

高等院校医疗器械系列“十三五”规划教材

高等教育医工融合教材·医学影像技术专业

超声设备及检查技术

刘红 徐辉雄 主编



高等院校医疗器械系列“十三五”规划教材

高等教育医工融合教材·医学影像技术专业

- ◎ 生物医学检测技术
- ◎ 有源医疗器械检测与评价
- ◎ 生物医用材料导论
- ◎ 超声设备及检查技术
- ◎ 医学生物力学基础（即将出版）
- ◎ 仿生测量（即将出版）
- ◎ 临床检验仪器分析技术及应用（即将出版）
- ◎ 医疗器械安全信息检索指南（即将出版）

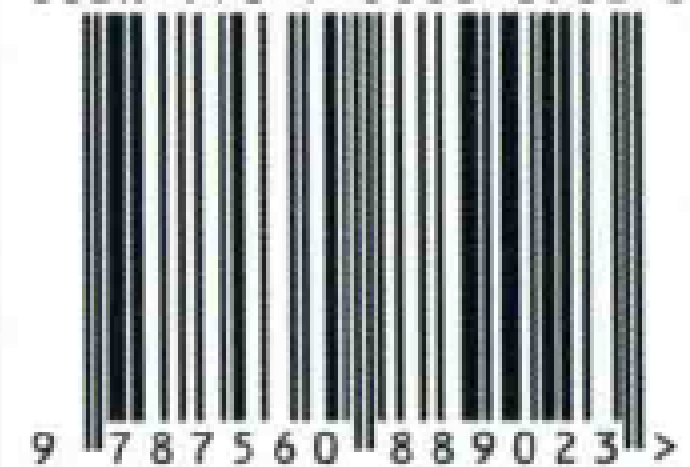
内容提要

本书内容分超声设备和超声检查技术两部分，全书19章。1—6章着重医用超声成像仪的构造、成像技术、成像原理及数字电路分析，并对关键技术的研究及最新进展做了简明扼要的介绍；7—19章注重融合理工科知识在检查技术中的应用，系统介绍图像采集、处理、存储及传输的基本知识、基本理论和基本技能，全面阐述心血管、腹部、妇产、浅表、肌骨的超声解剖概要、扫查方法、图像特征及注意事项等内容。

本书具有内容应用性强、理论解释严谨、知识结构清晰的特点，可供医学影像技术、生物医学工程和医疗器械等相关专业教学使用，也可供超声医学规范化培训人员和医学超声设备培训人员参考。

本书建议教学时数80学时。

ISBN 978-7-5608-8902-3



定价：98.00 元

高等院校医疗器械系列“十三五”规划教材
高等教育医工融合教材·医学影像技术专业

超声设备及检查技术

主 编 刘 红 徐辉雄
副主编 黄备建 姜立新

 同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书内容分超声设备和超声检查技术两部分,全书 19 章。1—6 章着重医用超声成像仪的构造、成像技术、成像原理及数字电路分析,并对关键技术的研究及最新进展做了简明扼要的介绍;7—19 章注重融合理工科知识在检查技术中的应用,系统介绍图像采集、处理、存储及传输的基本知识、基本理论和基本技能,全面阐述心血管、腹部、妇产、浅表、肌骨的超声解剖概要、扫查方法、图像特征及注意事项等内容。

本书具有内容应用性强、理论解释严谨、知识结构清晰的特点,可供医学影像技术、生物医学工程和医疗器械等相关专业教学使用,也可供超声医学规范化培训人员和医学超声设备培训人员参考。

本书建议教学时数 80 学时。

图书在版编目(CIP)数据

超声设备及检查技术/刘红,徐辉雄主编. —上海:
同济大学出版社,2020.1

高等院校医疗器械系列“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5608-8902-3

I. ①超… II. ①刘… ②徐… III. ①超声波诊断机
—高等学校—教材 IV. ①R445.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 290457 号

超声设备及检查技术

主 编 刘 红 徐辉雄

副主编 黄备建 姜立新

责任编辑 张 睿 责任校对 谢卫奋 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 常熟市华顺印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 31 插页 24

字 数 849 000

版 次 2020 年 1 月第 1 版 2020 年 1 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-8902-3

定 价 98.00 元

编 委 (按姓氏笔画为序)

- 吕 丹 (上海健康医学院医疗器械学院)
刘 红 (上海健康医学院医学影像学院)
李哲旭 (上海健康医学院医学影像学院)
何 峥 (上海中医药大学附属曙光医院)
应 涛 (上海交通大学附属第六人民医院)
张一峰 (同济大学附属第十人民医院)
陈红燕 (复旦大学附属闵行医院)
陈 曼 (上海交通大学附属同仁医院)
季正标 (复旦大学附属中山医院)
周进祝 (上海健康医学院医学影像学院)
姜立新 (上海交通大学附属第六人民医院)
徐辉雄 (同济大学附属第十人民医院)
黄国倩 (复旦大学附属华山医院)
黄备建 (复旦大学附属中山医院)
程海凭 (上海健康医学院医疗器械学院)

前 言

教材是教学的基本依据和基础资源,也是反映产业升级和结构调整对技术技能型本科人才新要求的载体。一本好教材不仅能传授知识与技能,而且是培养学生科学思维习惯、分析研究问题能力的必要条件。本教材的编写始终按照《教育部关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》的精神,以确保优质教育资源进课堂为目标。本教材编写思考的逻辑起点是根据本科医学影像技术专业教育规律、学生的成长规律和就业岗位(群)的任职要求,充分发挥教材在提高人才培养质量中的基础性作用。为凸显教材编写科学、精准、规范,内容先进、实用、适用,凸显医工融合的特色,教材编写前就超声设备及检查技术的岗位设置、典型工作任务、行业对人才培养的要求等内容开展广泛调研,为教材编写提供了有效的信息和依据,并据此召开了编委会,研讨拟定课程标准、编写整体规划及具体编写要求,奠定了“好读、好学、好教”的教材编写基础。

本教材编写坚持行业专家主导、院校合作的教材开发机制。遴选在教学、科研方面成就显著及具有精湛技术技能水平的临床一线行业专家引领教材编写(占62%),博采众家之长,将学科、行业的新知识、新技术、新技能、新成果融入到教材编写中。教材内容注重在传授知识的同时,传授获取知识的方法,培养学生具备一定的对技术规范的操作规范的消化、吸收、改良、反求、创新能力,确保教材编写切实反映行业职业能力标准,对接临床操作流程、操作指南,符合行业用人需求,有利于拓展学生可持续发展空间,体现医工融合及“三基五性”技术应用性的教材内涵。

本教材强调医工融合共同培养超声技术人员,借鉴国际超声医学医师、技师协同发展、各司其职的工作模式,从侧重技术操作层面的角度撰写临床常用超声检查技术,以满足超声技师的人才培养需求。全书共19章,涵盖了临床超声检查工作的基本内容。1—6章着重医用超声成像仪的构造、成像技术、成像原理及电路分析;7—19章注重融合理工科知识在检查技术中的应用,介绍图像采集、处理、存储及传输的基本知识、基本理论、基本技能,系统阐述心血管、腹部、妇产、浅表、肌骨的超声解剖概要、扫查方法、图

像特征、注意事项等内容,服务“精准诊断、技术先行”的行业要求。每章前均列出“学习目标”,每章学习内容后有围绕学习目标和教学重点的“本章小结”“目标检测”,突出重点教学内容;并通过临床案例分析、超声检查新技术介绍、专业学习网站推介等,拓宽相关专业知识与能力,以充分调动学生主动学习的积极性,同时培养学生的创新意识、解决问题的实践能力和可持续发展的潜能。在教材后增加了“参考文献”,供学生进一步学习时参考。鉴于本书编者都是具有丰富临床超声检查实践和教学经验的专家、学者,因此本书有较强的实用性和可读性,可供医学影像技术本科专业教学使用,也可供超声医学规范化培训人员及医学超声设备培训人员参考。本教材建议学时数 80 学时,5 学分(16 学时/1 学分),理论与实践学时比为 36 : 44。

本书编写过程中得到上海健康医学院医学影像学院何培忠教授、办公室杜文炜主任,海军军医大学(第二军医大学)附属长海医院超声科金修才主任、上海交通大学附属第六人民医院超声医学科严雨霖医师,复旦大学附属闵行医院超声医学科刘莹医师、俞芳芸护师,上海交通大学附属同仁医院超声医学科唐蕾、江建伟医师,复旦大学附属中山医院超声医学科丁红教授,复旦大学附属华山医院超声医学科周青医师,同济大学附属第十人民医院超声医学科李小龙、伯小皖医师的鼎力支持和帮助,谨在此表示诚挚的感谢!

由于水平和时间所限,书中难免存在疏漏、不足甚或错误之处,恳请广大师生和读者不吝赐教和指正。

刘红 徐辉雄

2019. 10

目 录

前 言

第一章 医学超声发展简史	1
第一节 医学超声成像历史.....	1
第二节 多普勒超声成像历史.....	4
第三节 超声治疗历史.....	5
本章小结.....	7
目标检测.....	7
第二章 超声声学基础	8
第一节 超声波的定义及特性.....	8
第二节 超声波的产生和分类.....	9
第三节 常用超声声学物理量	11
第四节 超声波的传播特性和在生物组织中的衰减	15
第五节 超声的生物效应	21
本章小结	22
目标检测	22
第三章 医学超声成像技术	24
第一节 医学超声成像的基本原理	24
第二节 脉冲回波成像模式的显示型式和主要参数	28
第三节 多普勒模式的显示型式	35
第四节 超声成像新技术	42
本章小结	49
目标检测	49

第四章 医用超声换能器	51
第一节 换能器材料和压电效应	51
第二节 换能器声场特性	56
第三节 探头的分类及结构	62
本章小结	67
目标检测	67
第五章 超声设备的原理及组成	69
第一节 超声波束的扫描	69
第二节 超声发射部分	73
第三节 超声接收前端电路组成	76
第四节 超声回波信号处理技术	82
第五节 超声图像处理技术	84
本章小结	94
目标检测	94
第六章 全数字 B 型超声诊断仪典型电路分析	96
第一节 探头板分析	97
第二节 脉冲板分析	99
第三节 整序板分析	101
第四节 波束合成板分析	101
第五节 数字板分析	103
第六节 控制面板分析	104
本章小结	105
目标检测	105
第七章 超声检查技术绪论	107
第一节 超声检查技术概述	107
第二节 医用超声诊断仪的使用	108
第三节 超声扫查的基本程序与操作方法	112
第四节 常见超声图像伪像的识别与规避	115
第五节 超声回声的描述与声像图观察的基本内容	118

第六节 超声检查技术学习指导·····	121
本章小结·····	122
目标检测·····	122
第八章 肝超声检查·····	125
第一节 肝超声检查基础·····	125
第二节 肝超声扫查方法和途径·····	126
第三节 正常肝声像图表现和肝超声测值·····	134
第四节 肝超声扫查要点·····	138
第五节 肝常见疾病超声表现·····	138
第六节 肝超声检查新技术·····	150
知识拓展·····	152
本章小结·····	156
目标检测·····	156
第九章 胆囊与胆管超声检查·····	158
第一节 胆囊与胆管超声检查基础·····	158
第二节 胆囊与胆管超声扫查方法和途径·····	158
第三节 胆囊与胆管声像图表现和超声测值·····	160
第四节 胆囊与胆管扫查要点·····	161
第五节 胆囊与胆管常见疾病超声表现·····	161
知识拓展·····	174
本章小结·····	175
目标检测·····	175
第十章 脾超声检查·····	177
第一节 脾超声检查基础·····	177
第二节 脾常见疾病超声表现·····	180
第三节 脾先天异常超声扫查要点·····	185
知识拓展·····	186
本章小结·····	187
目标检测·····	187

第十一章 胰腺超声检查	190
第一节 胰腺超声检查基础.....	190
第二节 胰腺常见疾病超声表现.....	193
知识拓展.....	203
本章小结.....	204
目标检测.....	204
第十二章 泌尿及男性生殖系统超声检查	208
第一节 肾超声检查.....	208
第二节 输尿管超声检查.....	216
第三节 膀胱超声检查.....	220
第四节 前列腺超声检查.....	223
第五节 阴囊超声检查.....	228
知识拓展.....	232
本章小结.....	234
目标检测.....	234
第十三章 腹膜后间隙与肾上腺超声检查	236
第一节 腹膜后间隙与肾上腺超声检查基础.....	236
第二节 腹膜后常见疾病超声表现.....	238
第三节 肾上腺常见疾病超声表现.....	243
知识拓展.....	245
本章小结.....	246
目标检测.....	246
第十四章 妇科超声检查	249
第一节 子宫及附件超声检查基础.....	249
第二节 子宫及附件常见疾病超声表现.....	252
第三节 妇科超声检查新技术.....	258
知识拓展.....	259
本章小结.....	261
目标检测.....	261

第十五章 产科超声检查	263
第一节 正常早期妊娠声像图	263
第二节 正常中晚期妊娠声像图	265
第三节 异常妊娠超声表现	268
第四节 异常胎盘超声表现	271
第五节 胎儿先天性畸形的超声诊断	272
第六节 产科超声检查新技术	275
知识拓展	276
本章小结	277
目标检测	278
第十六章 正常心脏超声检查	280
第一节 心脏解剖概要	280
第二节 正常超声心动图概述	283
第三节 检查前的准备工作	284
第四节 二维超声心动图	285
第五节 M型超声心动图的基本图像	293
第六节 各瓣膜彩色血流图像	297
第七节 各瓣膜频谱多普勒的正常波型	299
第八节 二尖瓣环组织多普勒频谱	301
本章小结	302
目标检测	302
第十七章 心脏疾病超声检查	305
第一节 心脏瓣膜病超声表现	305
第二节 先天性心脏病超声表现	315
第三节 原发性心肌病超声表现	323
第四节 冠状动脉粥样硬化性心脏病超声表现	327
第五节 高血压性心脏病超声表现	331
第六节 心脏黏液瘤超声表现	331
第七节 心包积液超声表现	332
第八节 心功能测定	335

本章小结·····	346
目标检测·····	346
第十八章 浅表器官超声检查·····	349
第一节 甲状腺超声检查·····	349
第二节 乳腺超声检查·····	371
第三节 淋巴结超声检查·····	390
知识拓展·····	413
本章小结·····	418
目标检测·····	419
第十九章 肌肉-骨骼系统超声检查 ·····	424
第一节 肌肉-骨骼系统超声检查基础 ·····	424
第二节 肩关节超声检查·····	425
第三节 肘关节超声检查·····	432
第四节 手与腕关节超声检查·····	439
第五节 髋关节及大腿超声检查·····	446
第六节 膝关节超声检查·····	451
第七节 足踝关节与小腿超声检查·····	460
第八节 肌肉-骨骼系统超声检查新技术 ·····	466
知识拓展·····	466
本章小结·····	469
目标检测·····	470
参考答案·····	473
参考文献·····	479
附录 彩图汇总	

第一章

医学超声发展简史

学习目标

1. 掌握：医学超声成像的历史。
2. 熟悉：多普勒超声诊断发展历史。
3. 了解：超声治疗应用。

继 19 世纪末到 20 世纪初在物理学上相继发现了压电效应与逆压电效应之后,人们发现了利用电子学技术产生超声波的办法,从此揭开了超声技术的历史篇章。如今超声波扫描技术已成为现代医学诊断和临床治疗不可缺少的工具。利用超声波的物理特性与人体器官、组织的声学特性相互作用后得到诊断或治疗效果的一门崭新学科——医学超声(Medical Ultrasound)也应运而生。

第一节 医学超声成像历史

超声波技术的发展距今已有 220 余年的历史,意大利生物学家拉扎罗·斯帕兰扎尼(Lazzaro Spallanzani)被公认为超声波技术研究领域的第一人,1794 年,斯帕兰扎尼通过对蝙蝠进行研究得出了非视觉回声定位的基本结论,首次将超声技术引入人类研究视线。1880 年,法国物理学家居里兄弟(Pierre Curie 和 Jacques Curie)研究发现,当沿着某些方向压缩晶体(如石英、电气石和罗歇尔盐)时,晶体表面会产生电荷,且电荷量与所施压力成比例。这一现象被称为压电效应,也是超声换能器发射-接收超声波的起点。压电材料可以因机械变形产生电场,也可以因电场作用产生机械变形,这种固有的机-电耦合效应使得压电材料日后在医学超声中得到了广泛的应用。

超声波技术作为一项工程技术出现于 20 世纪初。超声在生物医学上的初始应用建立在超声在军事工业中应用的技术基础上。1912 年 4 月 12 日,英国客轮 Titanic 号与冰山相撞沉没;第一次世界大战期间德国使用潜艇击沉同盟国几千艘舰船。这些事件驱使许多科学家都致力于研究能发现水下障碍和潜艇的探测器。现代超声学时代便起源于法国科学家保罗·朗之万(Paul Langevin)的不懈努力。1915 年,朗之万发明了水听器,被世界医学超声教育大会誉为世界上“第一个换能器”。1917 年,他发明了用于水下探测的石英夹层超声换能器,同时问世的还有采用超声波探测水下潜艇目标的“水下定位法”。美国海军在此基础上进一步展开研究,于 1921 年将声纳(Sonar)用于探测潜艇。现代医学超声诊断仪在原理上与声纳极为相似。

1928年,被誉为超声检测之父的苏联物理学家索科洛夫(Sergei Sokolov)提出超声可以用来对金属等固体中的缺陷进行无损检测(Non-Damage Test, NDT),至此穿透传输技术理论问世。20世纪30年代,超声波治疗作为一种物理疗法,被用来为欧洲足球队队员缓解关节炎疼痛和湿疹,并消毒疫苗,从而使超声治疗成为医学超声中最先发展的领域。

1939年,第二次世界大战爆发,激发了超声检测技术在军事领域的新发展,利用超声波探测海下潜艇技术日趋完善,也陆续拉开了应用超声波进行工业无损检测、零件清洗、焊接等工程应用的帷幕。另一方面,战争使得医学超声研究暂时趋于停顿。直到1942年,奥地利医生杜西克(Karl Theo Dussik)受雷达技术和金属探伤技术的启发,第一次将工业超声探伤原理用于医学诊断,利用两条垂直的连续超声波经过颅内时的衰减确定颅内肿瘤和积水,随后设计了称为“Hyperphonography”的仪器用于诊断。1946年,美国科学家费尔斯通(Floyd Firestone)通过改进雷达仪器而独立设计的一项反射镜(Reflectoscope)专利,能够发射短脉冲且放大器特性较好,首次实现了单一超声换能器发射-接收双工模式。1948年,美国医生路德维希(George Ludwig)研制成功用于检测胆结石的A型超声仪器。开创了超声技术用于医学诊断先河的美籍医生怀尔德(John Wild),于1949年在研究肠扩张时使用超声成功测量了在体肠壁厚度。

1949年召开的第一次国际超声医学大会,为全世界范围的医学超声研究者们提供了史无前例的发展契机。1949—1951年间,来自美国科罗拉多大学的道格拉斯·洪瑞(Douglas Howry)和约瑟夫·福尔摩斯(Joseph Holmes)成为B型超声设备和二维B型线阵换能器制造的先驱;美籍医生怀尔德(John Wild)与里德(John Reid)合作研制成功一种手持接触式B型扫描仪来检测乳腺肿瘤。这些成果轰动了医学影像诊断领域,成为医学超声发展的里程碑。1953年,瑞典医生英格·埃德勒(Inge Edler)和工程师赫兹(Carl Hertz)使用西门子造船厂的一台回波测试控制设备,成功地完成了第一例超声心动图,作为将超声脉冲回波成像技术应用于心脏病诊断的第一人,埃德勒被誉为“超声心动图之父”。1954年,美国科学家贾菲(Bernard Jaffe)发现人造极化锆钛酸铅压电陶瓷(Piezoelectric Lead Zirconate Titanate, PZT)具有很强的压电活性,极大地促进了工业和医用超声技术的进一步发展。20世纪50年代中期,尽管在美国、日本和欧洲的一些地区出现了不少医学超声先驱者,但影响最为深远的当数苏格兰妇产科专家伊恩·唐纳德(Ian Donald)教授的团队在格拉斯哥为促进产科超声实用技术和应用所做出的巨大贡献,他们于1957年研制出首款非接触式探头,次年发表了题为《脉冲超声探查腹部脏器实践》的著名文章,同时将超声波应用纳入妇产科医学诊断领域,这使得超声波在随后的几十年里在医疗实践中得到了更广泛的应用。20世纪50年代末期,连续波和脉冲波多普勒(Doppler)技术以及超声显微镜问世。

20世纪60年代开始,医学超声系统的商业化进程得到较大推动,医生们开始将超声波应用于腹部器官的探测。电子学和压电材料的快速技术进步为医学超声进一步实现从双稳态图像到灰度图像,从静止图像到实时动态图像提供了技术基础。随着成像技术的进步,多普勒超声技术也在不断发展,1966年,美国科学家贝克(Donald Baker)、沃特金斯(Dennis Watkins)和里德(John Reid)共同开发的脉冲多普勒超声技术使得心脏各层血流状态的成像得以实现。双工超声扫描(Duplex Scanning)以及随后的彩色多普勒成像技术的发展,为研究人体器官、肿瘤等的循环和血供状况提供了更广阔的空间。到了20世纪70年代,微芯片的出现以及计算机处理能力的指数级增长,使得集成了数字波束形成、信号增强以及数据

分析和显示新方法(如功率多普勒和三维成像等)的超声诊疗系统进入临床实践,连续波多普勒、频谱波多普勒和彩色多普勒超声成像等技术得到了长足发展。东京大学的马场一宪(Kazunori Baba)教授于1986年开发出三维超声技术,并拍摄了胎儿的三维图像。20世纪90年代,三维成像及彩色显示技术有了新的进步。全数字化超声诊断系统进入医学临床应用。超声诊断已从单一器官扩大到全身,从静态扩展到动态,从模拟扩展到全数字化。同时开始发展了新参量成像,如利用超声非线性技术发展的谐波成像,利用多波(纵波和横波)的弹性成像等。超声诊断开始进入一个综合多参量多功能的超声诊断系统阶段。这一阶段的超声诊断系统不仅利用超声回波的幅度和多普勒信号,还利用非线性的谐波信号;不仅利用超声纵波,还利用超声横波获取剪切模量来检测组织。超声诊断给临床带来越来越丰富、越来越有效的诊断信息。

进入新世纪,随着多媒体和互联网时代的到来,全数字化超声诊断系统正在与图像存储与传输系统(Picture Archiving and Communication Systems, PACS)进行结合。未来超声诊断系统的基本配置已展现于临床。

纵观超声医学成像技术的发展历史,可以看出超声医学成像技术沿着从低维到高维(一维、二维、三维、四维)和从解剖结构到功能成像的道路发展。图1-1总结了医学超声发展的重要人物和发展里程碑。

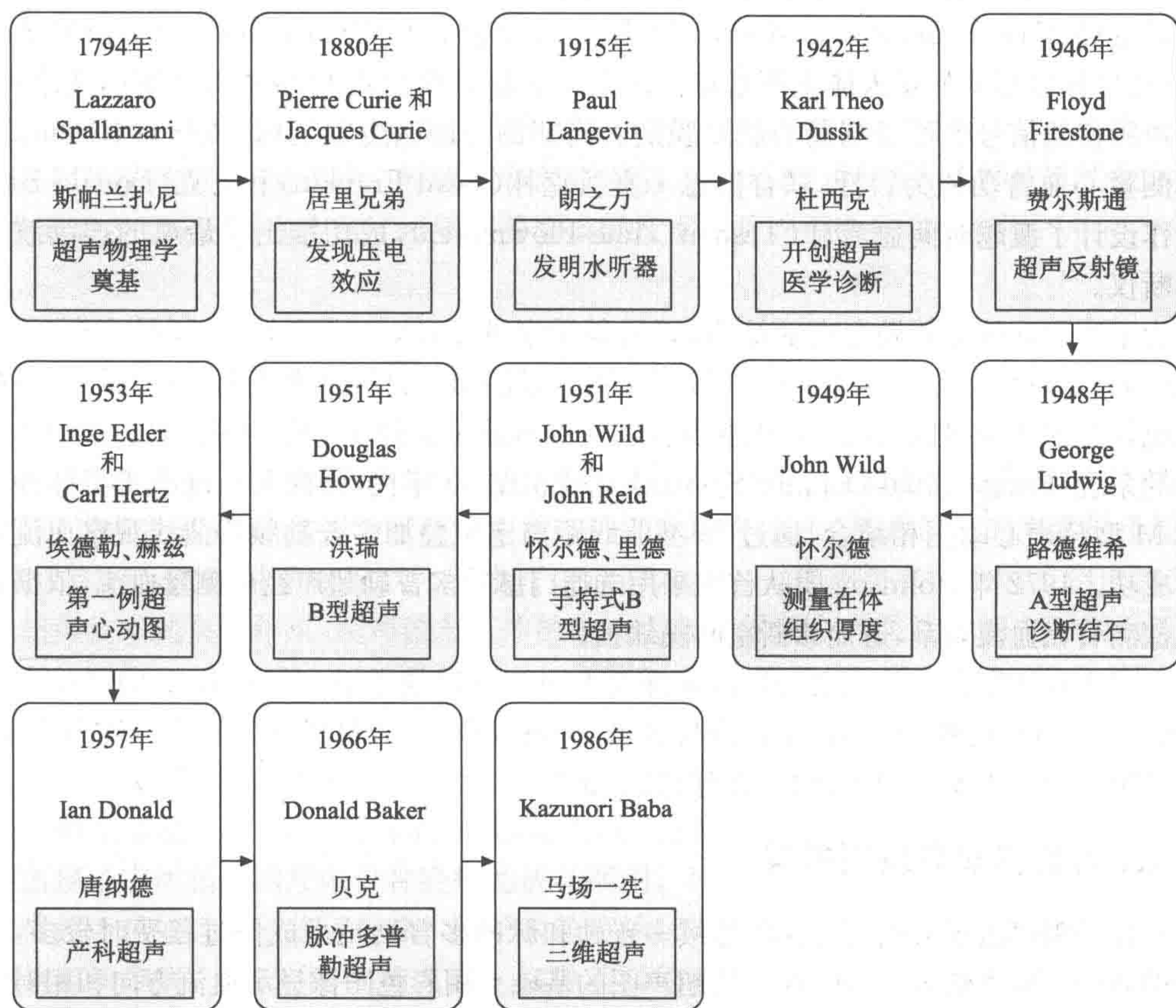


图 1-1 医学超声发展的重要人物和发展里程碑

第二节 多普勒超声成像历史

1842年,光学多普勒效应(Doppler effect)由克里斯蒂安·多普勒(Christian Doppler)首次提出。不久后的1845年,贝斯·巴洛特(Bays Bellot)通过一群音乐家在火车上演奏校准过的音符,测试了声波的多普勒效应。多普勒超声(Doppler Ultrasound)成像技术问世伊始,逐渐在血流感知、波形分析、血流定位和血流二维成像等方面展现了重要的临床应用价值。而后出现的多普勒双工(Duplex)和彩色多普勒扫描(Color Doppler Scanning)技术,极大地扩展了多普勒技术的诊断深度和广度。近年来实时速度测量和血流分布成像尤其受到超声科医生的青睐,例如对于检测心血管内的血流方向、流速和湍流程度、检测分级颈内动脉粥样硬化斑块和诊断深静脉血栓形成以及横膈活动状态等,多普勒超声是首选的无创成像方法。

一、连续多普勒与脉冲多普勒发展进程

1955年,日本学者里村茂夫(Shigeo Satomura)团队首次将超声多普勒效应原理应用于研究心脏活动及评估外周血管血流速度,利用连续波多普勒法诊断心脏瓣膜疾病,并用快速傅里叶变换(Fast Fourier Transform, FFT)法对多普勒频移(Doppler Shift)信号进行处理,最后以频谱形式显示人体生理信息。他们多次发表连续式D型超声诊断的文章,认为从超声频移的信号中可以判断心脏瓣膜病。同期的美国医生罗士玛(Robert Rushmer)以在体测量心血管功能为目标,联合迪恩·富兰克林(Dean Frankin)和贝克(Donald Baker)等合作设计了渡越时间血流计(Transit Time Flowmeter),成功推出了最早连续波多普勒诊断仪。

为了克服连续多普勒存在的缺陷,美国科学家贝克(Donald Baker)、沃特金斯(Dennis Watkins)和里德(John Reid)等于1966年共同开发的第一台脉冲多普勒超声仪使得心脏各层血流状态的成像得以实现。同期在英国和法国等地也出现了与脉冲多普勒类似的选通门多普勒系统(Range-gated Doppler System)。20世纪60年代,研究人员进一步将脉冲多普勒与M型超声心动图相结合,通过M型曲线距离定位叠加多普勒频谱曲线观察血流状况获得成功。1972年,Johnson团队首次采用选通门脉冲多普勒超声经皮测量血流,依据频谱曲线探测有无血流紊乱,进而诊断室间隔缺损。

为了克服探测血流与观察结构时采样线方向不一致的矛盾,1974年,美国科学家贝克(Donald Baker)、巴伯(Frank Barber)与里德(John Reid)等通过机械旋转式扫描方法,成功发明了第一台双工型脉冲多普勒回声扫描系统。

二、彩色多普勒发展进程

专长于观察血流方向与流速的连续多普勒和脉冲多普勒技术成像过程费时较多,且常有漏误,进入20世纪80年代,在二维超声图的基础上用彩色图像显示血流方向和相对流速的彩色多普勒超声逐渐兴起。1983年,量子医疗系统公司在美国医学超声学会(AIUM)会议上介绍了实时彩色多普勒成像的概念,次年第一批彩色图像面世。其后的临床实践证实,