

OTTO

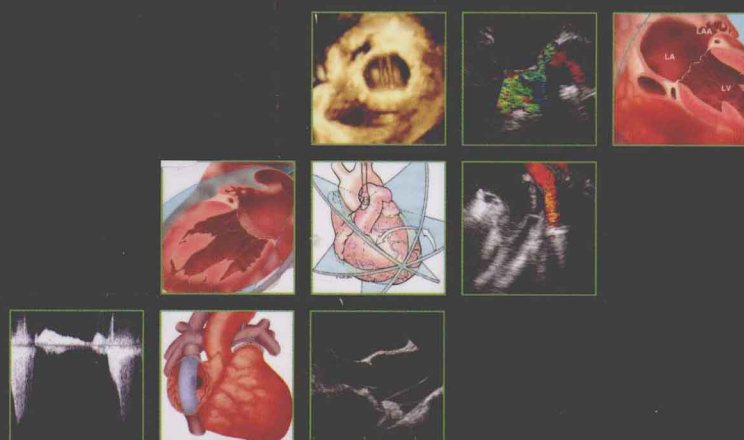
临床超声心动图学

Textbook of Clinical Echocardiography

(第4版)

原著 Catherine M. Otto

主译 汪芳 郑春华



北京大学医学出版社

临床超声心动图学

Textbook of Clinical Echocardiography

(第4版)

原 著 Catherine M. Otto

主 译 汪 芳 郑春华

主 审 智 光

北京大学医学出版社

LINCHUANG CHAOSHENG XINDONGTUXUE

图书在版编目 (CIP) 数据

临床超声心动图学：第4版/ (美) 奥托

(Otto, C. M.) 编著；汪芳、郑春华译.

—北京：北京大学医学出版社，2011. 12

书名原文：Textbook of Clinical Echocardiography, 4th Edition

ISBN 978-7-5659-0295-6

I. ①临… II. ①奥… ②汪… ③郑… III. ①超声心动图 IV. ①R540.4

中国版本图书馆CIP数据核字 (2011) 第226724号

北京市版权局著作权合同登记号：图字：01-2011-6369

Textbook of Clinical Echocardiography, 4th Edition

Catherine M. Otto

ISBN-13: 978-1-4160-5559-4

ISBN-10: 1-4160-5559-2

Copyright © 2009 by Saunders, an imprint of Elsevier Inc. All rights reserved.

Authorized Simplified Chinese translation from English language edition published by the Proprietor.

Elsevier(Singapore) Pte Ltd.

3 Killiney Road, #08-01 Winsland House I, Singapore 239519

Tel: (65)6349-0200, Fax: (65)6733-1817

First Published 2012

2012年初版

Simplified Chinese translation Copyright © 2012 by Elsevier(Singapore) Pte Ltd and Peking University Medical Press. All right reserved.

Published in China by Peking University Medical Press under special agreement with Elsevier(Singapore) Pte Ltd. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书简体中文版由北京大学医学出版社和Elsevier (Singapore) Pte Ltd 在中国大陆境内 (不包括香港特别行政区及台湾) 协议出版。本版仅限在中国境内 (不包括香港特别行政区及台湾) 出版及标价销售。未经许可之出口, 是为违反著作权法, 将受法律之制裁。

临床超声心动图学 (第4版)

主 译：汪 芳 郑春华

出版发行：北京大学医学出版社 (电话：010-82802230)

地 址：(100191) 北京市海淀区学院路38号 北京大学医学部院内

网 址：<http://www.pumppress.com.cn>

E - m a i l：booksale@bjmu.edu.cn

印 刷：北京圣彩虹制版印刷技术有限公司

经 销：新华书店

责任编辑：畅晓燕 责任校对：金彤文 责任印制：张京生

开 本：889mm×1194mm 1/16 印张：32.5 字数：989千字

版 次：2012年1月第1版 2012年1月第1次印刷

书 号：ISBN 978-7-5659-0295-6

定 价：392.00元

版权所有，违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

序 言

随着电子计算机和声学理论研究的深入与进展,超声心动图技术飞速发展,成为临床心血管疾病中最重要的诊断方法之一。该技术已广泛应用于临床,成为不可替代的常规检测项目,并逐步发展成为各种介入、手术、急症及监护的重要监测手段。为了适应临床对超声心动图诊断要求的不断提高,更好地服务于临床,尽快掌握超声心动图技术已成为我国心血管病医生的当务之急。值此机会,非常高兴地推荐以卫生部北京医院心内科副主任及超声心动图室主任汪芳医师和北京大学人民医院心脏中心的郑春华医师为核心,带领临床一线工作并且熟练掌握超声心动图技术的心内外科医生为骨干的团队,翻译由奥托教授担任主编的《临床超声心动图学》(*Textbook of Clinical Cardiography*)第4版。

该书主译之一汪芳医师1987年毕业于湖南医科大学临床医学系,博士,主任医师,教授,硕士生导师,从事心血管临床工作多年,曾在丹麦哥本哈根国立医院电生理及导管室和新加坡国家心脏中心研修电生理及超声诊断技术,并且在阜外心血管病医院接受过5年期临床博士培训。在此基础上致力于超声心动图在临床应用的研究,勇于开拓、积极热情,对于超声心动图学的基本理论、操作规范、诊断技巧和最新进展及其在心内科的应用有着深刻的了解和体会。另一位主译郑春华医师1998年毕业于上海医科大学,获儿科心血管博士学位,主任医师,先后在上海医科大学儿科医院心脏中心、北京安贞医院小儿心脏中心、清华大学第一附属医院心脏中心及北京大学人民医院心脏中心工作。2006年9月至2007年10月曾在美国华盛顿大学心脏中心进修。长期致力于小儿先天性心脏病、各种心肌炎及心律失常的诊断和治疗及临床研究工作,临床

经验丰富,擅长超声心动图诊断先天性心脏病、胎儿先心病及成人心脏病,熟悉先天性心脏病的心导管造影及介入治疗,积极参与了全国先天性心脏病筛查及治疗的爱心工程。在此两位医师通力合作,将给自己在临床工作中带来巨大帮助的工具书之一《临床超声心动图学》组织翻译并出版,与广大有志于学习和应用超声心动图学的医生共享。

凯瑟琳·奥托(Catherine M. Otto)是美国华盛顿大学(位于西雅图)心脏中心的心内科教授,国际公认的著名超声心动图专家。她的研究领域包括瓣膜心脏病、成人先天性心脏病及超声心动图,目前为心脏中心超声心动图培训项目的负责人,主编了四部超声心动图临床教程。其中《临床超声心动图学》一书,在国际上非常畅销,言简意赅、条理清楚、图文并茂,既突出了临床与基础的衔接,又强调了理论与实践的有机结合,并附有病例演示及分析,是一本理论性与实践性较强的专业书籍。该教程于1995年第一次出版,并先后于2000年、2004年、2009年再版,得到了读者广泛的认可和称赞。最新版《临床超声心动图学》仍从临床实际出发,将超声心动图与心血管病基础、临床心脏病学紧密结合,通过全面充实、增补和修订,尤其是补充了大量全新内容和精彩图像,充分反映了当前该领域的现状和进展。

该书定会受到广大超声医学工作者与心内科工作者的欢迎,是一本很好的工具书,也将成为有关临床工作者、进修医师、医学院校教学及继续教育和培训的一本不可多得的教材和参考书。此书的出版必将会对超声心动图技术及心血管疾病的发展起到积极的推动作用,对心血管临床和相关影像医学的发展作出一定贡献。

杨浣宜

2011年9月12日

译者前言

随着计算机软件技术和声学理论研究的发展,超声心动图技术有很大进步。特别是近年来由于多普勒成像、实时及全容积三维超声、腔内超声和声学造影等检查的广泛应用,不仅能探测心脏结构形态,而且可以直观、形象地显示心内血流动力学改变,拓宽了检查的范围,在心血管疾病诊断、手术和介入治疗的监护方面具有重要价值。超声心动图操作的简单、方便及直观,使越来越多的心内科临床医生可以掌握这项技术。例如,在心内科监护室值夜班的医生遇到病人的病情突变时,可应用床旁超声心动图机及时为病人做检查,指导临床抢救诊疗。在美国心脏内科医师的专科培训中,要求在超声心动图室轮转6个月,并掌握基本的超声心动图操作。目前中国医师协会也在积极酝酿对心内科医师开展超声心动图规范化培训工作。

凯瑟琳·奥托是美国华盛顿大学心脏中心的心内科教授、超声心动图专家。她学识渊博,享誉世界。译者曾有幸于2007年在华盛顿大学心脏中心研修,参加内科的病例讨论、讲座及研究,亲身感受了她清晰的诊断思路、渊博的专业学识及丰富的

临床经验。她主编的第4版《临床超声心动图学》共18章,简要介绍了超声心动图物理学基础、操作技术和获得良好检查效果的注意要点;详细介绍了经胸超声心动图、经食管超声心动图、心腔内超声心动图、多普勒超声等基础内容;系统阐述了一些新技术和特殊检查的应用,包括组织多普勒、三维超声、应变成像、同步化评价、声学造影、负荷超声、术中超声和血管成像,并着重评价心脏收缩功能和舒张功能;最后对各种疾病的超声表现做了详尽论述,并阐述了超声心动图在其他众多临床疾病中的应用。本书内容广泛,包含了许多超声心动图技术临床应用的最新进展,对心内科的专科培训医生、住院医师、研究生、超声科医生等,是一本很有价值的超声心动图专著。

我们组织了在北京各大医院经验丰富的专家翻译此著作,努力做到忠实原著,全部应用原著图片,部分专家还注明了自己医院的经验,以供读者参考。我们在翻译的过程中可能会存在一些失误,望诸位同仁在阅读过程中批评指正,不胜感激。

汪芳 郑春华

2011年10月4日于北京

原著前言

超声心动图学是临床心脏病学不可分割的一部分，它在一系列心血管疾病的初步诊断、临床治疗和决策制订方面都有重要的应用。该技术不但适用于在超声心动图室进行检查，现亦广泛应用于其他临床场所，如冠心病监护室、重症监护室、手术室、急诊室、导管介入室以及电生理室，其目的在于诊断和监测治疗干预的效果。超声心动图技术的应用范围在不断扩展，利用该技术能够以相对较低的成本和最小的风险获得详细而精确的解剖和生理信息。

本书主要涉及常见的临床超声心动图，旨在供超声心动图的初学者以及有兴趣扩展更新该领域知识的人们阅读。该书主要用途是供心脏病学临床医师在超声心动图室轮转时使用，对于在普通内科、放射科、麻醉科、急诊内科的住院医师和主治医师以及心脏超声专业的学生来说，本书同样具有使用价值。该书为临床实践的医师提供了简洁、实用的最新资料。有关额外的临床病例、数据采集实用技巧和自我评估问卷，由 Schwaegler 和 Otto 合著的《超声心动图综述指南》(*Echocardiography Review Guide*) (Elsevier/Saunders 2007) 提供了相关信息。另外，如果想要获知超声心动图数据对临床医学的进一步影响，读者可参考另一本更为翔实的参考书——《临床超声心动图实践》(*The Practice of Clinical Echocardiography*) 第3版 [CM Otto (ed), 2007]，也是由 Elsevier/Saunders 出版。在与这本书配套的 DVD 中，每一章节都含有配以动态图像的病例，并且附有互动的多项选择题。

这本书围绕超声心动图的临床诊断方法展开。对超声物理学、经胸和经食管正常超声心动图成像、心腔内血流模式、超声心动图适应证、左心室收缩和舒张功能的评估，在相关章节提供了有关基本原理的框架式描述。有关超声心动图新技术的章节介

绍了三维超声心动图、心肌力学、对比超声心动图和心腔内超声心动图的概念。这些超声新技术的临床应用情况，在接下来相应的章节中得到进一步体现。其中有些技术，例如心腔内和血管内超声心动图，现已由心脏科医师常规应用于介入操作中。如果内科医生和超声技师要在其临床实践中运用这些新技术，可以参考《临床超声心动图实践》的相关章节以及其他推荐阅读材料。

这个基本原理框架是以章节内容为基础的，这些章节内容按照疾病（如心肌病或瓣膜狭窄）分类，并与临床实践中超声心动图的典型适应证相对应。在每一章节，都回顾了该疾病类型超声心动图评估的基本原理，并且对超声心动图检查方法和鉴别诊断进行了详细论述，强调了局限性和需考虑的技术因素，同时提出了替代诊断方法。示意图被用来阐明基本概念；超声心动图图像和多普勒数据显示了每一疾病过程中出现的典型和非典型改变。经胸和经食管成像、多普勒数据和其他新成像方法的应用贯穿全书，反映了它们在临床实践中的应用。此外，对定量评价超声心动图方法的研究多采用表格形式进行总结。

在每章的末尾均附有推荐阅读的资料，这些参考资料可供那些有兴趣进一步了解某一特定内容的读者阅读参考。其他相关文章可以在《超声心动图临床实践》(*The Clinical Practice of Echocardiography*) 中找到。在线的医学参考数据库是获得更多最新期刊和关于某一特定课题的所有期刊文章的最好方法。

从我对临床医师及超声技师的教学经验来看，这本书的一个明显特色是书后的超声检查部分。该部分对每个章节的重要概念进行了总结，并且提供了日常临床超声心动图实践中定量计算的应用实例。超声检查中的信息通过列表、表格和图形的形

式得以清晰编排。我希望当需要一个综述或者在超声心动图室的日常实践中，超声检查部分能够成为一个快捷的参考和应用指南。

在第4版中，该书的所有章节都被重新修订，以反映该领域的最新进展，推荐阅读部分也已经更新，并且大部分图像被最新的病例所代替，这些病例可以更清楚地说明疾病过程。第一章关于超声物理学的部分被扩充，以便提供超声心动图认证考试中所需要的基本知识。其他章节的许多部分也被广泛修改，包括舒张功能不全、超声心动图新技术、心肌病和成人先天性心脏病。经食管超声心动图的应用明确贯穿于各个章节。更新的超声心动图指南也被尽可能地涵盖在每一章节中。第4版还增加了新的一章——“术中经食管超声心动图”，介绍了该技术在手术中的临床应用，强调了超声心动图对于手术或者经皮介入治疗患者的综合评估方面所拥有的一些独特价值。这一章节涵盖了超声心动图对于进行二尖瓣修复术、急性和慢性主动脉疾病患者的评估细节，以及心腔内仪器（如左心室辅助装置）的管理情况。

必须强调的是，这本教科书只是学习超声心动图的一个起点或参考纲要。超声心动图的基本培训应包括在临床实践中实时采集和分析超声心动图和多普勒数据的能力。进一步的培训还需要能独立进行负荷和经食管超声检查。此外，超声心动图技术仍然在持续发展中，因此一项新技术（如三维超声心动图）将会更加实用并得到广泛应用，所以超声心动图工作者需要不断更新知识。很显然，一本教科书不可能取代在对不同疾病患者进行检查时所获得的临床经验，图像也不能取代实时数据的采集和回顾分析。清晰明确的超声心动图培训指南已经出版，详见第5章，旨在明确超声心动图技术中应具备的临床能力。虽然这本书不是超声心动图相关培训和实践经验的替代品，但是我希望它能够增加那些刚刚涉足该领域的读者的学习经验，并且为那些当前的致力于超声心动图检查和分析的人做一个总结。每位有临床适应证的患者都应得到有助于准确诊断的超声心动图检查；我们每个人都应该为此目标坚持不懈地努力奋斗！

Catherine M. Otto



译者名单

主 译 汪 芳 郑春华

主 审 智 光

译 者 (按姓氏拼音排序)

房 芳	北京安贞医院超声科
耿 斌	北京安贞医院小儿心脏中心
侯海军	武警总医院南楼特诊科
孔令云	北京大学人民医院心脏中心
李 靖	卫生部北京医院心内科
李明洲	卫生部北京医院心内科
李卫虹	北京大学第三医院心内科
齐 欣	卫生部北京医院心内科
孙 琳	北京安贞医院心超室
唐秀杰	清华大学第一附属医院心脏中心
汪 芳	卫生部北京医院心内科
王春燕	清华大学第一附属医院心脏中心
王海燕	卫生部北京医院心内科
王廉一	清华大学第一附属医院心脏中心
谢道银	北京大学第三医院心内科
许闻桥	卫生部北京医院心内科
尹东梅	卫生部北京医院心内科
张瑞生	卫生部北京医院心内科
郑春华	北京大学人民医院心脏中心
智 光	解放军总医院心内科
钟 优	卫生部北京医院心内科
朱天刚	北京大学人民医院心脏中心

缩略语 (用于图、表和方程中的缩写)

2D = 二维	cos = 余弦
3D = 三维	CS = 冠状窦
A-Long = 心尖长轴	CSA = 横截面积
A-mode = 振幅型 (振幅 vs. 深度)	CT = 计算机断层成像
A = 心室舒张晚期心房收缩充盈速度	CW = 连续波
A' = 舒张期组织多普勒心房收缩速度	Cx = 冠状动脉回旋支
A2C = 心尖两腔	D = 直径
A4C = 心尖四腔	DA = 降主动脉
AcT = 加速时间	dB = 分贝
AF = 心房颤动	dP/dt = 压力随时间变化的速率
AMVL = 二尖瓣前叶	dT/dt = 温度随时间增高的速率
ant = 前	dyne · s · cm ⁻⁵ = 阻力单位
Ao = 主动脉的或主动脉	E = 心室舒张早期峰值速度
AR = 主动脉瓣反流	E' = 心室舒张早期组织多普勒速度
AS = 主动脉瓣狭窄	ECG = 心电图
ASD = 房间隔缺损	echo = 超声心动图
ATVL = 三尖瓣前叶	ED = 舒张末期
AV = 房室的	EDD = 舒张末期内径
AVA = 主动脉瓣口面积	EDV = 舒张末期容积
AVR = 主动脉瓣置换	EF = 射血分数
BAV = 二叶式主动脉瓣	endo = 心内膜
BP = 血压	epi = 心外膜
BSA = 体表面积	EPSS = E 峰间隔分离
c = 声音在组织中的传播速度	EROA = 有效反流口面积
CAD = 冠状动脉疾病	ES = 收缩末期
cath = 心导管	ESD = 收缩末期内径
C _m = 组织比热	ESV = 收缩末期容积
cm/s = 厘米 / 秒	ETT = 运动平板试验
cm = 厘米	Δf = 频移
CMR = 心脏磁共振成像	f = 频率
CO = 心输出量	FL = 假腔

F_n = 近场	MVA = 二尖瓣口面积
F_o = 共振频率	MVL = 二尖瓣瓣叶
F_s = 散射频率	MVR = 二尖瓣置换术
FSV = 前向每搏量	n = 个体数
F_T = 发射频率	NBTE = 非细菌性血栓性心内膜炎
HCM = 肥厚型心肌病	NCC = 无冠瓣
HOCM = 肥厚梗阻性心肌病	ΔP = 压力阶差
HPRF = 高脉冲重复频率	P = 压力
HR = 心率	PA = 肺动脉
HV = 肝静脉	PAP = 肺动脉压
Hz = 赫兹 (每秒转数)	PCI = 经皮冠状动脉介入
I = 超声暴露强度	PDA = 动脉导管未闭或后降支动脉 (根据上下文)
IAS = 房间隔	PE = 心包积液
ID = 指示剂稀释度	PEP = 射血前期
inf = 下	PET = 正电子发射断层显像
IV = 静脉内	PISA = 近端等速表面积
IVC = 下腔静脉	PLAX = 胸骨旁长轴
IVCT = 等容收缩时间	PM = 乳头肌
IVRT = 等容舒张时间	PMVL = 二尖瓣后叶
kHz = 千赫兹	post = 心室后壁 (或下侧壁)
l = 长度	PR = 肺动脉瓣反流
LA = 左心房	PRF = 脉冲重复频率
LAA = 左心耳	PRFR = 峰值快速充盈率
LAD = 冠状动脉左前降支	PS = 肺动脉瓣狭窄
LAE = 左心房扩大	PSAX = 胸骨旁短轴
lat = 侧面	PV = 肺静脉
LCC = 左冠瓣	PVC = 室性期前收缩
LMCA = 冠状动脉左主干	PVR = 肺血管阻力
LPA = 左肺动脉	PWT = 后壁厚度
LSPV = 左上肺静脉	Q = 容积流率
L-TGA = 纠正型大动脉转位	Q_p = 肺循环容积流率
LV = 左心室	Q_s = 体循环容积流率
LV-EDP = 左心室舒张末期压力	r = 相关系数
LVH = 左心室肥厚	R = 心室半径
LVID = 左心室内径	R_{FR} = 瞬时反流率
LVOT = 左心室流出道	RA = 右心房
M-mode = M 型显示 (深度 vs. 时间)	RAE = 右心房扩大
MAC = 二尖瓣环钙化	RAO = 右前斜位
MI = 心肌梗死	RAP = 右心房压
MR = 二尖瓣反流	RCA = 右冠状动脉
MS = 二尖瓣狭窄	RCC = 右冠瓣
MV = 二尖瓣	R_c = 雷诺数

RF = 反流分数	TD = 热稀释法
RJ = 反流束	TEE = 经食管超声心动图
R_o = 微泡半径	TGA = 大动脉转位
ROA = 反流口面积	TGC = 时间增益补偿
RPA = 右肺动脉	Th = 壁厚度
RSPV = 右上肺静脉	TL = 真腔
RSV = 反流搏出量	TN = 真阴性
RV = 右心室	TOF = 法洛四联症
RVE = 右心室扩大	TP = 真阳性
RVH = 右心室肥厚	TPV = 速度达峰时间
RVOT = 右心室流出道	TR = 三尖瓣反流
s = 秒	TS = 三尖瓣狭窄
SAM = 收缩期前向运动	TSV = 总每搏量
SC = 剑下	TTE = 经胸超声心动图
SEE = 估计标准误	TV = 三尖瓣
SPPA = 空间峰值脉冲平均	v = 速度
SPTA = 空间峰值时间平均	V = 容积或速度 (根据上下文)
SSN = 胸骨上窝	VAS = 心室心房间隔
ST = 间隔厚度	Veg = 赘生物
STJ = 窦管交界	V_{max} = 最大速度
STVL = 三尖瓣隔瓣	VSD = 室间隔缺损
SV = 每搏量或取样容积 (根据上下文)	VTI = 速度 - 时间积分
SVC = 上腔静脉	WPW = Wolff-Parkinson-White 综合征
$T_{1/2}$ = 压力减半时间	z = 声阻抗

符号	希腊名	用于
α	alpha	频率
γ	gamma	黏度系数
Δ	Delta	差异
θ	theta	角度
λ	lambda	波长
μ	mu	微
π	pi	数学常数 (约 3.14)
ρ	rho	组织密度
σ	sigma	壁应力
τ	tau	心室松弛时间常数

测量单位

变量	单位	定义
振幅	分贝 (dB)	分贝 = 描述声波振幅 (“响度”) 的对数标尺
角度	度	度 = $(\pi/180)$ 拉德 例如: 截角
面积	cm^2	平方厘米。 二维测量值 (如收缩末面积) 或计算值 (如连续方程法测量瓣口面积)
频率 (f)	Hz kHz MHz	赫兹 (每秒转数) 千赫兹 = 1000 Hz 兆赫兹 = 1 000 000 Hz
长度	cm mm	厘米 (1/100 m) 毫米 (1/1000 m 或 1/10 cm)
质量	g	克。例如: 左心室质量
压力	mmHg	毫米汞柱 $1 \text{ mmHg} = 1333.2 \text{ dyne/cm}^2$, dyne 测量力 (单位 $\text{cm} \cdot \text{g} \cdot \text{s}^{-2}$)
阻力	$\text{dyne} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-5}$	测量血管阻力
时间	s ms μs	秒 毫秒 (1/1000s) 微秒
超声强度	W/cm^2 mW/cm^2	瓦特 (W) = 焦耳 / 秒 焦耳 = $\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$ (能量单位)

变量	单位	定义
速度 (v)	m/s cm/s	米 / 秒 厘米 / 秒
速度 - 时间积分 (VTI)	cm	多普勒速度曲线 (cm/s) 对时间 (s) 的积分, 以 cm 为单位
容积	cm^3 mL L	立方厘米 毫升, $1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3$ 升 (L) = 1000 mL
容积流率 (Q)	L/min mL/s	跨瓣或心输出量中的容积流率 L/min = 升 / 分 mL/s = 毫升 / 秒
室壁应力	dyne/cm^2 kdyn/cm^2 kPa	圆周室壁张力的单位 千 dyn/cm^2 千帕斯卡 $1 \text{ kPa} = 10 \text{ kdyn/cm}^2$

主要公式

超声物理学

频率

$$f = \text{次 / 秒} = \text{Hz}$$

波长

$$\lambda = c/f = 1.54/f \text{ (MHz)}$$

多普勒方程

$$v = c \times \Delta f / [2F_T(\cos\theta)]$$

伯努利方程

$$\Delta P = 4V^2$$

左心室成像

每搏量

$$SV = EDV - ESV$$

射血分数

$$EF(\%) = (SV/EDV) \times 100\%$$

室壁张力

$$\sigma = PR/2Th$$

多普勒心室功能

每搏量

$$SV = CSA \times VTI$$

压力上升速率

$$dP/dt = 32 \text{ mmHg} / \text{MR CW 从 1 m/s 升至 3m/s 的时间 (秒)}$$

肺动脉压和阻力

肺动脉收缩压

$$PAP_{\text{收缩}} = 4(V_{TR})^2 + RAP$$

肺动脉压 (存在 PS 时)

$$PAP_{\text{收缩}} = [4(V_{TR})^2 + RAP] - \Delta P_{RV-PA}$$

肺血管阻力

$$PVR \cong 10(V_{TR})/VTI_{RVOT}$$

主动脉瓣狭窄

最大压力阶差 (平均压差射血期的积分)

$$\Delta P_{\text{max}} = 4(V_{\text{max}})^2$$

连续方程瓣口面积

$$AVA(\text{cm}^2) = [\pi (LVOT_D/2)^2 \times VTI_{LVOT}] / VTI_{AS-Jet}$$

简化的连续方程

$$AVA(\text{cm}^2) = [\pi (LVOT_D/2)^2 \times V_{LVOT}] / V_{AS-Jet}$$

速度比

$$\text{速度比} = V_{LVOT} / V_{AS-Jet}$$

二尖瓣狭窄

压力减半时间瓣口面积

$$MVA_{\text{多普勒}} = 220 / T^{1/2}$$

主动脉瓣反流

总每搏量

$$TSV = SV_{LVOT} = CSA_{LVOT} \times VTI_{LVOT}$$

前向每搏量

$$FSV = SV_{MA} = CSA_{MA} \times VTI_{MA}$$

反流量

$$RV = TSV - FSV$$

反流口面积

$$ROA = RSV / VTI_{AR}$$

二尖瓣反流

总每搏量或 2D LV 每搏量

$$TSV = SV_{MA} = CSA_{MA} \times VTI_{MA}$$

前向每搏量

$$FSV = SV_{LVOT} = CSA_{LVOT} \times VTI_{LVOT}$$

反流量

$$RV = TSV - FSV$$

反流口面积

$$ROA = RSV/VTI_{AR}$$

PISA 法

反流流率

$$R_{FR} = 2\pi r^2 \times V_{aliasing}$$

瓣口面积 (最大)

$$ROA_{max} = R_{FR}/V_{MR}$$

反流量

$$RV = ROA \times VTI_{MR}$$

主动脉扩张

预计窦直径

儿童 (< 18 岁): 预计窦直径 = 1.02 + (0.98 BSA)

成人 (18 ~ 40 岁): 预计窦直径 = 0.97 + (1.12 BSA)

成人 (> 40 岁): 预计窦直径 = 1.92 + (0.74 BSA)

比值 = 测量的最大直径 / 预计最大直径

肺循环 (Q_p) 与体循环 (Q_s) 分流比值

$$Q_p : Q_s = [CSA_{PA} \times VTI_{PA}] / [CSA_{LVOT} \times VTI_{LVOT}]$$



目 录

1 超声心动图成像原理和多普勒分析的原则	1
2 经胸超声心动图的正常解剖和血流模式	29
3 经食管超声心动图	62
4 超声心动图新技术	85
5 临床指征和质量保证	105
6 左心室和右心室收缩功能	121
7 心室舒张充盈及其功能	152
8 缺血性心脏病	177
9 心肌病、高血压性心脏病、肺心病	208
10 心包疾病	238
11 瓣膜狭窄	254
12 瓣膜反流	286
13 人工瓣膜	319
14 心内膜炎	348
15 心脏占位及潜在心源性栓塞	370
16 大动脉疾病	389
17 成人先天性心脏病	409
18 术中经食管超声心动图	439
超声检查：快速查阅指导	459

超声心动图成像原理和多普勒分析的原则

超声波

超声波与组织的相互作用

反射

散射

折射

衰减

探头

压电晶体

探头的类型

声束形状和聚焦

分辨率

超声仪器和成像方式

M型超声

二维超声心动图

图像的产生

仪器设置

图像伪像

超声心动图测量

多普勒超声心动图

多普勒速度数据

多普勒方程

频谱分析和多普勒仪器调节

连续波多普勒超声

脉冲多普勒超声

多普勒速度仪器控制

多普勒速度数据伪像

彩色多普勒血流显像

原理

彩色多普勒仪器控制

彩色多普勒血流显像伪像

组织多普勒

生物效应和安全性

生物效应

安全性

推荐阅读

了解超声成像和多普勒超声心动图的基本原理对采集超声数据和正确理解超声信息是至关重要的。尽管目前的超声仪器能够即刻显示清晰与细致的实时图像，以至于我们误以为直接“看见”了心脏和血流，但实际上，我们看到的图像和血流信号是超声波通过患者身体反射和背向散射回来的信息经复杂的分析而产生的。了解这种技术的优势，更为重要的是它的局限性，对于临床上做出正确的诊断和治疗非常关键。一方面，超声心动图可协助临床上对各种情况做出决策，并有较高的精确性；而另一方面，如果将超声伪像误以为解剖异常，患者有可能接受不必要的、昂贵的以及潜在危险的诊断

性试验或治疗性干预。

在本章中，我们将简要（必要时简化）地概述心脏超声成像和血流分析的基本原理。读者可参阅本章后面所附“推荐阅读”，以获得对此更详尽的信息。随着操作经验的增加，有关图像的处理细节、伪像的形成及多普勒的物理知识将显得越发重要；有些读者可能会选择在读完本书其他章节和操作过一些超声心动图检查后，再回过头来重读本章。

超声波

声波是一种机械振动，其穿过任何物理介质均

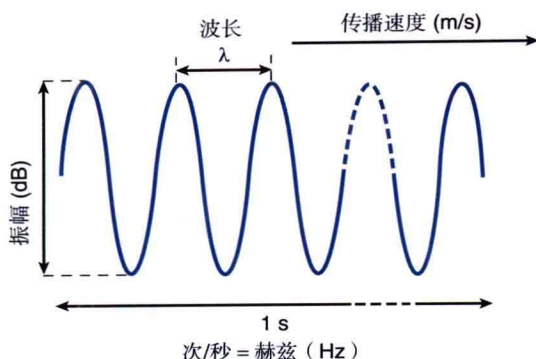


图1-1 超声波的原理图。

引起相应的折射和压缩 (图 1-1)。与其他波一样, 声波用下列术语进行描述 (表 1-1):

- 频率——次 / 秒, 或赫兹 (Hz)
- 传播速度
- 波长——毫米 (mm)
- 振幅——分贝 (dB)

频率 (f) 是超声波在 1 秒间期的振动次数, 测量单位为赫兹, 简称为 Hz, 也就是每秒的圈数。1000 次 / 秒的频率是 1 千赫兹 (kHz), 1 百万次 / 秒的频率是 1 兆赫兹 (MHz)。人类可听见的

声波振动频率在 20Hz 到 20kHz 之间。振动频率在 20kHz 以上的声波称为超声波。医疗诊断超声所用的探头频率在 1 ~ 20MHz 之间。

声波穿越体内的速度, 也就是传播速度 (c), 依其传播的介质而异。例如, 骨质的传播速度 (约 3000m/s) 比肺组织的 (约 700m/s) 要快很多。然而, 在软组织中的传播速度, 包括心肌、瓣膜、血管以及血液等中的速度, 基本是一致的, 大约为 1540m/s。

波长是超声波峰与峰之间的距离。波长可以通过传播速度 (c , 米 / 秒) 除以频率 (f , 赫兹) 获得。

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

因为声波在心脏的传播速度是个常数, 为 1540m/s, 探头频率应用 MHz 来计算的话, 米 (m) 除以 1000 转换为毫米 (mm), 故对任一已知频率的探头, 其波长可计算为:

$$\lambda(\text{mm}) = 1.54/f$$

如图 1-2 所示。例如, 探头频率 5MHz 发射的波长可以如下计算:

$$\lambda = 1540 \text{ 米 / 秒} / 5\,000\,000 \text{ 次 / 秒} = 0.000308 \text{ 米} \\ = 0.308 \text{ 毫米}$$

或者

表 1-1 超声波

定义	示例	临床应用
频率 (f) 每秒超声波的振动次数 $f = \text{次数} / \text{秒} = \text{赫兹}$	探头频率以兆赫兹 (1 000 000 次 / 秒) 测量。 多普勒信号频率以千赫兹 (1000 次 / 秒) 测量。	不同的探头频率有特定的临床应用, 因为传播频率影响超声波的组织穿透度、影像的分辨率以及多普勒的信号。
传播速度 (c) 超声波穿过组织的速度	在软组织中的平均传播速度大约为 1540m/s。	在不同软组织中 (血液、心肌、肝、脂肪等) 的传播速度基本是相似的, 但在肺组织中很慢, 在骨组织中很快。
波长 (λ) 波长是超声波峰与峰之间的距离: $\lambda = c / f = 1.54 / f \text{ (MHz)}$	探头频率高则波长短, 频率低则波长长。	波长越短 (频率越高), 影像分辨率越大 (~ 1mm)。波长越长 (频率越低), 组织穿透深度越大。
振幅 (dB) 声波的高度或者响度, 以分贝衡量	分贝应用对数尺度, 80dB 代表振幅增加 10 000 倍, 40dB 提示振幅增加 100 倍。	应用灰阶可以显示影像和多普勒的广泛振幅范围。