

DOI:10.16781/j.0258-879x.2020.08.0885

• 综述 •

超声可视化技术在战创伤救治中的应用

王昌理, 薄禄龙*, 卞金俊, 邓小明

海军军医大学(第二军医大学)长海医院麻醉学部, 上海 200433

[摘要] 现代战争中军事技术和武器装备的提升将使伤员成批集中, 野战救护难度增加, 给医护人员在短时间内完成对战创伤患者的伤情评估、分类和救治带来巨大挑战。超声在战场环境或野战医院能简便、快捷地对伤病员进行筛查与诊断, 提高分类和救治效率。超声可视化技术可提高胸部、腹部、颅脑和骨骼软组织损伤的战创伤患者的筛查和诊断效率, 还可对战创伤患者的紧急救治提供帮助, 提高紧急救治效果。本文主要就超声可视化技术在战创伤患者的伤情评估和紧急救治中的应用作一综述。

[关键词] 超声检查; 军队卫生; 创伤; 急救

[中图分类号] R 826.1

[文献标志码] A

[文章编号] 0258-879X(2020)08-0885-06

Application of ultrasonic visualization technology in the treatment of war trauma

WANG Chang-li, BO Lu-long*, BIAN Jin-jun, DENG Xiao-ming

Faculty of Anesthesiology, Changhai Hospital, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

[Abstract] In modern war, the advancement of military technology and weapons results in the gathering of severe casualties and increases the difficulty in field rescue, which brings great challenges for medical staff to complete the assessment, classification and rescue tasks in a short time. Ultrasonic examination can easily and quickly screen and diagnose the wounded in battlefield environment or field hospital, and improve the efficiency of classification and treatment. Ultrasonic visualization technology can improve the screening and diagnosis efficiency of war trauma patients with chest, abdomen, craniocerebral and skeletal soft tissue injuries. It also provides convenience for emergency treatment of war trauma patients and improves the emergency treatment effects. This paper reviews the application of ultrasonic visualization technology in the evaluation and emergency treatment of war trauma patients.

[Key words] ultrasonography; military hygiene; trauma; first aid

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2020, 41(8): 885-890]

现代军事战争的武器多样化、致伤多元化和伤情复杂化的特点使得战场医疗救护难度增加。救治时间是严重战创伤预后的关键影响因素, 在短时间内最大限度地完成对大量伤病员的救治, 给战场救护和战地医院带来巨大挑战。及时、准确评估伤病员伤情的严重程度并做出相应处置至关重要^[1]。超声可视化技术可使医护人员以直观、清晰的方式辨别无法直接用肉眼观察的器官和组织, 为临床诊断与治疗提供有价值的信息。随着超声的数字处理技术的进步, 显像设备、高分辨率探头和设备

便携性的提升, 使超声可视化技术在临床多学科和亚专业中得到广泛应用, 提高了医疗效率和医疗质量^[2]。因此, 在伤病员诊断评估和优化处理中, 超声可视化技术具有重要的应用价值, 能辅助医疗急救人员对伤病员进行快速、准确的评估, 能为伤病员的紧急处理或治疗提供指导, 还可减少不必要的有创检查, 保证医疗资源的高效、合理利用。在受伤现场和伤病员后送途中, 通过超声检查并评估伤情, 有利于战地和后方医院创伤救治团队做好更充分的准备, 避免延误危重伤病员的抢救^[3]。本文主

[收稿日期] 2019-12-01 **[接受日期]** 2020-02-23

[基金项目] 上海市优秀青年医学人才培养计划(2017YQ015), 上海市青年科技启明星计划(19QA1408500), 海军军医大学(第二军医大学)长海医院教育研究课题重点项目(CHJG2018002)。Supported by Young Medical Talent Training Program of Shanghai (2017YQ015), Shanghai Rising Star Program for Young Scientists (19QA1408500) and Key Project of Educational Research Program of Changhai Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University) (CHJG2018002).

[作者简介] 王昌理, 硕士, 住院医师. E-mail: wangchangli1122@foxmail.com

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-31161839, E-mail: nbastars@126.com

要就超声可视化技术在战创伤患者伤情评估及紧急救治中的应用作一综述。

1 超声可视化技术在战创伤评估中的作用

1.1 探查胸部损伤 创伤患者的气胸诊断最常使用胸部X线检查,另外胸部CT检查的灵敏度最高。超声则是一种快速、无放射性、诊断准确性高、允许动态和重复检查的气胸诊断方法。正常情况下,超声可观察到与呼吸活动一致的脏层胸膜运动(肺滑动征),如果发生气胸则肺滑动征消失。超声尤其适用于战场环境下短时间内对大量伤病员胸部闭合性损伤的快速分类和诊断^[4]。一项比较胸部超声和X线诊断气胸的研究表明,超声对创伤性气胸诊断的灵敏度和特异度均较高,超声检查的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值和总体准确度均为100%,而胸部X线的灵敏度为87.5%、特异度为100%、阳性预测值为100%、阴性预测值为99.6%、总体准确度为99.6%^[5]。有研究者对多项临床研究结果进行总结发现,超声诊断创伤性气胸总体的灵敏度和特异度分别为80%~100%和83%~100%^[6]。超声检查可以快速开展,能及时指导临床救治方案的选择,并能实时引导胸腔闭式引流术^[7]。使用直升机或固定翼飞机对伤病员进行急救和后送过程中,也可使用超声进行伤情评估和指导治疗。有研究表明,相较于胸部CT检查,在飞行途中使用超声诊断气胸的准确度与在陆地医院内超声诊断的准确度相当,分别为91%和96%^[8]。超声是诊断血胸的首选方法之一,并能指导进一步治疗。超声对血胸诊断的灵敏度和特异度分别为67%和99%,而血胸X线检查的灵敏度和特异度分别为54%和99%^[9]。因此,超声是一种准确的创伤性血/气胸的检测方法,可用于伤病员的快速分类和诊断。

1.2 探查腹部损伤

1.2.1 腹腔积血 战创伤种类繁多,伤情严重,尤以腹部创伤较为常见。闭合性腹部创伤可引起肝、脾等器官受损,导致腹腔内出血。超声是一种快速、可靠的腹腔脏器损伤的检测方法。腹腔游离液体是腹腔积血的直接表现和器官损伤的间接征兆,创伤患者存在腹腔出血时的及时干预尤其重要,因为在采取干预措施前每3 min患者的死亡率增加约1%^[10]。超声检查腹腔游离液体的灵敏度和特异度分别为

64%~98%和86%~100%,各研究结果差异较大的原因可能是操作医师的经验和使用的参考标准存在差异^[11]。超声检查腹腔积血和积液的灵敏度受积液体积影响,其灵敏度随着积液体积增大而增加。对严重腹部钝性创伤患者,应尽量快速、及时进行超声检查^[11]。Ollerton等^[12]发现,使用超声检查腹部后,32.8%的患者后续的治疗方式发生了变化,诊断性腹腔灌洗率从9%降至1%,CT检查率从47%降至34%。但在创伤早期,腹部超声检查有时可能出现假阴性结果;当创伤后超声检查出现阴性结果时,应每隔15 min检查1次,重复检查可减少50%假阴性结果^[13]。

1.2.2 腹腔器官损伤 创伤性气腹通常由胃肠穿孔造成,及时检查可指导伤病员的早期治疗和后送。胃肠穿孔通常通过X线或CT确诊。有研究发现,腹部超声对气腹诊断的灵敏度和特异度分别为85%~90%和100%,经验丰富的医师甚至可检测出1 mL气体,效果可与CT检查相当^[14]。因此,腹部超声在大量伤病员集中出现的战场环境下有较大优势。超声检查可检测腹腔内游离液体,但其对鉴别腹腔实质器官损伤的灵敏度较差,在诊断实质器官损伤中的作用有限^[15]。据报道,创伤重点超声评估法检测腹腔器官损伤的灵敏度为44%~95%,特异度为84%~100%^[16-17]。超声增强造影可提高对腹腔实质器官损伤诊断的灵敏度,从静脉注射小剂量磷脂包裹的惰性气体,然后用超声设备扫描肝脏、肾脏、胰腺和脾脏等腹部器官,造影剂能增强血液产生的回声信号,有利于评估组织血管损伤。正常腹部器官可出现均匀高回声影,创伤部位出现相对低回声区,活动性出血甚至可见微泡外渗^[18]。有研究发现,84例经增强CT检查确诊的腹部实质器官损伤的患者中81例超声造影检查为阳性^[19]。因此,超声造影能改善超声对实质器官损伤的识别能力,可减少CT检查次数,提高对腹部损伤患者诊断和分类速度,提高创伤患者的救治率。

1.3 探查颅脑损伤 创伤性脑损伤的一大表现是颅内压升高。在战场环境或紧急条件下无法开展头颅CT或MRI检查时,可通过超声测量视神经鞘直径(optic nerve sheath diameter, ONSD)评估颅内压^[20]。有研究发现超声测量ONSD预测颅内压升高的灵敏度和特异度分别为100%和95%^[21]。

Moretti等^[22]对比了超声检查和侵入性颅内压检查,发现当颅内压 ≥ 20 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa)时超声检查的灵敏度和特异度分别为93.1%和73.9%。对颅脑损伤的伤员,及时使用超声测量ONSD有助于早期实行神经保护策略,可帮助医师对颅脑创伤患者进行快速分类,并及时转运到后方医院进行急诊手术或相应处理,提高伤病员的存活率。

1.4 探查骨折和软组织损伤 骨折的影像学诊断首选X线检查,但在紧急情况下无法开展该项检查时,超声是重要的非侵入性辅助检查方法。超声可发现多部位的骨折^[23]。超声可准确检测长骨皮质表面断裂情况,灵敏度为73%~90.2%,特异度为92%~96.1%^[24]。尽管X线检查对大多数骨折诊断的灵敏度高于其他影像学诊断手段,但超声具有自身的优势,如可用性、及时性、无辐射、无需镇静,还能减少CT使用率^[25]。超声在战时等紧急条件下辅助评估可疑骨折便于对伤病员进行相应处理。对于超声检查阳性者,可转诊至具有X线检查设备的上级医疗机构,检查阴性者则用夹板固定并进一步观察,加快对伤病员的分诊和治疗^[26]。超声对肌腱撕裂伤的诊断也有一定优势。肌腱的超声影像为纤维状外观,具有平行、交替的高回声和低回声线,肌腱损伤时可显示肌腱周围肿胀、表面不规则和肌腱低回声团块。放射性检查(X线、CT)对排查体内异物有较大优势,但常会遗漏玻璃、木头等能透过X线的异物,超声对此类异物检查的灵敏度为72%,特异度为92%,还可协助定位并取出异物^[27]。

2 超声可视化技术在战创伤治疗中的作用

2.1 环甲膜切开 在紧急情况下,环甲膜切开是侵入性气道管理的首选方法。采用传统方式对严重战创伤患者进行经皮环甲膜切开术的失败率较高,且容易撕裂气管壁。Siddiqui等^[28]在尸体标本上对比了触诊定位和超声引导定位经皮环甲膜切开,结果表明超声引导定位能将导管置入成功率提高5.6倍,喉部和气管损伤的发生率降至33%。类似研究也发现,采用传统触诊定位经皮环甲膜切开时气管导管从环状软骨和第1气管软骨环之间置入(定位错误)的发生人数为5例(33%),气管撕裂受损的人数为6例(43%),而超声引导定位穿刺则分别为0例和4例(36%)^[29]。目前,紧急情况下使用超声引

导经皮环甲膜切开术仍有争议,但Curtis等^[30]认为超声引导经皮环甲膜切开术是一项快速、可靠的技术,他们在21例尸体标本上使用超声引导经皮环甲膜切开,其中20例获得成功,操作中位时间为26.2 s,该研究并未对比传统触诊定位切开和超声引导定位切开的操作时间。在战争环境或紧急条件下使用超声引导定位并指导经皮环甲膜切开可能是挽救伤病员生命的一种重要方法。

2.2 气管插管 院前或紧急情况下快速气管插管的一次成功率为46%~85%^[31]。超声引导急诊气管插管的灵敏度和特异度分别为98%和94%^[32]。在战场环境或紧急情况下,使用超声确认气管导管位置可能对伤病员有益。二氧化碳波形是确认导管是否在气管内的金标准,但它不能鉴别气管导管是否置入支气管。紧急情况下,超声是一个可快速评估气管导管位置的有效方法^[33]。Zadel等^[34]对124例行院前紧急气管插管的病例进行分析,在发生气管导管误入食管的患者中,通过视觉或听诊仅发现4例(30.8%, 4/13),而超声可确认气管导管位置,其对导管位置判断的灵敏度和特异度均为100%,平均检查时间为30 s。因此,在无法进行胸部X线检查或二氧化碳监测时,超声检查气管导管的位置具有重大意义。

2.3 心包填塞 心包填塞是因心包腔内过多的血液压迫心脏,影响心脏充盈,严重者可危及生命。超声检查是一种快速诊断心包积血和心包填塞的有效方法,心包游离液体的超声影像为心包脏层和壁层之间出现无回声区域^[35]。有症状的心包积血或心包填塞需及时治疗,超声引导下心包穿刺术是一种安全、有效且易于操作的方法。一项多中心研究探讨了超声引导心包穿刺术的安全性,发现纳入研究的各个医疗机构穿刺成功率均较高(91.7%~99%),并发症的发生率也均较低,其中严重并发症的发生率为1.2%,轻微并发症的发生率为4.3%^[36]。对胸部或上腹部损伤的伤病员需及时进行心包腔的超声检查,以排除心包填塞风险,这对挽救伤病员的生命具有重要意义。

2.4 辅助动静脉穿刺置管 大出血的伤病员常需建立中心静脉通路进行液体复苏,有时还需置入动脉导管连续监测血压及动脉血气。血流动力学不稳定或失血性休克的伤病员,因有效循环血容量减少造成大血管塌陷等,给中心静脉导管的置入带来巨

大挑战,根据体表标志指导建立血管通路的难度明显增加^[37]。超声可视化技术可用于辅助深静脉穿刺置管,如颈内静脉、锁骨下静脉或股静脉穿刺,可减少穿刺次数和穿刺置管时间,确定导管位置,降低静脉导管误入动脉、出血和气胸等严重并发症发生风险^[37]。如 Leung 等^[38]开展的一项随机、前瞻性研究发现,通过体表标志定位的颈内静脉置管成功率为 78.5%,而超声引导定位的颈内静脉置管成功率为 93.9%,成功穿刺置管的平均尝试次数分别为 1.6 次和 1.3 次;此外,体表标志定位发生各种并发症(包括血肿、动脉穿刺和气胸)的发生率为 16.9%,而超声引导穿刺并发症的发生率为 4.6%。有关体表标志定位和超声引导颈内静脉置管的 meta 分析发现,超声可降低 71% 的并发症发生率,减少了 72% 的误入颈动脉的发生率和 73% 的血肿发生率,总体穿刺成功率增加 12%;成功穿刺置管的尝试次数平均减少 1.19 次,穿刺首次尝试的成功率平均增加 57%;成功置管的时间缩短 30.52 s^[39]。对严重创伤患者的紧急救治常需实时监测动脉血压和行血气分析,但血容量不足和低血压增加了外周动脉穿刺置管的难度。有研究发现,在桡动脉穿刺置管操作中,与传统触诊相比,超声可提高首次尝试的成功率($RR=0.68$, 95% CI 0.52~0.87),还可降低血肿发生率($RR=0.39$, 95% CI 0.16~0.95),在穿刺成功的患者中,超声还降低了平均尝试次数(1.26 次)和减少了穿刺时间(43.18 s)^[40]。因此,超声辅助深静脉和外周动脉穿刺置管可提高穿刺成功率,节约操作时间,能帮助医护人员对危重创伤患者实施抢救。

2.5 神经阻滞 超声引导下区域神经阻滞是一种常见的麻醉技术。周围神经的横轴具有特征性的“蜂窝状”外观,高回声的神经束膜包裹低回声神经束,纵轴则显示纤维状外观。区域神经阻滞通过阻断外周神经传导而缓解伤病员疼痛,且不影响伤病员意识、呼吸和循环,可减少阿片类药物的使用,降低全身镇痛药物相关的不良反应,减轻医疗负担^[41]。超声引导下股神经阻滞可有效缓解髌部骨折疼痛;超声引导下腹横肌平面神经阻滞是骨盆骨折缓解疼痛的有效方法,阻断前腹壁神经可松弛腹肌,减少其对坐骨和耻骨的牵拉,而椎旁或肋间神经阻滞可用于肋骨骨折的镇痛^[42]。在将伤病员送入后方医疗中心接受进一步救治前,可先对伤病员行超声引

导下神经阻滞镇痛治疗,缓解疼痛^[43]。

2.6 辅助腹腔穿刺术 超声可使穿刺部位可视化,保证穿刺的安全、有效。一项观察性队列研究探讨了超声对腹腔穿刺术后出血并发症风险的影响,在 69 859 例接受腹腔穿刺的患者中有 0.8% (565 例)的患者出现并发症,而超声可将出血并发症风险降低 68%^[44]。一项纳入 100 例患者的前瞻性随机研究表明,急诊医师分别使用超声辅助和传统方法进行腹腔穿刺成功率分别为 95% 和 65%^[45]。

3 小结和展望

超声作为一种无创检查工具,广泛运用于创伤患者的分类、诊断和治疗。超声在战场环境或其他短期内出现大量创伤患者的突发事件中具有独一无二的优势。本文综述了超声可视化技术在胸部、腹部、颅脑、骨骼和软组织损伤评估中的价值。医护人员可通过超声对急重症战创伤患者进行紧急治疗,如辅助环甲膜切开、确认气管插管是否成功等,有利于医护人员对伤病员进行抢救。此外,超声使穿刺部位可视化,可提高心包穿刺、动脉静脉穿刺置管和腹腔穿刺等的安全性和有效性,提高救治效率和质量。医疗科技的进步、超声仪器价格的降低、超声检查准确性的提高、操作的日趋简单化和智能化,尤其是便携式超声仪的不断问世,这些都有助于发挥超声可视化技术的优势。超声检查对操作人员提出了较高的要求,经验丰富的超声医师进行超声检查的灵敏度高,然而军队一线医疗人员超声操作技术是否具备,经验是否充足,值得进一步探讨和进行前瞻性调研。因此,在军队基层医疗机构普及超声设备、加强野战救护训练、加大对一线军医和卫生员的超声可视化技术培训、制定一系列检查操作指南与标准,同时提高规范化管理水平,推广超声可视化技术的应用,将进一步提高一线人员的战伤救治水平。总之,在未来战场救治和各类突发事件中,超声可视化技术将发挥更加重要的作用,能进一步提高伤病员的救治质量。

[参考文献]

- [1] 郭栋,黎檀实,潘菲,鱼敏.现代战现场急救培训现状及技术清单构建研究[J].军事医学,2019,43:241-244.
- [2] GLEESON T, BLEHAR D. Point-of-care ultrasound in trauma[J]. Semin Ultrasound CT MR, 2018, 39: 374-383.
- [3] YATES J G, BAYLOUS D. Aeromedical ultrasound: the

- evaluation of point-of-care ultrasound during helicopter transport[J]. *Air Med J*, 2017, 36: 110-115.
- [4] MARCHETTI G, ARONDI S, BAGLIVO F, LONNI S, QUADRI F, VALSECCHI A, et al. New insights in the use of pleural ultrasonography for diagnosis and treatment of pleural disease[J]. *Clin Respir J*, 2018, 12: 1993-2005.
- [5] SARTORI S, TOMBESI P, TREVISANI L, NIELSEN I, TASSINARI D, ABBASCIANO V. Accuracy of transthoracic sonography in detection of pneumothorax after sonographically guided lung biopsy: prospective comparison with chest radiography[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2007, 188: 37-41.
- [6] REISSIG A, COPETTI R, KROEGEL C. Current role of emergency ultrasound of the chest[J]. *Crit Care Med*, 2011, 39: 839-845.
- [7] HELLAND G, GASPARI R, LICCIARDO S, SANSEVERINO A, TORRES U, EMHOFF T, et al. Comparison of four views to single-view ultrasound protocols to identify clinically significant pneumothorax[J]. *Acad Emerg Med*, 2016, 23: 1170-1175.
- [8] QUICK J A, UHLICH R M, AHMAD S, BARNES S L, COUGHENOUR J P. In-flight ultrasound identification of pneumothorax[J]. *Emerg Radiol*, 2016, 23: 3-7.
- [9] RAHMIR-MOVAGHAR V, YOUSEFIFARD M, GHELICHKHANI P, BAIKPOUR M, TAFAKHORI A, ASADY H, et al. Application of ultrasonography and radiography in detection of hemothorax; a systematic review and meta-analysis[J]. *Emerg (Tehran)*, 2016, 4: 116-126.
- [10] CLARKE J R, TROOSKIN S Z, DOSHI P J, GREENWALD L, MODE C J. Time to laparotomy for intra-abdominal bleeding from trauma does affect survival for delays up to 90 minutes[J]. *J Trauma*, 2002, 52: 420-425.
- [11] KÖRNER M, KRÖTZ M M, DEGENHART C, PFEIFER K J, REISER M F, LINSENMAIER U. Current role of emergency us in patients with major trauma[J]. *Radiographics*, 2008, 28: 225-242.
- [12] OLLERTON J E, SUGRUE M, BALOGH Z, D'AMOURS S K, GILES A, WYLLIE P. Prospective study to evaluate the influence of FAST on trauma patient management[J]. *J Trauma*, 2006, 60: 785-791.
- [13] RUESSELER M, KIRSCHNING T, BREITKREUTZ R, MARZI I, WALCHER F. Prehospital and emergency department ultrasound in blunt abdominal trauma[J/OL]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2009, 35: 341. doi: 10.1007/s00068-009-9082-4.
- [14] NAZERIAN P, TOZZETTI C, VANNI S, BARTOLUCCI M, GUALTIERI S, TRAUSI F, et al. Accuracy of abdominal ultrasound for the diagnosis of pneumoperitoneum in patients with acute abdominal pain: a pilot study[J/OL]. *Crit Ultrasound J*, 2015, 7: 15. doi: 10.1186/s13089-015-0032-6.
- [15] SMITH I M, NAUMANN D N, MARSDEN M E, BALLARD M, BOWLEY D M. Scanning and war: utility of FAST and CT in the assessment of battlefield abdominal trauma[J]. *Ann Surg*, 2015, 262: 389-396.
- [16] AKDEMIR H U, CALISKAN F, KATI C, BAYDIN A. The blunt abdominal trauma bedside ultrasonography comparison with trauma severity scores and computerized tomography[J]. *J Coll Physicians Surg Pak*, 2019, 29: 621-625.
- [17] NURAL M S, YARDAN T, GÜVEN H, BAYDIN A, BAYRAK I K, KATI C. Diagnostic value of ultrasonography in the evaluation of blunt abdominal trauma[J]. *Diagn Interv Radiol*, 2005, 11: 41-44.
- [18] TRINCI M, PICCOLO C L, FERRARI R, GALLUZZO M, IANNIELLO S, MIELE V. Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in pediatric blunt abdominal trauma[J]. *J Ultrasound*, 2019, 22: 27-40.
- [19] VALENTINO M, DE LUCA C, GALLONI S S, BRANCHINI M, MODOLON C, PAVLICA P, et al. Contrast-enhanced US evaluation in patients with blunt abdominal trauma[J]. *J Ultrasound*, 2010, 13: 22-27.
- [20] KOZIARZ A, SNE N, KEGEL F, NATH S, BADHIWALA J H, NASSIRI F, et al. Bedside optic nerve ultrasonography for diagnosing increased intracranial pressure: a systematic review and meta-analysis[J]. *Ann Intern Med*, 2019, 171: 896-905.
- [21] MUNAWAR K, KHAN M T, HUSSAIN S W, QADEER A, SHAD Z S, BANO S, et al. Optic nerve sheath diameter correlation with elevated intracranial pressure determined via ultrasound[J/OL]. *Cureus*, 2019, 11: e4145. doi: 10.7759/cureus.4145.
- [22] MORETTI R, PIZZI B, CASSINI F, VIVALDI N. Reliability of optic nerve ultrasound for the evaluation of patients with spontaneous intracranial hemorrhage[J]. *Neurocrit Care*, 2009, 11: 406-410.
- [23] KOZACI N, AY M O, AVCI M, TURHAN S, DONERTAS E, CELIK A, et al. The comparison of point-of-care ultrasonography and radiography in the diagnosis of tibia and fibula fractures[J]. *Injury*, 2017, 48: 1628-1635.
- [24] WEINBERG E R, TUNIK M G, TSUNG J W. Accuracy of clinician-performed point-of-care ultrasound for the diagnosis of fractures in children and young adults[J]. *Injury*, 2010, 41: 862-868.
- [25] AVCI M, KOZACI N, TULUBAS G, CALISKAN G, YUKSEL A, KARACA A, et al. Comparison of point-of-care ultrasonography and radiography in the diagnosis of long-bone fractures[J]. *Medicina (Kaunas)*,

- 2019, 55: 355. doi: 10.3390/medicina55070355.
- [26] TALBOT M, HARVEY E J, REINDL R, MARTINEAU P, SCHNEIDER P. Ultrasound-assisted external fixation: a technique for austere environments[J]. *J R Army Med Corps*, 2016, 162: 456-459.
- [27] DAVIS J, CZERNISKI B, AU A, ADHIKARI S, FARRELL I, FIELDS J M. Diagnostic accuracy of ultrasonography in retained soft tissue foreign bodies: a systematic review and meta-analysis[J]. *Acad Emerg Med*, 2015, 22: 777-787.
- [28] SIDDIQUI N, ARZOLA C, FRIEDMAN Z, GUERINA L, YOU-TEN K E. Ultrasound improves cricothyrotomy success in cadavers with poorly defined neck anatomy: a randomized control trial[J]. *Anesthesiology*, 2015, 123: 1033-1041.
- [29] SUSTIĆ A, KOVAC D, ZGALJARDIĆ Z, ZUPAN Z, KRSTULOVIĆ B. Ultrasound-guided percutaneous dilatational tracheostomy: a safe method to avoid cranial misplacement of the tracheostomy tube[J]. *Intensive Care Med*, 2000, 26: 1379-1381.
- [30] CURTIS K, AHERN M, DAWSON M, MALLIN M. Ultrasound-guided, bougie-assisted cricothyroidotomy: a description of a novel technique in cadaveric models[J]. *Acad Emerg Med*, 2012, 19: 876-879.
- [31] PETERS J, VAN WAGENINGEN B, HENDRIKS I, EIJK R, EDWARDS M, HOOGERWERF N, et al. First-pass intubation success rate during rapid sequence induction of prehospital anaesthesia by physicians versus paramedics[J]. *Eur J Emerg Med*, 2015, 22: 391-394.
- [32] DAS S K, CHOUPPOO N S, HALDAR R, LAHKAR A. Transtracheal ultrasound for verification of endotracheal tube placement: a systematic review and meta-analysis[J]. *Can J Anaesth*, 2015, 62: 413-423.
- [33] THOMAS V K, PAUL C, RAJEEV P C, PALATTY B U. Reliability of ultrasonography in confirming endotracheal tube placement in an emergency setting[J]. *Indian J Crit Care Med*, 2017, 21: 257-261.
- [34] ZADEL S, STRNAD M, PROSEN G, MEKIŠ D. Point of care ultrasound for orotracheal tube placement assessment in out-of-hospital setting[J]. *Resuscitation*, 2015, 87: 1-6.
- [35] ALPERT E A, AMIT U, GURANDA L, MAHAGNA R, GROSSMAN S A, BENTANCUR A. Emergency department point-of-care ultrasonography improves time to pericardiocentesis for clinically significant effusions[J]. *Clin Exp Emerg Med*, 2017, 4: 128-132.
- [36] MAGGIOLINI S, GENTILE G, FARINA A, CATERINA D, LAURA L, MELES E, et al. Safety, efficacy, and complications of pericardiocentesis by real-time echo-monitored procedure[J]. *Am J Cardiol*, 2016, 117: 1369-1374.
- [37] SCHMIDT G A, BLAIVAS M, CONRAD S A, CORRADI F, KOENIG S, LAMPERTI M, et al. Ultrasound-guided vascular access in critical illness[J]. *Intensive Care Med*, 2019, 45: 434-446.
- [38] LEUNG J, DUFFY M, FINCKH A. Real-time ultrasonographically-guided internal jugular vein catheterization in the emergency department increases success rates and reduces complications: a randomized, prospective study[J]. *Ann Emerg Med*, 2006, 48: 540-547.
- [39] BRASS P, HELLMICH M, KOLODZIEJ L, SCHICK G, SMITH A F. Ultrasound guidance versus anatomical landmarks for internal jugular vein catheterization[J/CD]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2015, 1: CD006962.
- [40] GU W J, WU X D, WANG F, MA Z L, GU X P. Ultrasound guidance facilitates radial artery catheterization: a meta-analysis with trial sequential analysis of randomized controlled trials[J]. *Chest*, 2016, 149: 166-179.
- [41] GADSDEN J, WARLICK A. Regional anesthesia for the trauma patient: improving patient outcomes[J]. *Local Reg Anesth*, 2015, 8: 45-55.
- [42] RE M, BLANCO J, GÓMEZ DE SEGURA I A. Ultrasound-guided nerve block anesthesia[J]. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, 2016, 32: 133-147.
- [43] 马宇,熊源长,邓小明. 便携式超声设备在未来战伤急救和麻醉镇痛中的应用[J]. *人民军医*, 2014, 57: 17-18.
- [44] MERCALDI C J, LANES S F. Ultrasound guidance decreases complications and improves the cost of care among patients undergoing thoracentesis and paracentesis[J]. *Chest*, 2013, 143: 532-538.
- [45] NAZEER S R, DEWBRE H, MILLER A H. Ultrasound-assisted paracentesis performed by emergency physicians vs the traditional technique: a prospective, randomized study[J]. *Am J Emerg Med*, 2005, 23: 363-367.

[本文编辑] 商素芳