109)
第一节 超声成像的基本原理	(109)
第二节 超声诊断仪的类型	(111)
第三节 实时超声成像原理	(113)
第九章 超声诊断仪工作流程	袁光华 (118)
第一节 工作流程图	(118)
第二节 超声换能器	(119)
第三节 发射与接收放大	(122)
第四节 数字扫描转换器	(125)
第五节 超声图像显示	(128)
第十章 超声诊断仪常用技术	袁光华 (130)
第一节 新型探头技术	(130)

第二节	数字化声束形成与处理技术	(132)
第三节	回声增强处理、 γ 变换及直方图测量	(136)
第四节	超声动态频率扫描技术	(144)
第五节	彩色多普勒超声诊断仪主要技术评述	(146)
第十一章	超声图像存档与传输系统	袁光华 (153)
第一节	基本功能与组成	(153)
第二节	动态图像捕获与电影回放	(154)
第三节	科学的病案管理系统	(156)
第四节	网络化超声数字管理	(160)
第五节	医学数字图像与通讯的基本概念	(161)
第六节	超声图像工作站的基本要求	(162)
第七节	超声远程医疗技术	(163)
第十二章	超声诊断仪的正确调节与使用	(166)
第一节	超声探头的正确安放	姚克纯 程克正 (166)
第二节	超声诊断仪的功能选择	姚克纯 程克正 (168)
第三节	超声诊断仪的保养	姚克纯 程克正 (178)
第四节	外周血管超声检查基本操作	李建初 (179)
第五节	超声测量及分析技术	姚克纯 (185)
第二篇	超声临床检查规范	(191)
第十三章	心血管超声诊断与报告书写	(193)
第一节	心脏超声检查基本要求	简文豪 (193)
第二节	正常心脏	王志民 刘汉英 (198)
第三节	心脏瓣膜疾病	王志民 刘汉英 (204)
第四节	先天性心脏病	王志民 刘汉英 (213)
第五节	原发性心肌病	简文豪 (232)
第六节	冠心病	简文豪 (237)
第七节	心包疾病	康春松 刘望彭 (248)
第八节	心脏肿瘤	王志民 刘汉英 (250)
第九节	慢性肺源性心脏病	康春松 刘望彭 (254)
第十节	高血压性心脏病	简文豪 (257)

第十四章 胸、腹部脏器超声诊断与报告书写	(259)
第一节 胸膜腔及纵隔疾病	王金锐 (259)
第二节 肝脏疾病	李俊来 董宝玮 (270)
第三节 胆道系统疾病	王金锐 (293)
第四节 脾脏疾病	王金锐 (303)
第五节 胰腺疾病	王金锐 (314)
第六节 胃肠疾病	王金锐 (321)
第七节 腹膜后间隙疾病	李建国 (334)
第八节 外周血管疾病	李建初 (341)
第十五章 妇科超声诊断与报告书写	俞雯 (367)
第一节 子宫及附件的常规超声检查	(367)
第二节 经阴道超声	(375)
第十六章 产科超声诊断与报告书写	吴钟瑜 (381)
第一节 正常妊娠	(381)
第二节 异常妊娠	(390)
第三节 计划生育	(403)
第十七章 泌尿系统和男性生殖器官超声诊断与报告书写	(406)
第一节 肾脏	张 武 刘 纯 张歧山 (406)
第二节 输尿管	张 武 刘 纯 张歧山 (416)
第三节 膀胱	张 武 刘 纯 张歧山 (419)
第四节 阴囊	张 武 刘 纯 张歧山 (422)
第五节 前列腺、精囊	张 武 刘 纯 张歧山 (430)
第十八章 颅脑、眼、小器官超声诊断与报告书写	(440)
第一节 颅脑疾病	简文豪 (440)
第二节 眼部疾病	杨文利 (454)
第三节 甲状腺及颌面部疾病	孟 华 姜玉新 (467)
第四节 乳腺疾病	孟 华 姜玉新 (473)
参考文献	(476)

第一篇

超声临床诊断基础



第一章

超声诊断的物理基础

第一节 超声诊断的特点及价值

一、超声诊断的特点

超声诊断是指将声学原理与电子技术、新材料及计算机数字技术的最新成就相结合,以人体解剖学、病理学等形态学为基础,以显示人体内部活体器官及组织结构的断面图像、观察病理解剖形态学改变,并与临床医学结合的一种诊断方法和检测手段。

超声医学是超声成像用于临床诊断及治疗人体疾病的影像学科。

超声诊断采用脉冲式检测的方式工作,它在临床应用,具有自身的特点和价值。

(1) 采用脉冲(pulsed)方式工作。在发射(transmit)一束超声脉冲瞬间(几个微秒)之后,有很长一段时间(200~300 μs)可用于接收(receive)、处理回声信号。所接收的弱回声可为发送信号的数万分之一,所以这种脉冲反射(或散射)法灵敏度很高。因而超声诊断应用很广,发展也很快。

(2) 超声对软组织有很高的分辨力。因为超声通过仅有千分之一的声阻抗差异的组织界面,就有回声反射,所以对人体内部不同的软组织分辨力很高。如腹部脏器的肝、胆、脾、胰等,通过B型超声检查都能将各自的界面分辨得很清楚。近年来迅速发展的自然组织谐波检测技术更进一步提高了细微分辨力。

(3) 彩色血流成像可实时显示人体各部位及脏器的血流特性,具有形象逼真、简便、特异性高的独特优越性。

(4) 成像速度快,可实时观察运动的脏器,特别是对心脏活动规律以及瓣膜病变可以一目了然。应用B型超声指导穿刺和手术定位、人工流产,可以明显地提高操作的准确性,并减少受检者的诊断程序。

(5) 超声诊断的一个突出优点是副作用小。连续、重复检查对受检者和操作者都是安全的,是一种无创性的检测成像方式。自B型超声用于临床诊断以来,人类摆脱了许多痛苦的、具有一定危险的创伤性检查。特别在心脏、围生保健中发挥了重要作用,使受检者及受检的胎儿免受不良影响。所以超声诊断是一种相当理想的非创伤性检查方法,有着广阔的发展前景。

二、超声诊断的价值

由于超声诊断具有实时性、分辨力高、无损伤、及时获得结果等特点,在临床中已应用于多种疾病的诊断。尤其对颅脑、眼、心脏、腹部脏器、妇产科、计划生育、泌尿系统等方面的多种疾病的诊断获得了

很好的诊断效果。

现就超声在临床诊断中的主要应用作一简要说明:

1. 眼科学 超声诊断已广泛地应用于眼科领域的疾病检查。如眼球疾病,眼眶疾病、眶周围结构病变侵犯眼眶,生物测量,眼内及眼眶疾病治疗中的B型超声监测等。

近年已应用多普勒及彩色血流成像检测颈动脉、眼动脉、睫状动脉、视网膜中央动脉,判别眼球正常或异常血流情况,检查诊断球内眼底血管性病变、青光眼、眼肿瘤及眶内血管性病变。

超声生物显微镜(ultrasound biomicroscopy, UBM)可以清晰地显示眼内组织结构,在活体组织上观察认识一些疾病,如虹膜后、睫状突、平部及后房情况。

2. 神经学 超声二维成像及彩色多普勒对婴幼儿及开颅术前、术中、术后在颅外探测,可对颅内血管病变、颅内出血、脑肿瘤、脑积水、脑脓肿等疾病作出诊查和判断。

经颅多普勒超声(transcranial Doppler ultrasonography, TCD)检查能无创伤地检测脑内脑血管情况。如:异常侧支血管的检测、颅内动脉狭窄的检测、血管痉挛的诊断等都有肯定的诊断价值。

TCD对于提示偏头痛时脑动脉的血流动力学改变;脑血管外科病人的术前、中、后的监测;监测颅脑损伤、颅内出血、脑肿瘤或低氧血症病人颅内压等均有应用价值。

3. 血管学 许多腹部血管、包括主动脉、下腔静脉、门静脉和肝、肠系膜和肾的血管,以及颈部、四肢的外周血管,都可以在超声成像中观察到。可以很清楚地识别出血管瘤和血栓等。

彩色多普勒血流成像对血管等组织无创伤检查可以直接显示血管病变的解剖结构上的改变,并提供丰富的血流动力学信息,包括颈部血管、胸部大血管、腹部血管、周围血管疾病及浅表器管血管病变的诊断。可以说在人体内凡有血流存在的部位,频谱多普勒及彩色多普勒血流成像都能发挥检查的作用。

4. 心脏病学 超声心动图用于心脏结构及功能的检查已取得令人满意的临床诊断效果。

彩色多普勒血流成像在心脏检查中发挥了重要作用,可在心脏二维实时图像中显示血流的特性;显示判断狭窄性病变和射流方向,以及直观显示和分析返流,分流等特性。

5. 消化系统 从肝脏的二维扫描上可以看到许多细节,可以看到胆囊、门静脉、肝静脉的中段和后段以及从肝尾状叶向下腔静脉引流的静脉。

脾脏、胰腺、胆道系统等都可以由二维扫描显示清晰的图像,帮助判断患者是否需要外科手术(例如:胰或胆系癌症、胆道狭窄或结石)或外部肿物性疾病引起阻塞,以及胆汁郁滞、胆管炎或肝硬变等。

对许多不同位置的恶性病变作超声检查以便决定治疗方案都是很有价值的。

6. 泌尿科学 超声观察泌尿系统是很好的方法,通常纵断面和横断面都可以看到双肾。分辨囊性和实性病变是很有用的,可以用超声扫描束确定囊肿穿刺或肿瘤定位,前列腺肥大也可通过全膀胱扫查看到。采用腔内探头穿过直肠对前列腺作超声显像,它不受肠腔气体干扰并对腺体可清晰成像。超声对阴囊扫描检查睾丸,处理睾丸急症时是有效的方法。

7. 产科学和妇科学 超声已成为处理正常和异常妊娠不可缺少的一种重要工具。如今几乎没有产科医生能够离开它,尤其是在遇有高危险性的情况下。40%~50%的胎儿异常可以在早至妊娠20周内被发现。超声可研究胎儿的生理情况,如胎儿心脏、肢体、躯体和呼吸运动等。

在妇科学中,超声扫描可以辨识卵巢、子宫和子宫颈的病症;可以看到纤维瘤。

绒毛膜活检、某些特殊子宫内手术以及体外受精等也是超声研究的新发展。

超声诊断已成为儿科的一种重要检查方法。

8. 外科(手术)学 超声扫描在外科手术中发挥着重要作用,它协助外科医生准确、快速和安全完成某些脑部、心血管、腹部器官的手术。使外科医生在手术中更易观察到病变,增加了手术的准确定位和安全性,减少手术前或手术中做大量的X线检查。手术中超声还可帮助在实体器官中寻找肿瘤,在胆管和肾中寻找结石,发现不正常的组织结构。

X线摄影,计算机X线断层扫描(X-CT)、磁共振成像(MRI)及超声断面成像已发展为现代医学中几种主要的影像诊断方法。超声成像已与X线摄片一样成为常用和重要诊断手段。而超声成像以其实时性、

应用广泛性、仪器轻便、容易操作、能更多地解决临床诊断问题，在影像医学中占有重要的地位。

第二节 超声波的基本概念

一、声源、介质

1. 声源 把能发声的东西叫做声源(acoustic source)。振动是产生声波的根源。

在超声成像中，探头晶片发射时即产生超声波，所以探头晶片就是声源。

2. 介质 (气体(空'), 或是液体, 或是固体, 是传播声音的媒介物称介质。声波必须在介质中传播, 在真空中声波是不能传播的。

在超声诊断中, 人体脏器、器官都是介质。介质的声学特性与成像的关系非常密切, 下面的许多内容都反复多次与介质有关。

超声与声音除了频率高低有别外, 它们在本质上是一致的, 都是一种机械振动, 并以确定的速度通过介质。

二、频谱图与超声波

1. 频谱图 在很宽的频率范围内, 机械波和振动都可以产生声音, 这种频率范围叫做声学频谱。这个频谱从可听范围到构成物质振动状态的声子的范围 ($>10^{12}$), 在图 1-2-1 谱图中给出了声学频谱的图形解释。

2. 超声波 人们能听到的声音, 是有一定的范围。正常年轻人能听到的声音, 其音调(或频率 Frequency)占据着机械振动频谱中相当明确的一段范围 (20~20 000Hz), 如超过可听范围 (20000Hz) 人们就听不到了。所以把高于 20 000Hz 的声音叫做“超音”, 也就是通常所说的超声波 (ultrasonic wave)。

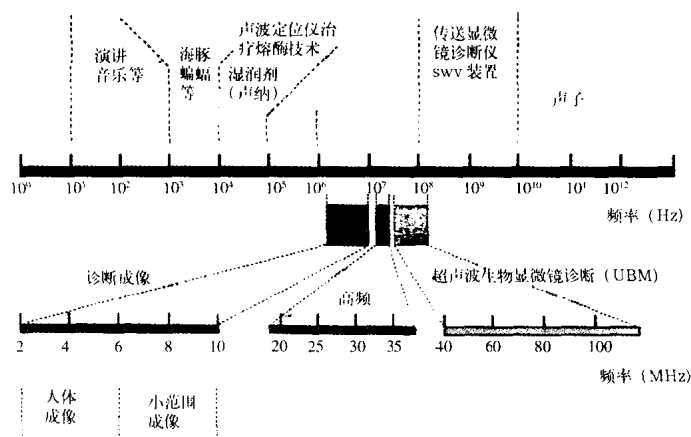


图 1-2-1 声学频谱图包括很宽的频率范围

三、医学超声波应用范围

在 20~100kHz 的频率范围内, 很多动物都用超声波进行交流、导航及追捕它们的猎物。这个频率范围也应用在治疗和清洗以及照相机的取景器等方面。

从100kHz (10⁵Hz) 到1MHz (10⁶Hz), 超声波最重要的应用就是声纳 (声音导航及测距)。这个范围的超声波应用于治疗。

医学超声诊断的应用仅占据了频谱上从1~10MHz的一小细条。3.5~5MHz的频率用于心脏及腹部成像。这些频率能穿透组织可到达20~15cm的深度。随着频率的增加, 超声波更多地被衰减, 削弱了穿透力。7~10MHz用于小器官的成像, 如甲状腺、乳腺、眼睛显像, 它只需要4~5cm的穿透深度 (图1-2-1)。

在10~40MHz的高频范围内已应用于皮肤成像、肠胃追踪及血管成像系统, 20~30MHz频率其侧向分辨力在200~500 μm 范围。

从40~100MHz的频率范围内, 用于声学扫描生物显微镜成像系统。对活组织表面下的显微镜诊断结果, 给出了用其他非侵入的方法无法获得的信息。眼睛是超声生物显微镜诊断的理想临床应用。

超过100MHz的声学频谱称为超高频。同样有各种有价值的应用。

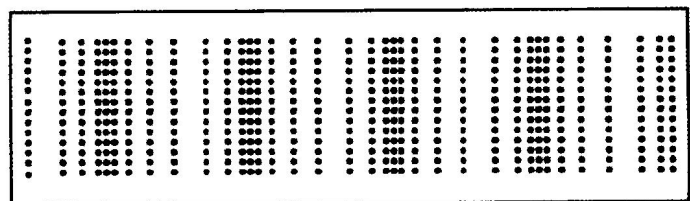
高达几百MHz的表面声波装置是各种信号处理和通信工具的重要组成部分。

高达几GHz (1GHz=10⁹Hz) 的频率, 应用于透射扫描声学显微镜成像。在1MHz到1GHz之间的频率, 还广泛地应用于非生物物质的无损性探测和计算。

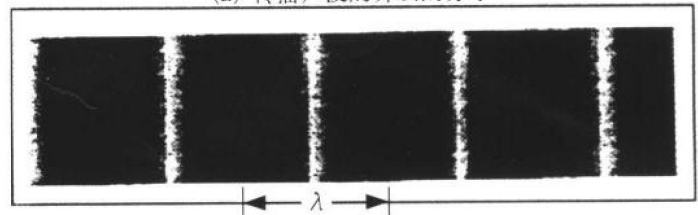
四、波的传播及波动过程

1. 波长 将正在传播的压缩的声波快速记录下来, 如图1-2-2所示, 它是沿水平轴方向传播, 分子

的相对位置在图1-2-2 (a) 中由小圈表示。在压力大的区域, 分子紧密排列, 而在压力低的区域, 分子排列疏松。若将波动转变为灰度 (灰色的阴影), 很容易理解这样一个事实, 即压力波的波峰被特殊的距离所分开, 这个距离叫波长 λ , 如图1-2-2 (b) 所示。波长表示声波在介质中传播时, 两个相邻的周期质点之间的长度。对纵波来说, 波长是两个相邻的稠密区 (压缩区) 中心点的波动距离。振动的传播过程就是波动 (wave motion)。



(a) 传播声波的介质的分子



(b) 波长为 λ 的平面连续压缩波的压力分布

图1-2-2 质点振动传播声波

2. 振幅 在介质质点的振动中, 从一群粒子来看, 它们先离开原点向一侧移动, 然后又回到原点, 再经过原点向另一侧移动, 又回复至原点。如此循环往复, 质点始终没有离开原位而来回振动, 而声波的能量将从一端传到另一端去。质点从平衡位置到最大位移的距离称为振幅或幅度、幅值。

3. 波动表达式 图1-2-2的压力可用下式表示

$$p(z) = \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}z\right) = \sin(kz) \quad (1-2-1)$$

这里, $k=2\pi/\lambda$, 称为波数, z 是传播方向。等式 (1-2-1) 的示意图揭示了它是一条波长为 λ 的简单正弦波, 如图1-2-3 (a) 所示。当考虑到时间的作用, 即压力波如何依赖时间变化, 我们应固定在空间中的某一位置, 例如, 在图1-2-3 (a) 中, 固定在一行垂直点划线的位置, 可以观察到压力在这个点随时间变化的正弦波变化, 如图1-2-3 (b) 所示, 并用等式描述为

$$p(t) = \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) = \sin(2\pi f t) \quad (1-2-2)$$

这里 T 是波的周期 (两个波峰之间的时间), f 是频率 (周期的倒数), t 是时间。联立等式(1-2-1)和式(1-2-2) 就获得了一个压力波随时间和空间变化的表达式

$$p(z, t) = \sin(2\pi ft - kz) \quad (1-2-3)$$

这里负号反映传播方向沿 z 的反方向。

超声波的振态在固体中有纵波(longitudinal wave)、横波(transverse wave)和表面波(surface wave)三种,而在液体和气体中只有纵波振态,在超声诊断中应用的是超声纵波。

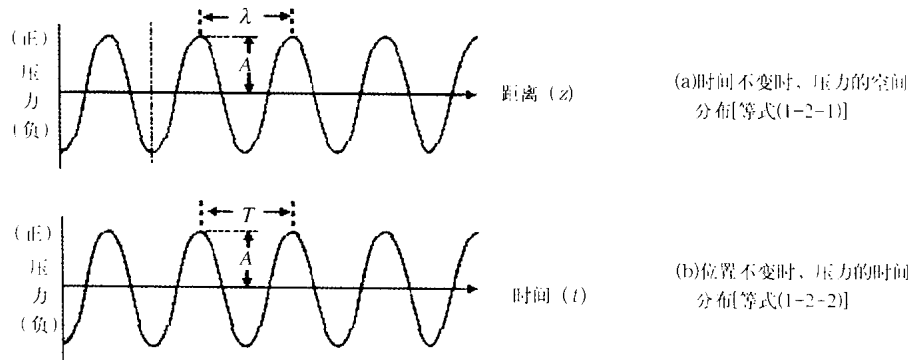


图 1-2-3 波动过程的图形表示

五、声速、频率、波长的关系

超声波有三个基本物理量,即波长 (λ), 频率 (f) 和声速(c), 它们之间的关系为

$$c = \lambda \times f \quad \text{也就是} \quad \lambda = c/f \quad (1-2-4)$$

周期 声波在介质中传播时,介质中质点完成一次全振动,质点在平衡位置来回振动一次所需的时间称为振动周期 T 。

频率 即单位时间内声源振动的次数,以赫兹为单位 (Hz),声音的频率通常用 f 表示。频率是周期的倒数,如振动周期为 T ,则 $f=1/T$ 。

声速 表示超声波在某种介质中的传播速度(c),即单位时间内传播的距离,单位为米/秒 (m/s)。

它与介质的弹性 (K) 和密度 (ρ) 有关,即 $c = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$,而与超声的频率无关。声速在决定声阻抗以及

回声测距精度上是重要因素。超声在人体不同正常组织中传播时的有关密度、声速和声阻抗如表 1-2-1。

表 1-2-1 人体正常组织的密度、声速和声阻抗

组织器官	密度(g / cm ³)	声速(m / s)	声阻抗($\times 10^6$)
血液	1.055	1 570	1.656
血浆	1.027	—	—
大脑	1.038	1 540	—
小脑	1.030	1 470	1.514
脂肪	0.955	1 476	1.410
软组织(平均值)	1.016	1 500	1.590
肌肉(平均值)	1.074	1 568	1.684