

DOI:10.16781/j.0258-879x.2021.03.0329

• 海洋军事医学 •

超声引导下心包穿刺术在未来战场上的应用前景

侯攀¹, 刘洋², 李鹏昊², 张必利¹, 李攀¹, 赵仙先^{1*}

1. 海军军医大学(第二军医大学)长海医院心血管内科, 上海 200433

2. 海军军医大学(第二军医大学)基础医学院学员一大队, 上海 200433

[摘要] 战时心包填塞常发生于心脏损伤时, 伤死率极高。心包穿刺术可以在短时间内缓解心脏受压, 为伤员后送赢得时间。现阶段, 战场环境下一般仅采用盲穿法进行心包穿刺。近年来, 超声设备日趋便携化和智能化, 已经具备应用于战场的条件, 超声引导下的心包穿刺术有望应用于未来战场火线救护。但是心包穿刺术的操作技术难度大、风险高且缺乏廉价有效的培训模型及系统, 目前军队基层卫生人员对于这一技术的掌握远远不足。本文就国内外心包穿刺术在平时培训与战时应用的现状进行综述, 并就如何构建一套完整的培训和应用系统以提高军队基层卫生人员对超声引导下心包穿刺术的掌握程度提出可行性建议。

[关键词] 心包穿刺术; 超声引导; 战场救护; 培训

[中图分类号] R 826.2

[文献标志码] A

[文章编号] 0258-879X(2021)03-0329-05

Ultrasound-guided pericardiocentesis in the future battlefield: the prospect

HOU Pan¹, LIU Yang², LI Peng-hao², ZHANG Bi-li¹, LI Pan¹, ZHAO Xian-xian^{1*}

1. Department of Cardiovasology, Changhai Hospital, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

2. The First Student Team, College of Basic Medical Sciences, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

[Abstract] Pericardial tamponade often occurs when the heart is damaged on the battlefield, and the mortality is quite high. Pericardiocentesis can relieve the pressure on the heart in a short time, and gain time for casualty evacuation. However, at present only blind pericardiocentesis is performed in battlefield environment. In recent years, ultrasonic equipment has become increasingly more portable and intelligent, which has already gained the potential to be applied for the future battlefield, and ultrasound-guided pericardiocentesis is also expected to be applied for battlefield rescue in the future. However, the operation of pericardiocentesis is quite difficult and risky, cheap and effective training model or system is needed. The mastery of this technique among military grass-roots health personnel is far from enough. This paper reviews the current research on pericardiocentesis in peacetime training and wartime application at home and abroad, and puts forward feasible suggestions to build a complete training and application system, so as to improve the mastery of ultrasound-guided pericardiocentesis among military grass-roots health personnel.

[Key words] pericardiocentesis; ultrasound-guided; battlefield rescue; training

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2021, 42(3): 329-333]

现代战争战场环境形式复杂, 多种高精尖武器的应用使得伤员的伤类与伤情更加多样化和复杂化, 同时也对火线救护和卫勤保障提出了更高的要求。战场环境下心包填塞常发生于各种原因所致的心脏损伤, 其可在短时间内导致伤员的血流动力学

紊乱, 伤死率极高。心包穿刺术作为心包填塞的首选急救方法, 可以快速缓解心脏受压, 为后送及进一步抢救赢得时机, 在临床上得到广泛的应用。近年来, 各种微型、便携的超声设备陆续出现并应用于实战中, 改变了心包穿刺术只能盲穿的困境, 在

[收稿日期] 2020-06-07

[接受日期] 2020-09-28

[基金项目] 上海市卫生和计划生育委员会优秀青年人才项目(2017YQ029)。Supported by Outstanding Young Talent Program of Shanghai Municipal Commission of Health and Family Planning (2017YQ019)。

[作者简介] 侯攀, 海军军医大学(第二军医大学)临床医学专业2013级八年制本科学员。E-mail: panhou_tb@163.com

*通信作者(Corresponding author)。Tel: 021-31161266, E-mail: 13764924032@163.com

火线救护中使用超声引导下的心包穿刺术为救治发生心包填塞的伤员提供了可能。但是,心包穿刺术操作难度大、风险高、缺乏合理有效的培训模型,目前基层军医和卫生人员对这一技术的掌握现状并不乐观,且培训效果欠佳。本文针对国内外心包穿刺术在平时培训与战时应用的现状进行综述,并针对存在的问题与困境提出建议,为今后建立一套完整的培训和应用系统提供理论基础。

1 心包填塞的战伤救治需求

急性心包填塞指心包腔内液体急剧聚集或异常增多,而心包腔不能迅速舒张扩大,导致心包腔内压力明显升高、心室舒张期充盈受限,进一步引起回心血量减少和每搏输出量下降的一种临床综合征。若不及时抢救,可发生急性循环衰竭,危及患者生命。发生心包填塞时,伤员可出现心前区疼痛、呼吸困难、咳嗽、声音嘶哑、恶心、上腹胀痛等非特异性症状,典型的体征则表现为贝克三联征(低血压、心音遥远低沉、颈静脉怒张)。

心包填塞在战场环境下常发生于爆炸、冲击、挤压、枪弹及其碎片等致伤因素所致的心脏损伤后,虽然发生率不高,但是死亡率极高。通过对美军2002—2012年胸部战伤数据进行统计分析发现,在胸部战伤中心脏损伤的占比仅为2.49%,但是死亡率高达13.26%,死亡风险仅次于胸部大血管损伤($OR: 1.58$ vs 2.05)^[1-2]。而外伤性心脏破裂或心包内血管损伤极易造成心包填塞,是心脏损伤的急剧致死原因。

现代战争条件下,各种高技术手段的应用使战场形势和战伤类型呈现新的特点,海军作为全球性、战略性、高技术的军种,这些特点尤其明显。二战后至今,只有1982年英国与阿根廷的马尔维纳斯群岛之战才能称为真正意义上的海战,这场战争呈现出以高技术兵器为主的现代战争雏形。海战伤伤情复杂、重伤多,由于高能武器使用和船舱舱室的特殊环境,战伤中多发伤、复合伤、烧伤及爆震伤的发生率明显高于其他环境条件下的作战^[3-4]。在卫勤保障方面,战时卫生船舶难以伴随作战舰艇进入作战海区实施卫勤救援,倘若受到复杂海况和气候的影响保障将更加困难,因此战时卫勤保障主要依靠舰艇自身的卫勤力量。在这种条件下,一旦有伤员合并心包填塞,舰艇火线救护人员必须第一时间正确果断地进行处

置,稍有延迟,伤员则很有可能因心脏停搏而死亡。因此,提高火线救护人员对于急性心包填塞的处理能力在提高火线救护中意义重大。

2 战场救护中心包填塞的诊断与处理

在火线救护中,准确地识别心包填塞是成功救治的第一步。2018年发布的现代胸部战伤分级救治的中国专家共识指出,战场条件下较难通过症状和体征识别心包填塞,尤其是遥远低沉的心音^[5]。因此,现场救援人员应对致伤部位和伤员出现的低血压有足够重视,并做出相应的处置。此时,使用超声检查可有效地提高心包填塞的诊断成功率,而心电图检查只显示QRS波电压降低。

对有急性心包填塞征象者,应紧急进行心包穿刺^[5]。在紧急情况下,即使是抽出50~100 mL积血都能有效降低心包腔压力、改善血流动力学,从而争得抢救时机。在有条件时,应及时、果断地行开胸手术治疗。在战场救护的情况下,特别是在舰艇上,开胸手术治疗几乎不可能,对于出现心包填塞的伤员,如何快速、准确地进行心包穿刺处理成为救治能否成功的决定性问题。

3 心包穿刺术的方法

心包穿刺术是治疗心包填塞的重要手段。临床上常用的穿刺部位主要有心尖部和剑突下。当心包积液较多时,常选择心尖部穿刺。但当积液较少时心尖部活动幅度过大,加上此时心尖部积液少,并不适合穿刺。相对应地,剑突下途径无须床旁实时超声监测即能抽吸少量心包积液,不易损伤肺组织和胸膜,具有心尖部穿刺无法替代的优点。根据我们的经验,在医源性急性心包填塞、心包积液较少、无床旁心脏超声监测时,剑突下是首选穿刺点。但是剑突下穿刺点也具有明显的缺点,如肥胖患者的穿刺路径长、合并肝脏淤血肿大及其他腹部创伤时易刺入腹腔而损伤肝脏等。与超声引导下心尖部途径相比,剑突下途径需要更多的操作技巧,需要仔细揣摩。在战场环境下,现有的设备条件很难应用超声引导,剑突下穿刺或许是唯一的选择,但不可避免地会出现相应的并发症。随着成像技术的发展,临床上心包穿刺的精细化程度已经不断提高,可以为战场救护中心包穿刺技术的改进提供思路。本节将重点论述常用的盲穿法、心脏超声引导

和CT引导的心包穿刺技术。

3.1 盲穿法 盲穿法即在非可视状态下,在剑突下或心尖部第5肋间浊音界内2 cm进行穿刺,其中最常用的是剑突下穿刺。剑突下穿刺术在剑突与左肋弓夹角处进针,穿刺针与腹壁成 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 角,向上、向后并稍向左侧在负压下进入心包腔后下部,待液体从针管流出时缓慢抽液至适量,完成穿刺。与开胸手术相比,盲穿法剑突下穿刺可以减少术后疼痛、缩短拔管时间^[6]。此外,手术引流与经皮导管穿刺引流也是处理心包积液的重要方法,但复发率高。Horr等^[7]研究发现经皮导管引流术的复发率为24%,手术引流的复发率为10%。因此,多在常规剑突下穿刺无法成功引流心包积液或穿刺成功后再次复发的前提下使用上述2种方法^[8-9],在医疗环境不支持更精准地排除积液方式时,盲穿法无疑是唯一选择。但不可忽略的是,盲穿法的并发症发生率(50%)和死亡率(6%)也远高于其他穿刺途径^[10-11]。

3.2 超声引导下的心包穿刺术 超声引导下的心包穿刺术主要在心尖部进行,在超声设备的辅助下,于心尖部根据超声探测到的心包积液的体积和分布进行定位,选择在液体量较多且无重要脏器掩盖的位置测量心包积液深度,判断进针位置及距离,引导操作者进针穿刺抽取积液^[12]。超声设备的应用使术者可以观察到积液周围的结构,术中肺和各类胸腔血管的受损率大幅下降;同时也使穿刺引流操作难度下降、操作时间缩短,且与盲穿法相比,超声引导下的心包穿刺术的成功率高、并发症发生率低^[13]。此外,超声引导下心包穿刺联合置管更有利于积液的多次排出,能最大程度地减少腔内积液、减轻患者症状,避免反复穿刺带来的心理和生理上的伤害,也为后续治疗方案的开展提供了便利^[14]。然而,在手术过程是否需要超声提供连续可视化尚存在争议。Osman等^[15]证实连续可视化确实可以提高安全性,减少并发症;但是Halabi等^[16]提出连续可视化可能会影响操作,并且受声学窗口限制,部分情况需要2人操作,而这可能会导致配合的不协调误导进针。此外,心尖部肋间入路需要更严苛的操作环境,在二维平面预测已能获得较高的成功率和较低的并发症发生率的情况下,连续可视化并没有必要。基于这些考虑,可在预先确定合适进针位置的基础上,介入前进行三维成

像,确定针迹即可,不必使用连续成像^[17]。

3.3 CT引导下的心包穿刺术 CT引导下的心包穿刺术指通过CT检查评估心包积液情况,判断最佳的进针位点,在进针后再次行CT检查确认穿刺针的位置,然后进行抽液的穿刺方式^[18]。在超声引导已经较为普遍的情况下,使用CT引导更多是因为心包积液有时呈局限性,当积液深度在心脏舒张期 $<10\text{ mm}$ 、心包积液分布不均匀或不是膈面最多时超声引导穿刺很难成功^[19-20]。Duvernoy和Magnusson^[21]研究表明在心脏外科手术后,CT检查不受术后纵隔气肿和伤口疼痛影响,为深层位置的心包穿刺提供了一种可行的引导方式。当心包积液密度较高,如化脓性积液或心包内血肿时,CT引导可对积液状况进行测量、评估并指导前期处理,同时可评估胸部周围结构(包括纵隔、肺等)的情况,大幅降低了复杂情况下实行心包穿刺的潜在风险。但由于耗时较久且囿于机器操作的不便,目前CT引导下的心包穿刺术仍无法大规模普及,在紧急情况下亦无法实施。

4 心包穿刺术的战救应用与培训现状

4.1 心包穿刺术的战救应用现状 在临床上,心包穿刺术通常在超声辅助下由心内科医师完成。而在战场的恶劣环境下,心包填塞的处理更加棘手,心包穿刺也更加困难。战场救护时心包穿刺的标准与临床标准也有所不同。在火线救护中,大多数情况下超声检查无法与心包穿刺联合进行,盲穿法也就成了心包穿刺的首要方法。

但是,如前所述,盲穿法对火线救护医务人员的技术要求高且存在较大风险。现代胸部战伤分级救治的中国专家共识推荐在设备和技术条件允许条件下,应使用超声定位穿刺^[5]。便携式超声设备具有小型化、操作简单快捷、可进行远程医疗等特点,并且已经具有配备到军队基层医疗机构的条件^[22]。早在自由伊拉克行动时,Rozanski等^[23]就将便携式超声应用到前线医院,并在评估、诊断和救治等方面发挥了重要的作用。基于超声设备的扩展超声重点评估法(extended focused assessment with sonography for trauma, e-FAST)可以快速诊断和评估血气胸、心包积液,有效指导战伤的分类和处理。此外,掌上超声的应用进一步缩小了超声设备的体积,并可进行“移动互联”^[24]。可以预见,

在信息化的现代战争中,通过与战场救护终端设备的兼容,超声设备将在战场救护中发挥不可替代的作用,超声引导下的心包穿刺术也将成为战场环境下处理心包填塞的首选方法。

4.2 心包穿刺术的培训现状 由于心包穿刺术难度较大且并发症常较严重,容错性低,新版的《军事训练大纲》并未将心包穿刺术列入基层卫生人员必须掌握的现场急救技术^[25]。目前的培训方式主要是理论授课结合模拟人进行盲穿法的训练,但是模拟人很难模拟紧急的、动态的心包填塞情景,也无法利用模拟人进行超声应用培训,培训效果往往不理想。

探索科学合理的培训模式和简单易行的培训模型成为亟需解决的问题。Belliveau等^[26]描述了一种由猪皮、排骨、明胶、塑料袋、牛油果(模拟心脏)构建的心包穿刺模型,该模型价格低廉(仅需40加拿大元)、经久耐用、仿真度高,更重要的是其能模拟心包填塞的超声影像学特点,可以同步进行超声操作培训。Baribeau等^[27]则推荐使用3D打印技术制造心包穿刺模型,仿真度高、价格低廉,还能够打印出具有不同解剖学特点的模型来模仿各种生理和病理状态,可以根据培训目的个体化地制作培训模型,较好地契合战场的实际情况。这些成功经验为开发合适的培训模型提供了思路,有助于大幅度提高军队基层卫生人员对超声引导下心包穿刺术的掌握程度。

5 小结和展望

在战场上,心包填塞的发生常常十分紧急,心包穿刺术作为能够迅速解除心脏压迫的有效方法,在战场救护中占有重要地位。与盲穿法相比,超声引导下的心包穿刺术能够大幅度提高穿刺成功率,降低并发症的发生率,且随着技术的发展日趋微型化的超声设备在战场上的应用成为可能,可以预见,超声引导下的心包穿刺术或将成为战场救护中处理心包填塞的首选方法。但是,由于这一技术本身的难度较大且缺乏有效的培训模型,目前基层卫生人员的掌握情况普遍不足,亟需构建一套完整的培训和应用系统。人工构建可配合超声使用的心包穿刺模型或能够高度还原真实情景的动物模型将是未来的主流方向。此外,可用于战场救护的相关设备也亟需开发和验证,如微型超声与已有单兵急救

设备的整合兼容、能够应用于战场环境的心包填塞诊断及心包穿刺设备的开发等。这些设备如能配备到编队救护所、航母或列入舰艇战位救护装备中,除了心包填塞的诊断与急救处理,利用超声设备还可对火线伤员进行简单扫查,有助于早期发现重要脏器损伤、指导处理致命性伤情,如肝脾破裂、腹膜后隐匿性出血、张力性气胸、血胸等;同时结合e-FAST可以大幅提高检伤分类效率,从而提高舰艇官兵乃至整个编队的自救、互救能力。毋庸置疑,在不久的将来,心包穿刺术的培训和应用将不是难题,而提高基层卫生人员的超声引导下心包穿刺术掌握程度也必将大幅提升我军卫勤力量火线救护能力。

[参考文献]

- [1] KENEALLY R, SZPISJAK D. Thoracic trauma in Iraq and Afghanistan[J]. J Trauma Acute Care Surg, 2013, 74: 1292-1297.
- [2] 秦昊,宗兆文,杨磊,鲍全伟,钟孝政,贺思豪,等.现代战争胸部战伤救治需求分析及对策建议[J].人民军医,2017,60:1155-1157,1162.
- [3] 夏照帆,马兵.现代战争条件下海战创伤救治的几点思考[J].解放军医学杂志,2016,41:973-976.
- [4] 安志萍,刘晓荣.海战伤救治流程标准化研究[J].医疗卫生装备,2017,38:19-21,31.
- [5] 宗兆文,王志农,陈思旭,秦昊,张连阳,沈岳,等.现代胸部战伤分级救治的专家共识[J].解放军医学杂志,2018,43:901-909.
- [6] LANGDON S E, SEERY K, KULIK A. Contemporary outcomes after pericardial window surgery: impact of operative technique[J/OL]. J Cardiothorac Surg, 2016, 11: 73. DOI: 10.1186/s13019-016-0466-3.
- [7] HERR S E, MENTIAS A, HOUGHTALING P L, TOTH A J, BLACKSTONE E H, JOHNSTON D R, et al. Comparison of outcomes of pericardiocentesis versus surgical pericardial window in patients requiring drainage of pericardial effusions[J]. Am J Cardiol, 2017, 120: 883-890.
- [8] RISTIĆ A D, IMAZIO M, ADLER Y, ANASTASAKIS A, BADANO L P, BRUCATO A, et al. Triage strategy for urgent management of cardiac tamponade: a position statement of the European Society of Cardiology Working Group on Myocardial and Pericardial Diseases[J]. Eur Heart J, 2014, 35: 2279-2284.
- [9] ADLER Y, CHARRON P, IMAZIO M, BADANO L, BARÓN-ESQUIVIAS G, BOGAERT J, et al. 2015 ESC guidelines for the diagnosis and management of pericardial diseases: the task force for the diagnosis and

- management of pericardial diseases of the European Society of Cardiology (ESC) endorsed by: the European Association for Cardio-thoracic Surgery (EACTS)[J]. *Eur Heart J*, 2015, 36: 2921-2964.
- [10] MEHRA S, BUCH A, TRUONG C N, MOSHIRI M, SHRIKI J E, BHARGAVA P. Post-traumatic internal mammary artery pseudoaneurysm: a rare complication of pericardiocentesis[J/OL]. *Radiol Case Rep*, 2014, 9: e00031. DOI:10.2484/rcr.v9i1.931.
- [11] GUBERMAN B A, FOWLER N O, ENGEL P J, GUERON M, ALLEN J M. Cardiac tamponade in medical patients[J]. *Circulation*, 1981, 64: 633-640.
- [12] 沈世华,李建卫,吴松松,陈圣,吴道明.超声引导下心包穿刺置管引流术的应用价值[J]. *医学影像学杂志*, 2017, 27: 640-642.
- [13] PETRI N, ERTEL B, GASSENMAIER T, LENGENFELDER B, BLEY T A, VOELKER W. "Blind" pericardiocentesis: a comparison of different puncture directions[J/OL]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2018, 92: E327-E332. DOI: 10.1002/ccd.27601.
- [14] 余宏斌.改良心包穿刺与传统心包穿刺引流心包积液的效果分析[J]. *实用心脑血管病杂志*, 2012, 20: 696-697.
- [15] OSMAN A, TAN W C, AB RAHMAN J, VIA G, TAVAZZI G. Ultrasound-guided pericardiocentesis: a novel parasternal approach[J]. *Eur J Emerg Med*, 2018, 25: 322-327.
- [16] HALABI M, FARANESH A Z, SCHENKE W H, WRIGHT V J, HANSEN M S, SAIKUS C E, et al. Real-time cardiovascular magnetic resonance subxiphoid pericardial access and pericardiocentesis using off-the-shelf devices in swine[J/OL]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2013, 15: 61. DOI: 10.1186/1532-429X-15-61.
- [17] DEGIRMENCIOGLU A, KARAKUS G, GÜVENC T S, PINHAN O, SIPAHI I, AKYOL A. Echocardiography-guided or "sided" pericardiocentesis[J]. *Echocardiography*, 2013, 30: 997-1000.
- [18] EICHLER K, ZANGOS S, THALHAMMER A, JACOBI V, WALCHER F, MARZI I, et al. CT-guided pericardiocentesis: clinical profile, practice patterns and clinical outcome[J]. *Eur J Radiol*, 2010, 75: 28-31.
- [19] 杨茂江,琼仙,徐书琴,吴红霖,郭庆,徐晓雪,等.穿刺路径对CT引导下心包置管引流的价值[J]. *介入放射学杂志*, 2017, 26: 173-175.
- [20] 王兴元,范丽娟,杨善进,周红霞,曹宏兵. CT引导下心包穿刺的临床应用[J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2013, 5: 518.
- [21] DUVERNOY O, MAGNUSSON A. CT-guided pericardiocentesis[J]. *Acta Radiol*, 1996, 37: 775-778.
- [22] 王延明,王能,钱国军.便携式超声在战伤救治中应用[J]. *临床军医杂志*, 2017, 45: 100-103.
- [23] ROZANSKI T A, EDMONDSON J M, JONES S B. Ultrasonography in a forward-deployed military hospital[J]. *Mil Med*, 2005, 170: 99-102.
- [24] 王萃,姚凌,朱霞玲,金修才.掌上超声在战场条件下的应用初探[J]. *海军医学杂志*, 2019, 40: 521-522.
- [25] 方红梅,相阳,张云峰,邓月仙,江雷,秦超.海军基层卫生人员现场急救技术训练现状调查[J]. *第二军医大学学报*, 2019, 40: 798-801.
- FANG H M, XIANG Y, ZHANG Y F, DENG Y X, JIANG L, QIN C. Survey of on-spot first-aid training status of primary naval healthcare personnels[J]. *Acad J Sec Mil Med Univ*, 2019, 40: 798-801.
- [26] BELLIVEAU D J, MOELLER A, RAMER S. Inexpensive, high-fidelity model to simulate ultrasound-guided pericardiocentesis for cardiology resident training[J]. *Can J Cardiol*, 2019, 35: 1600-1603.
- [27] BARIBEAU Y, BORTMAN J, KHAMOOSHIAN A, LAHAM R, MAHMOOD F, MAHMOOD F, et al. A 3-dimensionally printed, high-fidelity ultrasound-guided pericardiocentesis training model[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2020, 34: 245-247.

[本文编辑] 杨亚红