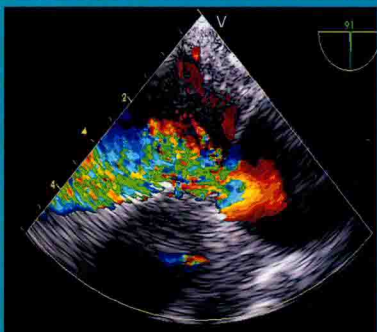
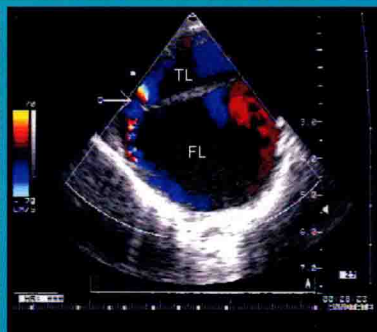


主编 穆玉明

超声 心动图入门

第2版



人民卫生出版社

超声 心动图入门

第2版

主编 穆玉明

编者 (以姓氏笔画为序)

马 婷 王春梅 古丽齐满·霍加阿不都拉 吐尔逊娜依·阿地
刘丽云 关丽娜 李艳红 张源明 唐 琪 韩 伟

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

超声心动图入门 / 穆玉明主编. —2 版. —北京: 人民卫生出版社, 2017

ISBN 978-7-117-25605-6

I. ①超… II. ①穆… III. ①超声心动图 IV. ①R540.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 290308 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!

超声心动图入门

第 2 版

主 编: 穆玉明

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: 787 × 1092 1/16 印张: 15

字 数: 365 千字

版 次: 2007 年 11 月第 1 版 2018 年 1 月第 2 版

2018 年 1 月第 2 版第 1 次印刷 (总第 2 次印刷)

标准书号: ISBN 978-7-117-25605-6/R · 25606

定 价: 120.00 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)



○ 主编简介

穆玉明

教授,主任医师,博士生导师,享受国务院特殊津贴专家、自治区有突出贡献专家,自治区天山英才。现任新疆医科大学第一附属医院心脏超声诊断科主任,新疆超声医学工程学会会长,新疆医学会超声专业委员会主任委员,新疆超声质控中心主任,新疆临床超声医学研究所所长;中华医学会超声医学分会常务委员,超声心动图学组副组长;中国超声医学工程学会常务理事,超声心动图专业委员会副主任委员;中国医师协会超声医师分会常务委员,超声心动图专业委员会副主任委员;中国医疗保健国际交流促进会超声医学分会副主任委员;中国医学影像技术研究会超声分会常务委员;中国博士后科学基金评审专家,担任多家核心期刊的编委,主编及参编论著7部,发表包括SCI在内的专著200余篇。主持多项国家级和省部级科研项目,多次荣获中华医学科技奖、自治区科技进步奖和新疆医学科技奖,并于2017年荣获中国医师协会超声分会颁发的“中国杰出超声医师奖”。

○ 前 言 (第2版)

本书自2007年第1版问世以来,以其重点突出,开卷即释,实用、便携的特点,深受广大读者的喜爱。此次再版,根据最新的国内外指南及专家共识对本书的相应内容作了修订和补充;同时,对近几年出现的新理论、新技术和新方法等内容进行了介绍。本书作为超声心动图最基本、最浅显的心脏超声影像图书,希望能成为超声医务工作者真正的实用型临床参考书。承蒙读者厚爱,再次感谢读者对本书的再版提出的宝贵意见。

穆玉明

2017年10月

○ 前 言 (第1版)

近年来,超声技术的不断发展,极大地拓宽了超声医学的临床应用范围。尤其是超声心动图,目前已是诊断许多心血管疾病的必要手段之一,也成为心血管临床医师迫切需要掌握的一项诊断技能。

笔者在长期的工作和教学过程中发现,许多超声医学初学者以及临床医师渴望尽快建立超声心动图的诊断思维,迅速提高超声心动图的操作技能,却苦恼于找不到一本浅显易懂的入门与提高教材。基于此,笔者在编辑的过程中力求使文字言简意赅,开卷即释。此外,本书在每章内容末尾增加专家指点,着重强调了各心脏疾病的超声诊断及鉴别诊断要点。本书定位于超声初学者以及心血管临床医师入门教材的同时,对有一定基础的超声医师也具有参考价值。

在本书的撰写和出版过程中,笔者得到了许多超声同仁无私、热情的支持与帮助。美国 Emery 大学孙静平教授作为本书的主审,在成书及定稿过程中给予了极大的帮助和肯定。首都医科大学附属北京安贞医院李治安教授在百忙之中审阅了书稿并为本书作序。此外,笔者还要特别感谢本科室全体工作人员的辛勤努力。

由于经验不足,本书难免存在不少缺点与不足,恳请各位读者不吝赐教,提出宝贵意见,以期再版时资鉴补正。

穆玉明

2007年6月于乌鲁木齐

○ 目 录

绪论	1
----	---

第一篇 超声波物理学基础及心功能测定

第一章 超声波的物理性质	7
第二章 多普勒超声心动图的技术原理	11
第一节 多普勒效应	11
第二节 频谱多普勒	12
第三节 彩色多普勒血流显像	14
第四节 彩色多普勒能量图	16
第五节 超声造影	16
第三章 心功能的测定和评价	20
第一节 左室功能的测定	20
第二节 右室功能的测定	27
第三节 多普勒超声心动图技术评价心功能的临床研究进展	29

第二篇 正常心脏超声图像

第一章 常规经胸心脏超声的切面	39
第二章 正常 M 型超声心动图	49
第三章 正常各瓣口彩色血流多普勒	51
第四章 血流频谱特点	55
第五章 超声心动图测值的正常范围	59

第三篇 瓣膜疾病

第一章 二尖瓣瓣膜疾病	63
第一节 二尖瓣正常解剖结构及超声图像特点	63
第二节 二尖瓣狭窄	64
第三节 二尖瓣关闭不全	76
第四节 二尖瓣脱垂	78

第五节 二尖瓣赘生物	82
第六节 二尖瓣钙化	84
第二章 主动脉瓣疾病	86
第一节 主动脉瓣的正常影像解剖基础	86
第二节 主动脉瓣狭窄	87
第三节 主动脉瓣关闭不全	90
第四节 主动脉瓣赘生物	94
第五节 主动脉瓣钙化	96
第三章 三尖瓣疾病	98
第一节 三尖瓣狭窄	98
第二节 三尖瓣关闭不全	99
第四章 肺动脉瓣病变	102
第一节 肺动脉瓣狭窄	102
第二节 肺动脉瓣关闭不全	104
第五章 人工心脏瓣膜	106
第一节 概述	106
第二节 人工心脏瓣膜正常超声心动图表现	107
第六章 大血管疾病	112
第一节 主动脉瘤	112
第二节 主动脉夹层	115

第四篇 心肌疾病及心包疾病

第一章 冠心病	123
第一节 室壁运动异常的诊断	123
第二节 心肌梗死	126
第三节 川崎病	131
第二章 高血压性心脏病	133
第三章 肺源性心脏病	137
第四章 心肌疾病	143
第一节 扩张型心肌病	143
第二节 肥厚型心肌病	147
第三节 限制型心肌病	151
第五章 心包疾病	153
第一节 心包积液	153
第二节 缩窄性心包炎	156

第五篇 先天性心脏病

第一章 非发绀型先天性心脏病	161
第一节 房间隔缺损	161
第二节 室间隔缺损	167
第三节 动脉导管未闭	174
第四节 三房心	178
第五节 主-肺动脉间隔缺损	181
第六节 心内膜垫缺损	183
第七节 主动脉窦瘤破裂	187
第八节 肺静脉异位引流	190
第九节 主动脉口狭窄	192
第十节 冠状动脉瘘	197
第十一节 冠状动脉畸形	199
第十二节 主动脉缩窄	201
第十三节 永存左上腔静脉	203
第二章 发绀型先天性心脏病	206
第一节 法洛四联症	206
第二节 大动脉转位	209
第三节 右心室双出口	214
第四节 左心室双出口	216
第五节 永存动脉干	217
第六节 单心室	220
第七节 三尖瓣下移畸形	223
第八节 三尖瓣闭锁	225
第九节 肺动脉闭锁伴室间隔缺损	227
第十节 肺动脉闭锁伴室间隔完整	228
第十一节 肺动-静脉瘘	230
附录 常用名词中英文对照	231

网络增值服务



人卫临床助手

中国临床决策辅助系统

Chinese Clinical Decision Assistant System

扫描二维码，
免费下载

绪 论

一、超声诊断仪的基本功能和检查手段

(一) 超声诊断仪的主要控制器

1. **控制键** 控制键设置在仪器的操作面板上,包括仪器的增益、增强方式、M型游标、Doppler 采样、对比度、亮度和深度等按键。这些都需要操作者根据检查的实际需要进行适当调节,以获得最佳图像效果为准。

2. **功能键** 设置在面板上,包括显示格式、方式选择、冻结、左右反转、正负反转、扫描速度等按键,这些都是仪器本身具备的功能,只要按下所用键即可,操作者无须调节。

3. **操作键** 设置在仪器键盘和仪器面板上,在进行心脏超声检查时,必须要熟悉仪器性能及各项功能和掌握操作基本手法与正确的调节。

(二) 心脏超声诊断仪的基本检查手段和方法

目前,心脏超声诊断仪中涉及的基本检查手段和方法,包括 M 型超声心动图、二维超声心动图(2D 型)、频谱多普勒超声心动图[包括连续波多普勒(CW)和脉冲波多普勒(PW)]以及彩色多普勒超声心动图(CDFI)。

1. **M 型超声心动图** 显示在一条线上的心脏各个结构活动规律的一种观察方法。目前,M 型超声心动图是将探头所接受的回声信号在荧光屏上沿扫描线依次排列,显示为一串光点。其纵坐标为扫描时间线,即超声的传播时间及被测结构的深度、位置;横坐标为光点慢扫描时间,M 型超声可显现多个心动周期的变化,故较二维超声更能清晰方便地观察收缩期及舒张期的变化、心壁与瓣膜的活动规律、测量心腔的缩短分数与射血分数等,能清晰显示局部组织结构细微快速的活动变化、准确分析测定局部活动幅度及速率等。

2. **实时二维超声心动图(2D)** 通常称为 B 型超声,属于辉度调制型,即将介质中由声阻不同所形成的界面上的反射,以光点形式显示在扫描线上。可以显示心脏大血管断面的解剖结构、空间关系及其功能状态,是超声心动图最主要的检查方法之一。

3. **脉冲波多普勒(PW)** 在取样线上有取样容积,可对血流进行定位检测。但若被检测的血流速度过高时,会出现信号混叠现象。而连续波多普勒在取样线上全长收集血流信号,检测高速血流时无血流信号的混叠现象,但不能定位检测。因此,在检测高速血流时,两者结合可对高速血流信号进行定量和定位检测。多普勒技术可确定血流方向,判断血流的种类、性质,测量血流速度参数及跨瓣压差、心腔和肺动脉的压力。

4. 彩色多普勒成像 以红、绿、蓝三基色调配的不同色彩和辉度代表着血流不同方向、速度和性质,并与二维灰阶图像叠加构成了彩色血流图像。通常将流向探头方向的血流以红色表示,背离探头方向的血流以蓝色表示;彩色信号的深浅(明亮与暗淡)标志血流速度,彩色信号均匀无深浅的变化为层流;血流速度较高时有色彩的倒错,而血流成湍流时色彩杂乱。在进行彩色多普勒超声检查时,要注意对速度标尺进行调节,彩色血流的速度标尺用于标示最大速度的显示范围。高速标尺适用于高速血流的检查,低速标尺适用于低速血流的检查。用低速标尺检查高速血流,信号会受到低频运动信号的干扰;而用高速标尺检查低速血流时,低速血流不被显示。彩色多普勒在心脏超声的检查中,主要用以检查瓣膜口狭窄时的射流,关闭不全时的反流,心腔间、心腔与大血管间、大血管间的分流等情况。

目前,新型的彩色多普勒超声诊断仪中,还设置有其他新型的超声技术相关的测量、分析软件,如组织多普勒速度显像、声学定量技术等,将在以下的章节中介绍。

二、检查的流程

(一) 检查前的准备工作

从事该检查的医师必须是取得执业医师证的专业从职人员。检查前需对患者的一般病史及其他相关检查(如心电图等)情况进行了解,超声的诊断要与临床情况相结合。

对于需行食管超声检查的患者,嘱其在检查前3~4小时内禁食水。检查前,问明受检者有无牙齿的松动、假牙及有无麻醉药物的过敏反应等。在征得患者同意后,请患者签署知情同意书。知情同意书的具体内容包括:①阐明检查过程中可能出现的不适(如由食管探头置入引起的恶心、异物感等);②可能出现的不良后果(如窒息、食管的穿孔、出血、麻醉药物过敏、严重的心律失常及其他意外情况)等。

负荷超声心动图是指以超声心动图作为检测手段,进行负荷实验的超声检查方法。通过药物增加机体负荷、心输出量、心肌耗氧量后,观察冠状动脉供血区心肌的运动,以确定冠状动脉血流灌注的储备能力。其主要的适应证包括:①有胸痛症状,但心电图正常,临床怀疑冠状动脉粥样硬化性心脏病(简称冠心病)者;②心肌梗死后心肌存活性的评价;③急性心肌梗死后的危险性分级;④冠状动脉介入治疗和搭桥术后心肌灌注的疗效评价;⑤非心脏手术患者术前危险性评价;⑥冠心病患者预后评价。同时,还需要掌握检查的禁忌证:①严重的原发性高血压(收缩压 $\geq 220\text{mmHg}$,或舒张压 $\geq 120\text{mmHg}$);②主动脉夹层;③冠状动脉左主干狭窄;④不稳定型心绞痛;⑤严重梗阻性肥厚性心肌病;⑥急性心包炎、心肌炎和心内膜炎;⑦重度瓣膜狭窄;⑧严重的、威胁生命的快速性心律失常;⑨严重的充血性心力衰竭;⑩重度贫血或电解质紊乱、肝肾功能衰竭、阿托品相对禁忌证。

对于需行负荷超声心动图检查的患者,检查前至少需禁食3小时。检查医师向患者介绍试验的过程以及可能出现的并发症和症状,并嘱其在志愿书上签字。检查时需配备有良好、完整的心肺复苏等急救药品和器材,包括注射用具、心脏监护仪;同时,必须要有熟练掌握心肺复苏急救技术的医务人员在场。检查过程中,需严密观察受检者的表现和各项检测指标。试验的终点事件包括:①达到目标心率;②新出现的或者加重的室壁运动异常;③达到药物峰值剂量;④出现典型的心绞痛症状;⑤心电图出现典型的心肌缺血表现;⑥收缩压

明显下降 $\geq 20\%$;⑦出现严重的心律失常;⑧患者不能忍受的症状,如头痛、呕吐;⑨严重的高血压(收缩压 $\geq 220\text{mmHg}$,或舒张压 $\geq 120\text{mmHg}$)。

(二) 检查中的注意事项及检查步骤

检查医师嘱受检者静卧于高度适当的检查床上。在行心脏超声检查时,一般要求受检者腰部以上无衣物覆盖,尤其为胸前区。受检者体位依检查部位和状况而异,一般行常规胸骨旁和心尖部切面检查时,受检者通常取仰卧卧位或者左侧卧位,左侧卧位的倾斜程度需依据检查目的进行调整。男医生检查女患者时,需有女医生或女护士在场。

一般各常规检查切面的显示顺序为:胸骨旁左室长轴切面、胸骨旁左室短轴切面(包括乳头肌水平、二尖瓣水平和心尖水平)、胸骨旁主动脉根部短轴切面、心尖部各切面(四腔心、两腔心及三腔心切面)、胸骨上窝主动脉长轴切面、剑突下各切面(剑突下四腔心、主动脉根部短轴、左室短轴、双心房切面等)。依据具体需要,有时还进行非常规切面检查。各切面所观察的内容及观察重点,将在以下各论中细述。

行各切面检查的过程中,探头的位置都需要根据具体情况(如患者体形因素等)适当调整,以便得到最理想的观察切面。

行经食管超声心动图检查时,需在受检者意识清醒的状态下进行。检查前,先在医用喷壶内置入 2% 丁卡因行咽部喷雾麻醉,一般以受检者出现咽部麻痹感为准,对情绪紧张的患者和疑为主动脉夹层的患者可适当加入镇静剂。术中行经食管超声心动图检查时,则需在全身麻醉的状态下进行。

此后,征得患者的同意,方可进行检查。多取右侧卧位,如患者有假牙,需先将假牙移去。而后,于受检者口内置入撑口器,以防受检者牙齿损伤食管超声探头的电缆。将食管探头插至受检者咽喉部,令其做吞咽动作,缓慢送入食管。术中患者,由于气管插管给予全麻,放置食管探头通常无困难。

检查完毕后,需以软面巾纸擦拭探头表面,消除残留耦合剂。并用软皂液轻轻清洗探头及电缆,并置入中性戊二醛液内浸泡 20~30 分钟消毒。

三、诊断结论

检查结束后,检查医师需根据检查所见,结合受检者临床情况进行综合评价,得出尽可能合理、正确的诊断结论,以辅助临床医师进行积极的临床诊治工作。

一张完整的诊断报告单,首先应包含受检者的一般信息,如姓名、年龄、性别、民族、门诊或住院号、科室床号、临床诊断。此后,应当对各个检查切面观察测得的各量值进行描述。常规检查时,所测得的腔室及大血管测量值包括主动脉窦部内径、主动脉根部内径、左房腔内径、左心室舒张和收缩末期内径、室间隔和左室后壁舒张末期厚度、右室流出道及右室内径、肺动脉内径等。描述左心功能的指标,一般包括反映左心室舒张功能的指标(二尖瓣口血流频谱 E 峰、A 峰及两者的比值 E/A),以及反映左心室收缩功能的指标[如左心室短轴缩短率(FS);左心室射血分数(LVEF);左心室收缩每搏输出量(SV),单位为 ml;心输出量(CO),单位为 L/min]。在反映左心室收缩功能方面,与 SV 相比,LVEF 是一个更为稳定、可靠的指标。此外,还需要对各瓣膜口有无反流和狭窄进行较直观的分级描述(如以Ⅱ、Ⅲ分别代表二尖瓣口中度和重度的反流)。

对以上基本信息描述完毕后,即可对超声检查所见进行文字性描述。由于疾病的特点及其对心脏结构、血流动力学产生的影响各不相同,描述的过程也有所不同。但常规需要描述的重点内容,应当包括:房室腔有无大小上的异常改变,左心室室壁的情况(包括厚度及运动有无异常),各瓣膜有无形态学改变及各瓣膜口彩色和频谱多普勒观察到的血流动力学有无异常改变(如狭窄、反流等),房间隔和室间隔的情况(完整性、有无反流等),大血管的走向、连接及大血管间有无异常分流,以及心包和心包腔的情况等。

报告单的最后,应当根据上述的检查结果和描述,给出综合性的诊断。

第一篇

超声波物理学基础及心功能测定

第一章 超声波的物理性质

第二章 多普勒超声心动图的技术原理

- 第一节 多普勒效应
- 第二节 频谱多普勒
- 第三节 彩色多普勒血流显像
- 第四节 彩色多普勒能量图
- 第五节 超声造影

第三章 心功能的测定和评价

- 第一节 左室功能的测定
- 第二节 右室功能的测定
- 第三节 多普勒超声心动图技术评价心功能的临床研究进展

应;反之,当晶体受到电场的作用时出现机械性的压缩和膨胀,电能转变为机械能,称为逆压电效应。

2. 超声波产生的基本原理 使用压电晶体作为超声探头的主要部件,利用压电效应使探头同时作为超声波的发生器和接收器。当超声波在介质中传播时,将在声阻不同的界面发生反射(反射波也是一种超声波)。反射波返回探头时,声压作用于压电晶体,使晶体表面产生正、负电荷(正压电效应),并随着反射波压强的变化出现交变电压,其频率等于反射波的频率。将此电信号加以放大并显示在荧光屏上,即形成超声心动图的图像。

(二) 超声波的声束

1. 由于超声波的波长和光线一样,比较短,故具有较强的方向性,从而形成超声束(ultrasonic beam),这一特点是诊断用超声的首要物理性质。

2. 超声波由探头发出进入人体后,在距探头较近的一段区域内形成一条宽度近似探头直径的超声束,此区称为近场。在近场的远侧,超声束将逐渐增宽,此区称为远场。

3. 近场长度的计算公式为 $L=r^2/\lambda$ (r 为探头直径, λ 为超声波的波长)。因此,增大探头直径或减小波长(即增加探头的频率),均可增加近场的长度。超声束在远场的增宽程度由超声束的扩散角(θ)决定,其大小由公式 $\sin\theta=0.61\lambda/r$ 表示,式中 λ 和 r 的意义同前。在超声心动图技术中,超声束在远场的增宽将减低声束在单位面积上的信号强度和侧向分辨力(侧向分辨力见下所述),这对于心脏结构的显示很不利,因此需要减小扩散角,也就是要增加探头的频率和直径。但由于在实际工作条件中,探头的频率及直径都是固定不变的,因此为了减少声束的扩散,从而达到尽量清晰显示心脏结构的目的,一般可通过采用聚焦,增加远场增益等方法。

(三) 超声波的分辨力

分辨力(resolution)是指超声束在人体软组织中传播时,显示器上所能区分声束中两个细小目标的最小距离或能力。按分辨方向的不同,可分为轴向(纵向)分辨力和侧向(横向)分辨力。

1. 轴向分辨力 又称纵向分辨力,指超声束所能区分的沿声束方向两点之间的最小距离。该分辨力取决于探头发射的脉冲群的宽度,并与之成反比。若以 L 代表脉冲群的宽度, λ 代表波长, n 代表脉冲波的个数,则 $L=n\lambda$ 。为了提高轴向分辨力,需要减少脉冲群的宽度,这需要缩短脉冲波的波长和减少脉冲波的数目。因此在超声心动图技术中,常选用频率较高的探头(波长较短)和发射较短的脉冲群(脉冲波的数目较少)提高轴向分辨力,以增加图像的清晰程度。而多普勒超声心动图技术中,由于血流速度不会在短距离内突然发生变化,所以对轴向分辨力的要求不高。相反,如果使用高频率的脉冲(波长短),将会降低脉冲多普勒的流速测值;而减小脉冲群的宽度则会使频谱增宽,从而降低频率分析的准确性。因此,为了提高脉冲式多普勒流速测值和频率分析的准确性,应选用频率较低的探头(波长较长)和发射尽可能长的脉冲群(脉冲波的数目多)。由此可见,在轴向分辨力的技术要求方面,上述两种超声心动图技术之间存在矛盾。

2. 侧向分辨力 又称横向分辨力,指超声束所能区分的沿声束横向排列的两点之间的最小距离。该分辨力取决于声束的宽度,并与之成反比,因而也就取决于探头的频率、探头的直径和聚焦深度。在超声心动图技术中,常选用频率较高的探头和较大直径的探头,提高侧向分辨力。而在多普勒超声心动图技术中,使用高频率的探头将降低流速测值;而使用较

大直径的探头,将限制超声探查窗口和探头方向调整的自由度,不利于高速射流的探查。另外,在定量测定射流速度时,为了达到声束与射流方向的平行,较宽的声束常会优于较窄的声束。所以,在连续式多普勒技术中,多采用低频率、小直径和宽声束的探头。由此可见,在侧向分辨力的技术要求方面,两种超声心动图技术亦存在矛盾。

(四) 超声波的反射、折射、衍射和散射

1. 超声波的反射 指超声波从一种介质传至另一种声阻抗不同的介质时,将在两种介质相交的表面(称为声学界面)发生反射。反射波的强度首先取决于两种介质的声阻抗,并与之成正比;其次,反射波的强度还受到入射角(指入射声束与反射界面的垂线之间的夹角)的影响。当入射角为零度时,入射声束和反射声束均垂直于反射界面,则大部分反射波返回探头;随入射角增大,反射角也逐渐增大,越来越多的反射波将不能返回探头;当入射角等于 90° 时,入射声束平行于反射界面,此时不出现反射波。因此,在超声心动图检查时,要求声束与组织界面尽可能垂直;而在多普勒超声心动图检查时,则要求声束与血流的方向尽可能平行。

2. 超声波的衍射和散射 超声波在传播过程中遇到几何尺寸等于或小于其波长的反射物时,部分能量将绕过这一物体并继续向前传播,这种现象称为衍射(diffraction)。而剩余能量的超声波,将以这一物体为中心向空间各个方向发生散射(scattering)。散射时,由于声能向各个方向传播,返回探头的回声信号强度将明显减弱。例如,在超声心动图技术中,需要显示的是心脏的各切面结构,而不需要显示血流,故当超声束遇到直径明显小于超声波波长的血细胞时,血细胞将作为散射体(散射超声波的物体)向各个方向散射超声波,探头仅接收来自血细胞的反向散射部分[称为背向散射(backscattering)]的反射波。由于背向散射的声波能量较小且血细胞与血浆间的声阻抗亦很小,反向散射波的振幅十分微弱,因此在超声技术中这些信号接近超声技术接收器的噪声水平,将被滤掉而不显像。而在多普勒超声心动图中,则恰恰需要研究来自血细胞反射的微弱信号,并由其组成多普勒频移信号。此时,血细胞常被作为反射超声波的声靶(反射信号绝大多数来自红细胞)反射超声波,并由多普勒超声接收器处理来自血细胞反射的这种低振幅信号,形成频谱。这是多普勒超声接收器区别于影像超声接收器的一个基本特点。

反向散射信号的强度取决于以下三个因素:①红细胞的数量:超声束内的红细胞数越多,探头所接收的反向散射信号的强度也就越大。②红细胞浓度的变化:取样体内红细胞浓度随时间变化的幅度越大,反向散射信号的强度越大。因此,层流状态时血细胞反向散射信号的强度较湍流状态时小。取样体越大,反向散射信号就越强。对于脉冲式多普勒超声技术来说,这意味着取样容积越大,信号/噪声比值就越大,多普勒信号就越清晰。③超声波的发射频率:体外实验研究表明,当超声波的频率增加时,散射信号强度随之上升。然而,由于超声波在人体中的吸收和衰减,使用高频率的探头探查时,反而会使得来自血细胞的背向散射信号减弱。

(五) 超声波的吸收和衰减

超声波在体内传播的过程中,其强度将随着传播深度的增加而进行性减弱,称为衰减(attenuation)。超声波在体内衰减,是由超声波的吸收和能量分布面积的扩大造成的。超声波的衰减效应是它的另一个特点。

超声波的吸收是因为超声波在体内传播时,部分能量用于克服介质中的黏滞性所造成

应;反之,当晶体受到电场的作用时出现机械性的压缩和膨胀,电能转变为机械能,称为逆压电效应。

2. 超声波产生的基本原理 使用压电晶体作为超声探头的主要部件,利用压电效应使探头同时作为超声波的发生器和接收器。当超声波在介质中传播时,将在声阻不同的界面发生反射(反射波也是一种超声波)。反射波返回探头时,声压作用于压电晶体,使晶体表面产生正、负电荷(正压电效应),并随着反射波压强的变化出现交变电压,其频率等于反射波的频率。将此电信号加以放大并显示在荧光屏上,即形成超声心动图的图像。

(二) 超声波的声束

1. 由于超声波的波长和光线一样,比较短,故具有较强的方向性,从而形成超声束(ultrasonic beam),这一特点是诊断用超声的首要物理性质。

2. 超声波由探头发出进入人体后,在距探头较近的一段区域内形成一条宽度近似探头直径的超声束,此区称为近场。在近场的远侧,超声束将逐渐增宽,此区称为远场。

3. 近场长度的计算公式为 $L = r^2/\lambda$ (r 为探头直径, λ 为超声波的波长)。因此,增大探头直径或减小波长(即增加探头的频率),均可增加近场的长度。超声束在远场的增宽程度由超声束的扩散角(θ)决定,其大小由公式 $\sin\theta = 0.61\lambda/r$ 表示,式中 λ 和 r 的意义同前。在超声心动图技术中,超声束在远场的增宽将减低声束在单位面积上的信号强度和侧向分辨率(侧向分辨率见下所述),这对于心脏结构的显示很不利,因此需要减小扩散角,也就是要增加探头的频率和直径。但由于在实际工作条件中,探头的频率及直径都是固定不变的,因此为了减少声束的扩散,从而达到尽量清晰显示心脏结构的目的,一般可通过采用聚焦、增加远场增益等方法。

(三) 超声波的分辨率

分辨率(resolution)是指超声束在人体软组织中传播时,显示器上所能区分声束中两个细小目标的最小距离或能力。按分辨方向的不同,可分为轴向(纵向)分辨率和侧向(横向)分辨率。

1. 轴向分辨率 又称纵向分辨率,指超声束所能区分的沿声束方向两点之间的最小距离。该分辨率取决于探头发射的脉冲群的宽度,并与之成反比。若以 L 代表脉冲群的宽度, λ 代表波长, n 代表脉冲波的个数,则 $L = \lambda n$ 。为了提高轴向分辨率,需要减少脉冲群的宽度,这需要缩短脉冲波的波长和减少脉冲波的数目。因此在超声心动图技术中,常选用频率较高的探头(波长较短)和发射较短的脉冲群(脉冲波的数目较少)提高轴向分辨率,以增加图像的清晰程度。而多普勒超声心动图技术中,由于血流速度不会在短距离内突然发生变化,所以对轴向分辨率的要求不高。相反,如果使用高频率的脉冲(波长短),将会降低脉冲多普勒的流速测值;而减小脉冲群的宽度则会使频谱增宽,从而降低频率分析的准确性。因此,为了提高脉冲式多普勒流速测值和频率分析的准确性,应选用频率较低的探头(波长较长)和发射尽可能长的脉冲群(脉冲波的数目多)。由此可见,在轴向分辨率的技术要求方面,上述两种超声心动图技术之间存在矛盾。

2. 侧向分辨率 又称横向分辨率,指超声束所能区分的沿声束横向排列的两点之间的最小距离。该分辨率取决于声束的宽度,并与之成反比,因而也就取决于探头的频率、探头的直径和聚焦深度。在超声心动图技术中,常选用频率较高的探头和较大直径的探头,提高侧向分辨率。而在多普勒超声心动图技术中,使用高频率的探头将降低流速测值;而使用较