

血流动力学监测技术在脓毒症和脓毒性休克中的临床应用与进展

林信秦^{1,2} 陆亿^{2*} 黄忠仕²

1. 右江民族医学院研究生学院 广西百色 533000

2. 右江民族医学院附属医院重症医学科 广西百色 533000

摘要：目前常见的血流动力学监测指标包括血压、中心静脉压、心输出量、心脏指数、外周血管阻力、胸液水平等，是早期发现脓毒症和脓毒性休克患者血流动力学变化，并优化指导治疗方案的重要参数。随着医学相关技术的进步，血流动力学监测技术也从有创监测手段向无创监测技术发展的趋势，越来越多的无创血流动力学监测技术用于临床工作，尤其是脓毒症和脓毒性休克的诊治过程中。

关键词：脓毒症；脓毒性休克；血流动力学监测；有创；无创

引言

第三次国际共识对脓毒症进行了新的定义，即为宿主对感染的反应性失调紊乱，最终导致危及生命的多器官功能障碍。并将临床上将通过在初始液体复苏后维持平均动脉压超过 65mmHg 和血清乳酸水平超过 2mmol/L 的血管加压药物定义为脓毒性休克。脓毒症具有起病急、发展快、并发症多、死亡率高等特点，其病理生理变化核心是血流分布异常引起的血容量绝对或相对不足及组织低灌注，即分布性休克^[1]。早期可表现为意识障碍、呼吸增快、血压进行性下降等，晚期患者可出现急性肾功能损伤、心肌损害、呼吸窘迫综合征等^[2]。有学者对国内 2017 年到 2019 年 31 个省份的共 4781280 住院脓毒症患者进行分析，得出结论为全国住院脓毒症的年龄标准化发病率由 2017 年 328.25 例/100000 显著增加至 2019 年的 421.85 例/100000，且发病率在 60 岁后急剧上升，因此目前对脓毒症患者行精准的、快速的诊治仍是综合重症病房着力解决的难题和研究的热点。

依据循证医学、国际指南、《医学快报》252(2015年版)及 2023 年感染性休克集束化治疗指南等指导原则，提出早期脓毒性休克治疗方案包括 1h 内运用 30ml/kg 晶体液进行靶向复苏及血管活性药物以确保平均动脉压 \geq 65mmHg，3h 内完成脓毒症集束治疗，并通过乳酸水平及患者血压评估是否重新应用 30ml/kg 晶体液进行复苏及 6h 后仍低血压对

目标复苏治疗效果欠佳的脓毒性休克患者予相应的血管活性药物，“surviving sepsis campaign,SSC”更新发布的第三次指南，均推荐早期予抗生素及静脉输液治疗，以恢复循环液体量并增加心输出量，最终增加氧气输送量。尽管对脓毒性休克患者需要充分的液体复苏达成了共识，但近年来三项大型研究证实，接受常规液体复苏的脓毒性休克患者与达到 EGDT 目标的患者相比，在入住重症监护室时间及 90 天死亡率的数据上并没有显著差异^[3]。早期脓毒性休克患者即可出现异常的血流动力学状态，但传统的血流动力学监测仪器难以发现，且在 6h 最佳时间窗口内未能完成对血流动力学状态的改善，其异常的血流动力学状态则难以完全纠正，影响患者预后，故使用能直观反映血流动力学数据的监测手段在指导脓毒症患者治疗方案的拟定、血管活性药物的使用以及血容量管理方面发挥着重要的作用^[4]。

血流动力学是研究血液及其组成成分在机体内运动特点和规律性的科学，一般的监测指标包括心率、血压、CVP 值、心输出量、前负荷、后负荷、心肌收缩力等^[5]。理想的血流动力学监测手段应该能无创、准确、连续、实时地反映机体生理或病理变化的^[6]。近来随着科技的发展，非侵入性的血液动力学监测技术发展迅速，尽管侵入性的血流动力学监测方法通常被描述为“金标准”，但因其有创性、操作难度大、并发症风险高等缺点，因此非侵入性的血液动力学监测方法

在临床中更受青睐。本文就目前有创及无创血流动力学监测方法在综合重症医学中的临床应用与优缺点做一综述。

1. 目前常用的有创血流动力学监测技术及其优缺点

1.1 中心静脉压监测

目前重症监护病房广泛运用经外周静脉穿刺置入中心静脉管的血流动力学监测手段，中心静脉导管一般放置于右心房或尽可能靠近右心房的上腔静脉或下腔静脉中，用于评估血容量是否充足，也是右心室和左心室预负荷的一个指标，反映静脉回流的情况。1959年，休斯等学者首次发现并描述了中心静脉压和血管容量的关系，即血管容量减少会引起中心静脉压下降。1968年，英国有学者全面阐述了中心静脉压监测在低血容量性休克、心血管手术、心功能衰竭和心脏骤停抢救中应用的重要性，它可以为患者迅速建立静脉通路，以便于快速补液、监测血流动力学状态、输注血管活性药物等，但其监测数据易受胸、心包及腹部压力的影响^[7]。20世纪60年代末已将中心静脉压的正常值范围定义为5-10cmH₂O，最早被当作心脏的前负荷指标来指导患者液体复苏量和补液速度，当CVP < 5cmH₂O则提示为心功能不全或血容量不足；当CVP > 15cmH₂O则可认为存在心功能不全、静脉血管过度收缩导致回心血量增加或肺循环阻力增高；当CVP > 20cmH₂O时，则提示存在充血性心力衰竭可能^[8]。虽然此类方式能有效的明确患者实际血容量，但长期的临床应用中发现，CVP虽然是识别右心衰竭的价值指标，但马里克和卡拉瓦齐教授在2013年就提出了CVP监测不能准确预测液体的反应性的结论，此后研究中也不断被证实。2012年库普奇克和布里奇斯研究则认为肺动脉高压、心包填塞、气胸等疾病会影响右心房压力，进而使CVP数值增加，影响测量的准确性^[9]。且在其为患者带来益处的同时，常会并发静脉炎、出血、导管堵塞和感染等并发症影响患者的治疗效果，甚至引起中心静脉导管相关性血栓形成危及生命安全。

1.2 有创动脉血压监测

是将动脉导管置于动脉内，一般选择桡动脉或者肱动脉上进行，它直接感知血管内压力，通过压力传感器信号传导，在监测仪上显示动脉血压波形与数值的方法。有创动脉血压监测能够提供连续、动态且准确的血压数据，特别适用于严重低血压、严重创伤导致多发骨折或合并多种并发症导致无创血流动力学监测手段无法监测的患者，而且可以经过

此通路频繁的获取动脉血气样本，在重症监护病房中具有重要意义。但其测量的准确性及连续性受多种因素影响，包括管路连接情况、是否阻塞、有无气泡存在及压力传感器的位置，此外，有创动脉血压监测作为一种侵入性操作，同样存在出血、血管闭塞、感染、血栓形成等风险^[10]。且因血压指标具有滞后性，所以单一的血压监测难以在临床中实现对脓毒性休克患者的液体容量反映。

1.3 肺动脉漂浮导管

最早在1970年《新英格兰医学杂志》就发表了一篇文章于改良导管测量心内压的文章，不仅成功测量了心脏病患者的肺动脉楔压并被国际认为临床血流动力学监测的“金标准”，许多学者研究证明了使用漂浮导管监测指导下缩短患者病情缓解时间，降低了心衰并发症发生率，可以缩短机械通气时间，降低病死率。目前已可用于右心压力和肺动脉压等多种指标的监测，通过对血流动力学指标的实时监测以利于脓毒性休克患者的液体复苏，并降低多器官功能障碍综合征等并发症的发生^[11]。但在临床运用过程中仍存有创操作的风险。因此急需一种精确的微创或无创的血流动力学监测方法。

2. 目前常用的微创血流动力学监测技术及其优缺点

2.1 PiCCO 监测

1999年PiCCO监测技术发现并开始应用于临床血流动力学监测，其结合了肺热稀释技术和脉搏波形轮廓分析两大技术原理，可以获得心功能指标。相比于肺动脉漂浮导管监测手段，PiCCO仅需在股动脉和锁骨下静脉分别放置1根导管，不经过右心系统，操作更简单、创伤更小，减少了并发症的发生^[12]。2014年张雪梅学者对PiCCO和肺动脉导管血流动力学监测的指标心输出量、外周血管阻力指数、每搏量、左心做功指数相关性做了研究分析，得出结论为两种监测方法监测急性心力衰竭患者所获得的血流动力学指标具有正向性相关和一致性，在临床中PiCCO监测技术可能是更好的选择^[13]。且有学者证实了PiCCO监测技术在改善严重胸外和ARDS患者结局方面的有效性。但该监测方法仍需穿刺置管，还需用经肺热稀释法进行校正，且相比于单一的使用PiCCO监测技术来指导脓毒性休克患者或急性心力衰竭患者治疗，经腹超声联合PiCCO能更好的指导液体复苏，对脓毒性休克患者的生存结局有一定的预后性。

3. 目前常用的无创血流动力学监测技术及其优缺点

3.1 无创床旁多普勒超声

自2003年起，床旁多普勒超声开始在临床中投入使用，其采用了连续多普勒超声波技术，当它连续发射频率>20000Hz声波时，也在连续地接受移动的靶物体反射的多普勒位移声波，从而得到移动靶物体的信息，而心脏和血管内的红细胞就是心排量监测中的移动靶物体，因而探得血管内血流的方向和速度。同时还能通过主动脉瓣或肺动脉瓣的距离直接获得流出道的直径，通过红细胞在一定时间内通过瓣膜所运行的距离、心脏周期的时间、血流方向及心率等数据，结合患者的身高、体重、血压、血红蛋白含量等一般指标，运用计算公式获得每搏输出量、心输出量、心肌收缩力、心脏指数等血流动力学指标^[14]。相比于传统的有创血流动力学监测手段，床旁多普勒超声具有无创、无辐射、安全性高等优点，在临床获得广泛应用。2020年宋凤莲等学者对简阳市人民医院100例脓毒性休克患者行无创床旁多普勒超声监测方法进行了研究，结果证明重症超声联合无创心排量监测在指导脓毒性休克患者液体复苏中，能够减少肺水肿与多器官功能障碍的发生，降低APACHE II与SOFA评分，促进氧合指数与SCVO₂水平的提高^[15]。2018年庞荣锋学者就佛山市高明区人民医院88例重症患者血流动力学监测方法进行的研究，比较PICCO和无创床旁多普勒超声两种监测方法得出的血流动力学参数，包括每搏量、每搏量指数、心排量、心排血指数进行差异性分析，得出结论为两种监测手段在监测重症患者血流动力学参数方面存在差异，但具有良好的相关性^[16]。但此项监测方法受操作者影响因素多，且无法行24h实时监测^[17]。因而临床上需要寻找一种操作简单、创伤性小、准确性高且能实时监测的新的无创监测设备以评价患者心功能状态及血流动力学状态以指导脓毒性休克患者行液体复苏^[18]。

3.2 无创胸阻抗监测法

目前基于无创血流动力学监测原理的临床仪器包括BioZ、NICOMON、NICCOM等，其都以生物电抗技术为基础，通过在患者的颈部和胸部皮肤上放置4对电极片，电极片向胸腔释放恒定、低幅、高频的交流电，并测量相应的电压，从而计算出胸阻抗的变化。因肌肉、骨骼、脂肪、肺、血液的电阻抗均不同，其中血液电阻抗值最小，胸腔中的肌肉、骨骼、脂肪、肺电阻抗相对不变，当心脏射血后，流经胸腔

内血管的血流增多，则电阻抗值减少，通过流经胸腔内血管的血流信号转化为电信号，分析射频波相位移的改变而精确计算出各种血流动力学指标，包括：心输出量、每搏输出量、心脏指数、外周阻力等^[19]。脓毒症和脓毒性休克血流动力学常表现为高阻低排，当机体全身炎症机制激活各种炎症因子，如白细胞介素、释放肿瘤坏死因子、血小板活化因子及前列腺素等，特别是一氧化氮的释放将引起外周血管收缩和舒张功能异常，致每搏量下降，因此每搏量下降也被认为是早期脓毒性休克患者首要的血流动力学改变指标^[20]。无创胸阻抗监测法能对SVR指标监测，识别患者是否为早期的脓毒性休克，并尽早予液体复苏纠正血流动力学状态，相比于有创血流动力学监测方法来说，这些仪器并发症更少、价格较低、可用于更深入监测血流动力学的患者，与多普勒超声技术相比，它更适合于密切监测存在血流动力学损害风险的患者^[15]。但目前临床中对于无创胸阻抗监测法对重症监护病房脓毒症休克患者的指导资料仍较少，对血流动力学监测指标的准确性仍有待商榷，某些技术仍处于初期阶段，至少在血液透析领域，在预测透析期间的透析危象方面，多普勒超声技术比胸阻抗法监测技术关于心输出量数据上更为可靠，因此该技术还需时间进一步探究。

综上所述，临床中早期识别，并予液体复苏干预是治疗脓毒性休克的关键，

但目前早期液体复苏量尚无明确标准，需根据相关血流动力学监测指标及时调整液体复苏方案。随着科技的发展，越来越多的血流动力学监测手段得以在临床中运用，虽然CVP监测、有创动脉血压监测、PICCO等有创血流监测方法临床仍将其作为“金标准”，但因创伤性大、并发症多、技术要求高等因素限制了临床应用，而作为无创血流动力学监测技术来说，如多普勒超声技术、IGG监测技术，其因风险小、花费少、护理更简便等优点更受临床青睐，也更能被患者家属所接受。尽管无创血流动力学监测法在重症患者中具有很大的应用价值，但目前仍没有研究表明有任何一项无创血流动力学监测技术能做到对脓毒性休克患者做到实时的、准确的监测以指导液体复苏及血管活性药物的运用，仍需进一步发展以便于对患者血流动力学的监测，从而提高患者的治愈率。

参考文献：

[1] 龙桂均, 陈科, 段莉莉, 等. 连续无创血流动力学参

数监测在脓毒症患者预后预测中的临床价值[J]. 临床和实验医学杂志, 2024, 23(13): 1388-1392.

[2] 谢作华. 血流动力学监测技术在脓毒性休克患者中的应用进展研究[J]. 中国实用医药, 2024, 19(9): 169-171.

[3] 汪蔷薇. 无创血流动力学监测对脓毒症休克患者液体管理的研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2024.

[4] 孙丽, 马明仁, 靳鹏, 等. 微创和无创血流动力学监测在重症监护中的应用进展[J]. 中国心血管病研究, 2024, 22(6): 528-533.

[5] 韦雪, 杜新月, 刘龙, 等. 血流动力学监测技术的临床应用进展[J]. 临床心电学杂志, 2024, 33(02): 126-130.

[6] 苟晓梅, 郭焯, 苏家琼. 无创血流动力学监测在老年感染性休克患者早期液体复苏中的应用[J]. 中华医院感染学杂志, 2020, 30(1): 58-62.

[7] 刘媛媛, 史凌云, 高晶, 等. 脓毒症患者中心静脉导管相关深静脉血栓发生相关因素分析[J]. 新疆医科大学学报, 2024, 47(07): 1042-1048.

[8] 胡莹莹, 李晨, 李艳玲, 等. 中心静脉压急诊临床应用中国专家共识(2020)[J]. 临床急诊杂志, 2020, 21(06): 421-428. DOI:10.13201/j.issn.1009-5918.2020.06.001.

[9] Hill B, Smith C. Central venous pressure monitoring in critical care settings[J]. British Journal of Nursing, 2021, 30(4): 230-236.

[10] 徐婷婷, 吕剑虹, 王祝平, 等. 上海市护理学会《有创动脉血压监测方法》团体标准解读[J]. 上海护理, 2024, 24(05): 1-5.

[11] 王超, 白敏, 何书武. 肺动脉漂浮导管应用于心血管危重症中的临床效果分析[J]. 临床与病理杂志, 2016, 36(08): 1182-1186.

[12] 肖百芳, 张亚娟, 钟映玉. 脓毒性休克早期复苏患者应用微创方法监测血流动力学效果[J]. 山东医药, 2016, 56(26): 97-99.

[13] 张雪梅. PiCCO 和 Swan-Ganz 导管血流动力学监测

指标的相关性及心衰合剂对急性心衰患者 PiCCO 血流动力学监测指标的影响的研究[D]. 成都中医药大学, 2015.

[14] 段怡, 冯艺. 无创超声心排血量监测仪的临床应用进展[J]. 临床麻醉学杂志, 2014, 30(07): 716-718.

[15] 宋凤莲, 陈军, 张帆, 等. 重症超声联合无创心排血量监测对感染性休克患者液体复苏的指导价值研究[J]. 中西医结合心血管病电子杂志, 2022, 10(28): 10-13.

[16] 庞荣锋. 超声心排血量与 PICCO 监测重症患者血流动力学的对比研究[J]. 实用临床医学, 2022, 23(04): 4-6+41. DOI:10.13764/j.cnki.lcsy.2022.04.002.

[17] 祁莉萍, 刘宏伟, 洪昌明, 等. 脉搏指示连续心输出量监测和无创胸阻抗法监测与经胸超声心动图法测量老年重症心力衰竭患者心功能指标的相关性[J]. 中国医药, 2020, 15(5): 645-649.

[18] 张建薇, 徐娜, 郑闻. 胸阻抗法无创血流动力学监测技术在慢性心力衰竭患者心脏康复中的应用价值[J]. 实用心脑血管病杂志, 2024, 32(5): 38-41.

[19] 文人平, 汪顺银. 无创血流动力学监测在心血管领域的临床应用[J]. 中国社区医师, 2024, 40(4): 7-9.

[20] 张弘, 叶志澄, 李敏, 等. 基于无创血流动力学参数的脓毒症预测模型构建[J]. 岭南急诊医学杂志, 2024, 29(3): 223-226.

作者简介:

林倍秦, (1998—), 男, 汉族, 医学学士, 右江民族医学院研究生学院, 在读硕士研究生, 研究方向为急危重症医学。

通讯作者: 陆亿副主任医师, 右江民族医学院附属医院重症医学科

基金项目:

广西医疗卫生重点(培育)学科建设项目(桂卫科发(2019)19号); 右江民族医学院博士学科建设项目(右医医院院字(2018)29号); 广西医疗卫生适宜技术开发与推广应用项目(合同编号: S2022136)