

现代临床诊疗技术丛书

临床妇产科超声诊断学

主编 招小丽

广东科技出版社

LINCHUANG FUCHANKE CHAOSHENG ZHENDUANXUE

现代临床诊疗技术丛书

临床妇产科超声诊断学

主 编 招小丽

副主编 王 洁 罗支农

编 者 (按姓氏笔画为序)

王 洁 王利群 招小丽

杨思华 张丽萍 罗支农

广东科技出版社

广 州

图书在版编目(CIP)数据

临床妇产科超声诊断学/招小丽主编. —广州: 广东科技出版社, 2000. 1

(现代临床诊疗技术丛书)

ISBN 7-5359-2009-8

I. 临… II. 招… III. ①妇科病 - 超声波诊断②产科病 - 超声波诊断 IV. R710. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 20168 号

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码: 510075)

E-mail: gdkjzbb@21cn.com

出版人: 黄达全

经 销: 广东省新华书店

排 版: 广东科电有限公司

印 刷: 广东东莞新丰印刷有限公司

(东莞凤岗天堂围区 邮码: 511751)

规 格: 850mm × 1 168mm 1/16 印张 13.5 字数 300 千

版 次: 2000 年 1 月第 1 版

2000 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 1 ~ 5 200

定 价: 90.00 元

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

前言

随着我国现代医学的迅猛发展，超声诊断在妇产科领域应用日益广泛，并随着超声诊断仪的改进、升级和分辨力的提高，使之在妇产科疾病的诊断、计划生育、优生优育及妇幼保健工作等方面成为不可缺少的诊断手段。超声诊断是一种无损害、无痛苦、无辐射性和直观的诊断方法，便于多次重复或动态观察，深受临床医师及受检者的欢迎。

近年来，为了适应超声诊断这一领域的普及与提高，从大城市到县镇保健站等医疗单位、科研单位，大批医务人员加入此项工作，妇产科超声诊断专业人员日益增多。在基层医院，许多妇产科疾病的急诊需在当地处理，要求超声诊断提供确切诊断依据，对争分夺秒抢救病人甚为重要，因而对这方面书籍的需求更切。为此，我们编写了这本《临床妇产科超声诊断学》，以提供从事超声诊断的医师及妇幼保健站计划生育站的工作人员及临床妇产科医师参考。

本书共分 13 章阐述并附图说明。写作上从超声诊断物理基础到妇产科应用，从解剖、病理、临床、超声诊断、鉴别诊断等各角度进行阐述，由浅入深，繁简有序，图文并茂。遵循理论与实践相结合，普及与提高相结合的编写原则。

在编写过程中参考借鉴了前辈及同道们的宝贵经验，因篇幅所限，参考文献未能完全一一予以列出，特此表示感谢亦祈见谅。在本书的编写及资料提供过程中，亦得到许多同道们的支持和帮助，刘暖鸣医生为本书精心作图，谨此再次衷心一并致谢！

由于作者水平有限，不当或错误之处在所难免，恳请各位从事超声诊断工作的同道们给予批评指正。

作者
1999 年 3 月

目 录

第一章 超声诊断物理基础	Physical Basis of Ultrasonic Diagnosis	1
一、超声诊断的物理原理	Physical principles of ultrasonic diagnosis	1
(一) 超声的基本概念	Fundamental concepts of ultrasound	1
(二) 超声的物理量	Physical capacity of ultrasound	1
(三) 超声波的产生与接收	Producing and receiving of ultrasound	2
(四) 超声波的传播	Spreading of ultrasound	3
二、超声显像原理及超声诊断仪	Imaging Principle of ultrasound and diagnostic in strument	4
(一) 脉冲回声式	Pulse echo type	4
(二) 差频回声式	Aniso-frequency echo type	5
三、超声诊断常用术语	Common terms of ultrasonic diagnosis	6
(一) 回声形态的描述	Describing echo pattern	6
(二) 回声强度的描述	Describing echo intensity	6
(三) 回声分布的描述	Describing echo distribution	6
(四) 病灶内部回声的描述	Describing internal echo lesion	6
(五) 病灶边缘的描述	Describing echo of lesion edge	7
(六) 病灶后方回声的描述	Describing echo of lesion posteriority	7
(七) 某些特殊征象的描述	Describing certain special signs	7
第二章 超声检查方法与诊断步骤	Examinaterial Methods and Diagnostic Steps of US	8
一、探查方法	Examinaterial methods	8
(一) 直接探查法	Direct examinaterial methods	8
(二) 间接探查法	Indirect examinaterial methods	8
二、探查手法	Examinaterial technique	8
(一) 滑行探查	Sliping examination	8
(二) 纵切面探查	Vertical-section examination	8
(三) 横切面探查	Transverse-section examination	8
(四) 斜切面探查	Obique-section examination	8
(五) 定点探查	Spotting examination	9
(六) 双侧对照探查	Bilateral contrast examination	9
三、诊断步骤	Diagnostic steps	9
(一) 了解临床资料	Understanding clinical data	9
(二) 全面细致探查	Overall and careful examination	9
(三) 综合分析诊断	Syntretical analyse	10

四、检查前的准备工作	Preparations before examination	10
(一)膀胱充盈的目的	Purpose of urocyt-filling	10
(二)膀胱充盈的适应证	Indications of urocyt-filling	10
(三)膀胱充盈的方法	Methods of urocyt-filling	10
(四)膀胱充盈度对盆腔脏器的影响	Effects of urocyt-filling to pelvic organs	10
五、妇科检查范围及适应证	Scan coverage and indication of gynaecology	14
六、产科检查范围及适应证	Scan coverage and indications of obstetrics	14
七、超声诊断报告的书写方法	Methods to write US diagnostic reports	14
(一)B超诊断报告书写的基本要求	B-mode US diagnostic report fundamental requires	14
(二)B超诊断报告书写的基本内容	B-mode US diagnostic report fundamental contents	15
(三)妇科诊断报告内容及报告列举	Contents and examples of gynaecologic diagnostic reports	15
(四)产科诊断报告内容及报告列举	Contents and examples of obstetric diagnostic reports	22
第三章 盆腔脏器解剖及其正常的超声图像	Anatomy and Normal Sonography of Pelvic Organs	26
一、盆腔内的结构	Structures in pelvis	26
二、女性内生殖器	Female internal genitals	27
(一)阴道	Vagina	27
(二)子宫	Uterus	27
(三)输卵管	Uterine tube	28
(四)卵巢	Ovary	28
(五)子宫及附件的血液供应	Blood supply of uterus and appendix	29
三、正常内生殖器超声诊断	Ultrasonic diagnosis of normal internal genitals	29
(一)正常子宫声像图	Sonography of normal uterus	29
(二)正常子宫内膜周期性变化的声像图	Sonography of normal uterine endometrium with cycle	35
(三)正常阴道声像图	Sonography of normal vagina	36
(四)正常卵巢及输卵管声像图	Sonography of normal ovary and uterine tube	37
四、各期卵巢卵泡发育的声像图	Sonography of follicular development	38
五、卵泡发育的监测与意义	Examining of growing follicle and its significance	38
(一)成熟卵泡的特点	Feature of mature follicle	39
(二)已经排卵的声像图特征	Sonographic feature of ovulated ovary	39
(三)卵泡的增长速度	Growing speed of follicle	39
第四章 生殖器发育异常	Congenital Anomalies of Genitals	41
一、先天性无子宫的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of congenital anuterus	41
二、始基子宫的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of blastemic uterus	42

三、幼稚子宫的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of infantile uterus	42
四、残角子宫的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of rudimentary horn uterus	43
五、双角子宫的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of bicornis uterus	44
六、纵隔子宫的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of septate uterus	44
七、双子宫的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of uterus didelphys	45
八、先天性无阴道的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of congenital absence of vagina	48
九、处女膜闭锁的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of imperforate hymen	48
第五章 妇科疾病的超声诊断	Ultrasonic Diagnosis of Female Diseases	50
一、宫颈息肉的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of cervical polyp	50
二、宫颈纳氏囊肿的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of Nabothian cyst	50
三、宫颈肥大的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of cervical hypertrophy	51
四、子宫内膜异位症的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of endometriosis	52
五、子宫内膜息肉的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of endometrial polyp	57
六、子宫内膜增殖症的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of endometrial hyperplasia	57
七、宫腔积液的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of effusionmetra	58
八、子宫穿孔、破裂的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of uterine perforation and rupture	59
九、子宫内膜炎、子宫肌炎的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of endometritis and myometritis	60
十、输卵管积水、输卵管炎、输卵管卵巢炎的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of hydrosalping, salpingitis and salpingoophoritis	60
十一、盆腔包裹性积液、血肿、脓肿的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of pelvic cystic effusion, hematoma and abscess	62
十二、子宫全切除及次全切除后的图像	Ultrasonographic image of post total and subtotal hysterectomy	64
十三、子宫增大鉴别诊断表	Differential diagnostic tablet of uterus enlargement	66
第六章 子宫、阴道及胎盘肿瘤的超声诊断	Ultrasonic Diagnosis of Uterine, Vaginal and Placental Tumors	68
一、子宫肌瘤的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of uterine myoma	68
二、子宫海绵状血管瘤的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of uterine cavernous hemangioma	79
三、子宫内膜间质细胞肉瘤的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of endometrial stroma sarcoma	79
四、子宫内膜癌的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of endometrial carcinoma	80
五、子宫颈癌的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of cervical carcinoma	82

六、阴道肿瘤的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of vaginal tumors	84
七、绒毛膜上皮癌的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of chorioepithelioma	84
八、胎盘绒毛膜血管瘤的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of placental chorioangioma	85
九、胎盘畸胎瘤的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of placental teratoma	85
十、胎盘囊肿的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of placental cyst	85
第七章 卵巢及输卵管肿瘤的超声诊断 Ultrasonic Diagnosis of Ovarian and		
Tubal Tumors		87
一、卵巢非肿瘤性囊肿的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of Nontumorous ovarian cysts	88
(一)滤泡囊肿	Follicular cyst	88
(二)黄体囊肿	Corpus luteum cyst	88
(三)黄素囊肿	Theca letein cyst	90
(四)多囊卵巢综合征	Poiycystic ovary syudrome	90
(五)卵巢血肿	Ovarian hematoma	91
二、良性卵巢肿瘤的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of benign ovarian tumors	95
(一)粘液性囊腺瘤的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of mucous cystadenoma	95
(二)浆液性囊腺瘤的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of serous cystadenoma	97
(三)勃勒纳氏瘤的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of brenner tumors	98
(四)卵巢良性纤维瘤的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of benign ovarian fibroma	98
三、卵巢恶性肿瘤的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of malignant ovarian tumors	99
(一)浆液性囊腺癌的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of serous cystadenocarcinoma	101
(二)粘液性囊腺癌的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of mucous cystadenocarcinoma	102
(三)子宫内膜样癌的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of endometrioid carcinoma	104
(四)恶性纤维瘤的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of malignant fibroma	104
(五)无性细胞瘤的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of dysgerminoma	104
(六)内胚窦瘤的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of endodermal sinus tumor	105
(七)粒层细胞瘤的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of granulosa cell tumor	105
(八)恶性卵泡膜细胞瘤的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of malignant thecoma	105
(九)透明细胞癌的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of clear cell carcinoma	106
(十)转移癌的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of metastatic carcinoma	106
四、输卵管癌的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of salpingian carcinoma	106
五、卵巢畸胎瘤的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of ovarian teratoma	107
(一)良性卵巢畸胎瘤的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of benign ovarian teratoma	107
(二)恶性卵巢畸胎瘤的超声诊断	Ultrasonic diagnosis of malignant ovarian teratoma	111
六、常见卵巢肿瘤的超声图像鉴别诊断及意义	Differential diagnosis and	

its significance of sonography in common ovarian tumors	111
第八章 正常胎儿的发育解剖和生理 Growth Anatomy and Physiology of Normal Fetus	113
一、受精卵的发育和着床 Growth and implantation of fertilized ovum	113
二、胚胎期 Embryo period	114
三、胎儿期 Fetus period	114
四、胎盘形成、脐带组成 Formation of placenta and component of umbilical cord	118
五、羊膜腔及羊水 Amniotic cavity and amniotic fluid	120
六、妊娠各周宫底高度 Uterine fundus of pregnancy period	120
七、正常早期妊娠的超声特征 Ultrasonographic characteristics of normal early pregnancy	121
八、早期妊娠检查注意点 Attentions to early pregnancy examination	124
九、中、晚期妊娠超声特征 Ultrasonographic characteristics of middle and late pregnancy	124
十、超声检测估计胎龄的方法 Methods for estimating gestational age by ultrasonography	135
十一、多胎妊娠的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of multiple Pregnancy	139
十二、产后盆腔的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of postpartum pelvis	141
第九章 病理妊娠的超声诊断 Ultrasonic Diagnosis of Pathological Pregnancy	143
一、流产的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of abortion	143
二、葡萄胎的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of hydatidiform mole	149
三、宫外孕的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of extrauterine pregnancy	154
四、胚胎停止发育的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of embryonal development stoppage	161
五、死胎的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of fetal death	162
六、前置胎盘的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of placental previa	163
七、胎盘早期剥离的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of placental early abruption	166
八、子宫肌瘤合并妊娠的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of uterine myoma combined with pregnancy	167
九、卵巢肿瘤合并妊娠的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of ovarian tumors combined with pregnancy	168
十、畸形子宫合并妊娠的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of uterus malformation combined with pregnancy	171
(一) 双子宫合并妊娠 Double uterus combined with pregnancy	171
(二) 残角子宫合并妊娠 Uterus unicornis combined with pregnancy	171
十一、子宫颈功能不全的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of incompetent cervix	173
十二、胎儿宫内生长迟缓的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of fetal intrauterine	

growth retardation	173
第十章 先天性胎儿畸形的超声诊断 Ultrasonic Diagnosis of Fetal Congenital Malformations	175
一、神经系统畸形的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of neural system malformations	175
(一)无脑儿 Anencephalus	175
(二)脑积水 Hydrocephalus	175
(三)脊柱裂 Spina bifida	178
(四)脑脊膜膨出 Meningocele	178
二、消化系统畸形或异常的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of digestive system malformations or abnormalities	180
(一)食管闭锁 Atresia of esophagus	180
(二)肠管狭窄或闭锁及胃幽门梗阻 Intestinal stenosis or atresia and pylorus obstruction	180
(三)横膈膜疝 Diaphragmatic hernia	180
(四)腹壁缺陷 Omphalocele (periton desect)	181
三、泌尿系统畸形的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of urinary system malformations	181
(一)肾发育不全或缺如 Hypoplasia of the kidney or anephrogenesis	181
(二)多囊肾 Polycystic kidney	182
(三)多囊性肾发育不全 Hypoplasia of the polycystic kidney	182
(四)肾积水 Hydronephrosis	182
(五)尿道闭锁 Urethral atresia	182
四、骨骼系统异常的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of skeletal system abnormalities	182
五、胎儿先天性心脏缺陷和某些心脏疾患的声像 Ultrasonic diagnosis of fetal congenital heart defects and some heart diseases	182
六、胎儿水肿的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of hydrops fetalis	183
七、胎儿淋巴系统异常的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of fetal lymphatic system abnormalities	185
八、胎儿颈部血管瘤的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of fetal neck hemangioma	185
九、胎儿肝囊肿、肺囊肿的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of fetal liver and lung cyst	185
十、胎儿卵巢囊肿的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of fetal ovarian cyst	185
十一、双胎畸形的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of twin malformation	186
十二、羊膜粘连带综合征 Amniotic adhesive band syndrome	186
十三、超声检查胎儿异常的注意点 Attentions to fetal abnormalities examination with ultrasonography	186

第十一章 计划生育 Family Planning	187
一、宫内节育器的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of intrauterine device	187
二、节育器的超声定位诊断 Localization of intrauterine device with ultrasonography	189
三、节育器移位的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of intrauterine device translocation	189
四、宫内节育器合并妊娠的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of intrauterine device combined with pregnancy	192
五、子宫穿孔的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of uterine perforation	192
六、宫内节育器合并子宫肌瘤的超声诊断 Ultrasonic diagnosis of intrauterine device with uterine myoma	194
第十二章 彩色多普勒血流显像在妇产科的应用 Application of Color Doppler Blood Flow Imaging in Gynaecology and Obstetrics	196
一、正常盆腔脏器的彩色多普勒超声诊断 Color Doppler ultrasonographic appearance of normal pelvise organs	196
(一)子宫动脉 Uterine artery	196
(二)卵巢动脉 Ovarian artery	196
二、妇科疾病的彩色多普勒超声诊断 Color Doppler ultrasonography in diagnosis of gynaecologic diseases	196
(一)子宫肌瘤 Myoma of uterus	196
(二)子宫内膜癌 Carcinoma of endometrium	196
(三)卵巢癌 Ovarian carcinoma	197
(四)不孕症 Infertility	197
三、正常妊娠的彩色多普勒超声诊断 Color Doppler ultrasonographic appearance of normal pregnancy	197
(一)早期妊娠 The eraly pregnancy	197
(二)中、晚期妊娠 The middle and lately pregnancy	197
四、异常妊娠的彩色多普勒超声诊断 Color Doppler ultrasonography in diagnosis of abnormal pregnancy	197
(一)胎儿宫内生长迟缓的彩色多普勒超声诊断 Color Doppler ultrasonographic appearance of fetal interuterine growth retardation	197
(二)胎儿脐带绕颈的彩色多普勒超声诊断 Color Doppler ultrasonography in diagnosis of umbilical cord around neck	198
(三)宫外孕的彩色多普勒超声诊断 Color Doppler ultrasonography in diagnosis of extrauterine pregnancy	198
(四)滋养细胞肿瘤的彩色多普勒超声诊断 Color Doppler ultrasonography in diagnosis of trophoblastic tumors	198

第十三章 介入性超声在妇产科的应用	Application of Interventional	
 Ultrasonography in Gynaecology and Obstetrics		199
一、超声引导下取环或放环	Ultrasonically guided removal or insertion of intrauterine device	199
二、超声监护下刮宫	Ultrasonically monitored induction of labor	199
三、超声引导下卵泡囊肿穿刺	Ultrasonically guided puncture of follicular cyst	199
四、超声引导下穿刺盆腔囊性肿块	Ultrasonically guided puncture of pelvic cyst mass	199
五、胎儿宫内穿刺诊断	Ultrasonic diagnosis of fetal by transuterine puncture biopsy	200
参考文献		201

第一章

超声诊断物理基础 Physical Basis of Ultrasonic Diagnosis

一、超声诊断的物理原理 Physical principles of ultrasonic diagnosis

(一) 超声的基本概念 Fundamental concepts of ultrasound

振动的传播称为波动，振动是波动的源泉，波动则是振动能量的传递。波动可分为机械波和电磁波。声波是一种机械波。其频率范围在 $10^{-4}\text{Hz} \sim 10^{12}\text{Hz}$ ，频率范围在 $16\text{Hz} \sim 2 \times 10^4\text{Hz}$ 的称为可听声波；频率范围在 $10^{-4}\text{Hz} \sim 16\text{Hz}$ 的称为次声波；频率范围在 $2 \times 10^4\text{Hz} \sim 5 \times 10^8\text{Hz}$ 的称为超声波；频率范围在 $5 \times 10^8\text{Hz} \sim 10^{12}\text{Hz}$ 的称为特超声波。目前医学诊断用的超声波频率在 $1 \times 10^6\text{Hz}$ （即 1MHz ） $\sim 60 \times 10^6\text{Hz}$ （即 60MHz ）之间，而妇产科常用频率在 $2\text{MHz} \sim 10\text{MHz}$ 之间。

(二) 超声的物理量 Physical capacity of ultrasound

1. 波长、频率和声速 在相继的声波上任意 2 个相邻同相位点之间的距离称为波长，常用 λ 表示，其单位取厘米（cm）或毫米（mm）。单位时间内任一给定点上通过声波的数目称为频率，常用 f 表示，其单位为赫兹（Hz）或 10^3 赫兹（KHz）或 10^6 赫兹（MHz）。单位时间内声波传播的距离称为声速，常用 c 表示，其单位为米/秒（m/s）或厘米/秒（cm/s）。三者之间存在：

$$C = f\lambda$$

声速反映声波在介质中传播的快慢，其随介质的弹性（ K ）及密度（ ρ ）的不同而有差异，可用下式表示： $c = \sqrt{K/\rho}$ 。一般来说，含水量少的声速高（如金属、颅骨等）；含水量多的声速低（如血液、羊水等）；而气体的声速最低，即声速在不同介质一般是固体 $>$ 液体 $>$ 气体（表 1-1）。

2. 声阻抗特征 声阻抗特性简称声阻抗（ Z ），单位为瑞利，其为介质密度 ρ 与声速 c 的乘积，它是超声诊断中非常重要的物理量，目前超声诊断都是建立在回波基础上的，其物理基础与人体内的声阻抗 Z 值是不相同的。

由于物质密度一般是固体 $>$ 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（表 1-1）。

表 1-1 几种介质的声速和特性阻抗

介质名称	密度 (g/cm^3)	声速 (m/s)	特性阻抗 (10^5 瑞利)
空气 (3°C)	0.001 293	332	0.000429
水 (0°C)	0.997 3	1 480	1.476
水 (37°C)	0.993 4	1 523	1.513
生理盐水 (25°C)	1.005	1 504	1.512
生理盐水 (37°C)	1.002	1 534	1.537
铁	7.7	5 850	45
有机玻璃	1.18	2 720	3.210
水晶体	1.138		1.874

续表

介质名称	密度 (g/cm^3)	声速 (m/s)	特性阻抗 (10^5 瑞利)
眼前房水	0.994 ~ 1.012		1.486 ~ 1.513
眼玻璃体	0.992 ~ 1.010		1.483 ~ 1.510
血液	1.055	1 570	1.656
血浆	1.027		
大脑	1.038	1 540	1.599
小脑	1.030	1 470	1.514
脂肪	0.955	1 476	1.410
软组织 (平均)	1.016	1 500	1.524
肌肉	1.074	1 568	1.684
肝	1.050	1 570	1.648
肾		1 560	
脑脊液	1.000	1 522	1.522
颅骨	1.658	3 860	5.571
甲状腺			1.620 ~ 1.660
胎体	1.023		1.540
羊水	1.013		1.493

3. 声强 超声波在单位时间里通过垂直于传播方向上单位面积的声能量叫作超声强度, 简称声强 (I), 单位为瓦/平方厘米 (W/cm^2) 或毫瓦/平方厘米 (mW/cm^2)。声强是表达声能的一种数量级标志, 其在超声治疗中应用广泛, 这是因为要求达到预期的生物效应。声强在超声诊断上也极为重要, 通常认为诊断超声对人体无害的观点大体是不错的, 但并不严格, 其前提是辐照声强小及辐照时间短。如辐照声强大且辐照时间长, 则超声的生物效应可对人体产生不良作用, 因此超声诊断时, 在保证获取必要的诊断资料前提下应尽可能采用最小的辐照声强和最短的辐照时间, 这在产科尤其早孕的超声诊断上显得尤为重要。

(三) 超声波的产生与接收 Producing and receiving of ultrasound

1. 压电效应 能够将电能转换成机械能 (声能) 以及反过来将机械能 (声能) 转换成电能的材料有很多种, 在超声诊断中应用的是压电材料, 其分子排列特征是缺乏中心对称, 能在机械应力的作用下在电极表面产生电荷。反之, 若对其施以一电场, 其也会产生应变。这种机械能转变成电能, 电能转变为机械能的现象称为压电效应。前一种为正压电效应, 后一种为逆压电效应, 超声波的发射利用了逆压电效应, 而接收则是利用了正压电效应。

2. 探头 探头又被称为超声换能器, 作用是发射超声波和接收超声回波, 其一般由 3 部分组成, 即压电材料、吸声背块及匹配层。

(1) 压电材料 压电材料是探头的关键, 它决定了电能和声能互换的能力。目前用得最多的是压电陶瓷材料, 如锆钛酸铅 (PZT)、钛酸铅、钛酸钡等。这类材料的优点是有较高的机电转换能力, 且价格低廉, 加工方便, 可形成任何所需的形状, 因此有利于制造各种超声探头。

压电材料的作用是: ①确定发射超声的频率; ②发射超声波和接收反射回来的超声波; ③确定声束的形状和特征。

(2) 吸声背块 为了减少压电材料两面间来回反射所形成的压力脉冲波列, 产生窄的超声脉冲, 从而提高探头的分辨率, 通常在振动压电材料的后表面加上对超声波有强吸收能力的背衬层来阻尼振

荡,也就是所谓的吸声背块。

吸声背块材料除必须对超声有强吸收能力外,其声阻抗还必须最好等于压电材料的声阻抗,只有这样其才能有效地起阻尼作用。通常吸声背块材料是由环氧树脂加钨粉调和而成。

(3) 匹配层 超声探头的表面有一保护层,其保护压电材料免受磨损,又使人体组织不受激励电压损害,更重要的是使压电材料辐射的超声有效地进入人体,实现对人体组织的检查,这一层被称为匹配层。

匹配层材料的选择相当重要,其要求满足:①匹配层声阻抗必须等于压电材料声阻抗和皮肤声阻抗乘积的开方,即 $Z_{匹} = \sqrt{Z_{晶} \cdot Z_{皮}}$;②匹配层的厚度必须等于在此材料中超声波长的 $1/4$ 倍,即 $d = 1/4\lambda$ 。匹配层常用环氧树脂、二酞脂、有机玻璃、石英玻璃等材料配制而成。

(四) 超声波的传播 Spreading of ultrasound

1. 反射和折射 超声波入射到远大于波长的大界面时,就会产生反射和折射现象(图 1-1)。平面超声波在无限大界面上的反射定律和折射定律与光学是相同的。

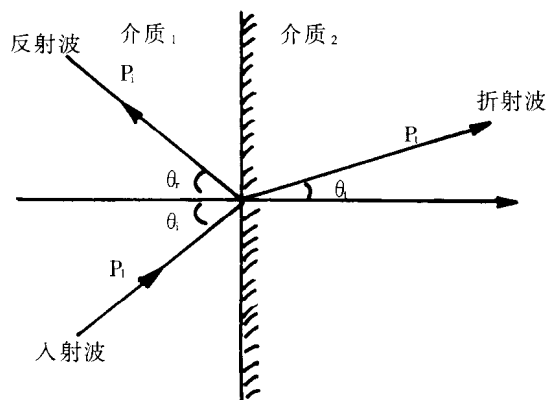


图 1-1 超声的反射和折射

界面反射是超声诊断的主要基础。没有界面反射就“看不到什么”,但反射太强,剩余的声能量太弱,则影响超声进入到下面介质中去,同样不利于超声诊断。如软组织-空气界面上有 99.89% 的超声反射回来,而折射到气体下方组织的超声极少,因此超声难以对气体后方的组织进行检测诊断。这就是为什么经腹妇产科超声检查必须适当充盈膀胱,以将探头与子宫附件间的肠管推开的主要原因。

折射对超声诊断可产生一定影响,由于超声波的折射传播,使超声显示器上的声像图在实际上是一幅多向扭曲的图形,因此可使测量出现偏差。

2. 全反射 当超声波斜入射到 2 种介质的界面时,入射角增大到一定值时,折射角为 90° ,即第二种介质中没有折射波,此时的入射角称为全反射临界角,超过此临界角时,折射声束完全返回第一介质,此称为全反射。全反射对超声诊断无意义,因此实际应用中超声探头应尽可能垂直于检查目标,最大探测角度不应超过 $\pm 45^\circ$,以避免全反射出现。

3. 散射和绕射 当超声波入射到小界面 ($d \leq \lambda$) 时,其吸收声能后再向四周各个方向辐射声波,这种现象称为散射(图 1-2)。人体中发生超声散射的小物体主要有红细胞和脏器内的微小组织结构,前者是多普勒血流仪的成像基础,后者是超声成像研究脏器内部细微结构的重要依据。因此,尽管散射无方向性,其返回声源的回声能量很低,但其在超声诊断上的意义十分重要。

当超声波入射到小界面 (d 与 λ 差别不大) 时,声波可以绕过界面的边缘向前传播,这就是绕射,也称衍射(图 1-3)。绕射在妇产科超声诊断中有其表现。如胎盘钙化早期,钙化点太小,发生完全绕射,则表现为强光点后无声影。如钙化点融合变大或卵巢畸胎瘤中的牙齿或骨骼,则超声波在其正面发生反射,而在边缘发生绕射,于是声像图表现为强光团后方出现“声影”。

4. 吸收和衰减 超声波在介质中传播时,声强随着传播距离的增加而减小,这就是超声的衰减。

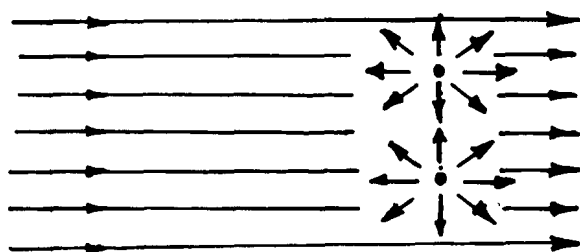
散射 ($d \leq \lambda$)

图 1-2 超声的散射

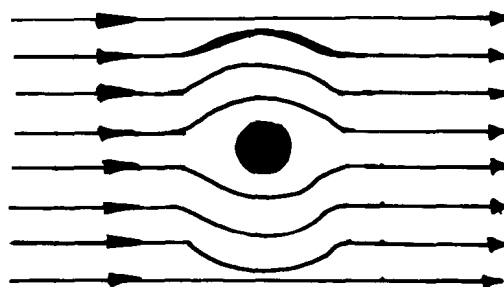
绕射 ($d \sim \lambda$)

图 1-3 超声的绕射

其主要原因有：①扩散衰减：是指声束本身扩散及由于反射、折射及散射等现象使声能分开，因此降低了声强。这种情况下，超声总能量并没减少，而只是转移到别的方向去了；②吸收衰减：是指声能通过各种方法变成热能的这一部分损失。主要包括热传导吸收、粘滞吸收及弛豫吸收等。超声波的频率愈高，衰减越明显。

生物组织中超声衰减的机理较为复杂，超声波在不同组织中衰减情况不同。在人体，腹水及羊水对超声的衰减小，肌肉组织次之，纤维组织及软骨衰减大，骨组织及气体（肠气）衰减最大。

5. 频率与穿透力、分辨率的关系 对同一介质来说，超声的穿透力几乎与频率成反比，但分辨率却与频率成正比。理论上，超声的分辨率为其 $1/2$ 波长。

如前所述，超声在人体不同组织中的传播特性不同。对于含气脏器，医学诊断用超声极难穿透，因此无法进行超声诊断；颅骨虽薄，但衰减大，因此需要使用低频（1MHz）才易于穿透；一般经腹部妇产科检查则用 2MHz ~ 5MHz 较妥当；而经阴道探头进行检查时，主要要求分清细微的结构，并不要求穿透很深，则可采用 5MHz ~ 10MHz 的探头，提高其分辨率。

6. 多普勒效应 1842 年奥地利物理学家多普勒（Doppler）首先提出了一种物理现象，即当恒频发射声源与接受器存在相对运动时，接收器所接收到的声波频率将与发射声源不同，其频差（频移）与两者的相对运动矢量有关，这种现象称为多普勒效应。

根据多普勒频移能计算出接受器运动速度，其公式为：

$$f_d = \pm \frac{2v \cdot \cos\theta}{c} f_0 \text{ 或 } v = \pm \frac{c \cdot f_d}{2f_0 \cdot \cos\theta}$$

式中， f_0 是声源发射频率， f_d 是多普勒频移， c 是声速， v 是接受器运动速度，朝向探头运动取正号，背离探头运动取负号， θ 是接受器运动方向与声束轴线的夹角。由于声速 c 、发射频率 f_0 及运动方向与声束夹角 θ 是已知的，因此只要测出多普勒频移 f_d ，就可以算出接受器运动速度，这正是超声多普勒技术检测血流流速的原理。

二、超声显像原理及超声诊断仪 Imaging principle of ultrasound and diagnostic instrument

超声诊断依照显像原理的不同而分为多种显示方式，其中最常见有 2 类，即脉冲回声式及差频回声式。

（一）脉冲回声式 Pulse echo type

1. 基本原理及显示方式 利用探头向人体内部发射超声脉冲，遇到各组织界面时产生反射脉冲信号，即脉冲回声信号，检测这些回声信号，就能对各种组织进行定位，并检测其特性。实质上脉冲回声技术所检测的正是超声波在物体表面进行反射的物理特性。

脉冲回声式根据工作及显示方式不同，可分 3 型，即 A 型、B 型及 M 型。

2. A型诊断及A型诊断仪 A型法为振幅调制型。原理为声束在传播途径中遇到各个界面所产生的一系列反射和散射回声,在显示器时间轴上以振幅(波)高低显示。即:显示器的X轴自左向右代表回声时间的先后次序,它一般代表人体组织的深浅,而Y轴自基线向上代表回声振幅的高低。

A型超声诊断仪分为单相型和双相型2种,其均根据显示器不同位置上出现稀疏稠密与幅度高低不同的脉冲回声信号来进行超声诊断。临床上主要用于:①脑中线探测;②眼球探测;③浆膜腔积液探测等。

3. B型诊断及B型诊断仪 B型法为辉度(灰度)调制型。原理与A型法基本相同,不同之处有3点:①时间轴在Y轴而非A型法的X轴,即Y轴深浅代表人体组织的深浅;②各界面回声根据振幅大小以不同辉度光点显示;③声束顺序扫描后,许多平行的、辉度受回波幅度调制的Y轴扫描线连成一片,就构成切面声像图,它大体反映了人体内这个扫描断面上的声阻抗变化图。

B型诊断仪的类型较多,其主要区别在于探头结构及扫查方式上,由于不同类型的探头及扫查方式各有优缺点,因此超声诊断中依检查部位不同选用相应的探头及扫查方式,如妇产科超声检查多选用机械扇扫、电子扇扫或电子凸阵型。B型超声诊断应用范围非常广,其目前已成为除A型超声以外各型超声诊断法的基础。

4. M型诊断及M型诊断仪 M型法为活动显示型,是B型法的一种变异型。其原理类似B型法,与B型法不同之处有:①单声束取样获得界面回声;②显示器以X轴为另一外加的慢扫描时间基线,代表时间的慢展开,故M型法反映组织在一维空间中的动态信息。

单纯的M型诊断仪已被淘汰,目前M型超声诊断法已成为多功能超声诊断仪的重要组成部分。由于M型超声诊断仪的特点是能反映运动器官动态特性,因此其主要用于测量心血管各部分大小、厚度及瓣膜运动,也可用于检测胎动及胎心等。

(二) 差频回声式 Aniso-frequency echo type

1. 基本原理及显示方式 利用探头发射固定频率超声波,当运动血流经过声场时,由于红细胞的强散射作用,使探头接收到频率已改变的散射回波,将发射频率与回波频率相比,取得两者间的差值及正负值,最后加以显示及检测。

差频回声式根据工作及显示方式的不同,可分2型,即D型及D型彩色描绘。

2. D型诊断及多普勒血流仪 D型法为差频示波型。原理为单条声束在传播途径中遇到活动界面所产生的差频回声,在X轴的慢扫描基线上沿Y轴代表其差频的大小。通常慢扫描基线上方显示的差频为正,表明血流方向朝向探头;在基线下方的差频为负,表明血流方向远离探头。曲线各点的辉度表示某一时刻取样容积内相同速度的红细胞数目的多少。曲线宽度表示某一时刻取样血流中红细胞速度分布范围的大小。D型又可分为2种亚型。

(1) 连续波式及连续波多普勒血流仪 连续波式发射连续不间断的超声波,其对声束线上所有血管内血流均可获得回声。优点是 measurable 最大流速不受限制,缺点是无距离分辨力,不能区分深、浅血管中血流流速。

单纯的连续波多普勒血流仪结构简单,它只能用于浅表血管、脐带血管的血流检测及胎心监护,不能用于心脏疾病的诊断。而双功能超声诊断仪或彩色多普勒血流仪中的连续多普勒诊断技术可用于心脏疾病的诊断。

(2) 脉冲选通门式及脉冲多普勒血流仪 脉冲波式发射与A型法类似,并采用深度选通接收器,接收声束线上心血管内部所需点的血流回声信号,而把无关的信息除去。因此其优点是距离分辨力,能检测心血管内任一点的血流,缺点是其最大显示频率受脉冲重复频率限制,在检测高速血流时容易出现混叠现象。

单纯的脉冲波多普勒血流仪结构也较简单,它多只用于颅内血管血流检测。目前脉冲波多普勒诊断技术多为双功能超声诊断仪或彩色多普勒血流仪的重要组成部分,其应用范围远较连续波多普勒诊断技术为广。