

中国重症超声专家共识

王小亭¹, 刘大为¹, 于凯江², 管向东³, 马晓春⁴, 严静⁵, 康焰⁶, 艾宇航⁷, 胡振杰⁸, 隆云¹, 晁彦公⁹, 张宏民¹, 张丽娜⁷, 尹万红⁶, 刘丽霞⁸, 武钧¹⁰, 何伟¹¹, 朱然⁴, 许强宏⁵, 丁欣¹, 关键⁹, 李莉⁷, 刘海涛², 司向³, 王敏佳⁵, 王芝萍¹², 王晓猛¹³, 吕立文¹⁴, 陈文劲¹⁵, 张青¹, 杜鹃¹⁶, 朱炜华¹⁷, 陈秀凯¹⁸, 尚秀玲¹⁹, 黄道政²⁰, 蔡书翰²¹, 崔嵩²², 张军伟²³, 赵醴²⁴, 唐朝霞³,

中国重症超声研究组(CCUSG)重症血流动力学治疗协作组(CHTCgroup)

- (1. 中国医学科学院北京协和医学院北京协和医院重症医学科, 北京 100730; 2. 哈尔滨医科大学附属第三医院重症医学科, 黑龙江 哈尔滨 150000; 3. 中山医科大学第一医院重症医学科, 广东 广州 528000; 4. 中国医科大学第一医院重症医学科, 辽宁 沈阳 110001; 5. 浙江医院重症医学科, 浙江 杭州 310013; 6. 四川大学华西医院重症医学科, 四川 成都 610041; 7. 中南大学湘雅医院重症医学科, 湖南 长沙 410008; 8. 河北医科大学第四医院重症医学科, 河北 石家庄 050011; 9. 清华大学第一附属医院急诊/ICU, 北京 100016; 10. 上海交通大学医学院附属瑞金医院重症医学科, 上海 200025; 11. 首都医科大学附属北京同仁医院重症医学科, 北京 100730; 12. 四川省人民医院重症医学科, 四川 成都 610072; 13. 徐州市中心医院重症医学科, 江苏 徐州 221009; 14. 广西壮族自治区人民医院急诊科, 广西 南宁 530021; 15. 首都医科大学附属宣武医院神经外科ICU, 北京 100053; 16. 山东齐鲁医院重症医学科, 山东 济南 250012; 17. 昆明医科大学第二附属医院重症医学科, 云南 昆明 650101; 18. 匹兹堡大学医学中心重症医学系; 19. 福建省立医院重症医学科, 福建 福州 350001; 20. 广东省人民医院重症医学科, 广东省老年医学研究所, 广东 广州 510080; 21. 武汉大学中南医院重症医学科, 湖北 武汉 430071; 22. 大连中心医院重症医学科, 辽宁 大连 116033; 23. 华北理工大学附属医院重症医学科, 河北 唐山 063000; 24. 上海儿童医学中心重症医学科, 上海 200127)

关键词: 重症监护; 超声检查; 指南

中图分类号: R473

文献标志码: B

文章编号: 1004-583X(2017)05-0369-15

doi:10.3969/j.issn.1004-583X.2017.05.001

随着重症超声在重症疾病诊治中的作用被日益认知与理解,已越来越被广泛的接受和应用,重症医学专业医生在实施过程中开始面临各种问题,凸显了对重症超声学术发展体系建设与质量控制的需求。为此,专家组根据多年来应用和推广经验,从基本理念到实施规范,制定了本共识。

2016年5月成立了由来自全国各地的20名重症医学专家组成的重症超声共识小组召开工作会议,讨论重症超声相关问题。经小组专家讨论认为,重症超声涉及重症医学理论的进步、概念的更新及临床实践的规范,目前有必要并有条件形成共识,以促进重症超声的系统发展和逐步推广。根据既往工作经验、会议讨论和沟通结果,专家们确定了重症超声共识应包括5方面内容,即重症超声基本理念与基础要求、重症超声与循环治疗、重症超声与呼吸治疗、其他系统与器官、重症超声与临床操作。

由10名重症医学专家组成工作组,每2名专家组成专题组,负责其中一个专题,完成相关文献的查找、阅读、专家意见的收集和共识条目初稿的书写。

通信作者:刘大为,Email: dwliu98@163.com

每个专题组中有1名专家负责把握专题内涵的学术性和临床定位,以及与其他专题的协调一致性。经过4轮的电子技术为基础的讨论,形成65条基本条目。

通过电子邮件的形式将共识基本条目发送给中国重症超声研究组(CCUSG)和重症血流动力学治疗协作组的39名专家。根据共识条目的理论依据、科学性、创新性、可行性及专家权重进行综合评分,同时对临床相关结果类条目,参考推荐意见分级的评估、制定及评价(Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation, GRADE)系统评价方法,评估过程基本符合GRADE系统推荐原则。最终综合评分以0~9计分,确定各条目的推荐强度。其中,0~3分为不推荐,4~6分为弱推荐,7~9分为推荐。此评价过程重复两轮,综合获得较为完善的共识条目和推荐程度^[1]。之后,通过改良的德尔菲法,组织15名专家,结合最新的临床医学证据和重症医学发展前沿,分别对共识条目的相关专题进行审阅。并于2016年7月16日召开共识电话会议集中讨论,记录每位发言者对共识的意见和建议,所有参会专家针对每个拟共识条目进行讨论。根据会议所有专家达成共识的条目及其内容描述要求,在综合评分基础上,最终形成推荐意见41条^[2]。随后,共识条目撰写小组根据电话会议的意见,再次查阅及增补最新文献,于2016年7月底完成共识意见初稿,2016年8月初形成最

终稿。

1 重症超声的基本理念与基础要求

1.1 重症超声是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,尤其是血流动力学治疗方向及指导精细调整的重要手段(8.06分) 重症医学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,并据此对重症患者进行治疗的学科。在重要器官系统,如循环、呼吸、肾脏和脑组织等的功能监测、评估和支持方面,重症医学表现出明确的专业特点。其中,超声具有动态、实时、可重复的特点,不仅可用于病情评估,及时发现问题,还可进行多目标整合的动态评估,与其他监测手段共同获得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。重症的特点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,更加方便、直观和准确。另外,随着对重症医学理念的深刻理解及对重症患者病情变化的细微观察与思考,血流动力学也迅速从休克的血流动力学监测发展成为重症的血流动力学治疗,超声针对重症治疗尤其是血流动力学治疗的指导与调整更加精细。由于重症医学的发展,赋予了超声技术新的内涵和功能,被称为重症超声。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重症医学专业医生,快速发现问题,将重症医学诊疗思路借助超声技术解释、评估及解决问题,因此使得重症超声在重症医学领域得到迅猛发展,甚至从心肺血管逐渐发展为全身超声,而重症相关操作的可实施性与安全性也因重症超声的介入而得到进一步发展。

1.2 超声图像获取的标准化是准确客观评估的基础,特殊状况下非常规切面可能提供重要信息(7.77分) 操作者依赖一直是超声检查或评估的软肋。对同一检查目标,不同操作者可能获得不同结果。尤其是心脏超声,其重要原因在于临床普遍使用的二维超声均是通过获取不同二维平面的信息来反映立体心脏的整体情况,而切面角度的偏差均可能造成不同的二维平面信息。故需要通过一些标志性的结构来统一切面标准,以获取一致的整体信息,使结果更具有参照性,这些统一的切面即为标准化切面,在标准化切面下进行测量的结果才具有可重复性。另外,对那些主要病理生理信息不在标准切面内,或标准切面不能全面反映心脏病理改变时,非常规标准切面的检查极为重要。但应注意的是,非常规评估方法即非常规切面是建立在常规方法即常规切面

的基础上。

1.3 流程化方案是快速有效实施重症超声的保障(8.04分) 规范化、流程化是重症医学治疗的重要特点,针对重症医学科(ICU)常见的不同疾病,采取一系列的措施来进行诊断与鉴别诊断,从而制定目标导向性治疗方案。重症超声也同样以目标导向为基础,针对不同的临床情况已制定一系列流程化方案,帮助快速并较为全面的发现临床问题,如心肺复苏时的目标导向超声生命支持评估(FEEL)流程^[3],呼吸困难病因筛查的床旁肺部超声检查(BLUE)流程和改良BLUE流程^[4-5],休克的快速超声休克评估(RUSH)流程^[6],创伤腹腔出血的目标导向超声评估(focused assessment with sonography for trauma, FAST)流程^[7],休克诊治的目标导向超声(GDE)流程^[8]、目标导向经胸心脏超声(TTE)评估(FATE)流程和扩展的FATE流程^[9-10],重症患者全身系统性筛查(ICU-SOUND)流程等^[11]。重症急会诊超声流程(Critical Consultation Ultrasonic Examination, CCUE)是2012年始在北京协和医院院内针对因呼吸和循环问题需要转ICU进行急诊会诊的超声流程方案,研究发现其可以有效促进重症患者的床边处理,缩短ICU住院时间^[12-13]。CCUE流程在重症患者急性呼吸和循环等病情变化中具有非常高的实用性。故在重症诊疗过程中,流程化的超声方案是快速有效实施重症超声的保障。

1.4 重症医学专业医生有必要接受重症超声规范化培训(7.91分) 重症医学作为一门独立的临床医学学科,具有鲜明的专科特色,要求重症医学专业医生具备对重症患者病情做出快速准确评估、及时救治的能力。重症超声具有不可比拟的优势,真正做到了快速与准确的完美结合,几乎是同步、现场的诊断与治疗,达到了床旁指导、现场解决临床问题的目的。多项研究显示,由重症医学专业医师主导的重症超声明显提高了重症患者的救治水平,是重症医学专业医师应具备的临床技能之一。但超声检查的准确性与操作者密切相关,经验不足可出现漏诊、误诊,对患者有潜在的风险,而目前重症医学专业医生的操作、诊断水平参差不齐,操作前需进行规范的培训^[14],从而提高操作技巧、知识水平,认识潜在风险及局限。有研究提示,重症医学专业医师在独立实施重症超声前,需在指导下实施至少50例的重症超声检查^[15],培训流程应包括理论学习、临床实践、定期考核等^[16],并对操作者进行技能水平分级鉴定,基于每位学员的重症知识及操作水平不同,对学员的分级、分层,对培训内容的分级、分层十分必要。对

课程的设置是通过前期调研整合了学员及讲者的需求,培训内容亦不是一成不变,而是根据重症及重症超声的相关研究及技术水平的不断进展,实时更新。由于重症患者自身情况受限,部分情况下 TTE 难以获得理想的图像,但 TTE 和经食管心脏超声(TEE)的图像是互相验证和弥补的,故重症医学专业医生有必要进行 TEE 相关培训,有选择的、目标导向的进行 TEE 检查。

2 重症超声与循环管理

2.1 运用重症超声进行血流动力学评估时,建议优先评估下腔静脉(7.56分) 评估容量状态及容量反应性是血流动力学评估中的重要部分^[17],而在重症超声进行血流动力学评估时,容量也是首先考虑的问题。下腔静脉作为血液流入心脏的最后一站之一,其内径和塌陷程度一直用于重症患者容量状态的评估。研究显示,低血容量患者下腔静脉内径要小于正常血容量患者^[18-19],而扩张、固定的下腔静脉通常提示患者处于容量过负荷状态。下腔静脉的测量部位包括剑突下和右侧经腋后线,不同部位的下腔静脉内径和变异度存在差异,无法相互替代^[20],而下腔静脉内径形变指数则可用于下腔静脉内径的综合立体评估^[21]。

根据心肺相互关系,下腔静脉内径随吸气相和呼气相的变化可用来判断患者是否存在容量反应性。在控制通气的机械通气患者中,吸气相时胸腔内压增加,静脉回流受阻,使得下腔静脉扩张。研究表明,在感染性休克及蛛网膜下腔出血的患者,用超声 M 模式测量呼吸周期时,下腔静脉吸气扩张率程度的变化可准确预测容量反应性^[22-23],而下腔静脉吸气扩张率也适用心房颤动重症患者^[24]。然而,在辅助通气模式的机械通气患者,下腔静脉的超声评估并不能准确的判断容量反应性^[25]。

此外,当患者存在导致右心压力升高的因素时,下腔静脉也会表现为扩张、固定,此时,下腔静脉的形态可作为临床上支持或除外肺栓塞、心包压塞及肺动脉高压等导致右心压力升高疾病的重要证据。另外还应注意一些慢性疾病导致下腔静脉明显扩张。

2.2 心脏的定性评估是早期、快速评价重症患者血流动力学的有效手段(8.06分) 心脏的定性评估包括判断心腔大小、室壁厚度、心脏收缩舒张功能以及下腔静脉纤细或扩张固定等多方面,此时无需复杂的测量技术,超声即能快速提供有关血流动力学的重要信息。心腔大小和室壁厚度的异常可提示患者存在慢性心脏基础疾病;心脏收缩功能的判断可提

示患者是否存在心源性的血流动力学异常,下腔静脉的形态及其内径随着呼吸是否会显著改变提示患者是否存在明显的容量反应性。

研究显示,利用手持超声机定性评估重症患者的左心功能,其准确性在 80% 以上^[26];利用定性的超声评估患者的右心室和下腔静脉可初步诊断肺栓塞,其准确性不亚于复杂的定量检查^[27]。故心脏的定性评估是早期、快速评价重症患者血流动力学的有效手段。

2.3 重症超声连续与动态的定量评估有助于重症患者的循环管理(7.82分) 不同类型的休克可以共存,相互转化,心功能的评估也需要连续与动态,因此,心脏的定量评估也很重要^[17,28]。心脏超声的定量评估紧扣心输出量、收缩功能、容量状态及心脏充盈压这几个重要环节进行。

心输出量为每搏输出量与心率的乘积,每搏输出量可以通过测量左心室流出道面积与左心室流出道速度时间积分来获得,其数值与通过肺动脉漂浮导管所测结果接近^[29]。在胸骨旁长轴或短轴分别测量左心室收缩末内径与舒张末内径,可以获得左心室缩短分数,间接获得左心室射血分数,从而获得左心室收缩功能的定量指标。呼气末下腔静脉内径绝对值可以提示患者的容量状态,下腔静脉内径变异度可以为患者容量反应性的判断提供有益的信息^[22]。另外,定量测量心脏充盈压对明确血流动力学治疗的压力目标也有着重要意义。下腔静脉内径和塌陷度的测量是估测右心房压的重要手段。肺动脉压的测量不仅可以用来评估肺栓塞及肺动脉高压的严重程度,其在急性呼吸窘迫综合征(ARDS) 相关急性肺源性心脏病的作用也越来越受到重视^[30]。左房压的评估在诊断心源性脱机困难方面也有着重要意义^[31]。

2.4 重症超声评估心脏功能时,必须高度重视右心功能的评估(8.01分) 多年以来,心脏功能的评估通常是以左心为核心,而右心作为心脏评估中的重要环节却常被忽视。右心是静脉回流的终点,所有的血液均需经过右心克服肺动脉阻力后才能递呈至左心。右心与左心共用一个室间隔,右心的容积增大或压力升高均通过室间隔传递给左心,从而影响左心射血。因此,首先评估右心功能,明确右心对左心的影响乃至对整个循环系统的影响尤为重要。

急性压力过负荷、急性容量过负荷、急性收缩功能下降及急性舒张充盈减低均会导致急性右心功能不全^[32]。值得注意的是,ARDS 是导致 ICU 患者右心功能不全的重要原因。研究表明,高达 20% 的中

重度 ARDS 患者合并急性右心功能不全^[30]。除了肺塌陷所引起的肺动脉阻力增加外,高呼气末正压水平也会通过减少静脉回流及增加右心室后负荷来影响右心功能^[33]。另外感染性休克时,也从下述多个方面影响右心,其血流动力学受累特点导致肺循环阻力增加,若合并 ARDS,肺循环阻力增加更明显;经常合并心肌抑制,常见左右心同时受累;若合并急性肾损伤,易出现容量过负荷,从而进一步影响右心;故 ICU 患者心功能评估应从右心开始。

2.5 评估右心功能时,应首先评价右心室的大小(7.71分) 与左心室不同,右心室的游离壁由横行肌纤维构成,明显薄于左心室,这种独特的解剖结构使得右心室对压力和容量的负荷均比较敏感,前负荷和后负荷的增加均会导致右心室内压力升高,使得右心室体积增加。正因如此,右心室舒张末面积(RVEDA)/左心室舒张末面积(LVEDA)比值可作为右心功能不全的指标。

通常情况下,心脏超声下的心尖四腔心切面, $RVEDA/LVEDA < 0.6$,当 $RVEDA/LVEDA > 0.6$ 时,已出现了右心室扩张,而当 $RVEDA/LVEDA > 1$ 时,即可认为右心室存在重度扩张。有很多学者将 $RVEDA/LVEDA$ 比值与室间隔的矛盾运动一起作为急性肺源性心脏病的超声诊断指标。当患者出现 $RVEDA/LVEDA > 0.6$ 并存在室间隔矛盾运动时,即可诊断肺心病。而当右心室的压力进一步增加并超过左心室压力时,在胸骨旁短轴超声即可看到“D”字征。而在经典的心包压塞时,右心又常因被压而缩小,右侧局灶胸腔填塞或气胸时也会压迫右心室,使其变小,此时下腔静脉内径是增宽的,中心静脉压是增高的。

故右心室增大或缩小均是右心受累的表现,右心功能的评估从大小开始。

2.6 评估左心室功能时,必须评价左心室舒张功能有无异常(7.68分) 舒张功能是心脏功能中较为敏感的部分。人类在衰老的过程中,常从舒张功能退化开始,最早表现为松弛功能减低;在任何心脏病变的最早期均会出现舒张功能异常,即所有心脏疾病均会导致某种程度的舒张功能不全,而超声所发现的舒张功能不全已处于相对较晚的阶段^[34]。心脏作为一个泵血的器官,相对于收缩功能,舒张功能易被忽视,然而在感染性休克的心功能衰竭中,超声发现的左心室舒张功能不全的比例可高达 50%^[35]。而舒张性心力衰竭与收缩性心力衰竭的治疗存在很大差异,因此,首先判断患者是否存在舒张功能不全具有重要意义。

心脏超声可通过定性的方法来快速识别患者是否存在舒张功能不全,并做出初步评价。首先,存在心肌肥厚的患者通常伴有舒张功能不全;其次,心房颤动患者由于缺乏规律的心房收缩,通常也会合并舒张功能障碍;另外,当左心室出现了收缩功能障碍时,其舒张功能通常也受累;上述几种情况下,左心房经常是增大的。

此外,左心室充盈压的评估是左心室舒张功能评估的重要组成部分。舒张期充盈压包括左心室舒张末压和平均左心房压,其中左心房压代表了左心房舒张期的平均压力^[36]。心室舒张功能障碍通常表现为松弛时间减少和顺应性下降,致使在相同的容量状态下充盈压升高,而充盈压升高与心室壁是否增厚、心室内径大小无直接相关性。如,心肌增厚引起舒张功能受累时,舒张期心腔是小的;而充血性心力衰竭时,室壁变薄,舒张末心腔容积增加;但两种情况下心室充盈压均增高。

另外,左心房压可以用来评估患者舒张功能障碍程度, E/E' 是常用的评估充盈压的指标。当 $E/E' > 15$ 时提示左心房的充盈压升高^[37]。研究表明, E/E' 绝对值与肺动脉嵌顿压有一定相关性,因此,其也可以用于指导呼吸机撤机。当 $E/E' < 8$ 时,提示患者的左心房压正常;当 $E/E' > 15$ 时,患者出现心源性脱机失败的可能性增加。

2.7 评估左心室收缩功能应明确弥漫性室壁运动障碍或节段性室壁运动障碍,若为节段性室壁运动障碍应区分应激或冠状动脉分布相关异常(7.75分)

重症患者心功能抑制的原因多种多样,严重感染、酸中毒、心跳骤停、急性心血管事件、负性肌力药物均会对患者的收缩功能产生影响。根据受累区域的不同,将左心室收缩功能障碍分为弥漫性与节段性收缩功能障碍两种类型。节段性运动障碍常见于急性冠脉综合征和应激性心肌病,通常情况下可以通过开通罪犯血管或去除应激因素等方式改善心脏功能;而由感染、药物、酸中毒等全身因素所致的收缩功能障碍常表现为弥漫性心功能抑制,其心脏功能的恢复常常依赖于全身因素的改善。

研究发现,虽然不同超声表现的重症患者 ICU 留治时间、机械通气时间、使用强心药物时间并无差异,但全心弥漫抑制者 28 天病死率明显高于节段抑制者^[38]。因此评估患者的左心室收缩功能类型对判断患者预后、指导临床工作有着重要意义,因此推荐左心室收缩功能的评估从节段开始。

对左心室节段运动障碍者,需判断是否与冠状动脉病变相关。在重症患者中,除了冠心病患者由

于血压低、组织灌注不足等原因易出现急性冠状动脉事件以外,高热、心动过速、烦躁、过量血管活性药物使用等因素也易诱发冠状动脉痉挛引起心肌缺血坏死。而应激性心肌病在ICU中也并不少见。作为一种节段性收缩功能障碍,应激性心肌病的发病机制和临床表现与急性冠脉综合征并不相同。目前考虑应激性心肌病的发病可能与各种重症、创伤及神经或精神异常有关,可表现为心尖型、心室中段受累型、基底型以及局灶型四种类型,甚至有右心室应激型^[39]。由于应激性心肌病会合并左心室流出道梗阻、可逆性中至重度二尖瓣反流、右心功能不全、血栓形成等并发症,早期对应激性心肌病的诊断与分类对重症患者有重要意义。尽管临床均表现为节段性运动障碍,但急性冠脉综合征与应激性心肌病的处理方式有着很大差异,因此当发现患者存在节段性运动障碍时需区分是否与冠状动脉相关。

2.8 应关注动态左心室流出道梗阻引起的血流动力学异常,重症超声评估不可或缺(7.63分) 左心室流出道梗阻首先是在肥厚型心肌病患者中发现的。左心室流出道梗阻通常是由于二尖瓣前叶的收缩期前移所致,超声的主要特征为晚期加速的马刀形多普勒血流曲线。然而最早一些临床案例报道显示,重症患者即使不存在肥厚型心肌病,仍会出现左心室流出道梗阻。近年来进一步发现,左心室流出道梗阻在ICU患者中并不罕见。目前,左心室流出道梗阻发生时常同时具备两个因素:解剖结构上的易发因素及可以促进梗阻发生的一些生理学状态,即诱发因素,经常在解剖结构易感性基础上因为一些促进因素而发生流出道梗阻,是一种动态现象,甚至有时无解剖结构的易感因素也会因为促进因素存在而发生,故称为动态左心室流出道梗阻。解剖结构相关因素包括:肥厚型心肌病、高血压或主动脉狭窄患者左心室肥大、前壁心肌梗死、二尖瓣置换或修复及二尖瓣瓣下结构异常、应激性心肌病、S型室间隔、急性肺源性心脏病或心房颤动等。促发因素包括:突然减低的前后负荷或增加的心率和收缩力,这些异常均会导致左心室强烈收缩乃至明显缩小,会促发左心室流出道梗阻。重症患者如严重低血容量,包括大出血与外科失血等均可能导致左心室前负荷降低;疼痛、心律失常、血管活性药物和发热等导致心动过速;感染性休克导致的血管麻痹或麻醉药物导致的低血压等均与左心室流出道梗阻相关。其他方面包括具有强心作用的儿茶酚胺类药物,如多巴酚丁胺可以增加左心室收缩性,导致在收缩期左心室流出道狭窄,从而诱发左心室流出道梗

阻,甚至在使用多巴酚丁胺进行负荷心脏超声检查时,有17%~43%的患者会出现左心室流出道梗阻。总之,左心室流出道梗阻在ICU患者中是一种被低估的动态征象。若对左心室流出道梗阻引起的低血压和低心输出量进行常规正性肌力或血管舒张剂治疗,会导致病情恶化。故当超声确认发生左心室流出道梗阻时,可指导准确治疗:将增加心肌收缩性的药物停止或减量、容量复苏以减少左心室流出道梗阻;另外,特别针对感染性休克患者,经过相应治疗如果临床状态仍未改善者,或需使用 β 受体阻滞剂。故强调,ICU休克患者心脏超声检查是评估左心室流出道动态梗阻情况及指导准确治疗的必需手段^[40-44]。

2.9 评估心功能状态能更准确评价容量反应性(7.93分) 容量反应性核心在于心脏前负荷增加的过程,每搏输出量能够相应增加。其理论基础,一方面在于提高心脏前负荷导致每搏输出量增加的过程,是体循环充盈压与右心房压差增加的过程;另一方面在于心输出量与前负荷间的关系通常用Starling曲线来体现。但不同的心功能状态所对应的Starling曲线有明显差异,当心脏收缩增强时,Starling曲线上移,前负荷增加后心输出量提高更明显,且平台期出现的更晚;而心脏收缩减弱时,Starling曲线下移,心输出量随着前负荷的增加其升高有限,并且很早即进入平台期。故容量反应性即是心脏的前负荷反应性。

重症超声能迅速、准确的评估患者的心功能状态,从而能早期预测容量反应性;心功能好的患者容量有反应的可能性大,且对容量耐受性强;而心功能差的患者容量有反应的可能性小,且很容易出现容量过负荷相关并发症。此时通过强心的措施改善心脏功能,使患者对容量恢复反应性作为治疗的重要考虑。单纯右心功能不全时,会出现动态指标预测容量性的所谓“假阳性”。也有研究提示,左心室充盈压明确升高的患者,动态指标不能良好预测容量反应性^[45],此时提示患者容量反应性的评估应建立在右心或左心功能与准确评估充盈压的基础上。另外,心脏术后患者经常会出现各种心功能异常,研究提示这些异常可能是导致术后6小时内下腔静脉变化率对容量反应性预测能力下降的原因^[46]。因此,评估心功能状态能更好地评价容量反应性。

但要强调的是,不应过度依赖对心脏功能的解读而忽视容量反应性的本质,即增加心脏前负荷是否伴随每搏心输出量的增加。

2.10 重症超声可快速缩小休克鉴别诊断范围,是

血流动力学初始和连续评估的重要手段(8.34分)

多项研究显示,应用心脏超声可鉴别不同类型休克。将心脏超声与其他部位的超声(如肺部超声,FAST流程,下腔静脉的评估)相结合形成的超声流程能有效地协助医师判断以及除外休克的可能原因^[47-49]。研究表明,急诊低血压患者,即刻超声检查比延迟超声检查可能使错误诊断率由50%下降至5%^[50-51]。而另一项研究发现,心脏超声可使超过一半的ICU患者的治疗方案有所改变或补充^[13,51-53]。休克或血流动力学不稳定初步评估及处理后,需观察或评估容量、心脏的动态变化,如低血容量休克输液后,下腔静脉扩张充盈的变化及心肌收缩力的变化;心源性休克强心处理后心功能的变化;故认为心脏超声是心脏血流动力学不稳定治疗后反复评估的重要手段^[6,8,54]。

2.11 心-肺-血管联合评估可提高肺栓塞超声诊断的准确性(7.96分) 急性肺栓塞时,由于肺动脉阻塞,肺动脉压升高,使得右心的后负荷增加。当右心后负荷压力显著升高,甚至超过左心室的压力时,心脏超声胸骨旁短轴切面可见D字征^[55]。由于肺动脉阻塞程度不同,右心后负荷压力升高的程度也不同,当压力升高不明显时,即使存在肺栓塞,心脏超声切面也可能不会显示为D字征。重症超声在急性肺栓塞诊断中最主要的价值是排除诊断,当超声未发现明显的D字征时,表明患者无大面积能影响循环的肺栓塞,可除外由肺栓塞导致的梗阻性休克。同时,由于肺栓塞主要通过影响通气血流比来影响患者的氧合,通常患者肺部无明显病变,肺部超声的征象主要以A线为主,有时会出现肺梗死所致的楔形实变,但很少伴有B线或大面积肺实变等征象。另外,通过下肢血管超声的筛查可以明确患者是否存在下肢深静脉血栓,从而为肺栓塞的诊断提供间接证据。

研究表明,多器官(心、肺、血管)联合超声检查可更为准确的诊断肺栓塞^[56-57];另有研究显示,心、肺、血管联合超声检查诊断肺栓塞的特异度和敏感度均明显高于单一的心脏超声、肺部超声或血管超声,明显提高可疑肺栓塞的诊断,降低CT肺动脉造影的检查率^[58-59]。

2.12 心包压塞诊断取决于血流动力学变化,重症患者尤其要警惕局部填塞(7.73分) 心包积液是重症患者一个较为常见的征象。需要注意的是,心包积液所产生的效应主要与其产生的速度有关,而与积液的量无关。当心包腔内的压力升高,甚至高于心房或者心室内的压力时,即会产生心包压塞的表

现,超声主要表现为心腔塌陷,通常见于右侧心腔。另外下腔静脉也会因为心腔压力的升高而呈现扩张固定的表现。但并不是超声发现了心包积液合并心腔塌陷或下腔静脉扩张即可诊断心包压塞,其诊断关键在于评估其对血流动力学的影响。对亚急性心包积液患者,即使超声发现心脏受压的证据,临床上也可无任何血流动力学受累的表现。

另外,重症患者尤其是心脏术后患者,包裹性积液或局部血肿、血块也可引起局部的心包压塞,此时,仅有特定的心腔会被压缩,也可能并不存在心包压塞典型的体征与临床表现,但其往往会造成严重的血流动力学受累,甚至死亡。这种局限性心包压塞常规TTE很难发现,一旦怀疑可及时行TEE明确诊断^[60]。

2.13 心肺联合超声检查可快速鉴别诊断静水压升高性肺水肿和渗透性肺水肿(7.96分) 静水压升高性肺水肿和渗透性肺水肿由于其临床症状及影像学表现差别很小,一直是临床鉴别诊断中的难题。心肺联合超声检查可快速有效的鉴别。虽然两种肺水肿在肺部超声上均表现为B征象,但其分布与B线的特征有所不同。静水压升高性肺水肿的B线分布比较均匀,且无胸膜线的改变,胸膜滑动中不受影响^[61];而渗透性肺水肿的B线分布则表现为非重力依赖区较轻,重力依赖区较重,甚至会出现肺实变等征象,另外由于渗出的液体黏性较高,胸膜滑动征通常也会减弱甚至消失。

静水压升高性肺水肿通常继发于心功能不全与容量过负荷,心脏超声可以表现为心脏收缩功能的显著下降及下腔静脉内径增宽等容量过负荷的表现;而渗透性肺水肿通常继发于重症感染等因素,其心功能往往正常甚至可能收缩增强,容量往往也无过负荷的表现。

因此,心肺联合超声检查可迅速鉴别静水压升高性肺水肿和渗透性肺水肿^[62-64]。

2.14 在机械通气过程中,重症超声是鉴别心源性脱机困难的重要手段(7.82分) 由于心肺相互关系的存在,脱机过程会对血流动力学产生显著的影响,往往引起脱机相关的心力衰竭,从而导致脱机困难^[65]。脱机时,胸腔内压下降,静脉回流增加,使得右心增大,由于左右心室共用一个室间隔,左心室充盈也会受到影响。研究显示,左心室舒张功能异常是脱机诱发肺水肿的一个重要原因。长久以来,肺动脉导管是评估左心室充盈压的唯一手段,然而近期的研究发现,心脏超声可以通过估测左心室充盈压来发现脱机相关的心源性肺水肿。研究显示,二

尖瓣的 E/Ea 比值与肺动脉嵌顿压有较好的相关性, 可用来估测肺动脉嵌顿压^[66]。在自主呼吸试验结束时, $E/A > 0.95$ 且 $E/Ea > 8.5$ 可准确发现脱机相关的肺动脉嵌顿压升高^[67]。另有研究显示, 更高的 E/Ea 比值与脱机失败显著相关^[68]。由此可见, 心脏超声是鉴别心源性脱机困难的重要手段^[69]。

2.15 右心保护是 ARDS 保护性治疗策略的组成部分, 重症超声是重要的评估手段(7.96分) ARDS 时, 微血栓、动脉重构及低氧所致的血管痉挛、酸中毒以及炎症因子等多种因素均会导致肺血管阻力增加, 从而导致肺动脉压升高; 而机械通气治疗又会通过增加跨肺压差来增加右心后负荷, 这些因素均会导致急性肺源性心脏病, 出现右心功能障碍^[70-72]。由于左右心共用一个室间隔, 右心室体积和压力的增大反过来压迫左心, 造成循环的进一步恶化。基于右心保护的重要性, 已有专家提出以保护右心为主的 ARDS 通气策略^[30], 包括限制平台压 $< 27 \text{ cmH}_2\text{O}$ ($1 \text{ cmH}_2\text{O} = 0.098 \text{ kPa}$)、驱动压 $< 17 \text{ cmH}_2\text{O}$, 及 $\text{PaCO}_2 < 60 \text{ mmHg}$ ($1 \text{ mmHg} = 0.133 \text{ kPa}$); 同时根据右心室的功能来滴定呼气末正压, 重度 ARDS 患者可采用俯卧位通气, 降低肺动脉压, 改善右心室功能。由此可见, 在实施保护性治疗策略的过程中, 实时监测右心功能成为关键^[73]。当心脏超声发现 $\text{RVEDA/LVEDA} > 0.6$ 及室间隔矛盾运动等征象时, 即可诊断急性肺源性心脏病, 而通过测量三尖瓣反流速度来估算的肺动脉压可为定量评估急性肺源性心脏病的程度提供证据^[34]。

2.16 重症超声不能完全替代其他血流动力学评估手段(7.88分) 重症超声可以通过评估下腔静脉内径的绝对值和变异率来了解前负荷的状态, 可以通过直接测量患者心脏的收缩和舒张功能评估心肌收缩力和心输出量, 可以通过明确是否存在肺动脉高压、心包压塞等征象来除外梗阻性因素, 还可以通过间接的方法评估血管张力。尽管重症超声可用于血流动力学评估的各个方面, 但其并不能完全替代其他的血流动力学评估手段。初始治疗阶段, 血压、中心静脉压、尿量、血气分析等常规检测依然不可或缺; 而滴定治疗阶段, 肺动脉漂浮导管或脉搏指示持续心输出量(PiCCO)监测等连续的定量手段依然起着重要作用。重症超声评估需要与这些血流动力学的评估手段相结合, 才能更好地指导血流动力学治疗。

2.17 重症超声有助于快速诊断假性无脉电活动和有效评估心肺复苏时的自主循环恢复(8.08分) 既往急诊院前抢救通常根据基础和高级生命支持来对

无脉和不明原因严重休克患者进行复苏。因此急诊医师认为, 对严重血流动力学不稳和急性严重呼吸困难患者在复苏过程中应用超声作为最基础的诊断手段^[6]。而在怀疑大面积肺栓塞和心包压塞时, 国际相关指南也提到早期超声可对其快速诊断。FEEL 流程用于心肺复苏中, 心外按压间断时间不超过 10 秒, 通过快速判断心脏是否运动(运动/不运动)、心室收缩程度(正常、轻度抑制、重度抑制、无运动)、右心扩张或心包积液是否存在, 同时在复苏过程中实时记录, 评估临床操作是否有效^[3]。FEEL 流程可以判断假性无脉电活动的 4 个可逆原因, 并进行相应治疗^[74], 旨在提高院前复苏的有效性。

2.18 创伤目标导向超声评估流程可早期快速发现创伤或腹部术后的腹腔出血(7.91分) 自 1996 年提出的 FAST 流程用于快速评估重症创伤患者以来^[7], 一直在不断的改进。FAST 流程局限于右上腹区域(肝肾间隙)、左上腹区域(脾肾间隙)、盆腔区域和心包区域。目前扩展的 FAST 流程将区域延伸至右侧胸膜区、左侧胸膜区和左右两侧上胸区域, 发现胸部问题的成功率较前有所提高。对早期创伤, 250 ml 的腹腔积液即可被检出, FAST 流程快速、简单, 适合不能挪动或不便外出行 CT 扫描的血流动力学不稳定患者^[7, 75-78]。

2.19 心脏超声检查是急性主动脉综合征的重要评估手段(7.5分) 急性主动脉综合征包括了多种可致命性的主动脉疾病, 包括主动脉夹层撕裂、主动脉腔内血肿、穿通性主动脉溃疡、外伤性主动脉撕裂和有症状的主动脉瘤等, 需要及时诊断并尽早开始干预治疗包括手术治疗。TEE 较 TTE 能提供更为直观的影像, 从而对升主动脉和降主动脉病变做出更准确的诊断^[79-86]。

3 重症超声与呼吸治疗

3.1 肺部超声检查是重症超声的重要组成部分(8.26分) 肺部超声使肺部病变床旁快速可视化, 每一个征象均源于肺部的生理与病理生理学本质。随着肺内气体和液体之间的比例逐渐减少, 肺部病变或逐渐由正常气化的肺组织变为轻度间质水肿、重度间质水肿乃至肺泡水肿, 或从局灶至弥漫, 最终发展为实变, 甚至出现胸腔积液和胸腔内存在气体。肺部超声依次表现为有正常胸膜滑动征的 A 线、B 线、B 表现、弥漫肺间质综合征、实变和积液以及无胸膜滑动征的 A 线或肺点征象。由于肺部超声具有实时动态的优点, 可进一步促进对肺部病理生理变化的深入理解。机械通气患者最常见的病因包括 ARDS、肺部感染、慢性阻塞性肺疾病急性加重等, 其

病变多种多样,尤其在治疗过程随时有可能出现变化,常规肺部超声可及时评估包括病变的变化状态,乃至气胸等的发生。肺部超声检查已逐步完善并标准化,是重症超声的重要组成部分,对疾病的诊断、治疗及病情变化的判断有着重要的作用,建议接受机械通气的重症患者常规行肺部超声检查。

3.2 肺部超声检查应优先评估胸膜线(8.09分)

肺部超声征象起源于胸膜,是肺部超声检查的基础。胸膜线是软组织(富含液体)的胸壁和肺组织(富含气体)的交界,即肺-胸壁交界。胸膜线像一面镜子,将肺部的不同病变“映射”到超声探头上。除非大量皮下气肿,一般情况下均可见胸膜线。肺部超声检查时,首先精确定位胸膜线,这样可以区分是肺内的病变还是胸膜腔或皮下软组织的病变。最重要的是评价是否存在胸膜滑动征,除外气胸或者局部无通气的可能,需要注意的是胸膜粘连或肺实变的患者,可能会存在胸膜滑动征消失。同时胸膜的厚薄和胸膜的光滑度也在一定程度上提示了一些疾病的诊断,如胸膜粘连,一般均会出现胸膜增厚的表现,如双肺是弥漫的B线,光滑的胸膜线提示急性病变的可能性大,不光滑的胸膜线多提示慢性病变或肺间质纤维化等。

3.3 重症超声有助于快速判断呼吸困难或低氧血症的病因(8.18分) 急性呼吸衰竭 BLUE 流程^[4]在3分钟内通过对肺和深静脉血栓的快速筛查,可对90.5%的急性呼吸衰竭或低氧血症的病因做出快速、准确的诊断,包括静水压增高性肺水肿、慢性阻塞性肺疾病急性加重或重症支气管哮喘、肺栓塞、气胸和肺炎^[87-90]。近年来多项研究发现,单纯的肺部超声-BLUE 流程在评估急性呼吸衰竭的病因上有一定的局限性。改良的BLUE 流程和MBLUE 流程能显著增加ICU患者肺实变和肺不张检测的敏感度、特异度和准确性^[5,91]。有研究发现,整合的心肺超声比单独的肺部超声在对心源性肺水肿和肺炎的诊断正确率、敏感度、特异度均增高,对肺栓塞和气胸的诊断敏感度和特异度无明显差别^[63]。Nazerian等^[59]的研究也发现,进行多器官联合超声检查(心、肺、下肢静脉)与进行单一器官的超声检查比较,能明显提高急性大面积肺栓塞诊断的敏感度。因此,重症超声有助于快速判断呼吸困难或低氧血症的病因。

3.4 肺部超声检查用于气胸诊断时应从排除诊断入手(8.07分) 肺部超声检查诊断气胸的敏感度、准确性及阴性预测值远高于胸部X线片,与CT接近^[92]。肺部超声诊断气胸时需认清胸膜滑动征、肺

搏动征、B线、实变和肺点等几种征象。当肺部超声发现胸膜滑动征消失,平流层征,并找到肺点时可诊断气胸。虽然存在上述征象并找到肺点诊断气胸的特异度几乎达到100%,但大多数情况下,由于肺压缩的程度不同,且重症患者的气胸有时为局灶性气胸,确定肺点存在一定困难。因此,当临床怀疑存在气胸时,应对逐个肋间的肺组织进行检查,如发现胸膜滑动征、肺搏动征、B线、实变、胸腔积液等征象,首先能排除检查部位存在气胸。

3.5 重症超声在ARDS的临床诊断中占有重要地位(7.84分) 肺部超声对肺部气化程度的评估与胸部CT存在很强的一致性。ARDS肺部病变具有非匀质的特点,肺部超声对肺不同程度的渗出性病变、实变等进行定性的影像学评估可辅助ARDS的诊断^[93-95]。国际肺部超声共识也提出,若存在下述征象提示ARDS的存在:①非匀齐的B线分布;②胸膜线异常征象;③前壁的胸膜下实变;④存在正常的肺实质;⑤肺滑动征减弱或消失^[96]。ARDS诊断的柏林标准要求^[97],对无危险因素的可疑ARDS患者需行心脏超声以对肺水肿的原因进行快速鉴别诊断。因此,心肺联合超声有助于床旁实时诊断ARDS,并能鉴别静水压增高性肺水肿、肺不张、胸腔积液、慢性心力衰竭和肺间质纤维化及其他导致氧合改变的肺部情况。

3.6 重症超声有助于评估和管理俯卧位治疗(7.86分) ARDS肺部病变的不均一性,是导致机械通气疗效不同的根本原因。ARDS患者仰卧位时重力依赖区肺组织由于受到重力、腹压及胸廓运动幅度的影响不容易复张。有研究证明,俯卧位可单独或联合肺复张改善重力依赖区肺组织的膨胀程度,从而改善氧合,并可降低病死率^[98-99]。对需要进行体外膜肺氧合(ECMO)的患者俯卧位也能改善患者氧合及肺顺应性。尤其是近年关于ARDS的管理共识中也提出,ARDS患者存在右心功能不全的比例较高,俯卧位能降低右心室后负荷,改善患者的血流动力学状态。重症患者俯卧位时,重症超声可对肺的局灶或均一性病变进行评估,并针对性地评估重力依赖区肺(仰卧位时的PLAPS点与后蓝点)复张情况,通过半定量评分的方式来预测患者俯卧位的有效性,指导俯卧位的时间及频率。同时根据俯卧位前后右心室的大小、左右心室的比例、是否存在D字征及根据三尖瓣反流情况估测肺动脉等来评价右心室负荷的变化情况,有助于指导如何进行循环管理,如有条件行TEE检查明确右心功能情况,更有助于俯卧位效果的评价^[100-101]。

3.7 重症超声可评估肺复张潜能,并动态监测、指导肺复张操作(7.74分) 对 ARDS 患者进行适当的肺复张并联合有效的呼气末正压可能会改善氧合及部分指标,但并不是所有患者均有效。达到生理性复张而非解剖性复张的效果需要对肺复张潜能进行评估。肺部超声可以从肺部病变的均一程度、严重程度、气道通畅程度(动态支气管气相)及是否存在检查区域的潮式肺复张综合判断肺可复张的潜能;在复张过程中,待复张的肺对不同复张手法、复张条件及复张时间的反应可以通过超声定性或半定量评分进行评估,并可综合分析复张失败的原因及寻找更佳的治疗策略^[102-105],还能及时发现肺复张可能带来的气压伤等,及时调整治疗。需注意的是肺部超声无法发现肺过度膨胀。同时 ARDS 不单纯是肺部病变,常合并严重的血流动力学紊乱。在实施肺复张时,应首先用重症超声进行容量状态、心功能的评估,同时在实施过程中如出现血流动力学波动,可进一步明确原因并调整治疗,尤其是进行右心功能的监测,保障右心保护性通气策略的顺利实施。

3.8 在机械通气过程中,重症超声有助于脱机的精准实施(7.63分) 脱机是机械通气过程中非常关键的一环。传统的脱机筛查指标并不能准确全面的预测脱机成功的可能性。重症超声通过对肺或肺外的导致上呼吸机的原发病变进行动态评估,掌握最佳的脱机时机,同时对可能导致脱机失败的原因进行评估,包括在脱机前对气道通畅程度的评价、肺部是否存在大面积实变、血管外肺水的半定量评分、患者容量状态和左心室充盈压的评估^[106]、双侧膈肌的运动及收缩情况^[107-109]等来评价患者是否具备脱机条件,及调整治疗方案,尤其是脱机失败时采用重症超声第一时间寻找原因,并制定相应的治疗措施。如脱机相关心功能不全往往是造成脱机困难的常见原因,重症超声在脱机过程中对左心室充盈压、血管外肺水半定量评分、容量状态及心功能的监测与评估有助于诊断脱机相关心功能不全,并及时调整治疗。

3.9 重症超声是床旁评估膈肌功能的重要手段(7.63分) 重症超声可评估膈肌的收缩幅度和运动幅度^[107],有助于呼吸功能不全的病因诊断,协助评价肺功能并指导临床治疗及撤机^[110]。对于对称性膈肌功能改变者可行单侧(右侧)膈肌功能评估来反映整体膈肌功能;对非对称性膈肌功能改变者,双侧膈肌功能评估是必要的。鉴于正压通气对膈肌运动的影响,对机械通气患者采用收缩幅度来评价膈肌功能可能更为合理^[111-112]。同时近年来 ICU 获得性肌无力越来越受到重视,可导致患者机械通气时间

延长,住院时间延长,患者病死率增加等,但临床诊断相对困难。重症超声评估 ICU 获得性肌无力的作用越来越明显,有研究证实,重症超声评估膈肌和骨骼肌的数量和质量与肌力和功能相关,是早期发现并评价治疗效果的有效手段。

4 其他系统与器官

4.1 重症超声是“全身超声”,不局限于某一特定器官(7.85分) 重症超声集结构评价和功能监测于一体,定性和定量评估并重,不仅包括评估呼吸、循环的心肺超声,还包括肾脏、颅脑、肌肉、胃肠、血管等;而心肺超声的联合应用不但为循环、呼吸障碍的全面评估提供了快速有力的评估手段^[113],更是临床认识、兼顾心肺交互影响的有力武器;组织器官血流灌注评估使得床旁实时、无创微循环灌注评估成为可能;全身序列超声筛查已成为床旁评估感染来源的重要手段;结合脑电活动及氧代谢监测的经颅超声在神经重症监测方面发挥着重要作用^[114]。超声已成为重症患者相关操作的实时、可视化武器^[115],全方位有机整合各项超声流程,使临床评估更目标化与规范化,超声已无处不在的融合于重症疾病的方方面面。

4.2 超声测量视神经鞘宽度有助于评估颅内压,与经颅多普勒超声组成脑血流动力学监测的重要内容(7.6分) 监测颅内压是神经重症的重要内容之一,是诊断颅内压升高快速和客观的方法。视神经鞘宽度(optic nerve sheath diameter, ONSD)与颅内压升高具有一定的相关性,超声监测 ONSD 变化是判断颅内高压无创、较可靠的评估方法^[116-117]。虽然目前尚无 ONSD 统一的临界值标准,但一般认为眼球后壁后方 3 mm 处的 ONSD > 5 mm 提示颅内压可能升高,但应考虑视神经损伤及其他病变对其的影响^[118-119]。经颅多普勒超声可实时监测脑血流特征,协助评估颅内压改变、脑血管痉挛,也提供脑血管自我调节功能及血管反应性的重要信息,从而指导临床治疗及协助预后判断^[120]。ONSD、经颅多普勒超声与反映脑氧代谢活动的颈静脉球血氧饱和度、反映脑电及功能活动的持续性数字脑电图或脑电双频指数从不同层面提供信息,共同组成脑血流动力学监测的重要内容。

4.3 重症超声有助于急性肾损伤(AKI)的管理(7.4分) 重症超声可快速排除 AKI 的肾后性因素,肾脏超声提供的解剖形态学特征有助于急慢性肾损害的鉴别。在评估肾前性因素方面,重症超声通过检测容量指标(如下腔静脉内径、左心室舒张末期容积)和心脏功能指标[如速度时间积分(VTI)、射血分数

(EF)、二尖瓣环位移指数(MAPSE)等],对肾血流量和肾灌注压进行评估并滴定。重症超声可提供多种技术方法评估肾脏血流灌注,肾血管阻力指数是临床上应用最为广泛的肾血流灌注评估指标,鉴于其受年龄、心率、腹腔压力等因素的影响,临床解读时需综合分析和判断,其动态变化对AKI的预后判断具有指导意义;目前研究结果提示阻力指数越高则AKI的可逆性越差^[121]。肾脏替代治疗时,超声可评估肾脏血流,并对流量、压力指标进行动态监测,对治疗提供相应的目标及疗效反馈。增强超声可实时动态显示肾脏微循环,是有望用于重症患者肾灌注评估的影像学方法,但目前尚缺乏统一的定量评估方法。

4.4 重症超声可帮助评价胃肠功能和辅助肠内营养支持(7.33分) 重症时胃肠道黏膜经常是最敏感、最先受累的部位。营养支持是重症患者综合治疗中不可缺少的部分。在营养支持过程中,从营养风险评估、制定营养治疗计划、实施营养治疗方案(指导营养管置入等)、评估营养治疗效果到调整营养治疗方案,重症超声可起一定的辅助作用。但其在肠内营养治疗中的应用还处于初始阶段,尚有大量问题有待于进一步验证完善。

胃窦单切面法测量的胃窦面积与胃内容积存在良好的相关性,易于掌握,可用于评估胃残余量,同时检测胃窦运动,对重症患者胃排空功能的评价具有较好的指导意义。重症患者易出现胃排空延迟。重症超声可辅助筛查肠内营养肠道不耐受情况(如肠梗阻、肠缺血),如出现胃排空障碍。胃肠道超声测量胃残余量和胃肠道动力,可帮助了解肠内营养不耐受性,预防胃液潴留,预防吸入性肺炎,可靠、无创、易用且性价比高。

超声引导下置入鼻空肠营养管已越来越受到重视,其具有床旁、及时、快速等特点,可实时监控放置过程中,但需注意气管与食管的相对位置。一般情况,营养管的尖端呈高回声,最不容易通过胃窦和勺状软骨。超声可实时监测食管、气管和营养管位置,确定放置位置。

4.5 重症超声可以床旁快速识别感染灶(7.38分)

重症感染是重症患者收入ICU的主要病因,尤其是感染性休克,寻找感染灶是治疗中非常重要的一环。重症超声可快速识别肺、胸腔、泌尿系统、腹部、软组织、心内膜、鼻窦等部位的感染^[4-5,122-130],但需结合临床症状、体征进行连续动态观察。重症超声识别不同部位感染的敏感度和特异度不同。不同的肺部感染具有典型的超声影像学特征。对肺部感染诊

断重症超声优于床旁X线胸片^[126,130]。重症超声还可用于评估肺部感染的疗效,可辅助调整及停止抗生素治疗。血行性感染和泌尿系感染很难有超声表现,经常用于排除诊断。

4.6 重症超声在ECMO的整体管理中不可或缺(7.87分) ECMO作为一项严重心-肺衰竭支持手段已在重症医学领域中越来越多的使用。重症超声在ECMO起始、应用及撤除中均要应用。在ECMO的起始阶段,在评估阶段,对患者的容量、右心功能(大小、收缩、舒张、瓣膜)、左心功能(大小、收缩、舒张、瓣膜、室间隔)、基础状态(卵圆孔未闭、右房基础畸形及外周血管情况)进行初步评估;重症超声可发现已存在的机械性问题(如主动脉夹层,二尖瓣反流,主动脉瓣关闭不全,心包压塞等);可辅助判断ECMO的应用指征及不同ECMO类型的选择(如重度ARDS合并肺心病引发休克,可直接选择静-动脉ECMO);置管过程中,可使用TTE引导并用TEE确定导管位置,同时监测流量,还能实时指导导管位置调整。在ECMO的应用过程中,重症超声除可监测心功能外,还可监测导管异位、导管或血管血栓、静脉或动脉堵塞、左心室血栓、心包积液、心包压塞、肺栓塞等并发症的发生。重症超声可通过评估ECMO流量减低后心脏的耐受度,以及测量相应的心脏腔室大小、EF及组织多普勒测量的心肌收缩速度等来预测ECMO撤机成功率并指导撤机。撤机后需监测血栓形成和血管梗阻情况。综上,重症超声在ECMO管理过程中无处不在,坚持重症超声评估流程,为患者带来更大的益处。

5 重症超声与临床操作

5.1 中心静脉置管时超声血管评估应成为常规(8.35分) 中心静脉置管术是ICU常见的操作,一般是通过解剖定位穿刺置管,尤其是颈内静脉和股静脉穿刺是通过动脉定位再确定静脉穿刺,动脉和静脉的关系不是固定不变的,有时出现变异,而穿刺是按常规解剖位置进行,具有一定的盲目性。静态评估可以充分了解静脉和动脉的位置关系,对有解剖变异的患者尤其重要,减少不必要的置管并发症。在确定静脉位置的同时可进一步了解欲穿刺静脉是否通畅,除外中心静脉是否有血栓及确定静脉血栓的大小,避免穿刺^[131]。通过静脉的静态评估,给予欲穿中心静脉标记,提高穿刺成功率^[132-133]。建议需要中心静脉置管时,静态评估成为穿刺置管的常规检查。

超声动态引导的中心静脉置管术,因置管过程中可以看到穿刺针进入血管的过程,使得置管可视

化,提高了成功率^[134-135]。但动态引导下穿刺需要操作者训练,熟练掌握超声操作,并能将穿刺针与探头之间很好配合,才能提高成功率。目前ICU的超声应用和培训、穿刺用无菌套装还不十分普及,建议静态评估下发现常规操作可能困难或高危患者(严重的凝血障碍者),由掌握超声动态引导技术者完成,以避免由于操作不熟练导致的穿刺相关并发症^[136]。

5.2 掌握重症超声技能有利于心包压塞的安全有效处理(7.97分) 心包压塞的诊断和治疗需要考虑3个方面,临床判断、超声判断及穿刺风险评估。心包积液和心包压塞概念不同,心包压塞主要是临床诊断,心包压塞时心包积液量不一定很多,但后果严重,需要紧急处理。心包压塞临床并不十分常见,对其的判断、心包穿刺的风险评估及处理应是能掌握超声技能的有丰富临床经验的高年资医生完成。

5.3 超声有助于重症患者的人工气道建立(7.54分) 超声直视下气道评估有助于识别困难气管插管或气管切开,辅助选择合适型号的气管导管^[137]。超声可协助确定颈部人工气道建立的位置,评估建立人工气道的风险^[138]。超声可辅助导引气管插管或气管切开,并确定气管导管的位置,避免损伤周围组织或器官,减少并发症的发生,且可快速识别气道管理中的各项并发症^[139]。

(该文首次发表在《中华内科杂志》,2016,55(11):900-912)

参考文献:

- [1] Guyatt G, Gutterman D, Baumann MH, et al. Grading strength of recommendations and quality of evidence in clinical guidelines: report from an american college of chest physicians task force[J]. Chest, 2006, 129(1): 174-181.
- [2] Fitch K. The Rand/UCLA appropriateness method user's manual[R]. Santa Monica: Rand, 2001.
- [3] Breikreutz R, Walcher F, Seeger FH. Focused echocardiographic evaluation in resuscitation management: concept of an advanced life support-conformed algorithm[J]. Crit Care Med, 2007, 35(5 Suppl): S150-S161.
- [4] Lichtenstein DA, Meziere GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol[J]. Chest, 2008, 134(1): 117-125.
- [5] 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[J].中华内科杂志,2012,51(12):948-951.
- [6] Perera P, Mailhot T, Riley D, et al. The RUSH exam: Rapid Ultrasound in SHock in the evaluation of the critically ill[J]. Emerg Med Clin North Am, 2010, 28(1): 29-56, vii.
- [7] Scalea TM, Rodriguez A, Chiu WC, et al. Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST): results from an international consensus conference[J]. J Trauma, 1999, 46(3): 466-472.
- [8] Schmidt GA, Koenig S, Mayo PH. Shock: ultrasound to guide diagnosis and therapy[J]. Chest, 2012, 142(4): 1042-1048.
- [9] 王小亭,刘大为,张宏民,等.扩展的目标导向超声心动图方案对感染性休克患者的影响[J].中华医学杂志,2011,91(27):1879-1883.
- [10] Holm JH, Frederiksen CA, Juhl-Olsen P, et al. Perioperative use of focus assessed transthoracic echocardiography (FATE)[J]. Anesth Analg, 2012, 115(5): 1029-1032.
- [11] Manno E, Navarra M, Faccio L, et al. Deep impact of ultrasound in the intensive care unit: the "ICU-sound" protocol[J]. Anesthesiology, 2012, 117(4): 801-809.
- [12] 王小亭,赵华,刘大为,等.重症超声快速管理方案在ICU重症患者急性呼吸困难或血流动力学不稳定病因诊断中的作用[J].中华内科杂志,2014,53(10):793-798.
- [13] Wang X, Liu D, He H, et al. Using critical care chest ultrasonic examination in emergency consultation: a pilot study[J]. Ultrasound Med Biol, 2015, 41(2): 401-406.
- [14] Ayuela Azcarate JM, Clau-Terre F, Vicho Pereira R, et al. Consensus document on ultrasound training in Intensive Care Medicine. Care process, use of the technique and acquisition of professional skills[J]. Med Intensiva, 2014, 38(1): 33-40.
- [15] Oren-Grinberg A, Talmor D, Brown SM. Focused critical care echocardiography[J]. Crit Care Med, 2013, 41(11): 2618-2626.
- [16] Laursen CB, Nielsen K, Riishede M, et al. A framework for implementation, education, research and clinical use of ultrasound in emergency departments by the Danish Society for Emergency Medicine[J]. Scand J Trauma Resusc Emerg Med, 2014, 22: 25.
- [17] 刘大为,王小亭,张宏民,等.重症血流动力学治疗—北京共识[J].中华内科杂志,2015,54(3):248-271.
- [18] Dipti A, Soucy Z, Surana A, et al. Role of inferior vena cava diameter in assessment of volume status: a meta-analysis[J]. Am J Emerg Med, 2012, 30(8): 1414-1419, e1411.
- [19] Zengin S, Al B, Genc S, et al. Role of inferior vena cava and right ventricular diameter in assessment of volume status: a comparative study: ultrasound and hypovolemia[J]. Am J Emerg Med, 2013, 31(5): 763-767.
- [20] 张青,刘大为,王小亭,等.超声观测不同部位下腔静脉内径及其变异度的研究[J].中华内科杂志,2014,53(11):880-883.
- [21] 张青,刘大为,王小亭,等.超声观测不同部位下腔静脉内径形变指数的研究初探[J].中华内科杂志,2015,54(6):491-495.
- [22] Barbier C, Loubieres Y, Schmit C, et al. Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients[J]. Intensive Care Med, 2004, 30(9): 1740-1746.

- [23] Feissel M, Michard F, Faller JP, et al. The respiratory variation in inferior vena cava diameter as a guide to fluid therapy[J]. *Intensive Care Med*, 2004, 30(9): 1834-1837.
- [24] 张宏民, 刘大为, 王小亭, 等. 下腔静脉内径变异度判断房颤患者容量反应性的意义[J]. *中华医学杂志*, 2015, 95(19): 1453-1456.
- [25] Juhl-Olsen P, Frederiksen CA, Sloth E. Ultrasound assessment of inferior vena cava collapsibility is not a valid measure of preload changes during triggered positive pressure ventilation: a controlled cross-over study [J]. *Ultraschall Med*, 2012, 33(2): 152-159.
- [26] Melamed R, Sprenkle MD, Ulstad VK, et al. Assessment of left ventricular function by intensivists using hand-held echocardiography[J]. *Chest*, 2009, 135(6): 1416-1420.
- [27] Vieillard-Baron A, Charron C, Chergui K, et al. Bedside echocardiographic evaluation of hemodynamics in sepsis: is a qualitative evaluation sufficient? [J]. *Intensive Care Med*, 2006, 32(10): 1547-1552.
- [28] Vincent JL, Rhodes A, Perel A, et al. Clinical review: Update on hemodynamic monitoring—a consensus of 16[J]. *Crit Care*, 2011, 15(4): 229.
- [29] Eisenberg PR, Jaffe AS, Schuster DP. Clinical evaluation compared to pulmonary artery catheterization in the hemodynamic assessment of critically ill patients [J]. *Crit Care Med*, 1984, 12(7): 549-553.
- [30] Repesse X, Charron C, Vieillard-Baron A. Acute cor pulmonale in ARDS: rationale for protecting the right ventricle[J]. *Chest*, 2015, 147(1): 259-265.
- [31] Teboul JL, Monnet X, Richard C. Weaning failure of cardiac origin: recent advances[J]. *Crit Care*, 2010, 14(2): 211.
- [32] Krishnan S, Schmidt GA. Acute right ventricular dysfunction: real-time management with echocardiography [J]. *Chest*, 2015, 147(3): 835-846.
- [33] Orde SR, Behfar A, Stalberger PG, et al. Effect of positive end-expiratory pressure on porcine right ventricle function assessed by speckle tracking echocardiography [J]. *BMC Anesthesiol*, 2015, 15: 49.
- [34] Thomas G. A simplified study of trans-mitral Doppler patterns[J]. *Cardiovasc Ultrasound*, 2008, 6: 59.
- [35] Micek ST, McEvoy C, McKenzie M, et al. Fluid balance and cardiac function in septic shock as predictors of hospital mortality[J]. *Crit Care*, 2013, 17(5): R246.
- [36] Nagueh SF, Appleton CP, Gillebert TC, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2009, 22(2): 107-133.
- [37] Sarti A, Lorini FL. *Echocardiography for intensivists*[R]. Milan; New York: Springer, 2012.
- [38] 王小亭, 赵华, 刘大为, 等. 重症急性左心收缩功能不全患者心脏超声评价及其与预后关系的研究[J]. *中华内科杂志*, 2016, 55(6): 430-434.
- [39] Templin C, Ghadri JR, Diekmann J, et al. Clinical features and outcomes of takotsubo (stress) cardiomyopathy[J]. *N Engl J Med*, 2015, 373(10): 929-938.
- [40] Madu EC, Brown R, Geraci SA. Dynamic left ventricular outflow tract obstruction in critically ill patients: role of transesophageal echocardiography in therapeutic decision making[J]. *Cardiology*, 1997, 88(3): 292-295.
- [41] Chockalingam A, Dorairajan S, Bhalla M, et al. Unexplained hypotension: the spectrum of dynamic left ventricular outflow tract obstruction in critical care settings [J]. *Crit Care Med*, 2009, 37(2): 729-734.
- [42] Cha JJ, Chung H, Yoon YW, et al. Diverse geometric changes related to dynamic left ventricular outflow tract obstruction without overt hypertrophic cardiomyopathy[J]. *Cardiovasc Ultrasound*, 2014, 12: 23.
- [43] Chauvet JL, El-Dash S, Delastre O, et al. Early dynamic left intraventricular obstruction is associated with hypovolemia and high mortality in septic shock patients[J]. *Crit Care*, 2015, 19: 262.
- [44] Slama M, Tribouilloy C, Maizel J. Left ventricular outflow tract obstruction in ICU patients[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2016, 22(3): 260-266.
- [45] Shim JK, Song JW, Song Y, et al. Pulse pressure variation is not a valid predictor of fluid responsiveness in patients with elevated left ventricular filling pressure [J]. *J Crit Care*, 2014, 29(6): 987-991.
- [46] Sobczyk D, Nycz K, Andruszkiewicz P. Bedside ultrasonographic measurement of the inferior vena cava fails to predict fluid responsiveness in the first 6 hours after cardiac surgery: a prospective case series observational study[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2015, 29(3): 663-669.
- [47] Joseph MX, Disney PJ, Da Costa R, et al. Transthoracic echocardiography to identify or exclude cardiac cause of shock [J]. *Chest*, 2004, 126(5): 1592-1597.
- [48] Jones AE, Craddock PA, Tayal VS, et al. Diagnostic accuracy of left ventricular function for identifying sepsis among emergency department patients with nontraumatic symptomatic undifferentiated hypotension[J]. *Shock*, 2005, 24(6): 513-517.
- [49] American College of Emergency Physicians. Emergency ultrasound guidelines[J]. *Ann Emerg Med*, 2009, 53(4): 550-570.
- [50] Jensen MB, Sloth E, Larsen KM, et al. Transthoracic echocardiography for cardiopulmonary monitoring in intensive care[J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2004, 21(9): 700-707.
- [51] 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[J]. *Crit Care Med*, 2004, 32(8): 1703-1708.
- [52] Canty DJ, Royse CF. Audit of anaesthetist-performed echocardiography on perioperative management decisions for non-cardiac surgery[J]. *Br J Anaesth*, 2009, 103(3): 352-358.
- [53] Breikreutz R, Price S, Steiger HV, et al. Focused

- echocardiographic evaluation in life support and peri-resuscitation of emergency patients: a prospective trial[J]. *Resuscitation*, 2010, 81(11): 1527-1533.
- [54] Cecconi M, De Backer D, Antonelli M, et al. Consensus on circulatory shock and hemodynamic monitoring. Task force of the European Society of Intensive Care Medicine [J]. *Intensive Care Med*, 2014, 40(12): 1795-1815.
- [55] Mathis G, Blank W, Reissig A, et al. Thoracic ultrasound for diagnosing pulmonary embolism: a prospective multicenter study of 352 patients[J]. *Chest*, 2005, 128(3): 1531-1538.
- [56] Laursen CB, Sloth E, Lambrechtsen J, et al. Focused sonography of the heart, lungs, and deep veins identifies missed life-threatening conditions in admitted patients with acute respiratory symptoms[J]. *Chest*, 2013, 144(6): 1868-1875.
- [57] Taylor RA, Davis J, Liu R, et al. Point-of-care focused cardiac ultrasound for prediction of pulmonary embolism adverse outcomes[J]. *J Emerg Med*, 2013, 45(3): 392-399.
- [58] Dunn A. In suspected PE with Wells score >4 or positive D-dimer, multiorgan ultrasonography had 90% sensitivity for PE[J]. *Ann Intern Med*, 2014, 161(8): JC12-13.
- [59] Nazerian P, Vanni S, Volpicelli G, et al. Accuracy of point-of-care multiorgan ultrasonography for the diagnosis of pulmonary embolism[J]. *Chest*, 2014, 145(5): 950-957.
- [60] Grumann A, Baretto L, Dugard A, et al. Localized cardiac tamponade after open-heart surgery [J]. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*, 2012, 18(6): 524-529.
- [61] Al Deeb M, Barbic S, Featherstone R, et al. Point-of-care ultrasonography for the diagnosis of acute cardiogenic pulmonary edema in patients presenting with acute dyspnea: a systematic review and meta-analysis[J]. *Acad Emerg Med*, 2014, 21(8): 843-852.
- [62] Silva S, Biendel C, Ruiz J, et al. Usefulness of cardiothoracic chest ultrasound in the management of acute respiratory failure in critical care practice[J]. *Chest*, 2013, 144(3): 859-865.
- [63] Bataille B, Riu B, Ferre F, et al. Integrated use of bedside lung ultrasound and echocardiography in acute respiratory failure: a prospective observational study in ICU[J]. *Chest*, 2014, 146(6): 1586-1593.
- [64] Wang XT, Liu DW, Zhang HM, et al. Integrated cardiopulmonary sonography: a useful tool for assessment of acute pulmonary edema in the intensive care unit [J]. *J Ultrasound Med*, 2014, 33(7): 1231-1239.
- [65] Moschietto S, Doyen D, Grech L, et al. Transthoracic Echocardiography with Doppler Tissue Imaging predicts weaning failure from mechanical ventilation: evolution of the left ventricle relaxation rate during a spontaneous breathing trial is the key factor in weaning outcome[J]. *Crit Care*, 2012, 16(3): R81.
- [66] Dokainish H, Zoghbi WA, Lakkis NM, et al. Optimal noninvasive assessment of left ventricular filling pressures: a comparison of tissue Doppler echocardiography and B-type natriuretic peptide in patients with pulmonary artery catheters[J]. *Circulation*, 2004, 109(20): 2432-2439.
- [67] Lamia B, Maizel J, Ochagavia A, et al. Echocardiographic diagnosis of pulmonary artery occlusion pressure elevation during weaning from mechanical ventilation [J]. *Crit Care Med*, 2009, 37(5): 1696-1701.
- [68] de Meirelles Almeida CA, Nedel WL, Morais VD, et al. Diastolic dysfunction as a predictor of weaning failure: A systematic review and meta-analysis[J]. *J Crit Care*, 2016, 34: 135-141.
- [69] Dres M, Teboul J L, Monnet X. Weaning the cardiac patient from mechanical ventilation[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2014, 20(5): 493-498.
- [70] Fichet J, Moreau L, Genee O, et al. Feasibility of right ventricular longitudinal systolic function evaluation with transthoracic echocardiographic indices derived from tricuspid annular motion: a preliminary study in acute respiratory distress syndrome[J]. *Echocardiography*, 2012, 29(5): 513-521.
- [71] Repesse X, Charron C, Vieillard-Baron A. Right ventricular failure in acute lung injury and acute respiratory distress syndrome[J]. *Minerva Anestesiol*, 2012, 78(8): 941-948.
- [72] Vieillard-Baron A, Matthay M, Teboul JL, et al. Experts' opinion on management of hemodynamics in ARDS patients: focus on the effects of mechanical ventilation[J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42(5): 739-749.
- [73] Ali OM, Masood AM, Siddiqui F. Bedside cardiac testing in acute cor pulmonale[J]. *BMJ Case Rep*, 2014, 2014.
- [74] Kim HB, Suh JY, Choi JH, et al. Can serial focussed echocardiographic evaluation in life support (FEEL) predict resuscitation outcome or termination of resuscitation (TOR)? A pilot study[J]. *Resuscitation*, 2016, 101: 21-26.
- [75] Zamani M, Masoumi B, Esmailian M, et al. A Comparative analysis of diagnostic accuracy of focused assessment with sonography for trauma performed by emergency medicine and radiology residents[J]. *Iran Red Crescent Med J*, 2015, 17(12): e20302.
- [76] French Intensive Care Society, International congress-Reanimation 2016[J]. *Ann Intensive Care*, 2016, 6(Suppl 1): 50.
- [77] Behboodi F, Mohtasham-Amiri Z, Masjedi N, et al. Outcome of blunt abdominal traumas with stable hemodynamic and positive FAST findings [J]. *Emerg (Tehran)*, 2016, 4(3): 136-139.
- [78] O'keeffe M, Clark S, Khosa F, et al. Imaging protocols for trauma patients: trauma series, extended focused assessment with sonography for trauma, and selective and whole-body computed tomography[J]. *Semin Roentgenol*, 2016, 51(3): 130-142.
- [79] Meredith EL, Masani ND. Echocardiography in the emergency assessment of acute aortic syndromes[J]. *Eur J Echocardiogr*, 2009, 10(1): i31-i39.

- [80] Janosi RA, Buck T, Erbel R, et al. Role of echocardiography in the diagnosis of acute aortic syndrome [J]. *Minerva Cardioangiol*, 2010, 58(3): 409-420.
- [81] Cecconi M, Chirillo F, Costantini C, et al. The role of transthoracic echocardiography in the diagnosis and management of acute type A aortic syndrome[J]. *Am Heart J*, 2012, 163(1): 112-118.
- [82] Bossone E, Suzuki T, Eagle KA, et al. Diagnosis of acute aortic syndromes: imaging and beyond[J]. *Herz*, 2013, 38(3): 269-276.
- [83] Evangelista A, Carro A, Moral S, et al. Imaging modalities for the early diagnosis of acute aortic syndrome[J]. *Nat Rev Cardiol*, 2013, 10(8): 477-486.
- [84] Clough RE, Nienaber CA. Management of acute aortic syndrome[J]. *Nat Rev Cardiol*, 2015, 12(2): 103-114.
- [85] Mayo PH, Narasimhan M, Koenig S. Critical care transesophageal echocardiography[J]. *Chest*, 2015, 148(5): 1323-1332.
- [86] Mac Knight BM, Maldonado Y, Augoustides JG, et al. Advances in Imaging for the management of acute aortic syndromes: focus on transesophageal echocardiography and type-a aortic dissection for the perioperative echocardiographer[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2016, 30(4): 1129-1141.
- [87] Lichtenstein D, Goldstein I, Mourgeon E, et al. Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome[J]. *Anesthesiology*, 2004, 100(1): 9-15.
- [88] Lichtenstein DA, Meziere GA, Lagoueyte JF, et al. A-lines and B-lines: lung ultrasound as a bedside tool for predicting pulmonary artery occlusion pressure in the critically ill[J]. *Chest*, 2009, 136(4): 1014-1020.
- [89] Bourcier JE, Paquet J, Seinger M, et al. Performance comparison of lung ultrasound and chest x-ray for the diagnosis of pneumonia in the ED[J]. *Am J Emerg Med*, 2014, 32(2): 115-118.
- [90] Lichtenstein DA. BLUE—protocol and FALLS-protocol: two applications of lung ultrasound in the critically ill[J]. *Chest*, 2015, 147(6): 1659-1670.
- [91] 丁欣,王小亭,陈焕,等. 不同床旁肺部超声评估方案评估膈肌点位置与征象的研究[J]. *中华内科杂志*, 2015, 54(9): 778-782.
- [92] Volpicelli G. Sonographic diagnosis of pneumothorax[J]. *Intensive Care Med*, 2011, 37(2): 224-232.
- [93] Arbelot C, Ferrari F, Bouhemad B, et al. Lung ultrasound in acute respiratory distress syndrome and acute lung injury [J]. *Curr Opin Crit Care*, 2008, 14(1): 70-74.
- [94] Corradi F, Brusasco C, Pelosi P. Chest ultrasound in acute respiratory distress syndrome [J]. *Curr Opin Crit Care*, 2014, 20(1): 98-103.
- [95] Bass CM, Sajed DR, Adedipe AA, et al. Pulmonary ultrasound and pulse oximetry versus chest radiography and arterial blood gas analysis for the diagnosis of acute respiratory distress syndrome: a pilot study[J]. *Crit Care*, 2015, 19: 282.
- [96] Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, et al. International evidence — based recommendations for point-of-care lung ultrasound[J]. *Intensive Care Med*, 2012, 38(4): 577-591.
- [97] Force ADT, Ranieri VM, Rubenfeld GD, et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition [J]. *JAMA*, 2012, 307(23): 2526-2533.
- [98] Mancebo J, Fernandez R, Blanch L, et al. A multicenter trial of prolonged prone ventilation in severe acute respiratory distress syndrome[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2006, 173(11): 1233-1239.
- [99] Guerin C, Reignier J, Richard JC, et al. Prone positioning in severe acute respiratory distress syndrome [J]. *N Engl J Med*, 2013, 368(23): 2159-2168.
- [100] 丁欣,刘大为,王小亭,等. 俯卧位肺部超声检查预测急性呼吸窘迫综合征患者俯卧位通气的预后价值[J]. *中华内科杂志*, 2014, 53(9): 719-723.
- [101] 王艺萍,肖菲,黎嘉嘉,等. 床旁超声指导设定重度急性呼吸窘迫综合征患者的通气时间[J]. *中华医学杂志*, 2015, 95(19): 1448-1452.
- [102] Bouhemad B, Brisson H, Le-Guen M, et al. Bedside ultrasound assessment of positive end—expiratory pressure-induced lung recruitment[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2011, 183(3): 341-347.
- [103] Rode B, Vucic M, Siranovic M, et al. Positive end—expiratory pressure lung recruitment: comparison between lower inflection point and ultrasound assessment [J]. *Wien Klin Wochenschr*, 2012, 124(23-24): 842-847.
- [104] Du J, Tan J, Yu K, et al. Lung recruitment maneuvers using direct ultrasound guidance: a case study [J]. *Respir Care*, 2015, 60(5): e93-96.
- [105] Tusman G, Acosta CM, Nicola M, et al. Real—time images of tidal recruitment using lung ultrasound [J]. *Crit Ultrasound J*, 2015, 7(1): 19.
- [106] Soummer A, Perbet S, Brisson H, et al. Ultrasound assessment of lung aeration loss during a successful weaning trial predicts postextubation distress [J]. *Crit Care Med*, 2012, 40(7): 2064-2072.
- [107] DiNino E, Gartman EJ, Sethi JM, et al. Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation[J]. *Thorax*, 2014, 69(5): 423-427.
- [108] Ferrari G, De Filippi G, Elia F, et al. Diaphragm ultrasound as a new index of discontinuation from mechanical ventilation [J]. *Crit Ultrasound J*, 2014, 6(1): 8.
- [109] Farghaly S, Hasan AA. Diaphragm ultrasound as a new method to predict extubation outcome in mechanically ventilated patients[J]. *Aust Crit Care*, 2016, 30(4): 1129-1141.
- [110] Kim SH, Na S, Choi JS, et al. An evaluation of diaphragmatic movement by M—mode sonography as a predictor of pulmonary dysfunction after upper abdominal surgery[J]. *Anesth Analg*, 2010, 110(5): 1349-1354.

- [111] Oh YJ, Lee JR, Choi YS, et al. Randomized controlled comparison of combined general and epidural anesthesia versus general anesthesia on diaphragmatic function after laparoscopic prostatectomy[J]. *Minerva Anesthesiol*, 2013, 79(12): 1371-1380.
- [112] Schepens T, Verbrugghe W, Dams K, et al. The course of diaphragm atrophy in ventilated patients assessed with ultrasound: a longitudinal cohort study[J]. *Crit Care*, 2015, 19: 422.
- [113] Lichtenstein D, van Hooland S, Elbers P, et al. Ten good reasons to practice ultrasound in critical care [J]. *Anaesthesiol Intensive Ther*, 2014, 46(5): 323-335.
- [114] Karabinis A, Fragou M, Karakitsos D. Whole - body ultrasound in the intensive care unit: a new role for an aged technique[J]. *J Crit Care*, 2010, 25(3): 509-513.
- [115] Lichtenstein DA. Whole - body ultrasound in the ICU. A visual approach to the critically ill[J]. *Bull Acad Natl Med*, 2007, 191(3): 495-516.
- [116] Soldatos T, Karakitsos D, Chatzimichail K, et al. Optic nerve sonography in the diagnostic evaluation of adult brain injury[J]. *Crit Care*, 2008, 12(3): R67.
- [117] Moretti R, Pizzi B. Optic nerve ultrasound for detection of intracranial hypertension in intracranial hemorrhage patients: confirmation of previous findings in a different patient population[J]. *J Neurosurg Anesthesiol*, 2009, 21(1): 16-20.
- [118] Cammarata G, Ristagno G, Cammarata A, et al. Ocular ultrasound to detect intracranial hypertension in trauma patients[J]. *J Trauma*, 2011, 71(3): 779-781.
- [119] Dubourg J, Javouhey E, Geeraerts T, et al. Ultrasonography of optic nerve sheath diameter for detection of raised intracranial pressure: a systematic review and meta-analysis[J]. *Intensive Care Med*, 2011, 37(7): 1059-1068.
- [120] Ragauskas A, Bartusis L, Piper I, et al. Improved diagnostic value of a TCD - based non-invasive ICP measurement method compared with the sonographic ONSD method for detecting elevated intracranial pressure [J]. *Neurol Res*, 2014, 36(7): 607-614.
- [121] Ninet S, Schnell D, Dewitte A, et al. Doppler - based renal resistive index for prediction of renal dysfunction reversibility: A systematic review and meta-analysis[J]. *J Crit Care*, 2015, 30(3): 629-635.
- [122] Laing FC, Jacobs RP. Value of ultrasonography in the detection of retroperitoneal inflammatory masses [J]. *Radiology*, 1977, 123(1): 169-172.
- [123] Hilbert G, Vargas F, Valentino R, et al. Comparison of B - mode ultrasound and computed tomography in the diagnosis of maxillary sinusitis in mechanically ventilated patients[J]. *Crit Care Med*, 2001, 29(7): 1337-1342.
- [124] Lichtenstein DA. Point - of-care ultrasound: Infection control in the intensive care unit[J]. *Crit Care Med*, 2007, 35(5 Suppl): S262-S267.
- [125] Chen HJ, Yu YH, Tu CY, et al. Ultrasound in peripheral pulmonary air - fluid lesions. Color Doppler imaging as an aid in differentiating empyema and abscess[J]. *Chest*, 2009, 135(6): 1426-1432.
- [126] Cortellaro F, Colombo S, Coen D, et al. Lung ultrasound is an accurate diagnostic tool for the diagnosis of pneumonia in the emergency department[J]. *Emerg Med J*, 2012, 29(1): 19-23.
- [127] Nagano Y, Nakagawa M, Teshima Y, et al. Infective endocarditis - blood culture and echocardiography [J]. *Rinsho Byori*, 2015, 63(8): 949-955.
- [128] Cortellaro F, Ferrari L, Molteni F, et al. Accuracy of point of care ultrasound to identify the source of infection in septic patients: a prospective study[J]. *Intern Emerg Med*, 2016.
- [129] Hyzy RC. Bedside ultrasonography for diagnosis of septic shock[J]. *JAMA*, 2016, 315(1): 89.
- [130] Mongodi S, Via G, Girard M, et al. Lung ultrasound for early diagnosis of ventilator - associated pneumonia [J]. *Chest*, 2016, 149(4): 969-980.
- [131] Bodenham AR. Ultrasound guided central venous access. Ultrasound localisation is likely to become standard practice [J]. *BMJ*, 2003, 326(7391): 712.
- [132] Sharma A, Bodenham AR, Mallick A. Ultrasound - guided infraclavicular axillary vein cannulation for central venous access[J]. *Br J Anaesth*, 2004, 93(2): 188-192.
- [133] Lamperti M, Bodenham AR, Pittiruti M, et al. International evidence - based recommendations on ultrasound-guided vascular access[J]. *Intensive Care Med*, 2012, 38(7): 1105-1117.
- [134] Scheiermann P, Seeger FH, Breikreutz R. Ultrasound-guided central venous access in adults and children: Procedure and pathological findings[J]. *Anaesthetist*, 2010, 59(1): 53-61.
- [135] Troianos CA, Hartman GS, Glas KE, et al. Special articles: guidelines for performing ultrasound guided vascular cannulation; recommendations of the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists[J]. *Anesth Analg*, 2012, 114(1): 46-72.
- [136] Vezzani A, Manca T, Vercelli A, et al. Ultrasonography as a guide during vascular access procedures and in the diagnosis of complications[J]. *J Ultrasound*, 2013, 16(4): 161-170.
- [137] Kundra P, Mishra SK, Ramesh A. Ultrasound of the airway [J]. *Indian J Anaesth*, 2011, 55(5): 456-462.
- [138] Dinsmore J, Heard AM, Green RJ. The use of ultrasound to guide time - critical cannula tracheotomy when anterior neck airway anatomy is unidentifiable [J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2011, 28(7): 506-510.
- [139] Das SK, Choupoo NS, Haldar R, et al. Transtracheal ultrasound for verification of endotracheal tube placement: a systematic review and meta-analysis [J]. *Can J Anaesth*, 2015, 62(4): 413-423.

收稿日期: 2017-04-16 编辑: 张卫国