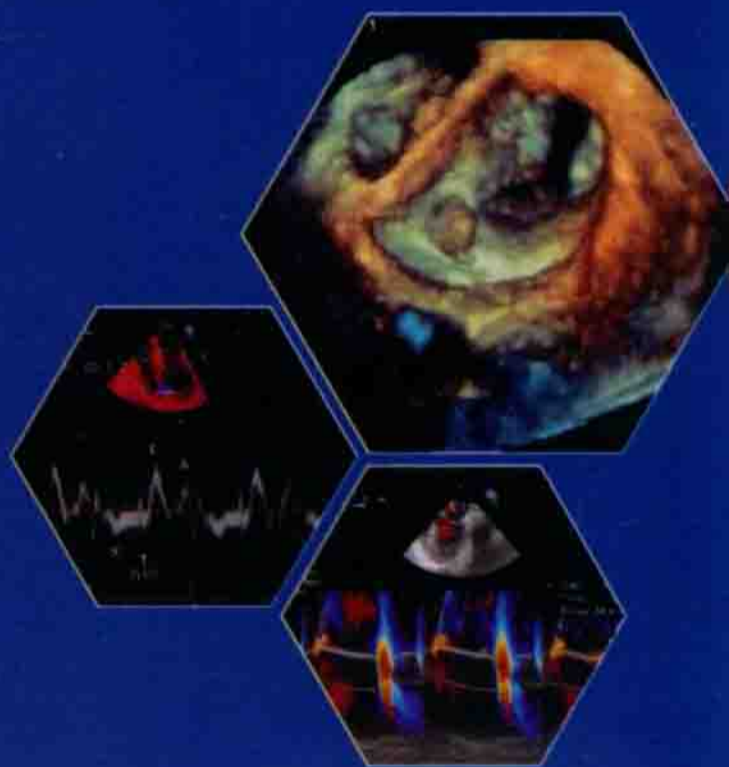


协和麻醉大讲堂系列丛书

# 术中经食管超声心动图 的价值与实践

总主编 黄宇光 罗爱伦  
主 编 刘 薇 于春华 宋锴澄



北京协和医院



人民卫生出版社  
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

协和麻醉大讲堂系列丛书

# 术中经食管超声心动图 的价值与实践

总主编 黄宇光 罗爱伦

主 编 刘 薇 于春华 宋锴澄

编 委 (按姓氏拼音排序)

陈广俊 陈唯韪 陈 雯 何 凯  
刘红菊 曲 歌 申 乐 王静捷  
朱 斌 朱 波

人民卫生出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

术中经食管超声心动图的价值与实践 / 刘薇, 于春华, 宋锴澄主编. —北京: 人民卫生出版社, 2016

ISBN 978-7-117-21790-3

I. ①术… II. ①刘… ②于… ③宋… III. ①超声心动图—研究 IV. ①R540.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 284870 号

人卫社官网	<a href="http://www.pmph.com">www.pmph.com</a>	出版物查询, 在线购书
人卫医学网	<a href="http://www.ipmph.com">www.ipmph.com</a>	医学考试辅导, 医学数据库服务, 医学教育资源, 大众健康资讯

版权所有, 侵权必究!

## 术中经食管超声心动图的价值与实践

主 编: 刘 薇 于春华 宋锴澄

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](mailto:pmph@pmph.com)

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 中国农业出版社印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 850×1168 1/32 印张: 10.5

字 数: 212 千字

版 次: 2016 年 5 月第 1 版 2016 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-21790-3/R·21791

定 价: 43.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: [WQ@pmph.com](mailto: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)

# 序



北京协和医院麻醉专业成立于1951年，是中国麻醉学早期发源地之一。北京协和医院麻醉科在几代人的不懈努力下，如今已成为医、教、研的国家级重点学科。编写《协和麻醉大讲堂系列丛书》的初衷源于我们的“协和麻醉大讲堂”。自2009起，我们连续7年成功举办了“协和麻醉大讲堂”。其内容涵盖了当前麻醉学发展的各个前沿领域和热点，包括“困难气道”、“超声引导神经阻滞”、“围术期超声心动图”、“循环和血流动力学监测”、“输血和血液保护”、“器官功能保护”、“科研与创新”、“教学与人文”等，涵盖临床、科研、教学、管理的方方面面，生动地反映了我们的学科进展和职业精神，谨以此系列丛书加以展示。《术中经食管超声心动图的价值与实践》是该系列丛书之一。

随着麻醉可视化理念和方法的进步，术中经食管超声心动图已经成为临床安全和学科进步的一大亮点。不仅广泛地被应用在心脏手术中，而且在非心脏手术，特别是急重症手术中的作用也日益受到重视。经食管超声心动图已经成为麻醉医生对术中血流动力学诊疗效果动态评判的客观指标。本书从基础理论出发，结合临床经验，系



统介绍了我们在临床应用中的现状和体会。谨此与广大麻醉同道们分享。

立足协和，面向全国。这套丛书旨在向全国的麻醉同道们，特别是基层医院的麻醉科医生们，介绍国内外近年来麻醉学科发展的新理念和新技术。它深入浅出、注重实用，从基础和理论谈起，循序渐进，融入临床佳境。这套丛书主要由我科各个临床专业组的骨干编写。他们有着海外学习经历和多年在协和临床的实战经验，有着扎实的专业功底和一技专长。丛书将他们的心得融汇其中，相信一定能够让广大读者开卷受益。

这套丛书的出版，应当感谢协和麻醉前辈们的厚爱，感谢部分在海外从事临床工作的协和同仁们的大力支持。希望借此丛书为麻醉专业的进步尽微薄之力，谨为序。

黄宇光

2015年12月于北京



## 前 言

经食管超声心动图 (Transesophageal Echocardiography, TEE) 在心脏手术的麻醉、急危重症病人非心脏手术的麻醉和急诊 ICU 重症监测领域的应用日趋广泛。不仅为心脏外科医师提供必要的信息, 更成为麻醉医师实时监测心脏结构和功能变化的有力武器, 为指导麻醉管理和血管活性药物的应用提供证据。熟练准确地掌握 TEE 技术不仅需要理论学习, 更需要不断实践操作。TEE 可以在术前用于评估心脏结构和功能, 评价一些介入手术的可行性, 也可以在术中用于实时监测循环, 亦或者在心脏术后评估手术效果、帮助脱离体外循环, 以及在血流动力学状态突然恶化时寻找潜在原因。可以说, TEE 已经成为心脏手术中不可或缺的一部分, 就仿佛是麻醉医师的眼睛, 能帮助我们在关键时刻做出正确的判断。另外, TEE 还被广泛应用于非心脏手术, 例如在肺移植手术、合并特殊心脏情况的产科手术等。TEE 相比于肺动脉导管, 除了不能直接获得肺动脉压力之外, 可以提供更多的循环信息, 包括: 容量状态、心室的收缩和舒张功能、瓣膜的形态和功能、是否有大动脉夹层和肺动脉栓塞, 而且肺动脉压力也可以通过三尖瓣反流和肺动脉反流配

合中心静脉压来计算得到。事实上,TEE 已成为心血管麻醉医师的必备技能之一。而对于其他专业的麻醉医师而言,掌握 TEE 可以在关键时刻帮助判断心脏和循环情况。

本书是《协和麻醉大讲堂系列丛书》之一,主要面向 TEE 初学者,分为两个主要部分。其中第一章到第六章的内容是 TEE 的基础,适合所有的 TEE 学习者。本书在第一章超声基础部分,尽量减少复杂的物理原理,仅保留必要的相关内容。虽然略显枯燥,但这些超声原理和知识是学习 TEE 的基石。第二章介绍了常用的 20 个标准平面,并选取其中最常用的 11 个平面进行讲解。第三章至第六章分别介绍了心脏功能的评估和血流动力学监测的内容,对于非心血管专业的麻醉医师来说,这些内容既适用于心血管手术也适用于非心脏手术。第七章是 TEE 在各类手术中的应用,包括冠脉重建手术、二尖瓣手术、主动脉瓣手术、人工瓣膜的评估、大血管手术、心脏肿物手术、心包疾病和心肌病手术、成人先天性心脏病手术等,并单立一个章节来介绍 TEE 在非心脏手术中的应用,读者可以根据自己的需要选择相应的章节。第九章介绍了特殊结构、变异、伪像及成像质量的调节,向读者介绍一些实战技巧,以及如何避免伪像和优化图像的参数调节方法。

这本书倾注了所有编者的心血,主要是由北京协和麻醉科心血管麻醉专业组成员编写。三位主编均有在美国或者加拿大学习 TEE 的经历,所有编者中还有两位通过了美国国家超声心动协会高级围术期经食管超声心动图考试。另外,美国得州心脏中心潘伟教授对本书的部分章节进行

了审阅，提出了很多宝贵的修改意见和建议，在此表示感谢。衷心希望本书能对广大读者有所帮助，也殷切希望广大读者能对本书中出现的错误不吝指正。

目 录

刘 薇 于春华 宋锴澄

第一章 心脏电生理学基础

第一节 心脏电生理学的基本概念

第二节 心脏电生理学的研究方法

第三节 心脏电生理学的临床应用

第二章 心脏电生理学的临床应用

第一节 心脏电生理学的临床应用

第二节 心脏电生理学的临床应用

第三节 心脏电生理学的临床应用

第三章 心脏电生理学的临床应用

第一节 心脏电生理学的临床应用

第二节 心脏电生理学的临床应用

第三节 心脏电生理学的临床应用

第四章 心脏电生理学的临床应用

第一节 心脏电生理学的临床应用

第二节 心脏电生理学的临床应用

第三节 心脏电生理学的临床应用

第五章 心脏电生理学的临床应用

第一节 心脏电生理学的临床应用

第二节 心脏电生理学的临床应用

第三节 心脏电生理学的临床应用





# 目 录

<b>第一章 超声成像基础原理和经食管超声设备</b> .....	1
<b>第一节 超声成像的基础原理</b> .....	1
<b>第二节 图像质量和分辨率</b> .....	16
一、空间分辨率.....	16
二、时间分辨率.....	17
三、对比度分辨率.....	18
<b>第三节 超声仪器简介</b> .....	19
一、仪器的基本界面和调节参数.....	19
二、TEE 探头的使用 .....	23
<b>第二章 经食管超声心动检查切面</b> .....	27
<b>第一节 标准切面</b> .....	27
<b>第二节 常用切面介绍</b> .....	28
<b>第三章 左心室收缩功能评估</b> .....	47
<b>第一节 左心室整体收缩功能</b> .....	47
一、常用切面.....	47
二、测定射血分数.....	48
三、射血分数的定性评估.....	55
四、测定每搏量和心输出量.....	56
五、评估心肌收缩力.....	58

第二节 左心室局部室壁运动	60
一、心肌缺血的超声表现	60
二、节段性室壁运动异常的超声定位	62
第四章 左心室舒张功能评估	65
第一节 心脏舒张期生理和病理改变	66
一、舒张间期不同时期的生理过程	66
二、舒张功能障碍的病理生理学	67
第二节 TEE 评价左室舒张功能	69
一、跨二尖瓣血流频谱	69
二、肺静脉血流频谱	77
三、彩色 M 型血流传播速度	82
四、二尖瓣瓣环组织多普勒成像	84
第三节 TEE 评估左房压力	88
一、房间隔异常运动	88
二、跨二尖瓣和肺静脉多普勒波形	89
三、组织多普勒成像	89
第四节 心包疾病	89
第五节 围术期舒张功能测定	91
第五章 右心功能评估	93
第一节 常用平面	94
一、经食管中段切面	94
二、经胃切面	97
第二节 评估方法	98
一、右心室结构和形态	98
二、右心收缩功能	100
三、右心室节段性收缩功能障碍	106
四、估测肺动脉收缩压	107
五、右心舒张功能	108

<b>第六章 血流动力学评估</b> .....	113
<b>第一节 血流动力学波动常见原因</b> .....	113
一、容量状态.....	113
二、心室功能和体循环阻力.....	115
三、心包和心室流出道.....	118
四、瓣膜反流.....	122
五、其他因素.....	123
<b>第二节 TEE 诊断要点</b> .....	125
<b>第七章 TEE 在心脏手术中的应用</b> .....	128
<b>第一节 缺血性心脏病手术</b> .....	128
一、TEE 适应证 .....	128
二、TEE 基本检测方法 .....	130
三、评估心室功能.....	131
四、评估心肌缺血.....	133
五、急性心功能不全的评估与处理.....	136
六、TEE 用于预防术中左室扩张 .....	138
七、TEE 在血管穿刺置管中的应用 ...	139
八、TEE 用于诊断隐匿病症 .....	142
九、TEE 在不停跳冠状动脉搭桥术中的 应用.....	144
<b>第二节 二尖瓣手术</b> .....	146
一、二尖瓣解剖和 TEE 检查 .....	146
二、二尖瓣反流.....	159
三、二尖瓣狭窄.....	174
<b>第三节 主动脉瓣手术</b> .....	179
一、主动脉瓣解剖和 TEE 检查 .....	179
二、主动脉瓣狭窄.....	181
三、主动脉瓣关闭不全.....	189

四、术后评估·····	197
第四节 人工瓣膜·····	198
一、人工瓣膜介绍·····	198
二、人工心脏瓣膜的评估·····	208
第五节 大血管手术·····	224
一、分类和分型·····	225
二、胸主动脉夹层的检查和 TEE 评估	227
三、其他·····	240
第六节 心脏肿物·····	243
一、心脏原发良性肿瘤·····	245
二、心脏原发恶性肿瘤·····	248
三、心包肿瘤·····	249
四、主动脉原发肿瘤·····	250
五、心脏继发性肿瘤·····	250
六、心脏血栓·····	252
七、房间隔瘤·····	253
八、心内膜炎·····	254
第七节 房间隔缺损、室间隔缺损、肥厚性 心肌病、心包填塞·····	255
一、房间隔缺损·····	255
二、室间隔缺损·····	257
三、肥厚性心肌病·····	261
四、心包填塞·····	272
<b>第八章 TEE 在非心脏手术中的应用·····</b>	<b>282</b>
第一节 TEE 用于诊断急性血流动力学 失代偿·····	283
一、急性低血容量·····	283
二、肺动脉栓塞·····	285
第二节 TEE 用于术中监测·····	286



一、心肌缺血的监测	286
二、血流动力学监测	290
第三节 器官移植手术	291
一、肺移植术	291
二、肝移植术	294
第四节 妊娠分娩合并症	297
一、围生期心肌病	297
二、羊水栓塞	298
<b>第九章 特殊结构、变异、伪像及成像质量</b>	<b>300</b>
第一节 正常变异和特殊结构	300
一、右心房内结构	300
二、左心房内结构	305
三、右心室内结构	305
四、左心室内结构	306
第二节 伪像及其消除方式	307
一、2D 成像中的伪像	308
二、频谱多普勒和彩色多普勒伪像	312
三、如何鉴别特殊结构和伪像	315
第三节 超声仪器的调节	315
一、2D 显像	316
二、频谱多普勒显像	320
三、彩色多普勒显像	321
<b>索引</b>	<b>322</b>

# 第一章

## 超声成像基础原理和 经食管超声设备



### 第一节 超声成像的基础原理

超声波本质上是一种频率超过 20kHz 的机械波。由声源发出超声波,经过介质的传播后,由接收器接收信号,经过数字分析得出各种参数和图像。超声换能器(探头)同时具备发射器和接收器的功能。

#### (一) 超声波的基本参数

1. 频率和周期 单位时间内波振动的数量称为频率  $f$ , 频率的单位是 Hz, 1Hz 表示声源每秒振动 1 次。频率是周期  $T$  的倒数, 即有:

$$T=1/f \quad (1-1)$$

2. 波长和速度 在任何固定的时间里, 一个声波的相邻周期里相对应的参考点之间的距离叫做波长 ( $\lambda$ )。在传播速度为  $c$  的介质中, 波长与频率有固定的关系:

$$c=f\lambda \quad (1-2)$$

超声波在人体软组织中的传播平均速度为 1540m/s。因此:

$$\lambda(mm)=1.54/f(MHz) \quad (1-3)$$

3. 脉冲超声 由于超声换能器(探头)既是超声波的发射器也是接收器, 在成像时两种功能

不能同时进行。即超声探头发射声波后需要暂停发射以便接收反射回来的声波，这样的发射方式称为脉冲发射。脉冲超声波可以用脉冲持续时间 (pulse duration)、脉冲重复时间 (pulse repetition period)、空间脉冲长度 (spatial pulse length) 和脉冲重复频率 (pulse repetition frequency) 来描述 (图 1-1-1)。脉冲重复频率 (PRF) 是指 1 秒内发射超声波的次数，单位也是 Hz，与脉冲重复时间互为倒数。在一个脉冲重复时间内，除一次脉冲发射的脉冲持续时间外，其余时间均为接收时间 (listening time)。接收时间与测量深度  $d$  密切相关。

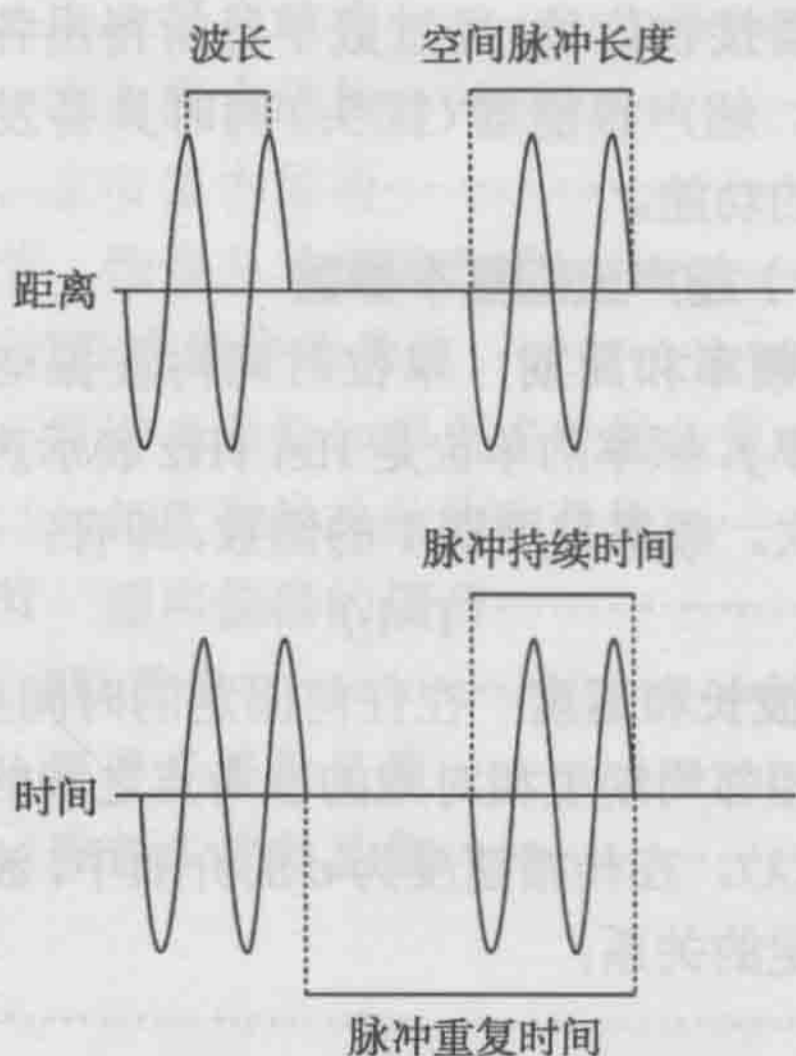


图 1-1-1 脉冲超声波示意图

上图以空间距离为横轴，显示在超声脉冲中波长与空间脉冲长度的关系；下图以时间为横轴，演示单个脉冲持续时间和脉冲重复时间的关系。脉冲重复频率 (PRF) =  $1 / \text{脉冲重复时间}$ 。空间脉冲长度 (SPL) =  $\text{波长} (\lambda) \times \text{每个脉冲中周期数}$

关,因为声波信号必须要在接收时间内返回,而声波传播了  $2d$  的距离,因此接收时间  $=2d/1540=d/770$ 。由于脉冲持续时间仅约占  $0.1\% \sim 1\%$  (工作系数) 的脉冲重复时间,因此可以近似地认为脉冲重复时间等于接收时间,即近似认为脉冲重复时间  $=d/770$ ,由此  $PRF=770/d$ 。这说明  $PRF$  和  $d$  成反比,要增加测量深度,就必须以降低  $PRF$  为代价。一般探测深度每增加  $1\text{cm}$ ,传播时间就需要增加  $13\mu\text{s}$ 。越深的部位反射时间越长,即探头等待时间越长,相应地  $PRF$  就要越小。空间脉冲长度 ( $SPL$ ) 取决于波长和每个脉冲中超声波的周期数,一般每个脉冲中至少有 2 个超声波脉冲周期。因此假定脉冲周期数是 2,则  $SPL=2\lambda$ 。  $PRF$  和  $SPL$  与超声图像的分辨率密切相关。

## (二) 超声波的传播

随着在介质中的传播,超声波在组织中被吸收、散射和反射后,其振幅会逐渐减小,称为超声信号的衰减。衰减的本质是声束能量的减少,不同组织引起衰减的原因和程度也不同。超声信号在空气中衰减最严重,气泡表面几乎可以完全反射声波,在超声下呈现高亮信号。肺组织由于含有大量气体,使超声信号向不同方向散射,也会使信号衰减严重。骨组织可以大量吸收和反射超声波,因此骨组织和肺是体内超声衰减最严重的。除了组织特性外,影响衰减的还有超声波的频率和传播的距离,越高的频率、传播的距离越远,超声的衰减就越多。因此对于深部的组织器官返回的信号需要更多的放大和补偿,称为时间增益补偿 ( $TGC$ ) 或深度增益补偿 ( $DGC$ )。



在大部分超声仪上可以手动调节不同深度的补偿量。

超声的成像依赖于在不同介质交接面超声波的反射，反射的方向与入射角有关，只有垂直入射的声波能垂直反射回接收器。因此对于目标结构，常常需要调整入射角度，使声束垂直于器官或组织表面入射以获得更为清晰的成像。另外与光波类似的，声波在不同介质交接面反射的同时也伴有折射，折射和不同角度的反射改变了超声波的传播方向，一方面造成衰减，另一方面将会形成一些特定的伪像。

另外接收器在接收返回信号的同时还会接收一些杂波和组织震动引起的谐波，这会导致返回波形的失真。传播距离越长，失真越严重。

### (三) 超声换能器

超声仪的换能器，是一种使能量从一种形式转换成另一种形式的装置。换能器的最主要结构是一些具有压电效应的晶体，当在晶体上施加电压后，晶体会产生形变，即压电效应。反之，当晶体承受机械应力时能在两端产生一定的电势能，即逆压电效应。由此才能完成声波信号（振动）和电信号的双向转化。单一晶体的超声波束是一个球面波，但换能器都是由多个晶体排列在一起的，由于机械波的相长干涉和相消干涉，使得换能器发出的超声束形成一个具有一定厚度的沙漏形。换能器的后方通常装有吸声层，在前方通常有匹配层和声透镜，最终形成的沙漏形声束最窄处的声密度最大，称为声波聚焦带，聚焦带与换能器之间的区域称为近场（near field），声聚焦带以远的区域称为远场（far field），如图 1-1-2 示。