

超声在严重多发伤并实施床旁血液净化患者中的应用

梁祎鑫¹, 党星波^{2*}, 金海涛², 白恒¹, 刘思扬¹, 牟雪琳¹

¹西安医学院, 陕西 西安

²陕西省人民医院急诊外科, 陕西 西安

收稿日期: 2022年12月1日; 录用日期: 2022年12月29日; 发布日期: 2023年1月6日

摘要

严重多发伤患者常合并多系统的病理生理紊乱, 常需要实施床旁血液净化治疗。实施血液净化治疗的患者通常携带各种管路和仪器, 使得对危重多发伤患者的动态评估存在很大困扰。超声存在便携、无创、可重复使用等优点, 对多发伤并实施血液净化患者的病情诊断、动态评估、治疗干预均具有重要的指导价值。超声体现了在创伤初步评估、建立有效通路、血流动力学监测及创伤二次检查时的应用价值。总结超声在严重多发伤并实施床旁血液净化患者中的应用, 旨在逐渐实现超声应用的规范化, 使危重症患者的救治手段更丰富。

关键词

超声应用, 严重多发伤, 血液净化, 重症

Application of Ultrasound in Patients with Severe Multiple Injuries Undergoing Bedside Blood Purification

Yixin Liang¹, Xingbo Dang^{2*}, Haitao Jin², Heng Bai¹, Siyang Liu¹, Xuelin Mou¹

¹Xi'an Medical University, Xi'an Shaanxi

²Emergency Surgery Department, Shaanxi Provincial People's Hospital, Xi'an Shaanxi

Received: Dec. 1st, 2022; accepted: Dec. 29th, 2022; published: Jan. 6th, 2023

*通讯作者。

文章引用: 梁祎鑫, 党星波, 金海涛, 白恒, 刘思扬, 牟雪琳. 超声在严重多发伤并实施床旁血液净化患者中的应用[J]. 临床医学进展, 2023, 13(1): 80-87. DOI: 10.12677/acm.2023.131013

Abstract

Patients with severe multiple injuries are often complicated with multi-system pathophysiological disorders and often need to be treated with bedside blood purification. Patients undergoing blood purification therapy usually carry various tubes and instruments, which makes dynamic evaluation of patients with critical multiple injuries very difficult. Ultrasound has the advantages of portable, non-invasive and reusable, which has important guiding value for diagnosis, dynamic evaluation, treatment and intervention of patients with multiple injuries and blood purification. Ultrasound has shown its application value in the initial assessment of trauma, establishment of effective pathways, hemodynamic monitoring and secondary examination of trauma. To summarize the application of ultrasound in patients with severe multiple injuries and bedside blood purification, the purpose is to gradually realize the standardization of ultrasound application and enrich the treatment means for critically ill patients.

Keywords

Ultrasound Application, Severe Multiple Injuries, Blood Purification, Severe Cases

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着现代的科技进步,出现了大量因交通事故和山区高处坠落的高能量损伤患者。研究表明创伤患者呈现高发生率、高死亡率和致残率[1][2]。严重多发伤患者常伴随着严重病理生理紊乱,病情变化快,常常导致多器官功能不全,需要血液净化支持治疗。血液净化由初期以心脏为动力、动静脉压力差为驱动的模式,发展成单一血泵、辅助体外循环的模式,现在已研制出将血泵、置换泵液、透析液泵以及超滤泵合为一体的床旁血液净化机。使近年来多发伤合并有 MODS 患者得到了及时有效的血液净化支持治疗[3]。然而床旁血液净化患者往往病情危重,携带多种管路,不便搬动,使传统的 CT 检查受到很大限制,无法进一步动态监测患者的病情。超声的无创、快速、可重复和可视化等特点,可以为其提供及时、准确、动态的评估。

2. 超声在严重多发伤并实施床旁血液净化患者初步评估中的应用

超声在急诊医学中是必不可少的,因为它允许排除实时诊断的可疑因素并具有合理的确定性,引导患者接受最适当的治疗。基于高级创伤生命支持(ATLS)计划(ATLS 计划,2011)的重点是首先快速准确地评估创伤患者,基于优先级的充分复苏和稳定,以及必要时的最佳转移。创伤超声重点评估 FAST (Focused assessment with sonography for trauma)作为高级创伤生命支持(ATLS)关键组成部分[4],可以快速和准确地检测心包、胸腔和腹腔出血[5],确定潜在的出血源或其他严重损伤,指导早期治疗方案。

创伤超声技术的重点评估目标[6]为:患者是否有心包积液;患者是否有气胸;患者是否有血胸;患者是否有腹部内出血。

2.1. 心包积液的超声评估

首先检查心包有无周围积液和心包填塞,心包积血超声显示心包间隙内无回声或低回声带,心包填

塞可能危及生命,需要立即心包穿刺。在心包积液的定量评估方面,超声心动图比CT扫描更精确[7][8]。外伤患者心包腔内有血表明存在心脏、心包或主动脉根损伤,其形式可能是挫伤、撕裂伤或血管破裂[9][10]。如果心包积血很大或突然出现,可能会发生心包填塞。超声显示舒张期右心房或右心室塌陷,则提示此诊断。心包积液可能与心包脂肪或左胸腔积液混淆,心包腔内的液体常包绕心尖;在左胸骨旁长轴切面上,液体在心脏的后侧呈局灶性,很可能是胸腔积液。心脏前方局灶性低回声区可能是心包脂肪。老年患者的少量心包积液接近正常,通常没有临床意义。

2.2. 气胸的超声评估

扩大的FAST(E-FAST)是FAST的扩展,用于气胸和血胸的检测[11][12]。肺部超声扫描包括胸前和前后侧胸膜间隙,无仰卧位的胸后部,每个半胸分为2个前区和2个侧区。肺超声对气胸的诊断准确性已被证实优于仰卧位胸片[13][14][15]。正常肺部超声有肺滑动,胸膜线下肺滑动的海滨征,上肋骨、胸膜线和下肋骨的轮廓构成的蝙蝠征。气胸的特征是肺滑动消失,无B线,出现A线和肺点征[16],m型超声正常海滨征变成组织静止的平流层标志。肺点可以用来估计气胸的大小:离肺点越近,气胸越大。彗星尾和b线的存在可用于准确排除扫描部位的气胸[17],因为只有声波能到达肺表面时才会出现。评估肺滑动时,肺大疱性改变和弥漫性胸膜增厚等病理改变导致假阳性。由于胸部上部的肺运动程度比下部小,应扫描两个半胸比较。

2.3. 血胸的超声评估

在创伤患者中,超声检测到胸膜液呈无回声或混合回声时,作为一种敏感、特异性和准确的方法提示血胸。胸腔积血的来源有胸部大血管或肺血管等多处组织血管。在仰卧位时,小血胸位于肋膈后沟,可因膈上方的正常伪影缺失;积液量较大时,积液会更多集中在胸部前侧。胸膜下肺损伤可能与血胸混淆,胸膜下肺损伤的运动与呼吸同步进行鉴别。FAST快速检测胸腔积血可判断有无急性大失血,提示胸腔内脏器和重要大血管的损伤。大量研究表明,超声诊断创伤患者气胸或血胸时,性能与胸片(x线)相当,甚至更准确[12][14][17][18]。

2.4. 腹腔内出血的超声评估

创伤中大比例的腹部创伤患者最终死亡。在严重创伤后的患者,临床体征不能判断有无腹部损伤,10%~14%的严重创伤患者无腹痛[19][20]。FAST扫描基于腹部损伤后腹腔积血与腹膜内游离液体有关,游离液相对于腹部的固体器官显示为无回声或低回声。在仰卧位患者中,腹腔积血常聚集在肝肾窝和盆腔。FAST有助于99%的病例[21]在复苏领域做出适当的决定。

3. 超声在严重多发伤并实施床旁血液净化患者建立通道中的应用

严重多发伤患者常常伴随着部分血管受损或血管周围软组织、骨骼受损,或容量状态不理想,整体血管条件差,给血液净化置管带来了很大困难,常易并发出血、误穿动脉、感染[22]。床旁超声技术的发展,使得困难血管内置管的成功率提高[23],在超声引导下进行血液净化临时通路建立,比传统的置管安全性和成功率要高[24]。因此对于严重多发伤患者建立临时血液净化管路,超声引导可提高其成功率,尤其是对于创伤患者,有效置管血管有限,不易反复穿刺,损毁血管,是否保留多器官功能不全患者急性期血管通路至关重要。经皮超声引导体外生命维持插管(US-guided cannulation for extracorporeal life support, ECLS)插管,它可能更容易、更快、更微创。超声心动图(造影剂增强)可作为补充,以验证静脉导管尖端的正确位置。

4. 超声在严重多发伤并实施床旁血液净化患者容量评估中的应用

严重多发伤床旁血液净化患者常常经历了液体复苏, 面临容量的短期巨大波动, 容量超负荷常常导致肺水肿, 肺部感染, 甚至脑水肿等多种并发症, 而容量不足, 导致组织灌注、营养欠佳, 不利于组织愈合。血液净化的患者需要及时的评估容量, 及时调整血液净化参数, 指导患者治疗。传统的容量评估包括血压、心率、皮肤弹性等多种指标, 但临床表征的变化往往预示着病人已经出现了严重的容量问题, 因此经验性判断在指导临床工作中信息滞后, 准确性欠佳。此外, 临床上常用脉搏指示连续心输量(PiCCO)来评价容量状态和预测容量及反应性。但在实际临床应用, 由于 PiCCO 是有创检测方法, 会增加导管相关感染风险, 且检测费用高。然而超声可以便捷、重复、多维度的评价患者容量负荷状态。超声通过下腔静脉(IVC)和评估肺、胸膜和腹腔来确定有效血管内容积状态。下腔静脉直径变异率(inferior venacava collapsible index, IVC-CI)是经常用来评价血管内容量的指标, 下腔静脉直径变异率评估右房压、中心静脉压(CVP)和容量状态, 进而监测血流动力学状态及容量反应性, 对早期诊断、治疗和效果评估有指导作用。 $IVC-CI = (\text{呼气相舒张期最大径} - \text{吸气相收缩期最小径}) / \text{呼气相舒张期最大径}$, 其值小于 0.4 为下腔静脉塌陷指数下降, 有研究显示在重症患者中运用超声测量 SVC 塌陷指数在一定范围内(0.20~0.60)有助于分析 CVP, 从而达到估计血容量状况的目的[25]。此外, 有研究表明, 肺超声检测可用于监测容量过负荷导致患者的肺淤血状况, 以及对心肺状态实时监测等[26] [27], 彗尾征或火箭征与胸片中的 Kerley B 线类似, 均在肺间质水肿引起小叶间隔增宽时形成, 在超声探头下很容易探测到, 已成功运用于床旁超声检测肺淤血状态, 在容量过负荷时彗尾征或火箭征增多, 经过血液净化后, 彗尾征或火箭征明显较前减少, 这就可以有效便捷的为我们床旁血液净化患者提供容量评估手段。

5. 超声在严重多发伤并实施床旁血液净化患者二次检查中的应用

除了 FAST、E-FAST 和下腔静脉容量评估在急性创伤患者的初步评估外, 创伤超声的二次检查[28]可能发现隐匿性损伤。这对 E-FAST 初始阴性或血流动力学稳定的患者更重要, 可以损伤分级。因此, 二次检查必须检测实体器官。E-FAST 广泛应用于躯干外伤的患者, 可集中扫描在受伤部位及胸腹腔。重复应用 E-FAST 发现在低能损伤患者中的严重病损。CA-FAST 还发现了 X 线中不能判断的肺挫伤[11], 并没有增加检测时间。存在肺挫伤者应限制容量及晶体液输入, 防治 ARDS 的发生。E-FAST 还能识别一些便携式 X 线未发现的锁骨、肋骨和胸骨骨折等。

在严重创伤患者中通过检测游离液体, 将 FAST 整合于临床: 血流动力学不稳定且有游离液体的患者应立即进行干预(手术探查) [28]; 血流动力学不稳定且无明显游离液的患者, 超声通过下腔静脉来评估患者休克病因。由于失血过多是创伤患者中高发病率和死亡率的主要原因, FAST 可以准确地显示体腔出血[28]。FAST 具有高度特异性, 能够快速诊断危及生命的损伤。FAST 在评估不稳定、低血压创伤患者时的高特异性, 与复苏同时进行的应用价值值得被强调[29] [30]。

5.1. 超声应用于胸部损伤

无论伤者的呼吸及循环功能是否出现障碍, 都必须进行心肺检查以避免急危重症的发生。创伤分类中的致命性创伤存在于胸部损伤, 即胸部损伤有危及生命的窒息、大出血、开放性气胸或张力性气胸等。肋骨骨折、胸骨骨折、膈肌损伤也将造成严重心肺紊乱。而且严重创伤患者除了创伤原发病的救治, 需要循环和呼吸的支持。

心脏复苏

超声是诊断心脏骤停的“金标准”。超声可视化心脏活动, 分类心室颤动和心搏停止, 决定是否电除颤。超声识别假性无脉电活动至关重要[31] [32]。假性无脉电活动见于心脏充盈受限(心包填塞)心脏前

负荷过低(严重低血容量)、左心收缩功能障碍(大面积心梗)、右心后负荷过高(肺栓塞)等导致左心心排量严重减低, 血压严重降低, 低于手指所能感知的阈值(假性无脉)。目标导向超声生命支持评估流程整合超声与心肺复苏流程, 避免了干扰心肺复苏过程[31] [33]。创伤性心脏骤停患者的生存率与幸存者预后和非创伤性心脏骤停相近[34] [35]。创伤性心脏骤停发生机制可能和原发性损伤及继发性病理损害有关, 是复苏开胸手术的主要指征[36]。创伤后的 E-FAST 作为核心超声技能通过准确检测心包、胸腹腔积液等, 发现心脏骤停的潜在病因和损伤机制, 对复苏前和复苏中时及时解决和扭转诱发因素非常重要。

呼吸困难

伤者呼吸骤停的诊断必须是明确损伤部位、是否窒息及大出血、并区分心脏和肺部原因。在诊断呼吸困难时, 必须区分是心脏原因还是肺部原因[37]。床边肺超声急诊(BLUE)方案[38] [39] [40]可进行急性呼吸衰竭的病因学诊断, 包括检测气胸、肺水肿、肺实变和胸腔积液、肺挫伤的肺部超声检查。BLUE 方案检查位置分别为上蓝点、下蓝点、膈肌点与 PLAPS 点。先检查是否存在肺滑动征, 存在即可排除气胸。B 征象代表肺水肿, 肺部合并肺水肿后肺泡隔膜会增厚, B 线是超声通过肺泡隔膜反射所产生的特征性表现, B 线数量直接反映出肺水肿的严重程度[41]。B'征象、A 线或 B 征象等均提示肺炎。A 征象时提示需要寻找深静脉血栓。如果有血栓, 可考虑肺栓塞。存在 PLAPS 提示肺炎; 而无 PLAPS 则提示慢性阻塞性肺疾病或支气管哮喘。RADIUS 方案与 BLUE 方案类似, 还包括心脏和下腔静脉(IVC)评估。

肋骨和胸骨骨折

肋骨骨折是钝性胸部创伤中最常见的胸部损伤。胸骨骨折不常见, 但存在时表明重要的创伤机制和潜在的心脏损伤。骨折[42]表现为骨前皮质的间隙、台阶、断裂/间断或移位, 并可能与局部血肿或软组织肿胀相关。扫描诱发疼痛是诊断骨折的重要线索, 排除胸骨角处异常和软骨钙化。仰卧位 X 线敏感度很低, 而超声还可显示肋软骨、肋软骨连接处和非移位骨折区域。

膈疝

创伤性膈疝临床较少见, 5%的钝性腹部创伤患者发生横膈膜破裂, 尽管 FAST 扫描阴性, 也可能存在横膈膜破裂[43]。FAST 通过膈肌来定位并判断胸腔和膈下游离液, 这时可简单评估膈肌。超声征象为膈肌回声紊乱、连续性中断, 运动不良(m 型)或横膈膜升高, 肝脏滑动征象(在右胸壁), 膈下积液, 疝入胸腔内的异常回声, 应考虑膈肌破裂。Gangahar 还介绍了 FAST 扫描缺失器官征作为一种间接标记: 脾脏或心脏的非视觉化是由腹部内容物移位引起的[44] [45]。

皮下气肿

超声显示来自胸壁和腹壁浅层的多条垂直高回声线或 E 线, 胸壁/胸膜界面模糊, 蝙蝠标志无法辨认。皮下肺气肿与气胸的区别在于其较浅的位置和特征性的 e 线。皮下气肿排除了超声对胸膜腔的评估, 呼吸不稳定应行 X 线, CT 扫描或预防性肋间引流。

5.2. 超声应用于腹部损伤

实体器官损伤的超声表现很大程度上取决于病理的类型和程度[28] [46]。受伤后 2~4 小时的受伤器官(如肝脏和脾脏)内的新鲜血块与实质器官回声相似[47]或血液呈线性回声灶, 其可视性低, 不能伤害分级。广泛的实质挫裂伤可表现为非均匀的回声模式, 其中撕裂口在形态上往往更为离散、带状、线性或分支。在广泛的实质损伤中可发现广泛的结构扭曲和实质血管扭曲。这些伤口可能是无回声的, 低回声或高回声。Rich 和 McGahan 等报告了在实体器官软组织损伤中表现。弥漫性回声在脾脏撕裂伤中最常见, 离散性回声在肝脏撕裂伤中最常见。轻微的肾脏损伤, 超声一般是完全正常的。严重的肾脏损伤, 超声可显示肾周高回声血肿, 或混合回声血肿的肾撕裂伤。器官周围或包膜下血肿可表现为无回声、低回声或高回声边缘或月牙形。脾包膜下的血肿为薄壁周围边缘的高回声或低回声, 脾脏撕裂在几天内变成低回声。

实体器官变大应该怀疑存在潜在创伤病理。盆壁血肿可见膀胱外侧的低回声区, 伴或不伴腹腔内游离液体。如果存在, 在 80% 的盆腔损伤病例中, 腹腔内游离液体可能是腹腔积血, 其余患者中则是尿液(腹腔内膀胱破裂产生的尿液)。

FAST 早期因为出血和/或渗出的肠内容物较小, 发现肠和腹膜损伤非常困难。充满液体的肠袢不能与腹腔内游离液体混淆。肠袢圆形和有蠕动相区分。肠和肠系膜损伤一般不能直接识别, 但游离液体和游离空气等继发性体征有提示价值。超声可见肠壁增厚, 肠系膜或肠壁有血肿, 或外伤所致的麻痹性肠梗阻。十二指肠血肿患者可看到圆形或管状的非蠕动的肿块, 受压粘膜的中央性回声核, 周围为无回声晕。大肠破裂可表现为大量的腹腔内游离液体, 早期超声可见落雪的内部回声斑点(代表漏粪)。腹膜腔内游离空气表现为回声线、带或斑点, 并在前腹壁和肝脏前表面之间有回声或反射伪影, 在右上腹部左侧卧位易显现。病人体位改变后, 空气转移到腹膜腔最不依赖的区域, 称为“转移表型”。当腹膜腔中有自由液体和气体混合物时, 非依赖部分的空气可能出现增厚的腹膜回声条纹, 有或无混合回声伪影, 即腹膜条纹征。肠穿孔显示局灶性液体积聚、回声性蠕动脂肪和脓肿形成。肠穿孔引起的气腹与小肠和大肠袢肠内空气相似, 或出现回声线、带、后方回声斑点。气腹的超声表现是由于软组织和腹膜内空气之间的阻抗不匹配, 导致声波全反射。这种反射伴随着声音的混合回声, 产生高振幅线性回声, 远端混合回声伪影或彗星尾出现。超声可以高灵敏度和特异性描述气腹。

6. 总结

尽管目前没有超声在严重多发伤并实施床旁血液净化患者中应用的临床随机对照实验和循证医学研究支持, 但我们的工作体会是超声在其患者中应用广泛。病人确实从动态床旁超声使用中获益, 因此我们提倡更为系统的临床超声应用, 将规范化超声查房列为临床工作中必不可少的一部分, 以优化严重多发伤血液净化患者的治疗。

参考文献

- [1] Pigneri, D.A., Beldowicz, B. and Jurkovich, G.J. (2017) Trauma Systems: Origins, Evolution, and Current Challenges. *Surgical Clinics of North America*, **97**, 947-959. <https://doi.org/10.1016/j.suc.2017.06.011>
- [2] Haagsma, J.A., Graetz, N., Bolliger, I., et al. (2016) The Global Burden of Injury: Incidence, Mortality, Disability-Adjusted Life Years and Time Trends from the Global Burden of Disease Study 2013. *Injury Prevention*, **22**, 3-18. <https://doi.org/10.1136/injuryprev-2015-041616>
- [3] 金文扬, 朱海勇, 孙翔, 秦杰, 周宇. 连续性血液净化在多发伤后多器官功能障碍综合征患者中的应用[J]. 中国医师进修杂志, 2009(15): 55-57.
- [4] Galvagno, S.M., Nahmias, J.T. and Young, D.A. (2019) Advanced Trauma Life Support (R) Update 2019: Management and Applications for Adults and Special Populations. *Anesthesiology Clinics*, **37**, 13-32. <https://doi.org/10.1016/j.anclin.2018.09.009>
- [5] Thiessen, M.E.W. and Riscinti, M. (2022) Application of Focused Assessment with Sonography for Trauma in the Intensive Care Unit. *Clinics in Chest Medicine*, **43**, 385-392. <https://doi.org/10.1016/j.ccm.2022.05.004>
- [6] Wang, P.H., Lin, H.Y., Chang, P.Y., et al. (2021) Focused Assessment with Sonography for Trauma. *Journal of Medical Ultrasound*, **29**, 151-153.
- [7] Labovitz, A.J., Noble, V.E., Bierig, M., et al. (2010) Focused Cardiac Ultrasound in the Emergent Setting: A Consensus Statement of the American Society of Echocardiography and American College of Emergency Physicians. *Journal of the American Society of Echocardiography*, **23**, 1225-1230. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2010.10.005>
- [8] Leibowitz, D., Perlman, G., Planer, D., et al. (2011) Quantification of Pericardial Effusions by Echocardiography and Computed Tomography. *The American Journal of Cardiology*, **107**, 331-335. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2010.08.072>
- [9] 荣丰泰, 张先觉. 心肌穿透伤 10 例救治体会[J]. 武警医学, 1996(3): 151-152.
- [10] 郑光美, 杨波, 白姣, 雷琳, 陈志华, 景红霞, 李琳. 闭合性心脏损伤的超声心动图表现与临床分析[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2014, 8(7): 1384-1387.

- [11] Zanobetti, M., Coppa, A., Nazerian, P., *et al.* (2018) Chest Abdominal-Focused Assessment Sonography for Trauma during the Primary Survey in the Emergency Department: The CA-FAST Protocol. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, **44**, 805-810. <https://doi.org/10.1007/s00068-015-0620-y>
- [12] Ma, O.J. and Mateer, J.R. (1997) Trauma Ultrasound Examination versus Chest Radiography in the Detection of Hemothorax. *Annals of Emergency Medicine*, **29**, 312-316. [https://doi.org/10.1016/S0196-0644\(97\)70341-X](https://doi.org/10.1016/S0196-0644(97)70341-X)
- [13] Soldati, G., Testa, A., Sher, S., *et al.* (2008) Occult Traumatic Pneumothorax: Diagnostic Accuracy of Lung Ultrasonography in the Emergency Department. *Chest*, **133**, 204-211. <https://doi.org/10.1378/chest.07-1595>
- [14] Blaivas, M., Lyon, M. and Duggal, S. (2005) A Prospective Comparison of Supine Chest Radiography and Bedside Ultrasound for the Diagnosis of Traumatic Pneumothorax. *Academic Emergency Medicine*, **12**, 844-849. <https://doi.org/10.1197/j.aem.2005.05.005>
- [15] Alrajab, S., Youssef, A.M., Akkus, N.I. and Caldito, G. (2013) Pleural Ultrasonography versus Chest Radiography for the Diagnosis of Pneumothorax: Review of the Literature and Meta-Analysis. *Critical Care*, **17**, R208. <https://doi.org/10.1186/cc13016>
- [16] Lichtenstein, D., Meziere, G., Biderman, P., *et al.* (2000) The "Lung Point": An Ultrasound Sign Specific to Pneumothorax. *Intensive Care Medicine*, **26**, 1434-1440. <https://doi.org/10.1007/s001340000627>
- [17] Alrajhi, K., Woo, M.Y. and Vaillancourt, C. (2012) Test Characteristics of Ultrasonography for the Detection of Pneumothorax: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Chest*, **141**, 703-708. <https://doi.org/10.1378/chest.11-0131>
- [18] Staub, L.J., Biscaro, R.R.M., Kaszubowski, E., *et al.* (2018) Chest Ultrasonography for the Emergency Diagnosis of Traumatic Pneumothorax and Haemothorax: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Injury*, **49**, 457-466. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2018.01.033>
- [19] Michetti, C.P., Sakran, J.V., Grabowski, J.G., *et al.* (2010) Physical Examination Is a Poor Screening Test for Abdominal-Pelvic Injury in Adult Blunt Trauma Patients. *Journal of Surgical Research*, **159**, 456-461. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2009.04.046>
- [20] Neeki, M.M., Hendy, D., Dong, F., *et al.* (2017) Correlating Abdominal Pain and Intra-Abdominal Injury in Patients with Blunt Abdominal Trauma. *Trauma Surgery & Acute Care Open*, **2**, e000109. <https://doi.org/10.1136/tsaco-2017-000109>
- [21] Zieleskiewicz, L., Fresco, R., Duclos, G., *et al.* (2018) Integrating Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma (eFAST) in the Initial Assessment of Severe Trauma: Impact on the Management of 756 Patients. *Injury*, **49**, 1774-1780. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2018.07.002>
- [22] Pikwer, A., Akeson, J. and Lindgren, S. (2012) Complications Associated with Peripheral or Central Routes for Central Venous Cannulation. *Anaesthesia*, **67**, 65-71. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.2011.06911.x>
- [23] Singh, S.A., Sharma, S., Singh, A., *et al.* (2015) The Safety of Ultrasound Guided Central Venous Cannulation in Patients with Liver Disease. *Saudi Journal of Anaesthesia*, **9**, 155-160. <https://doi.org/10.4103/1658-354X.152842>
- [24] 赵英超, 张瑞平. 超声引导下静脉置管在血液净化治疗中的价值[J]. 内蒙古中医药, 2013, 32(30): 103-104.
- [25] Stawicki, S.P., Braslow, B.M., Panebianco, N.L., *et al.* (2009) Intensivist Use of Hand-Carried Ultrasonography to Measure IVC Collapsibility in Estimating Intravascular Volume Status: Correlations with CVP. *Journal of the American College of Surgeons*, **209**, 55-61. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2009.02.062>
- [26] Frassi, F., Gargani, L., Tesorio, P., *et al.* (2007) Prognostic Value of Extravascular Lung Water Assessed with Ultrasound Lung Comets by Chest Sonography in Patients with Dyspnea and/or Chest Pain. *Journal of Cardiac Failure*, **13**, 830-835. <https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2007.07.003>
- [27] Trezzi, M., Torzillo, D., Ceriani, E., *et al.* (2013) Lung Ultrasonography for the Assessment of Rapid Extravascular Water Variation: Evidence from Hemodialysis Patients. *Internal and Emergency Medicine*, **8**, 409-415. <https://doi.org/10.1007/s11739-011-0625-4>
- [28] Wongwaisayawan, S., Suwannanon, R., Prachanukool, T., *et al.* (2015) Trauma Ultrasound. *Ultrasound in Medicine and Biology*, **41**, 2543-2561. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2015.05.009>
- [29] Ketelaars, R., Reijnders, G., Van Geffen, G.J., *et al.* (2018) ABCDE of Prehospital Ultrasonography: A Narrative Review. *Critical Ultrasound Journal*, **10**, 17. <https://doi.org/10.1186/s13089-018-0099-y>
- [30] Scharonow, M. and Weilbach, C. (2018) Prehospital Point-of-Care Emergency Ultrasound: A Cohort Study. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, **26**, 49. <https://doi.org/10.1186/s13049-018-0519-9>
- [31] Breitenkreutz, R., Walcher, F. and Seeger, F.H. (2007) Focused Echocardiographic Evaluation in Resuscitation Management: Concept of an Advanced Life Support-Conformed Algorithm. *Critical Care Medicine*, **35**, S150-S161. <https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000260626.23848.FC>
- [32] 段军, 丛鲁红, 陈德生, 李刚. 重症超声在心肺复苏中的临床应用[J]. 中华诊断学电子杂志, 2017, 5(3): 158-161.

- [33] Neumar, R.W., Shuster, M., Callaway, C.W., *et al.* (2015) Part 1: Executive Summary: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*, **132**, S315-S367.
- [34] Cureton, E.L., Yeung, L.Y., Kwan, R.O., *et al.* (2012) The Heart of the Matter: Utility of Ultrasound of Cardiac Activity during Traumatic Arrest. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, **73**, 102-110. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3182569ebc>
- [35] Moore, E.E., Knudson, M.M., Burlaw, C.C., *et al.* (2011) Defining the Limits of Resuscitative Emergency Department Thoracotomy: A Contemporary Western Trauma Association Perspective. *The Journal of Trauma*, **70**, 334-339. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3182077c35>
- [36] Inaba, K., Chouliaras, K., Zakaluzny, S., *et al.* (2015) FAST Ultrasound Examination as a Predictor of Outcomes after Resuscitative Thoracotomy: A Prospective Evaluation. *Annals of Surgery*, **262**, 512-518. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000001421>
- [37] Muralidhar, K., Tempe, D., Chakravarthy, M., *et al.* (2013) Practice Guidelines for Perioperative Transesophageal Echocardiography: Recommendations of the Indian Association of Cardiovascular Thoracic Anesthesiologists. *Annals of Cardiac Anaesthesia*, **16**, 268-278. <https://doi.org/10.4103/0971-9784.119175>
- [38] Lichtenstein, D.A. and Mezière, G.A. (2008) Relevance of Lung Ultrasound in the Diagnosis of Acute Respiratory Failure: The BLUE Protocol [Published Correction Appears in Chest. 2013 Aug; 144(2, 721)]. *Chest*, **134**, 117-125. <https://doi.org/10.1378/chest.07-2800>
- [39] Lichtenstein, D. (2009) Lung Ultrasound in Acute Respiratory Failure an Introduction to the BLUE-Protocol. *Minerva Anestesiologica*, **75**, 313-317.
- [40] Lichtenstein, D.A. (2015) BLUE-Protocol and FALLS-Protocol: Two Applications of Lung Ultrasound in the Critically Ill. *Chest*, **147**, 1659-1670. <https://doi.org/10.1378/chest.14-1313>
- [41] Lichtenstein, D.A., Meziere, G.A., Lagoueyte, J.F., *et al.* (2009) A-Lines and B-Lines: Lung Ultrasound as a Bedside Tool for Predicting Pulmonary Artery Occlusion Pressure in the Critically Ill. *Chest*, **136**, 1014-1020. <https://doi.org/10.1378/chest.09-0001>
- [42] Dulchavsky, S.A., Henry, S.E., Moed, B.R., *et al.* (2002) Advanced Ultrasonic Diagnosis of Extremity Trauma: The FASTER Examination. *The Journal of Trauma*, **53**, 28-32. <https://doi.org/10.1097/00005373-200207000-00006>
- [43] Testini, M., Girardi, A., Isernia, R.M., *et al.* (2017) Emergency Surgery Due to Diaphragmatic Hernia: Case Series and Review. *World Journal of Emergency Surgery*, **12**, 23. <https://doi.org/10.1186/s13017-017-0134-5>
- [44] Gangahar, R. and Doshi, D. (2010) FAST Scan in the Diagnosis of Acute Diaphragmatic Rupture. *The American Journal of Emergency Medicine*, **28**, 387.e1-387.e3873. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2009.07.004>
- [45] Brun, P.M., Bessereau, J., Levy, D., *et al.* (2014) Prehospital Ultrasound Thoracic Examination to Improve Decision Making, Triage, and Care in Blunt Trauma. *The American Journal of Emergency Medicine*, **32**, 817e1-2. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2013.12.063>
- [46] Richards, J.R. and McGahan, J.P. (2017) Focused Assessment with Sonography in Trauma (FAST) in 2017: What Radiologists Can Learn. *Radiology*, **283**, 30-48. <https://doi.org/10.1148/radiol.2017160107>
- [47] Glaser, K., Tschmelitsch, J., Klingler, P., Wetscher, G. and Bodner, E. (1994) Ultrasonography in the Management of Blunt Abdominal and Thoracic Trauma. *The Archives of Surgery*, **129**, 743-747. <https://doi.org/10.1001/archsurg.1994.01420310075013>