

· 综述 ·

超声心动图在烧伤患者血流动力学监测中的应用进展

崔艳华 张全斌 高瑞锋

严重烧伤后受心脏结构和功能、血容量及血管张力的改变等多方面因素影响,血流动力学会发生变化^[1-3]。传统临床指标如尿量、生命体征及实验室检查难以及时准确地反映机体缺血缺氧的真实情况^[4]。脉搏轮廓心排血量、胸阻抗以及 CO₂ 部分重吸收等监测也不能全面反映心功能状态和血流动力学改变。用于血流动力学监测的“金标准”肺动脉漂浮导管法(PAC)为有创性检测,存在一定并发症,临床应用也受到一定限制。超声心动图具有无创、连续、快速和同步的特点,可提供“全景式”血流动力学数据及变化趋势^[5],愈来愈受到烧伤科医师的重视^[6-8],本文对其近年来的应用作如下综述。

1 超声心动图测定血流动力学变化的主要指标

1.1 心排血量(CO)

CO 是反映心脏功能最直接的指标之一。严重烧伤后不久 CO 明显降低,内脏血流重新分布。目前用于测定 CO 的超声心动图大致可分为以容量和多普勒血流法(利用多普勒超声心动图监测血流动力学状况)为基础的 2 种测量方法,前者主要包括 M 型超声心动图、二维超声心动图及三维超声心动图法,可追踪 CO 的变化趋势,但不能测定它的准确值^[9];后者则能较准确测量 CO^[10]。Feinberg 等^[11]比较了多普勒超声心动图及 PAC 测量 CO 的结果,认为经食管超声心动图(TEE)是评价心血管功能基本方法之一。测定 CO 时,患者一般取左侧卧位,于左心室长轴观测量主动脉瓣环处直径,计算主动脉瓣口面积,用脉冲多普勒超声心动图于心尖五腔观主动脉瓣环水平记录血流频谱,测量血流速度时间积分(VTI),则可计算出 $CO = VTI \times$ 主动脉瓣口面积 \times 心率。Salem 等^[12]认为超声心动图是 ICU 中评价 CO 的精确方法。

1.2 心室的前负荷

前负荷的重要作用已被 Frank-Starling 效应所证实。心室舒张末期容量可用于衡量心室的前负荷。根据心室顺应性曲线,心室压力与心室容量呈非线性相关,用压力还是用容量来反映心脏充盈情况由具体临床环境来定。Dalibon 等^[13]采用猪模型,通过超声心动图测定前负荷反映机体低血容量状况,表明左心室舒张末期面积的大小与血容量明显相关。在大量或过量补液等原因致前负荷较高时,以多普勒超声心动图为基础的方法可更精确地测定前负荷状况^[10]。脉冲多普勒超声心动图检测的二尖瓣血流频谱,由舒张早期快速充盈 E 峰和舒张晚期充盈 A 峰组成, $E/A > 2$ 与左心室舒张末压大于 20 mm Hg (1 mm Hg = 0.133 kPa) 具有相关性^[14]。此外,利用多普勒超声心动图测定的每搏输出量/左心室最大血流加速度也是反映前负荷的重要参数^[7],但心室顺应性和心室压力对正确估计前负荷可产生一定影响^[15]。因此对前负荷的准确估计需充分考虑各种因素,有待进一步研究。

1.3 左心室收缩功能

炎症介质引起的心肌细胞破坏及低血容量引起的心肌缺血,已被证实是引起严重烧伤后心脏整体功能障碍的重要原因^[16]。左心室射血分数和左心室收缩末期容量是评价心肌整体收缩功能的常用指标,左心室最大血流加速度也是描述心肌收缩力的参数之一^[7]。M 型超声心动图可测量用于计算左心室射血分数和左心室收缩末期容量的左心室内径,但在出现节段性室壁运动异常或心脏增大心室重构发生球形变、心肌梗死或室壁瘤形成时,左心室射血分数会有很大误差。采用改良 Simpson 法能够计算左心室容量和左心室射血分数,但二维超声心动图常低估左心室的实际容量^[17]。

严重烧伤后出现节段性室壁运动异常的发病机制尚不清楚^[1],节段性室壁运动分析可采用美国超声心动图协会推荐的 16 节段分段法^[18]。节段性室壁运动异常常伴有不同程度的相关生物标记物渗出,如肌钙蛋白、转氨酶等。有研究显示,不伴节段

DOI:10.3760/ema.j.issn.1009-2587.2011.04.030

作者单位:030001 太原,山西医科大学影像系(崔艳华、高瑞锋);太钢总医院超声科(张全斌)

通信作者:张全斌, Email: tgzyyzqb@sohu.com, 电话: 0351-3950667

性室壁运动异常或肌钙蛋白渗出的烧伤患者在住院期间无一死亡^[1]。Murphy 等^[19]观察到健康成人与动物烧伤后血清肌钙蛋白 I 升高水平极为相似;烧伤总面积小于 10% TBSA 的患者未检测出血清肌钙蛋白 I 水平升高;入院时烧伤总面积大于 20% TBSA 的患者中肌钙蛋白 I 可持续增高至伤后 12 h。应用声学造影、心肌灌注成像和彩色室壁运动分析技术可同步实时成像,并可对心肌灌注和局部左心室功能进行定量分析^[17]。

1.4 左心室舒张功能

左心室舒张功能异常主要导致心室充盈受损或左心室舒张末压增高,目前的评价指标尚缺乏统一标准。超声组织多普勒技术是测定左心室充盈压的较好方法,它通过获取组织运动速度来评价组织的运动特点,且相对不受前负荷影响。通过测量心尖四腔心切面上的二尖瓣环间隔侧和外侧两位点,能获得舒张早期峰值速度(Ea)和晚期峰值速度(Aa)。Ea 可反映左心室的主动松弛功能,与心导管检查测得的介入性指标松弛时间常数呈负相关^[20]。理论上讲,脉冲多普勒超声心动图检测的二尖瓣血流频谱中舒张早期快速充盈 E 峰与超声组织多普勒技术测量的 Ea 之比(E/Ea)消除了主动松弛功能的影响,可反映左心房压力负荷状态。有研究显示,E/Ea 与左心室舒张末压力或平均肺毛细血管楔压均相关^[21]。

1.5 液体反应性评估

收缩期心腔闭塞是心脏充盈不足和血容量不足的表现,但在危重患者尤其是行机械通气的患者中很少见^[22]。收缩期心腔闭塞与左心室舒张末期容量变小相关。可借助左心室舒张末期容量对心室大小进行相对精确的评价,其绝对值虽不是可靠的液体反应性评价指标,但有助于判断患者在快速补液过程中容量状况的变化趋势。

主动脉峰值血流速度变异率由 TEE 于左心室流出道测定,以吸气时主动脉最大峰值血流速度和呼气时最小峰值血流速度之差与二者平均值的比值表示,它代表了主动脉血流速度随呼吸变化的幅度,体现了循环系统对前负荷的依赖程度。

上腔静脉(SVC)直径呼吸变异率或下腔静脉(IVC)直径呼吸变异率是判断循环系统对液体治疗的反应性及循环容量状态的指标。可经 TEE 和经胸壁超声心动图(TTE)手段探测 SVC/IVC 直径随呼吸运动而发生的变化,并计算变异程度,多用于行机械通气的患者。

2 TEE 和 TTE 在烧伤血流动力学监测中的应用比较

美国心脏病学会、美国心脏协会和美国超声心动图学会的最新联合指南提出,有经验的超声科医师可采用无创的 TTE 或微创的 TEE 多普勒成像法监测危重患者^[23]。TEE 可能适用于下述情况^[24]:(1)TTE 成像不佳、血流动力学不稳定的患者。(2)机械通气时血流动力学不稳定患者。(3)严重外伤、活动不便或体位不能充分满足 TTE 检查需要者。(4)怀疑主动脉有夹层者或主动脉损伤者。

目前应用超声心动图监测严重烧伤后血流动力学状况的研究报道较少^[3],其中多数应用 TEE。1976 年就出现了 TEE 的应用报道^[12],20 世纪 90 年代后期研制出经鼻 16F 型的 TEE 探头^[24]。TEE 虽在检测心脏、大血管结构和功能变化及容量动态变化方面显示出优势,但在经血流动力学状况估测心腔、血管腔内压力及血管张力等变化的准确性方面有待进一步验证。此外,TEE 检查可能造成一过性高血压或低血压、一过性心律失常、食管穿孔等并发症,甚至造成死亡,不易被患者接受,病情较重患者也不宜使用,一定程度上限制了它的应用。与 TEE 相比,TTE 具有无创、操作简便和便于重复的优点。Maass 等^[25]通过动物实验比较 TTE、Langendorff 法(离体)所测烧伤后心肌功能指标,结果证明 TTE 所测结果是可靠的。但 TTE 成像质量易受体型肥胖、胸廓畸形、肺气肿、烧伤后水肿、敷料包裹和患者不能配合等因素影响。

3 超声心动图与 PAC 在烧伤血流动力学监测中的应用比较

PAC 为有创性检测,可造成感染、血栓形成、肺梗死或心律失常等并发症,其总发生率可达 75%^[26]。采用 PAC 测定 CO 时,导管不能长期留置,且费用较昂贵,也不适于长期或重复监测。同时该检测为非连续性操作,相对滞后,不能及时和全面反映血流动力学状态^[7]。超声心动图则可迅速实时监测患者动态血流动力学变化状况,具有较强的可重复性,例如在严重烧伤患者焦痂切除手术时,TEE 可用于追踪血流动力学变化^[27]。有学者对比了 TEE 与 PAC 在危重患者血流动力学监测中的应用,认为二者是互补关系,结合临床生命体征综合判断烧伤患者的病情可能更有益于临床诊治^[28]。在一组 103 例需手术且无心脏病的危重患者研究中,对 64% 的患者同时行 TEE 和 PAC 监测,结果显示同时

行 2 项监测的患者中有 29 例在接受 TEE 监测后改变了治疗方案,表明 TEE 监测对治疗方案的选择有重要指导作用^[15]。Wang 等^[7]研究表明,尽管 TEE 监测不能取代经验性数据,但它具有微创、实时等优点,是传统监测和临床判断的一个有效补充。Etherington 等^[6]认为 TEE 在 ICU 尤其是烧伤患者中的应用,需要大样本的前瞻性研究来衡量这项检查的安全性,他们指出这可能成为今后一个重要研究方向。

烧伤休克复苏的最终目的不是努力使血流动力学参数达到正常化,而是保证重要器官的有效血流灌注。从这个意义上讲,超声心动图可能比 PAC 在烧伤休克复苏过程中应用更广^[7]。随着超声心动图血流动力学监测技术的不断改进和完善,相信它将在未来烧伤救治中发挥更大作用。

参考文献

- [1] Bak Z, Sjöberg F, Eriksson O, et al. Cardiac dysfunction after burns. *Burns*, 2008,34(5):603-609.
- [2] Horton JW, Tan J, White DJ, et al. Selective decontamination of the digestive tract attenuated the myocardial inflammation and dysfunction that occur with burn injury. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2004,287(5):H2241-2251.
- [3] Bak Z, Sjöberg F, Eriksson O, et al. Hemodynamic changes during resuscitation after burns using the Parkland formula. *J Trauma*, 2009,66(2):329-336.
- [4] Küntschner MV, Germann G, Hartmann B. Correlations between cardiac output, stroke volume, central venous pressure, intra-abdominal pressure and total circulating blood volume in resuscitation of major burns. *Resuscitation*, 2006,70(1):37-43.
- [5] 王光毅,肖仕初,唐洪泰,等. 经食管多普勒超声监护系统在烧伤治疗中的应用. *中华烧伤杂志*, 2007,23(2):133-136.
- [6] Etherington L, Saffle J, Cochran A. Use of transesophageal echocardiography in burns: a retrospective review. *J Burn Care Res*, 2010,31(1):36-39.
- [7] Wang GY, Ma B, Tang HT, et al. Esophageal echo-Doppler monitoring in burn shock resuscitation: are hemodynamic variables the critical standard guiding fluid therapy? *J Trauma*, 2008,65(6):1396-1401.
- [8] Casserly B, Read R, Levy MM. Hemodynamic monitoring in sepsis. *Crit Care Clin*, 2009,25(4):803-823, ix.
- [9] Greim CA, Roewer N, Laux G, et al. On-line estimation of left ventricular stroke volume using transoesophageal echocardiography and acoustic quantification. *Br J Anaesth*, 1996,77(3):365-369.
- [10] Brown JM. Use of echocardiography for hemodynamic monitoring. *Crit Care Med*, 2002,30(6):1361-1364.
- [11] Feinberg MS, Hopkins WE, Davila-Roman VG, et al. Multiplane transesophageal echocardiographic doppler imaging accurately determines cardiac output measurements in critically ill patients. *Chest*, 1995,107(3):769-773.
- [12] Salem R, Vallee F, Rusca M, et al. Hemodynamic monitoring by echocardiography in the ICU: the role of the new echo techniques. *Curr Opin Crit Care*, 2008,14(5):561-568.
- [13] Dalibon N, Schlumberger S, Saada M, et al. Haemodynamic assessment of hypovolaemia under general anaesthesia in pigs submitted to graded haemorrhage and retransfusion. *Br J Anaesth*, 1999,82(1):97-103.
- [14] Giannuzzi P, Imparato A, Temporelli PL, et al. Doppler-derived mitral deceleration time of early filling as a strong predictor of pulmonary capillary wedge pressure in postinfarction patients with left ventricular systolic dysfunction. *J Am Coll Cardiol*, 1994,23(7):1630-1637.
- [15] Poelaert JI. Haemodynamic monitoring. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2001,14(1):27-32.
- [16] Dellinger RP, Levy MM, Carlet JM, et al. Surviving Sepsis Campaign: international guidelines for management of severe sepsis and septic shock; 2008. *Crit Care Med*, 2008,36(1):296-327.
- [17] 朱文玲. 超声心动图评价左心室功能. *中国心血管杂志*, 2008,13(4):241-243.
- [18] Armstrong WF, Ryan T. Feigenbaum's echocardiography. 7th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2009:473-483.
- [19] Murphy JT, Horton JW, Purdue GF, et al. Evaluation of troponin-I as an indicator of cardiac dysfunction after thermal injury. *J Trauma*, 1998,45(4):700-704.
- [20] Brun P, Tribouilloy C, Duval AM, et al. Left ventricular flow propagation during early filling is related to wall relaxation: a color M-mode Doppler analysis. *J Am Coll Cardiol*, 1992,20(2):420-432.
- [21] 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. *Circulation*, 2004,109(20):2432-2439.
- [22] Noritomi DT, Vieira ML, Mohovic T, et al. Echocardiography for hemodynamic evaluation in the intensive care unit. *Shock*, 2010,34 Suppl 1:S59-62.
- [23] Cheitlin MD, Armstrong WF, Aurigemma GP, et al. ACC/AHA/ASE 2003 guideline update for the clinical application of echocardiography: summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (ACC/AHA/ASE Committee to Update the 1997 Guidelines for the Clinical Application of Echocardiography). *Circulation*, 2003,108(9):1146-1162.
- [24] Kohli-Seth R, Neuman T, Sinha R, et al. Use of echocardiography and modalities of patients monitoring of trauma patients. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2010,23(2):239-245.
- [25] Maass DL, Naseem RH, Garry M, et al. Echocardiography assessment of myocardial function after burn injury. *Shock*, 2006,25(4):363-369.
- [26] 郭振荣. 烧伤学临床新视野——烧伤休克、感染、营养、修复与整复. 北京:清华大学出版社, 2005:23.
- [27] Kim K, Kwok I, Chang H, et al. Comparison of cardiac outputs of major burn patients undergoing extensive early escharectomy: esophageal Doppler monitor versus thermodilution pulmonary artery catheter. *J Trauma*, 2004,57(5):1013-1017.
- [28] Knobloch K. Non-invasive hemodynamic monitoring in burn shock resuscitation. *Burns*, 2010,36(7):1135-1136.

(收稿日期:2010-09-04)

(本文编辑:莫愚)