·论著·

连续性静脉－静脉血液滤过对重症患者经肺热稀释法测量心排血量的影响

梅鸿 陈淼 傅小云 李康 刘国跃 覃松

563003 贵州遵义，遵义医学院附属医院重症医学科

通讯作者：傅小云，Email：fxycloudy@126.com

DOI：10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.08.008

【摘要】 目的 探讨重症患者进行连续性静脉－静脉血液滤过（CVVH）时对经肺热稀释法监测心排血量（CO）值及血流动力学指标的影响。**方法** 采用前瞻性队列研究方法，选择 2011 年 1 月至 2015 年 10 月遵义医学院附属医院重症加强治疗病房（ICU）收治的 62 例重症患者。所有患者经股静脉穿刺置管成功后进行 CVVH，分别在 CVVH 运行前、运行后即刻（动脉端泵出血后立即注射 8 ℃生理盐水）、运行后 5 min、突然中断即刻（运行 10 min 按暂停键），以及重新恢复运行后即刻、15 min、30 min 应用脉搏指示连续心排血量（PiCCO）监测仪监测 CO 值，同时观察各时间点心率（HR）、平均动脉压（MAP）、中心静脉压（CVP）及中心血温的变化。**结果** 从 CVVH 运行前至运行后 5 min，患者的 CO 值均未出现明显变化，波动在 6.96（7.33，8.67）～6.98（6.43，7.45）L/min；直至 CVVH 突然中断即刻，CO 值突然升高并达峰值 8.04（7.36，8.77）L/min，且与其他时间点比较差异有统计学意义（均 $P<0.01$）；CVVH 重新恢复运行后即刻，CO 值骤降至 4.71（4.14，7.26）L/min，且明显低于其他时间点（均 $P<0.01$）；随着 CVVH 恢复运行，患者 CO 值逐渐恢复到中断前的稳定运行水平〔4.71（4.14，7.26）～6.85（6.08，7.26）L/min〕。CO 监测期间，患者 HR、MAP、CVP 等其他血流动力学指标以及中心血温均处于稳定水平，未见明显变化。**结论** CVVH 中断即刻 PiCCO 监测的 CO 值明显升高，CVVH 恢复运行后即刻 CO 值明显降低，而 CVVH 正常运行时不影响 CO 值的监测；CVVH 正常运行对 HR、MAP、CVP 等其他血流动力学及中心血温均无明显影响。

【关键词】 连续性静脉－静脉血液滤过； 脉搏指示连续心排血量监测； 热稀释法； 心排血量

基金项目：国家自然科学基金面上项目（81560308）

The influence of continuous veno-venous hemofiltration on cardiac output value monitored by transpulmonary thermodilution technique in critical patients

Mei Hong, Chen Miao, Fu Xiaoyun, Li Kang, Liu Guoyue, Qin Song

Department of Critical Care Medicine, Affiliated Hospital of Zunyi Medical College, Zunyi 563003, Guizhou, China

Corresponding author: Fu Xiaoyun, Email: fxycloudy@126.com

【Abstract】 Objective To investigate the influence of continuous veno-venous hemofiltration (CVVH) on cardiac output (CO) value and parameters of hemodynamics monitored by transpulmonary thermodilution technique in critical patients. **Methods** A prospective cohort study was conduced. Sixty-two critical patients admitted to intensive care unit (ICU) of Zunyi Medical College Affiliated Hospital from January 2011 to October 2015 were enrolled. All of the patients received CVVH through femoral vein puncture catheter. The CO value was monitored before CVVH operation, immediately after CVVH operation (8 ℃ normal saline was injected immediately after the output of blood from the arterial end), 5 minutes after operation, the time at the sudden interruption (press pause key after 10 minutes of operation) and resumed immediately, 15 minutes and 30 minutes after operation by pulse-indicated continuous cardiac output (PiCCO) with transpulmonary thermodilution method. The changes in heart rate (HR), mean arterial pressure (MAP), central venous pressure (CVP), and blood temperature were observed at all time points. **Results** From CVVH before start to 5 minutes thereafter, CO values were not significantly changed in patients, fluctuating in 6.96 (7.33, 8.67)-6.98 (6.43, 7.45) L/min. When CVVH was suddenly interrupted, CO value was immediately increased to the peak 8.04 (7.36, 8.77) L/min, which showed statistically significant difference as compared with other time points (all $P < 0.01$). Immediately after the CVVH recovery from interruption, the CO value dropped to 4.71 (4.14, 7.26) L/min, and it was significantly lower than those at other time points (all $P < 0.01$). With the CVVH recovery, the patients' CO value was gradually restored to the stable operation ahead of interruption [4.71 (4.14, 7.26)-6.85 (6.08, 7.26) L/min]. During CO monitoring, HR, MAP, CVP and blood temperature of the patients were at the same level, and no significant changes were founded. **Conclusions** CVVH interruption of immediate PiCCO monitoring CO value were significantly increased, immediately after the CVVH recovery the CO value were significantly reduced, and the normal operation of CVVH did not affect the CO value monitoring. Hemodynamics and blood temperature of all patients were stable during CVVH.

【Key words】 Continuous veno-venous hemofiltration; Pulse-indicated continuous cardiac output; Thermodilution; Cardiac output

Fund program: National Natural Science Foundation of China (General Program) (81560308)

脉搏指示连续心排血量监测技术（PiCCO）具有创伤与危险性小、简便、精确、可连续监测心排血量（CO）[1]，并能提供容量状态及肺水肿信息[2]的特点，已广泛用于重症患者的血流动力学监测[3-4]。连续性静脉－静脉血液滤过（CVVH）除用于肾脏替代治疗外，其适应证已扩展到急性呼吸窘迫综合征（ARDS）[5]、多器官功能障碍综合征（MODS）[6]、心力衰竭[7]、腹腔高压[8]等非肾脏疾病，成为重症加强治疗病房（ICU）危重病患者重要的救治支持措施之一。危重病患者常并发容量过负荷或内环境失衡，需应用 CVVH 进行超滤及内环境调节，而评估容量状态是治疗的关键所在[9]。对于既需要 CVVH 又需要 PiCCO 监测血流动力学的患者，CVVH 是否会影响经肺热稀释测量的 CO 结果，迄今相关研究结果有限，且存在争议[10-15]。基于热稀释法的 CO 监测技术对容量和血温的变化非常敏感，CVVH 在运行过程中会出现突然中止及再运行等意外情况，此时中心血温的变化可能对 CO 监测结果产生影响。本研究旨在探讨 CVVH 对重症患者 PiCCO 监测 CO 结果及血流动力学指标的影响，为临床评估 CO 的可靠性提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象的选择：采用前瞻性队列研究方法，选择 2011 年 1 月至 2015 年 10 月遵义医学院附属医院 ICU 收治的需要进行 CVVH 同时采用 PiCCO 监测 CO 的重症患者。

1.1.1 纳入标准：明确诊断急性肾衰竭（ARF）、尿毒症引起的严重容量负荷过重、重症急性胰腺炎（SAP）、感染性休克合并高乳酸血症，并伴有血流动力学不稳定，且有 CVVH 及 PiCCO 监测的指征。

1.1.2 排除标准：严重低体温、主动脉瘤、心内分流、严重心脏瓣膜疾病、心腔肿瘤、肥胖者〔体质指数（BMI）> 30 kg/m^2〕。

1.1.3 伦理学：本研究通过遵义医学院附属医院伦理委员会批准，所有治疗、监测及检查均获得患者或家属的知情同意。

1.2 观察指标及方法：应用 PiCCO 监测仪（德国 Pulsion 公司），采用经肺热稀释法分别于 CVVH 运行前、运行后即刻（动脉端泵出血后立即注射 8 ℃生理盐水）、运行后 5 min、突然中断即刻（运行 10 min 按暂停键）及重新恢复运行后即刻、15 min、30 min 检测 CO 值，并测定心率（HR）、平均动脉压（MAP）、中心静脉压（CVP）及中心血温。

1.3 CO 监测方法：经股静脉穿刺置管成功后，由中心静脉导管在 4 s 内匀速注入 20 mL 8 ℃的生理盐水；CVVH 时设置血流量 130～150 mL/min，脱水量 150～200 mL/h，置换液速度 35～40 $mL\cdot kg^{-1}\cdot h^{-1}$。

1.4 统计学处理：采用 SPSS 17.0 软件处理数据，正态分布的计量资料以均数 ± 标准差（$\bar{x}\pm s$）表示，采用一般线性模型、单组重复测量方差分析；非正态分布的计量资料以中位数（四分位数）〔$M(Q_L, Q_U)$〕表示，采用 Wilcoxon 秩和检验。$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结　果

2.1 患者一般情况：共入选 64 例患者，其中 2 例在 CRRT 突然中断即刻测量的 CO 值缺失，予以剔除，最终有 62 例重症患者的数据纳入本研究。其中男性 38 例，女性 24 例；平均年龄（49±5）岁；急性生理学与慢性健康状况评分系统Ⅱ（APACHE Ⅱ）评分（18±3）分；入院时血肌酐（356±15）μmol/L，尿素氮（17.8±4.6）mmol/L，血乳酸（3.3±1.8）mmol/L，BMI（24.1±3.2）kg/m^2。原发病：SAP 15 例，尿毒症 18 例，ARF 17 例，感染性休克 12 例。所有患者均完成了相应治疗。

2.2 CVVH 不同时间点 CO 值及 HR、MAP、CVP、中心血温的变化（表 1）：从 CVVH 运行前至运行后 5 min，患者 CO 值均未出现较大波动；直至 CVVH 突然中断即刻，CO 值突然升高并达峰值，且与其他时间点比较差异有统计学意义（均 $P<0.01$）；CVVH 重新恢复运行后即刻，CO 值骤降，且明显低于其他时间点（均 $P<0.01$）；随 CVVH 恢复运行，患者 CO 值逐渐恢复到中断前的稳定运行水平。CO 监测期间，患者 HR、MAP、CVP 及中心血温均处于稳定水平，各时间点间差异无统计学意义（均 $P>0.05$）。

表 1 62 例重症患者 CVVH 不同时间点 PiCCO 监测 CO 值及 HR、MAP、CVP、中心血温的变化

观察时间点	例数（例）	CO〔L/min, $M(Q_L, Q_U)$〕	HR（次 /min, $\bar{x}\pm s$）	MAP（mmHg, $\bar{x}\pm s$）	CVP（cmH_2O, $\bar{x}\pm s$）	中心血温（℃, $\bar{x}\pm s$）
T1（CVVH 运行前）	62	6.98（6.43, 7.45）^{ab}	97±8	72±8	16±2	36.4±0.4
T2（运行后即刻）	62	6.96（7.33, 8.67）^{ab}	96±9	73±9	15±4	36.4±0.5
T3（运行后 5 min）	62	6.97（6.43, 7.42）^{ab}	95±8	75±7	15±6	36.3±0.5
T4（突然中断即刻）	62	8.04（7.36, 8.77）	96±7	75±8	15±5	36.4±0.4
T5（重新恢复运行后即刻）	62	4.71（4.14, 7.26）^{a}	95±7	76±9	15±4	36.4±0.4
T6（重新恢复运行后 15 min）	62	6.85（6.08, 7.26）^{ab}	96±8	76±8	16±5	36.3±0.5
T7（重新恢复运行后 30 min）	62	6.83（6.21, 7.34）^{ab}	97±9	76±6	17±4	36.4±0.4

注：CVVH 为连续性静脉－静脉血液滤过，PiCCO 为脉搏指示连续心排血量监测，CO 为心排血量，HR 为心率，MAP 为平均动脉压，CVP 为中心静脉压；1 mmHg=0.133 kPa，1 cmH_2O=0.098 kPa；与 T4 比较，$^aP<0.01$；与 T5 比较，$^bP<0.01$

3 讨 论

PiCCO 是一项全新的脉搏轮廓连续 CO 监测与经肺热稀释法 CO 监测联合应用技术，其创伤性及危险性小，通过热稀释法测量 CO 的准确性与经肺动脉导管测量的 CO 相当，同时能监测血管外肺水（EVLW）、全心舒张期末容积（GEDV）、肺血管通透性指数（PVPI）等多个参数，目前已经广泛应用于临床[16]。PiCCO 监测时，如果患者在进行 CVVH，其容量及中心血温的变化是否对 PiCCO 监测的 CO 值有影响，目前研究较少。

从理论上推断，CVVH 突然中断或再运行、体外血流突然中断或重新运行，都有可能引起中心血温的快速变化，从而导致 PiCCO 监测 CO 值出现偏差。本研究表明：在 CVVH 稳定运行期间，经肺热稀释法测定的 CO 值处于稳定水平，与 CVVH 运行前比较无明显差异；而在 CVVH 突然中断即刻，CO 值会出现一过性增高，与 CVVH 运行前及平稳运行期间出现了统计学差异；CVVH 再次恢复运行即刻，CO 值又出现一过性降低，随后恢复至 CVVH 运行前及平稳运行期间的水平。由此可知，在 CVVH 运行中断和中断后再运行转换即刻测量的 CO 值存在较大误差，可能原因是 CVVH 运行中断及中断后再运行转换的瞬间引起温度基线变化，但血温在短时间内（约 1 min）能重新建立稳态[12]。

既往也有研究描述了在快速输液时用热稀释法测量 CO 有明显变化[17]，在大量液体通过心肺通路的过程中，体温下降速率为 0.14 ℃ /min，虽然下降幅度很小，但此时监测 CO 数据偏低，说明快速输液对热稀释法监测的 CO 值会产生影响[18]。由热稀释法 CO 测量公式 CO=〔(Tb−Ti) Vi K〕/ ∫ ΔTb dt（Tb 为注射冷溶液前血温，Ti 为溶液温度，Vi 为溶液容积，ΔTb dt 为热稀释曲线下面积，K 为校正常数）可以看出，CVVH 突然中断时 ΔTb dt 变小，即使（Tb−Ti）Vi K 不变，CO 值仍会增高；而 CVVH 再启动时，机器中的血液进入体循环使 ΔTb dt 增加，CO 值则降低。有研究发现，PiCCO 热稀释技术监测过程中自身血温发生微小改变对 CO 的影响比注射冰盐水更敏感[19]。

Sakka 等[14]研究表明，低血流速度下进行肾脏替代治疗对脓毒症患者 PiCCO 监测的心排血指数（CI）、胸腔内血容量指数（ITBVI）、血管外肺水指数（EVLWI）没有影响，与本研究结果相似。而王志勇等[20]研究表明，CVVH 运行 30 min 后进行 PiCCO 监测，CI 会显著下降，本研究结果与之不一致。分析其原因可能为实验时基线血温波动过大导致测量误差，且纳入患者本身可能存在心肌功能潜在损伤，轻微的容量改变可能导致 CO 的巨大变化，但具体原因还需进一步研究探讨。

综上所述，CVVH 中断即刻 PiCCO 监测 CO 值明显增高，CVVH 中断后再运行即刻 PiCCO 监测 CO 值明显降低；CVVH 正常运行时不影响 CO 值检测，同时对 HR、MAP、CVP 等其他血流动力学指标及中心血温均无明显影响。

参考文献

［1］ Chakravarthy M, Patil TA, Jayaprakash K, et al. Comparison of simultaneous estimation of cardiac output by four techniques in patients undergoing off-pump coronary artery bypass surgery—a prospective observational study [J]. Ann Card Anaesth, 2007, 10 (2): 121-126. DOI: 10.4103/0971-9784.37937.

［2］ Oren-Grinberg A. The PiCCO Monitor [J]. Int Anesthesiol Clin, 2010, 48 (1): 57-85. DOI: 10.1097/AIA.0b013e3181c3dc11.

［3］ McLuckie A, Murdoch IA, Marsh MJ, et al. A comparison of pulmonary and femoral artery thermodilution cardiac indices in paediatric intensive care patients [J]. Acta Paediatr, 1996, 85 (3): 336-338. DOI: 10.1111/j.1651-2227.1996.tb14027.x.

[4] Linton RA, Jonas MM, Tibby SM, et al. Cardiac output measured by lithium dilution and transpulmonary thermodilution in patients in a paediatric intensive care unit [J]. Intensive Care Med, 2000, 26 (10): 1507-1511. DOI: 10.1007/s001340051347.

[5] 张继承, 楚玉峰, 曾娟, 等. 连续性高容量血液滤过治疗重度急性呼吸窘迫综合征的临床疗效 [J]. 中华危重病急救医学, 2013, 25 (3): 145-148. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2013.03.007.
Zhang JC, Chu YF, Zeng J, et al. Effect of continuous high-volume hemofiltration in patients with severe acute respiratory distress syndrome [J]. Chin Crit Care Med, 2013, 25 (3): 145-148. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2013.03.007.

[6] 王震, 李建军, 董化江, 等. 连续性肾脏替代治疗对热射病合并多器官功能障碍综合征的价值 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2013, 20 (4): 216-219. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2013.04.010.
Wang Z, Li JJ, Dong HJ, et al. An evaluation of therapeutic effect of continuous renal replacement therapy for treatment of patients with heat stroke complicated by multiple organ dysfunction syndrome [J]. Chin J TCM WM Crit Care, 2013, 20 (4): 216-219. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2013.04.010.

[7] 姬喜荣, 张全玲, 李志刚. 连续性血液滤过治疗顽固性心力衰竭的临床研究 [J]. 中华危重病急救医学, 2011, 23 (12): 765-766. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1003-0603.2011.12.015.
Ji XR, Zhang QL, Li ZG. Clinical study of continuous hemofiltration in the treatment of intractable heart failure [J]. Chin Crit Care Med, 2011, 23 (12): 765-766. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1003-0603.2011.12.015.

[8] 傅建军, 朱宏亮, 陈帆, 等. 连续性血液滤过在治疗以第三间隙液体潴留为主的腹腔高压中的应用 [J]. 南昌大学学报 (医学版), 2014, 54 (2): 48-52, 77.
Fu JJ, Zhu HL, Chen F, et al. Continuous blood purification for third-space fluid retention-based intra-abdominal hypertension [J]. J Nanchang Univ (Med Sci), 2014, 54 (2): 48-52, 77.

[9] 卞维静, 程虹. 危重症患者血液净化治疗的容量评估与监测 [J]. 中国血液净化, 2014, 13 (12): 841-844. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2014.12.010.
Bian WJ, Cheng H. Volume assessment and monitoring of blood purification in critically ill patients [J]. Chin J Blood Purif, 2014, 13 (12): 841-844. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2014.12.010.

[10] 邵俊, 郑瑞强, 卢年芳, 等. 高容量血液滤过对脓毒症患者血流动力学监测准确性的影响 [J]. 中华危重病急救医学, 2014, 26 (4): 272-274. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.04.015.
Shao J, Zheng RQ, Lu NF, et al. Effect of high volume hemofiltration on the accuracy of hemodynamic monitoring in patients with sepsis [J]. Chin Crit Care Med, 2014, 26 (4): 272-274. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.04.015.

[11] Pathil A, Stremmel W, Schwenger V, et al. The influence of haemodialysis on haemodynamic measurements using transpulmonary thermodilution in patients with septic shock: an observational study [J]. Eur J Anaesthesiol, 2013, 30 (1): 16-20. DOI: 10.1097/EJA.0b013e328358543a.

[12] Heise D, Faulstich M, Mörer O, et al. Influence of continuous renal replacement therapy on cardiac output measurement using thermodilution techniques [J]. Minerva Anestesiol, 2012, 78 (3): 315-321.

[13] Dufour N, Delville M, Teboul JL, et al. Transpulmonary thermodilution measurements are not affected by continuous veno-venous hemofiltration at high blood pump flow [J]. Intensive Care Med, 2012, 38 (7): 1162-1168. DOI: 10.1007/s00134-012-2573-5.

[14] Sakka SG, Hanusch T, Thuemer O, et al. The influence of venovenous renal replacement therapy on measurements by the transpulmonary thermodilution technique [J]. Anesth Analg, 2007, 105 (4): 1079-1082, table of contents. DOI: 10.1213/01.ane.0000280440.08530.fb.

[15] 汪毓君, 喻莉, 刘金平, 等. 高容量血液滤过治疗对 PiCCO 监测数据的影响 [J]. 华中科技大学学报 (医学版), 2013, 42 (3): 317-320, 323. DOI: 10.3870/j.issn.1672-0741.2013.03.017.
Wang YJ, Yu L, Liu JP, et al. Effect of high volume hemofiltration on PiCCO measurements [J]. Acta Med Univ Sci Technol Huazhong, 2013, 42 (3): 317-320, 323. DOI: 10.3870/j.issn.1672-0741.2013.03.017.

[16] Belda FJ, Aguilar G, Teboul JL, et al. Complications related to less-invasive haemodynamic monitoring [J]. Br J Anaesth, 2011, 106 (4): 482-486. DOI: 10.1093/bja/aeq377.

[17] Wetzel RC, Latson TW. Major errors in thermodilution cardiac output measurement during rapid volume infusion [J]. Anesthesiology, 1985, 62 (5): 684-687. DOI: 10.1097/00000542-198505000-00035.

[18] Bazaral MG, Petre J, Novoa R. Errors in thermodilution cardiac output measurements caused by rapid pulmonary artery temperature decreases after cardiopulmonary bypass [J]. Anesthesiology, 1992, 77 (1): 31-37. DOI: 10.1097/00000542-199207000-00006.

[19] Donati A, Nardella R, Gabbanelli V, et al. The ability of PiCCO versus LiDCO variables to detect changes in cardiac index: a prospective clinical study [J]. Minerva Anestesiol, 2008, 74 (7-8): 367-374.

[20] 王志勇, 李军, 秦英智, 等. 连续性静脉-静脉血液滤过对经肺热稀释测量参数的影响 [J]. 中华危重病急救医学, 2015, 27 (10): 831-835. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.10.010.
Wang ZY, Li J, Qin YZ, et al. The influence of continuous venovenous hemofiltration on parameter measurement by the transpulmonary thermodilution technique [J]. Chin Crit Care Med, 2015, 27 (10): 831-835. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.10.010.

(收稿日期: 2015-12-22)
(本文编辑: 孙茜, 李银平)