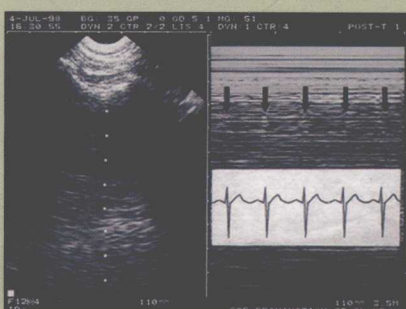
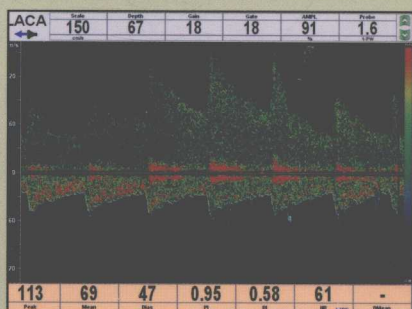
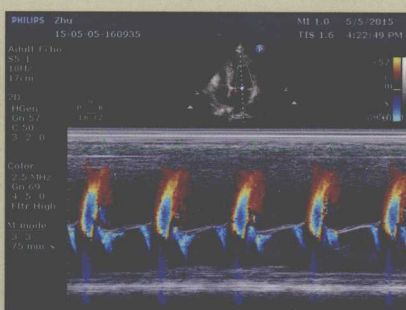
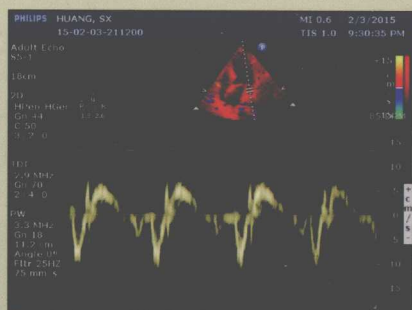


主编 刘大为 王小亭



重症超声

主 编 刘大为 王小亭

副 主 编 晁彦公 张丽娜 张宏民 尹万红

主编助理 丁 欣

作者名单 (按汉语拼音顺序)

柴文昭	北京协和医院	刘大为	北京协和医院
晁彦公	北京华信医院	刘丽霞	河北省第四人民医院
陈 焕	北京协和医院	苗 齐	北京协和医院
陈 未	北京协和医院	尚秀玲	福建省立医院
陈秀凯	北京朝阳医院	汤 铂	北京协和医院
程 卫	北京协和医院	王春鲜	北京平谷区医院
崔 嵩	大连中心医院	王敏佳	浙江医院
丁 欣	北京协和医院	王小亭	北京协和医院
杜 微	北京协和医院	王晓猛	徐州市中心医院
段 军	中日友好医院	武 钧	上海瑞金医院
方理刚	北京协和医院	杨荣利	大连中心医院
关 键	北京华信医院	尹万红	四川大学华西医院
何怀武	北京协和医院	张宏民	北京协和医院
何 伟	北京同仁医院	张丽娜	中南大学湘雅医院
黄道政	广东省人民医院	张 青	北京协和医院
李冬凯	北京协和医院	赵 华	北京协和医院
李晗歌	北京协和医院	朱 然	中国医科大学附属第一医院
李 莉	中南大学湘雅医院	曾学英	四川大学华西医院
李梅玲	上海瑞金医院		

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

重症超声/刘大为,王小亭主编. —北京:人民卫生出版社,
2016

ISBN 978-7-117-23701-7

I. ①重… II. ①刘…②王… III. ①险症-超声波诊断
IV. ①R459.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 279605 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!

重 症 超 声

主 编:刘大为 王小亭

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:北京汇林印务有限公司

经 销:新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:31.5

字 数:767 千字

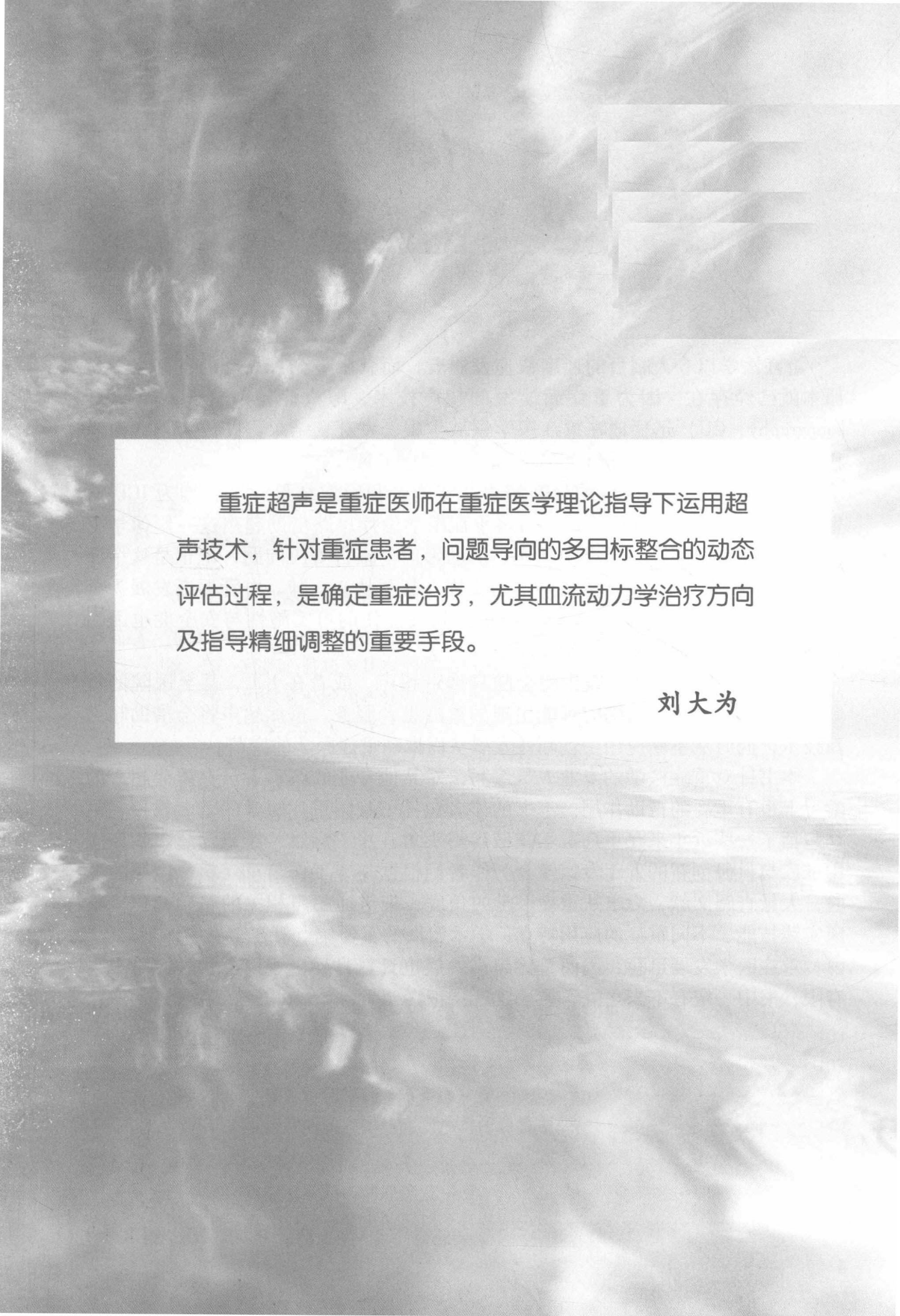
版 次:2017 年 2 月第 1 版 2017 年 7 月第 1 版第 2 次印刷

标准书号:ISBN 978-7-117-23701-7/R·23702

定 价:108.00 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)



重症超声是重症医师在重症医学理论指导下运用超声技术，针对重症患者，问题导向的多目标整合的动态评估过程，是确定重症治疗，尤其血流动力学治疗方向及指导精细调整的重要手段。

刘大为

前言

重症医学以令人瞩目的速度快速发展着，而其中最令人兴奋的事件之一是原本就已经存在，因为重症而焕发的超声技术，即重症超声（critical ultrasonography, CU）迅猛地在重症医学领域生根、发芽、结果，并成为重症医学科（intensive care unit, ICU）必不可少的诊疗工具。

重症超声不同于传统的诊断超声，实施者和影像结果解读者均为 ICU 医生，ICU 医生首先发现问题，然后将重症医学诊疗思路借助超声这一影像学工具在床旁实现，而不是借助中间人、借助影像学报告解决问题，也正是这个原因使得重症超声在重症领域得到迅猛发展，甚至从心、肺、血管逐渐发展为全身超声（whole-body ultrasound），而重症相关操作的可实施性与安全性也因为重症超声的介入而得到进一步发展。

在不远的将来，ICU 医生将会随身携带超声，或者在 ICU，甚至医院的每个角落里遍布超声，为随时可能出现的重症患者服务。重症超声将会借助超声新技术，同时从不断应用中创新性发展从而推动重症医学的变革。

本书针对重症医学的专业人员编写，对其他专业的医务人员在重症超声的学习上也有重要的帮助作用。本书的作者包括了我国重症医学的著名教授，更是包括了一些近年来在重症医学领域崭露头角，并“痴迷”于重症超声临床应用推广与科研创新的青年专家学者。作者们根据临床工作与重症超声应用的经验，大量查阅文献，力求从重症医学的角度，把重症超声相关的基础知识、临床实践技能、不同重症的应用特点、学术发展的重要位点等在全书中体现。

重症医学发展迅猛，因而重症超声发展也日新月异，所以由于时间与水平有限，书中一定有不当之处，恳请读者指正。

刘大为

2017 年 1 月

目 录

绪论 重症超声与重症	1
------------------	---

第一篇 重症超声基础理论部分

第一章 重症超声基础知识	8
第一节 超声诊断的物理基础	8
第二节 重症超声检查优化图像获得的基本原则	16
第三节 重症超声的不良反应及预防	19
第二章 重症心脏超声基础理论	23
第一节 经胸心脏超声基本平面	23
第二节 经食管心脏超声基本平面	35
第三节 重症心脏超声评估每搏量	47
第四节 重症心脏超声评估容量反应性	53
第五节 重症超声评价左心功能	64
第六节 左室舒张功能的评价	70
第七节 重症超声评价右心功能	75
第三章 重症肺部超声基础理论	84
第一节 肺部超声的基本原理	84
第二节 肺部超声检查基本平面	86
第三节 肺部超声基本征象	89
第四节 重症肺部超声操作有限性及注意事项	97
第四章 重症肾脏超声基础理论	103
第一节 重症肾脏超声的原理	103
第二节 重症肾脏超声的基本平面	112
第三节 重症肾脏超声操作有限性及注意事项	120
第五章 重症腹部超声基础理论	126
第一节 重症膈肌超声的原理及平面	126
第二节 重症胃肠道超声的原理及平面	133

第三节	其他重症腹部超声的基本平面·····	143
第六章	重症颅脑超声基础理论·····	151
第一节	颅脑超声基本原理·····	151
第二节	颅脑超声基本平面及超声征象·····	161
第三节	重症颅脑超声操作有限性及注意事项·····	173
第七章	血管超声基础理论·····	176
第一节	血管超声基本原理及平面·····	176
第二节	血管收缩功能与舒张功能评估·····	192
第二篇 重症超声的临床应用		
第八章	重症超声与血流动力学治疗·····	198
第一节	重症超声鉴别休克类型·····	198
第二节	重症超声评价心功能不全类型·····	203
第三节	重症超声与液体管理·····	209
第四节	重症超声与器官组织灌注评估·····	218
第五节	重症超声与感染性休克·····	224
第六节	重症超声与急性肺栓塞·····	229
第七节	重症超声与心脏骤停·····	234
第九章	重症超声与重症心脏·····	241
第一节	心脏超声评估瓣膜性心脏病·····	241
第二节	重症心脏超声评估冠心病·····	249
第三节	心包积液和心脏压塞超声诊断·····	260
第四节	重症超声与心脏术后循环评估·····	265
第十章	重症超声与重症呼吸·····	272
第一节	重症超声与气道评估·····	272
第二节	重症超声鉴别呼吸困难病因·····	278
第三节	重症超声与气胸的诊断和治疗·····	284
第四节	重症超声与急性肺水肿的诊断和治疗·····	288
第五节	重症超声在急性呼吸窘迫综合征诊断和治疗中的作用·····	293
第六节	超声评估困难脱机·····	296
第十一章	重症超声与重症神经·····	305
第一节	重症超声与颅内水肿评估·····	305
第二节	重症超声与颅脑灌注评估·····	310
第三节	重症超声与颅脑创伤诊断和治疗·····	315
第四节	重症超声与脑血管性疾病诊断和治疗·····	330

第十二章	重症超声与重症肾脏	342
第一节	重症超声与急性肾损伤诊断和评估	342
第二节	肾脏超声与循环复苏	347
第三节	重症超声与连续性肾脏替代治疗管理	350
第十三章	重症超声与重症感染	359
第一节	重症超声与肺部感染诊断和治疗	359
第二节	超声与其他部位感染	363
第十四章	重症超声与重症营养	371
第一节	重症超声与胃肠功能评估	371
第二节	重症超声与肠内营养治疗	379
第十五章	重症超声在体外膜氧合中的应用	389
第十六章	重症超声在灾害与创伤中的作用	393
第一节	重症超声与地震	393
第二节	重症超声与院外急救	396
第三节	重症超声与创伤	400
第十七章	超声引导技术	408
第一节	超声引导下血管内导管置入术	408
第二节	超声引导下穿刺引流术	413
第三节	超声引导的空肠营养管放置术	428
第十八章	重症超声的流程化管理与培训体系	435
第一节	重症超声的流程化管理	435
第二节	重症超声的血流动力学评估六步法	441
第三节	肺部超声的流程管理	451
第四节	重症超声急会诊流程 (CCUE)	455
附录	中国重症超声专家共识	465

绪 论

重症超声与重症

一、重症超声的历史

重症医学 (critical care medicine) 是研究任何损伤或疾病导致机体向死亡发展过程的特点和规律性, 并根据这些特点和规律性对重症患者进行治疗的学科。中国重症医学的理念起步于 20 世纪 70 年代初期。随着第一个重症医学科病房 (ICU) 的建立及之后 ICU 逐渐在医疗工作中起到的不可比拟作用, 重症医学已经成为中国医疗卫生系统中不可缺少的重要组成部分。今天, 作为临床二级学科、具有丰富学术内涵的重症医学, 正在系统化、规范化的道路上持续发展。在重要器官功能, 如循环功能、呼吸功能、肾脏功能等器官功能的监测评估和支持方面, 重症医学开始表现出自己明确的专业特点。其中, 由于超声具有动态、实时、可重复的特点, 不仅可以用于病情评估, 还可以进行动态监测, 与其他监测手段共同获得重症患者相关的重要监测和评估数据, 为诊断与治疗调整提供及时、准确的指导。因此, 由于重症医学的发展, 赋予超声新的内涵和功能, 被逐渐称为重症超声, 正如《重症血流动力学治疗-北京共识》所述: 重症超声是在重症医学理论指导下运用超声针对重症患者, 问题导向的多目标整合的动态评估过程, 是确定重症治疗, 尤其血流动力学治疗方向及指导精细调整的重要手段。

重症超声的发展离不开重症医学理念内涵和技术的快速进步, 正在影响着重症监测与支持技术应用的改变与发展。因为重症的特色是患者复杂的发病机制和瞬息的多系统多器官性损害, 同时对治疗有着迅速的反应, 超声作为重症患者监测评估的一部分, 自身快速发展一方面使重症患者的评估监测更加方便直观和准确; 另一方面, 如果没有对重症医学理念的深刻理解和对患者病情变化的细微观察和思考, 超声技术就只能是技术的进步。

自 20 世纪 50 年代起, 超声被逐渐广泛应用于疾病诊断、筛查和辅助治疗, 大多由放射科医生和有资质的超声科医生实施。在之后近 20 年, 随着一些临床医学学科快速发展, 因为超声床旁、可视、便捷和一些特殊评价监测功能, 快速被临床医师认知而掌握应用。心脏超声在 ICU 中应用的发展非常具有代表性。早期在 ICU, 心脏超声大多由心脏专科医生来做, 主要目的是帮助诊断心血管疾病。当时, 心脏超声被限制于检查心脏和大血管的解剖结构, 快速准确地获得图像, 有助于诊断一些急性心血管疾病, 如心脏压塞、急性心肌梗死 (心梗) 的并发症、自发的主动脉夹层和创伤性主动脉损伤等。20 世纪 70 年

代,随着漂浮导管作为重要的血流动力学评估工具进入临床,对重症患者循环功能的改变有了更深入的认识,更加具体地探寻到休克的血流动力学内涵;循环支持性治疗从根据血压、心率等常规指标,发展到可以直接面对心输出量、前负荷、后负荷等重要基本因素,乃至氧输送的精确指导,并将这些原本孤立的参数变成连续动态的、定量的指标,与治疗紧密联系。心脏超声因为二维技术联合多普勒模式来测量每搏量和心输出量与漂浮导管热稀释法测量非常一致,又因为本身无创的特点从而开始广泛应用。到20世纪80年代中期,一些ICU医生的先行者开始拓展应用心脏超声对血流动力学进行全面而详尽地评估。首先他们推荐在感染性休克和急性呼吸窘迫综合征(ARDS)的患者进行血流动力学评估,尤其是可以24小时随时进行和重复检查和评估,并且指导治疗。随后,由于在循环衰竭的诊断、评估和有助于治疗的一些经验的积累,尤其是经食管超声心动图(TEE)准确度的增加,逐渐对ICU中心脏超声的应用价值有了进一步的认识。但直到20世纪90年代,ICU时刻存在的心功能评估需求和容量反应性理念的提出,同时,超声技术发展的参数准确地评估了ICU机械通气的感染性休克患者的心功能和液体反应性,从而进一步丰富了血流动力学内涵和评估手段。近年来,由于血流动力学从监测到治疗,以及重症血流动力学治疗的概念提出,再次推动了其在重症患者中的应用,与重症患者的治疗,尤其血流动力学治疗变得息息相关。

随着重症认识的不断深入,血流动力学的概念早已不仅限于循环的领域,而是深入到了重症患者的循环、呼吸、器官功能支持、感染控制等各个方面。呼吸困难是重症患者呼吸、循环受累的共同表现,是影响重症患者预后的独立危险因素。重症患者常见的肺部病变包括:肺水肿(心源性、容量过负荷和ARDS)、肺部感染、肺栓塞、气胸及慢性阻塞性肺疾病(COPD)急性恶化等;肺部超声是近年来发展进步的评估、监测肺部改变,指导滴定治疗的有效工具,而在1989年Lichtenstein于法国François Jardin的ICU将肺部超声常规用于ICU之前,肺部超声一直是超声检查的禁区,之后他利用肺部超声的10大征象,基于对解剖、生理、病理生理、临床表现、传统影像学 and 呼吸困难的生物学特征制定了急性呼吸衰竭床旁肺部超声的诊断流程,在3分钟内通过对肺和深静脉血栓(deep venous thrombosis, DVT)的快速筛查,可以对90.5%的急性呼吸衰竭做出快速、准确的诊断,由此可以减少胸片和CT检查所致的放射性损伤,减少转运风险。肺部超声就像是一个可视化的听诊器,可以在床旁和重症发生的第一现场,快速清晰地提供重症患者的肺脏信息。

在过去的25年中,肺部影像,尤其是CT改变了对ARDS的认知。肺部病变具有多样性的特点,而在治疗过程中肺泡复张、过复张、不同呼气末正压(PEEP)诱导的肺部气化的改变,既往常常只能通过CT进行评估,临床难以进行广泛应用。而现在肺部影像手段已经从仅仅的肺部病理生理诊断工具发展成床旁监测技术,而肺部超声在床旁即可提供良好的评估监测。已有研究证实,肺水的半定量B超评分可以用于准确地对肺水的情况进行评估,并且与CT的结果有着良好的相关性。同时,肺部超声也可以用于监测评估机械通气的设置与肺部病变的相关性,最新的研究显示,运用超声指导最适PEEP的滴定与P-V曲线的低位拐点法相比相关性很好,仅略高于低位拐点法,这为指导ARDS的治疗提供了一条新的思路。对ARDS的认知与评价的进步促进了肺部超声的发展,从而有可能促进临床预后的改善。

多系统多器官损害是重症患者的特点,在损害发生的过程中各器官、各系统相互之间的关系密切,互相影响,互相促进病情改变。休克可以引起 ARDS,而 ARDS 又可以引起右心乃至肾脏等肺外脏器的损害;液体复苏是休克治疗的重要环节,但容量过负荷也会对于肺、肾脏等重要器官造成影响。重症超声不仅可以同时评估循环与呼吸的改变,还能够监测器官灌注的改变,并且可以动态地反复进行,进而准确指导治疗、滴定治疗。因此,重症超声在 20 世纪 90 年代后期迅速进入“全身超声”时代。以肾脏为例,它既是重症患者的常见受损器官,也是休克低灌注、脓毒血症乃至感染性休克时全身受累的前哨器官。因此在重症患者中,监测肾脏灌注的改变不仅有利于评估肾脏本身的灌注,还有利于评估整体的器官灌注状态,肾脏超声除了发现肾肿大以外,还能够发现肾动脉的阻力指数增加,据此可以评估肾脏损伤的严重程度。研究证实,这种改变在损伤的发生期和恢复期均早于肌酐的改变,较肌酐更为敏感。应用超声造影技术可以使得血管结构显影,利用特殊的影像模式或软件可以监测毛细血管水平的微循环情况,从而使得超声的监测可以涵盖微血管及微循环水平。

重症超声的发展也是重症超声培训规范化的过程,“让更多 ICU 医生获益,让更多重症患者获益”是重症超声规范化培训的宗旨。世界重症超声联盟(World Interactive Network Focused On Critical Ultrasound, WINFOCUS)在世界各地开办重症超声规范化培训班。从 2008 年前陆续发布了重症超声培训的指南,以及肺部超声、心脏超声、血管内导管置入的相关指南。2011 年,北京协和医院重症医学科携手 WINFOCUS 在中国开办了第一期重症超声培训班,并持续至今。近年建立更加符合中国 ICU 的培训课程,并逐渐完善课程内容和评价细则,培训课程包括基础班、进阶班和超声血流动力学培训课程。课程包括理论、实践、上机培训,以及可视化远程 ICU 病例讨论等。同期,欧洲开始出现由欧洲重症医学会组织的重症超声培训,并针对性制定了有关 ICU 的初级和高级心脏超声培训规范;稍晚些时候,在北美,2014 年前后,美国的重症医学会启动相关的重症超声培训,并逐步制定相关的指南和规范,其中包括有关重症经食管心脏超声的规范。总之,在全世界范围内,针对 ICU 的超声培训受到前所未有的重视。甚至在一些医学院校已经将包括重症超声在内的 POC(point of care)超声纳入医学生教育教学课程。卡罗莱纳州南部大学医学院在 2006 年,将 POC 超声作为医学院校医学生课程,贯穿大学 4 年,其结果发现,医学生很喜欢这样的教学,他们的超声成绩很好,而且由此提高了医学教育,他们相信这样的教学能够提高对患者的救治水平,改善医疗质量。随后,他们又做了一个 9 年的调查,得到了相似的结论。在美国的医学毕业生教育中,超声培训已经成为急诊住院医生的必修课程,而内科、普外、重症以及其他专业也强烈要求将 POC 作为其专业必修培训课程。目前,世界重症超声联盟已经与医学教育超声协会携手成立了世界医学教育超声协会,我们相信在不久的将来,医学教育将会因此发生革命性的改变。

重症超声的推广应该关注资源的存储与整合、培训与质量控制、专业化与重症超声的亚专业化以及广泛的国际交流与合作。资源存储是非常重要的环节,只有完整的合理的资料保存整理才是最后整合的基础,形式可多样,包括结合病例资源,以及网络资源和科学研究的资源的存储与整合。国际上重症超声培训越来越多,目前已有基本合理的培训体系,包括培训教材和不同的培训形式,因此,培训的过程管理和质控

变得非常重要。培训是发展与推广的基础，而质量控制（质控）是可持续发展的动力。重症医学发展已经到了亚专业化的阶段，出现了重症呼吸、重症血液净化、重症营养和重症感染等亚专业，尽管均处于发展阶段，但重症超声作为多系统多器官评估的工具，作为重症医学的一个关键环节，进行专业化规范化发展也是必由之路。重症超声未来发展的关键在于重症医学的发展，在于国际交流与合作，包括临床、培训与科研的每个方面，要让中国重症超声发展就必须自我发展的同时增进国际交流与合作，让世界倾听中国的声音，让国内重症超声发展与国际同步，更期待部分领先于国际发展。最终，我们期望通过这种强制性、规范化的培训能够让所有的 ICU 医生在床旁常规应用重症超声，就像常规的物理检查，把它作为一项基本技能应用和服务于重症患者。

二、重症超声的特点

重症超声是由 ICU 医师操作的，在重症医学理论指导下的超声检查，既包括对患者主要问题的病因判断，又可在床旁对血流动力学各环节（前负荷、左右心功能等）、肺部气水比例的变化进行连续性评估。重症超声不是重症医生与超声操作本身的简单相加，而是在重症的思路指引下，二者结合产生的巨大化学效应：一方面使得重症医生获得更接近病情本质的指标，同时也使超声与临床治疗更紧密的结合。因此重症超声有其鲜明的特点。

1. “问题导向” 重症超声的一大特点就是以临床问题为导向。重症超声不是“常规”检查，该操作的始动因素是重症医生遇到的明确临床问题。也就是说临床医生在进行操作前往往都有明确的、需要判断和解决的临床问题。如对于新收入的休克患者，临床医生首先要解决的是判断休克病因、确定治疗方向，这时重症超声有助于快速、准确判断低血压的原因，如通过下腔静脉内径及变异度、左室舒张末面积大小等判别是否存在低血容量性休克；通过评价右室功能、左室收缩舒张功能判断是否存在心源性休克；通过评价股静脉血栓、右室大小、室间隔运动、肺动脉压力及心包积液等判断是否存在梗阻性休克。

2. “实时实地” 血流动力学治疗贯穿于重症患者治疗的各个环节，无论休克复苏、机械通气，还是持续肾脏替代治疗、严重感染的控制等，均离不开血流动力学治疗。而血流动力学治疗的最基本特征就是连续与动态。重症医生可以在重症患者管理的任何时间及治疗阶段对患者进行检查，找出关键环节，且可以对相应的治疗进行动态跟踪指导，“实时实地”解决重症患者的关键问题。“实时实地”的重症理念赋予超声更广阔的发挥空间，真正具有了重症的内涵。

3. 多系统整合 多器官功能不全是重症患者的常见临床表现，重症患者的治疗本身就是一个多系统评估和治疗的过程，所以重症超声也具有多系统整合的特点。重症超声可以在循环、呼吸、器官功能支持等各个方面发挥作用。更重要的是，其检查方法可以很好地融合到临床医生的诊疗思路过程中，起到多系统整合应用的作用。例如呼吸衰竭患者，肺部超声被认为可以敏感地监测肺部变化及气与水的平衡，动态和静态地分析肺部超声的伪像和实际图像准确诊断肺部疾病，同时还可以通过心脏功能及容量状态的评估，对肺水肿的原因进行鉴别。而休克患者除了对循环做细化的评估外，还可以对肾脏

血流、肾动脉阻力指数等测量,明确肾脏的灌注情况,有利于从器官灌注的角度对休克进行管理。

4. 多目标流程化实施 重症患者的心功能处于变化之中,而每种心功能不全的处理方式均有不同,连续而无创的床旁超声评估,有利于及时地动态调整。而且超声的操作应根据患者的具体情况,确定目标,按一定流程及顺序进行。还是以休克患者举例,通过心脏超声评价,除外低血容量、梗阻因素及左室收缩舒张因素,考虑分布性休克,结合患者发热病史考虑感染性休克,进一步利用超声筛查感染灶,发现一侧肾盂扩张,考虑上尿路感染造成,继续明确病因发现肾结石。所以基于重症思路的目标顺序出现,指导超声操作,超声检查结果为下一目标的制订提供新的信息,使整个治疗按流程有序进行是重症超声的重要特点。另外,基于重症理念,由临床医生制定的针对特定临床情况的超声操作流程是超声多目标流程化实施的较好诠释。如针对心脏骤停患者的 FEEL 方案、针对呼吸困难评估的 BLUE 方案、针对创伤出血筛查的 FAST 等。

总之,伴随重症医学的发展与变革,借助重症超声临床与基础科研的发展,借助新技术、借助规范化培训和医学生教育,重症超声将持续、创新性的发展。

(刘大为 王小亭)

参考文献

1. Lamperti M, Bodenham AR, Pittiruiti M, et al. International evidence-based recommendations on ultrasound-guided vascular access. *Intensive Care Med*, 2012, 38: 1105-1117.
2. Fragou M, Gravvanis A, Dimitriou V, et al. Real-time ultrasound-guided subclavian vein cannulation versus the landmark method in critical care patients: a prospective randomized study. *Crit Care Med*, 2011, 39: 1607-1612.
3. Czarnik T, Gawda R, Nowotarski J. Real-time, ultrasound-guided infraclavicular axillary vein cannulation for renal replacement therapy in the critical care unit—A prospective intervention study. *J Crit Care*, 2015, 30: 624-628.
4. Gurnaney HG, Maxwell LG, Kraemer FW, et al. Prospective randomized observer-blinded study comparing the analgesic efficacy of ultrasound-guided rectus sheath block and local anaesthetic infiltration for umbilical hernia repair. *Br J Anaesth*, 2011, 107: 790-795.
5. Weinberger SE, Drazen JM. Diagnostic procedures in respiratory diseases//Kasper DL, Braunwald E, Fauci AS, et al. *Harrison's Principles of Internal Medicine*. 16th ed. New York: McGraw-Hill, 2005: 1505-1508.
6. Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure. The BLUE Protocol. *Chest*, 2008, 134: 117-125.
7. Owan TE, Hodge DO, Herges RM, et al. Trends in prevalence and outcome of heart failure with preserved ejection fraction. *N Engl J Med*, 2006, 355: 251-259.
8. Lichtenstein D. Whole body ultrasonography in the critically ill. Berlin: Springer-Verlag, 2010.
9. Lichtenstein D. BLUE-Protocol and FALLS-Protocol two applications of lung ultrasound in the critically ill. *CHEST*, 2015, 147: 1659-1670.
10. Vincent JL, De Backer D. Circulatory shock. *N Engl J Med*, 2013, 369, 18: 1726-1734.

11. Labovitz AJ, Noble VE, Bierig M, et al. Focused cardiac ultrasound in the emergent setting: a consensus statement of the American Society of Echocardiography and American College of Emergency Physicians. *J Am Soc Echocardiogr*, 2010, 23: 1225-1230.
12. Vincent JL, Rhodes A, Perel A, et al. Clinical review: update on hemodynamic monitoring —a consensus of 16. *Crit Care*, 2011, 15: 229.
13. Jones AE, Tayal VS, Sullivan DM, et al. Randomized, controlled trial of immediate versus delayed goal-directed ultrasound to identify the cause of nontraumatic hypotension in emergency department patients. *Crit Care Med*, 2004, 32: 1703-1708.
14. 王小亭, 刘大为, 张宏民, 等. 扩展的目标导向的心肺超声方案在感染性休克患者中的应用. *中华医学杂志*, 2011, 91: 1879-1883.
15. 王小亭, 刘大为, 张宏民, 等. 改良床旁肺部超声评估方案对重症患者肺实变和肺不张的诊断价值. *中华内科杂志*, 2012, 51: 948-951.
16. Wang XT, Liu DW, HE HW, et al. Using critical care chest ultrasonic examination in emergency consultation/a pilot study. *Ultrasound med boil*, 2015, 41: 401-406.
17. 尹万红, 周然, 吴红, 等. 目标导向重症超声在庐山地震创伤伤员急救中的作用. *中华医学杂志*, 2014, 94: 1135-1138.
18. Rossaint R, Bouillon B, Cerny V, et al. Management of bleeding following major trauma: an updated European guideline. *Crit Care*, 2010, 14: R52.
19. Brenchley J, Walker A, Sloan JP, et al. Evaluation of focused assessment with sonography in trauma (FAST) by UK emergency physicians. *Emerg Med J*, 2006, 23: 446-448.
20. Kirkpatrick AW, Sirois M, Laupland KB, et al. Hand-held thoracic sonography for detecting post-traumatic pneumothoraces: the Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma (EFAST). *J Trauma*, 2004, 57: 288-295.
21. Dulchavsky SA, Henry SE, Moed BR, et al. Advanced Ultrasonic Diagnosis of Extremity Trauma: The FASTER Examination. *J Trauma*, 2002, 53: 28-32.
22. Kanji DK, McCallum J, Sirounis D, et al. Limited echocardiography-guided therapy in subacute shock is associated with change in management and improved outcomes. *J Crit Care*, 2014, 29: 700-705.
23. 刘大为, 王小亭, 张宏民, 等. 重症血流动力学治疗—北京共识. *中华内科杂志*, 2015, 54: 248-271.
24. Bender SP, Rodriguez G. Focused echocardiography trainee curriculum and competency: demand outpacing training? *Crit Care Med*, 2013, 41: 2063-2064.
25. Mosier JM, Malo J, Stolz LA, et al. Critical care ultrasound training: a survey of US fellowship directors. *J Crit Care*, 2014, 29: 645-649.
26. Hoppmann RA, Rao VV, Poston MB, et al. An integrated ultrasound curriculum (iUSC) for medical students: 4-year experience. *Crit Ultrasound J*, 2011, 3: 1-12.
27. Hoppmann RA, Rao VV, Bell F, et al. The evolution of an integrated ultrasound curriculum (iUSC) for medical students: 9-year experience. *Crit Ultrasound J*, 2015, 7: 18.
28. Morris AE. Point-of-Care ultrasound: seeing the future. *Curr Probl Diagn Radiol*, 2015, 44: 3-7.
29. 王小亭, 刘大为. 重症超声: 急性呼吸窘迫综合征诊治中的新手段. *中华内科杂志*, 2012, 51 (12): 539-540.
30. 王小亭, 刘大为. 重视心脏多普勒超声在重症医学领域中的应用. *中华内科杂志*, 2011 (7): 539-540.
31. 王小亭, 刘大为. 重症超声是整合重症医学的有力武器. *中华内科杂志*, 2013, 52 (08): 631-633.

第一篇

重症超声基础理论部分

第一章

重症超声基础知识

第一节 超声诊断的物理基础

我们生活在充满声音的世界里，鸟语虫鸣，管乐弦乐，歌声和语言……但是还有一些声音是人耳听不到的。人耳所能听到声波的频率范围通常在 $20 \sim 20000\text{Hz}$ ，频率高于 20000Hz 的声波就叫做超声波（ultrasound）。

琴弦振动发出乐声，声带振动发出语声，超声波作为声波的一种，其本质也是机械振动波，和人耳能够听到的声波具有共同的物理性质。例如，必须通过弹性介质进行传播；在液体、气体和人体软组织中的传播方式为纵波；具有反射、折射、衍射和散射的效应；在不同介质中具有不同的传播速度和不同的衰减等。由于超声波方向性好、穿透力强，在无损检测方面有着非常广泛的应用，例如工业中的流量、液位测量，对材料的无损探伤等。医学中常用的临床超声检测，就是利用超声波的物理特性进行无损检测的一个重要方向。

若想理解临床超声图像，势必要理解超声波的物理特性和与周围介质的相互作用。重症医师还经常作为超声检查的执行人操作机器，获取图像，因此对超声基本理论的学习是非常必要的。由于本书面向的是医学专业人员，在超声物理原理方面的介绍将力求简明实用、通俗易懂。读者如对超声技术原理的细节有兴趣，可以参考超声学专业书籍。

一、超声成像的基本原理

1. 回声成像的基本原理 当声波遇到两种不同介质的界面时，一部分能量会穿透界面继续向前传播，剩下的能量将反射回声源形成回声（echo）。回声信号的延迟时间由声速和界面位置决定，其强度与界面的物理性质有关。因此，回声可以为我们提供生成图像所需的信息，这便是超声最基本的原理。在界面上未被反射的声波会继续向前传播，这一透射声波在到达下一界面会再次发生透射和反射。通过不同时间返回的回声信号，可以获知不同深度界面的情况。

在界面上反射超声能量与入射超声能量的比例由界面两侧介质的“声阻抗”（acoustic impedance）决定。声阻抗是介质的一种物理特性，对于同一种材料（介质、组织），声阻

抗通常不会发生改变。界面两侧介质声阻抗的差异越大，反射信号越强，透射信号越弱。当界面两侧介质声阻抗相等时，声信号完全透过，不会产生反射。图 1-1-1 直观地反映了声信号垂直入射时，不同声阻抗介质界面上透射信号和反射信号强度的关系，以及反射信号到达时间与界面距离的关系。

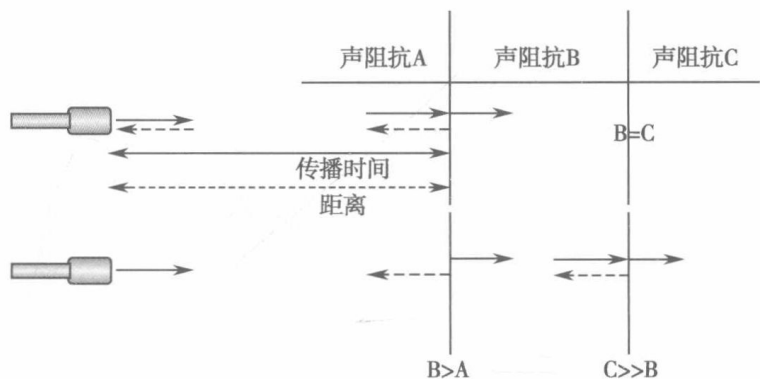


图 1-1-1 不同声阻抗介质界面透射信号和反射信号强度的关系

垂直入射时，如果在两介质的界面上，声阻抗没有差异，将不会发生反射。声阻抗的差异越大，反射回声源的超声波就越多。界面的距离可以根据超声波到达界面和返回声源的时间（延迟时间）计算得出。在软组织中，可以这样计算：到界面的距离（mm）= 传播的时间（ μs ） $\times 0.77$ （mm/ μs ）（摘自 Levitov Alexander B, Mayo Paul H, Slonim Anthony D. Critical Care Ultrasonography. New York: The McGraw-Hill Companies Inc, 2009.）

2. 超声模式的类型和成像过程 超声机实际使用的检测模式分为 A 型、B 型和 M 型。不同模式下，超声机发出超声信号的方式和对接收信号的处理和显示并不相同（图 1-1-2）。

A 型（amplitude mode）：即幅度调制式，又叫一维超声，显示单声束界面回声幅度，主要用于测量器官的径线，以判定其大小。可用来鉴别病变组织的一些物理特性，如实质性、液体或是气体是否存在等。此时，超声探头仅在一个方向上发出和接收超声信号，并将回声的强与弱以脉冲波形的幅度显示。

B 型（brightness mode）：即亮度模式，显示超声束扫描切面的回声图像。在这一模式中，超声探头在一个切面的各个方向上依次发出和接收超声信号，并将每个方向上的回声信号的强弱映射为亮度显示在屏幕上，并排列起来。这样屏幕上就可以得到由亮度表示回声强度的一个切面上的二维图像了。

M 型（motion mode）：即运动模式，可用于显示心脏各层次，如心脏房室壁、心脏瓣膜和大血管的运动。在这一模式下，超声探头仅在一个方向上发出和接收超声信号，并将回声信号的强与弱用亮度表示。这一测量反复进行，将测量结果按时间排列起来，可以得到一幅 Y 轴（垂直方向）代表软组织空间位置深浅，而 X 轴（水平方向）代表时间的二维图像。从这幅图像上，可以读出不同反射面随时间的变化，即不同位置的运动情况。