

本文引文格式:刘智文,俞凤. 全身生物阻抗法无创血流动力学监测与 PICCO 对照研究[J].
右江民族医学院学报, 2024, 46(4): 568-573.

【论著与临床报道】

全身生物阻抗法无创血流动力学监测与 PICCO 对照研究

刘智文, 俞凤

(安徽医科大学第一附属医院, 安徽 合肥 230041)

摘要:目的 通过对感染性休克患者进行全身生物阻抗法无创血流动力学监测(NICaS)与脉波指示剂连续心输出量(PICCO)监测,了解两种监测技术的相关性及一致性,评估全身生物阻抗法 NICaS 无创血流动力学监测在临床上的可靠性及应用价值。**方法** 选取2021年8月至2024年1月收住安徽医科大学第一附属医院急诊重症监护室符合感染性休克诊断标准并需要血流动力学监测的患者共32例,数据收集64次,每例患者在相同的时间行 PICCO 血流动力学监测以及全身生物阻抗法 NICaS,记录两者的测量的血流动力学数据:心输出量(CO)、心输出量指数(CI)、每搏输出量(SV)、每搏指数(SI)、外周血管阻力指数(SVRI 或 TPRI)等参数,并将两组参数进行相关性分析。**结果** NICaS 方法与 PICCO 方法在同一时间内测量的 CO、CI 进行对比分析,差异无统计学意义($P > 0.05$),而 SV、SI、TPRI、SVRI 进行对比时,差异有统计学意义($P < 0.05$)。同一时刻全身生物阻抗法测得的 CO 与 PICCO 测得的 CO 值之间 Bland-Altman 一致性 & Pearson 相关性限值为 $-1.183 \sim 1.509$ L/min 和 ($r = 0.954, P < 0.001$),说明具有良好的相关性。**结论** NICaS 在重症患者血流动力学监测方面与 PICCO 的一致性良好,本身具有简单、无创、便捷等优点,能够有效地监测重症危重患者血流动力学变化。

关键词: 感染性休克; 全身生物阻抗法; 脉波指示剂连续心输出量; 血流动力学

中图分类号: R331.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-5817(2024)04-0568-06

doi:10.3969/j.issn.1001-5817.2024.04.019

Comparative study of non-invasive hemodynamic monitoring using whole-body bioimpedance method and PICCO

LIU Zhiwen, YU Feng

(The First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230041, Anhui, China)

Abstract: **Objective** To compare non-invasive hemodynamic monitoring using the whole-body bioimpedance method (NICaS) with pulse indicator continuous cardiac output (PICCO) monitoring in patients with septic shock. To investigate the correlation and concordance between these two monitoring techniques, and evaluate the clinical reliability and application value of NICaS. **Methods** The study included 32 patients diagnosed with septic shock who required hemodynamic monitoring in the Emergency Intensive Care Unit of the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University from August 2021 to January 2024. A total of 64 data collections were performed. For each patient, PICCO and NICaS hemodynamic monitoring were conducted simultaneously. Hemodynamic parameters including cardiac output (CO), cardiac index (CI), stroke volume (SV), stroke index (SI), systemic vascular resistance index (SVRI), and total peripheral resistance index (TPRI) were recorded and analyzed for correlation between the two methods. **Results** Comparison of CO and CI measurements between NICaS and PICCO showed no statistically differences ($P > 0.05$). However, significant differences were observed in SV, SI, TPRI and SVRI measurements ($P < 0.05$). Bland-Altman analysis of CO measurements showed a consistency range of -1.183 to 1.509 L/min, while Pearson correlation analysis re-

第一作者:刘智文,在读硕士研究生,研究方向:血流动力学监测,E-mail:1634725621@qq.com

通讯作者:俞凤,主任医师,研究方向:血流动力学监测,E-mail:3351416872@qq.com

vealed a strong correlation ($r = 0.954$, $P < 0.001$) between the two methods. **Conclusion** NICaS demonstrates good consistency with PICCO in monitoring the hemodynamics of critically ill patients. With its simplicity, non-invasiveness, and convenience, NICaS can effectively monitor hemodynamic changes in critically ill patients.

Key words: septic shock; whole-body bioimpedance method; pulse indicator continuous cardiac output; hemodynamics

感染性休克是由脓毒症逐渐加剧导致器官灌注不足、循环异常,最终演变为一种颇为错综复杂的临床综合征,表现为器官功能障碍^[1]。对于重症医生早期识别并且迅速准确地评估患者的病情以及动态调整治疗方案具有非常重要的意义^[2]。血流动力学是研究心血管内血液流动情况的学科,主要研究压力、血流量和血流阻力 3 个方面以及对它们之间的相互关系进行分析,通过血流动力学相关的监测指标来揭示机体的生理和病理改变。通过分析血液运动的规律性,评估患者目前的病情严重程度,制定合理的临床治疗方案,Swan-Ganz 导管在 19 世纪 70 年代提出并开始应用。利用热稀释法进行连续测定血流动力学指标,被认为是国内外公认的“金标准”^[3],脉波指示剂连续心输出量(pulse indicator continuous cardiac output, PICCO)是一种微型操作,只需要放置一根中心静脉导管和一根股动脉置管就可以监测血流动力学,但都属于有创操作,有一定感染的风险,因此在临床上应用有一定局限性^[4]。

近年来,随着科学技术的发展,生物电阻抗法监测技术在临床上得到不断探索研究,如今在医学领域得到了广泛的应用。无创血流动力学监测(NICaS)方法易于使用,保障操作的方便性,具备安全可靠的特质,几乎无并发症,目前已在 ICU 得到广泛的应用,临床应用前景广阔。近年,本科室引进了一台 NICaS 系统,经过在临床上多次的使用,发现该仪器操作简单,易于上手;因此为进一步验证测量结果的精确性和准确性,本研究对同一组患者同时采用 NICaS 及 PICCO 来获取血流动力学指标的参数,经过比较分析后,对全身生物电阻抗法无创血流动力学监测的准确性进行了评估,并研究了其在临床应用中的价值。

1 资料与方法

1.1 临床资料 选取 2021 年 8 月至 2024 年 1 月因感染性休克收住安徽医科大学第一附属医院急诊重症监护室感染性休克患者 32 例,共 64 人次数据,其中男性 14 例,女性 18 例,最大年龄 95 岁,最小年龄 23 岁,平均年龄(64.31±16.88)岁,主要包括以下病种:肺部感染、呼吸衰竭、心源性休克、心肌梗死、急性冠脉综合征等。入选标准:①确诊为感染性休克,参考 2016 年脓毒症休克国际管理指南^[5];脓毒症经充分的液体复

苏,仍需使用血管活性药物以维持平均动脉压 ≥ 8.645 kPa,且血乳酸浓度 > 2 mmol/L;②患者身高 100~190 cm,体重 50~80 kg, BMI < 28 kg/m²;③年龄 ≥ 18 岁,性别不限;④患者的临床记录完备,患者信息详实记录;⑤在治疗前签署了知情同意书,确保医疗过程的合法性;⑥通过本院伦理委员会批准(伦理批准号: PJ2024-03-30)。排除诊断:①躁动不安或者患者情况不稳定的患者;②严重的主动脉(狭窄、动脉瘤、梗阻)、严重的二尖瓣关闭不全、先天性心脏畸形、心外分流;③合并恶性心律失常、心律不齐或者心率 > 150 次/分钟;④重度外周水肿或者外周血管疾病等;⑤体重(严重肥胖或者过瘦)的患者;⑥操作未获得同意的患者;⑦凝血功能极差,出血后止不住的患者;⑧存在股动脉、中心静脉穿刺禁忌证的患者。

1.2 方法

1.2.1 研究方法 有创血流动力学检测 PICCO,由外周静脉置管及股动脉置管,计算出每搏输出量(stroke volume, SV)、每搏指数(stroke index, SI)、心输出量(cardiac output, CO)、心脏指数(cardiac index, CI)、外周血管阻力指数(SVRI 或 TPRI)等,见图 1。全身生物电阻抗法由 NICaS 无创血流检测进行检测,电极片按照手腕-脚踝方式放置,将一个电极片贴到患者一侧腕部,另一个电极片贴到患者对侧踝部,在四极模式下测得 CO、CI、SV、SI、TPRI 等,见图 2、图 3。NICaS 是一种生物阻抗系统,通过无创的手段,对心血管参数指标进行监测和诊断。生物体内部由于含水量的不同,组织结构的不同等因素,其电导性也会有所差异。当电流通过生物体时,会在不同组织和器官之间产生电阻、感抗和电容等电特性,这些特性可以通过测量电流与电压的关系来获得。有研究表明,在人体体内血液和血浆的阻抗值最小^[6],而在骨骼和空气阻抗最大;电流电极将电流注入生物体一侧,电压电极用于测量生物体另一侧的电势差。根据欧姆定律,电势差除以电流即可得到生物体的电阻。通过改变电极之间的距离和位置,可以测量不同部位和组织的电阻。COHEN A J 等和 Tsoglin 提出了以下算法^[7]: $SV = dR/R \times \rho \times L^2/R_i \times (\alpha + \beta)/\beta \times KW \times HF$ 。其中,阻抗的变化由 dR 表示,基础阻抗为 R ,血液电阻抗为 ρ ,患者身高用 L 表示。基础阻抗在性别和年龄 18~23

段校正为 R_i , 同时考虑理想数值校正的体重为 KW 。水合因子 HF 充分考虑了身体水含量的影响。间期 $\alpha + \beta$ 等于 ECG R-R 波的间隔, 其中 β 表示舒张时间间隔。

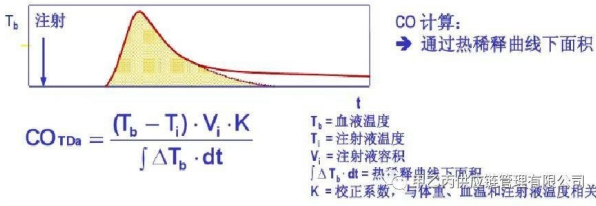
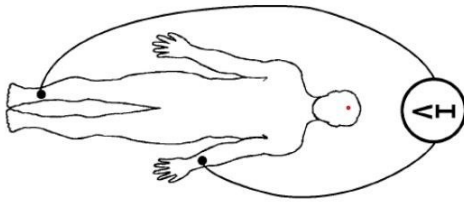


图 1 指示剂稀释曲线和时间取值图



注: I=电流, V=电压。

图 2 WBEB 的手腕一踝部电极放置位置。

1.2.2 观察指标 两种血流动力学监测系统测得的 CO、CI、SV、SI, 以及全身生物阻抗法 NICaS 测得的 TPRI 和 PICCO 测得的 SVRI。每组数据均连续测量 3 次后取其平均值, 以确保分析的有效性。

1.3 统计学方法 本研究使用 SPSS AU 软件进行统计分析, 定量数据以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示, 两种血流动力学监

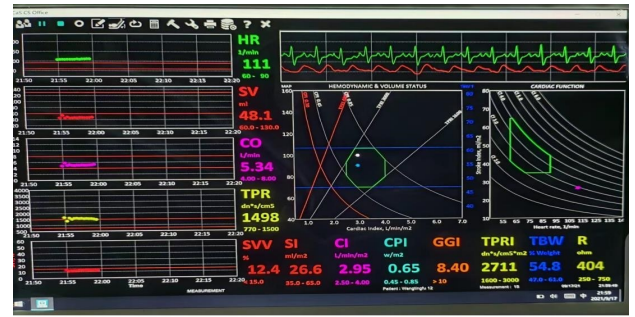


图 3 NICaS 仪器各参数指标显示屏

测系统取得的 CO、CI、SV、SI、SVRI、TPRI 等采用 t 检验进行比较, 为了比较两种检测方法测量的数据的结果, 采用了 Bland-Altman 一致性限值, 两组所测的 CO 同时采用 Pearson 相关性分析。当 $P < 0.05$ 时差异有统计学意义。

2 结果

2.1 PICCO 与全身生物阻抗法监测指标的比较 将 32 例感染性休克患者经 NICaS 监测所得的心输出量 CO、CI 与 PICCO 所测得的 CO、CI 进行对比分析, 结果显示 NICaS 测量值高于 PICCO 组, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 而 SV、SI 对比分析, 结果显示 NICaS 测量值高于 PICCO 组, 差异具有统计学意义 ($P < 0.05$); TPRI、SVRI 对比分析, 结果显示 NICaS 测量值低于 PICCO 组, 差异具有统计学意义 ($P < 0.05$), 见表 1。

表 1 PICCO 与全身生物阻抗法检测指标比较

检测方法	n	CO/(L · min ⁻¹)	CI/[L · (min · m ²) ⁻¹]	SV/mL	SI/(mL · m ⁻²)	SVRI/(Dyn · sec · cm ⁻⁵ · m ⁻²)
NICaS	64	5.81 ± 1.94	3.42 ± 1.02	66.85 ± 19.20	39.80 ± 11.47	1977.00 ± 766.08
PICCO	64	5.64 ± 2.22	3.33 ± 1.20	64.62 ± 21.58	38.49 ± 12.58	2131.33 ± 914.84
t		1.906	1.866	2.279	2.244	-2.955
P		0.061	0.067	0.026	0.028	0.004

注: 表内计量资料数据以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示。

2.2 PICCO 与全身生物阻抗法检测数据一致性分析

2.2.1 两种方法检测 CO、CI 的一致性结果 从图 4 和图 5 中可看出 CO、CI 图中分别约 4.67% (3/64) 及 3.12% (2/64) 的点落在 95% 一致性界限以外, NICaS 监测的心输出量 CO 的范围在 1.86~9.13 L/min (均值 5.81 L/min), PICCO 监测的心输出量 1.57~9.90 L/min (均值 5.64 L/min), 95% 置信区间为 (-1.183~1.509) L/min, 将两组测量的心输出量 CO 进行 Pearson 直线相关分析, $r = 0.954$ ($P < 0.001$), 认为一致性较好, 见图 6。

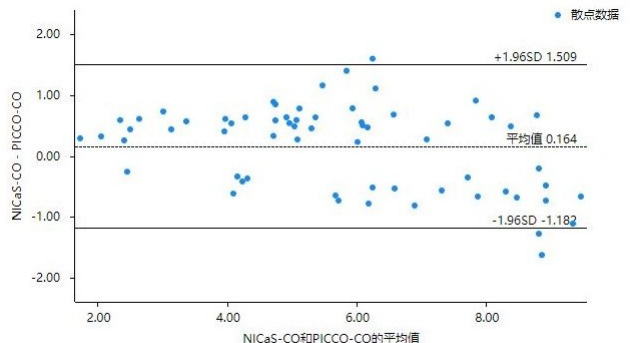


图 4 两种方法测量 CO 的 Bland-Altman 关系图

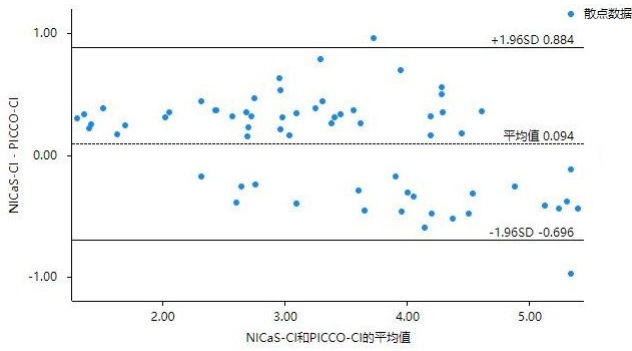


图 5 两种方法测量 CI 的 Bland-Altman 关系图

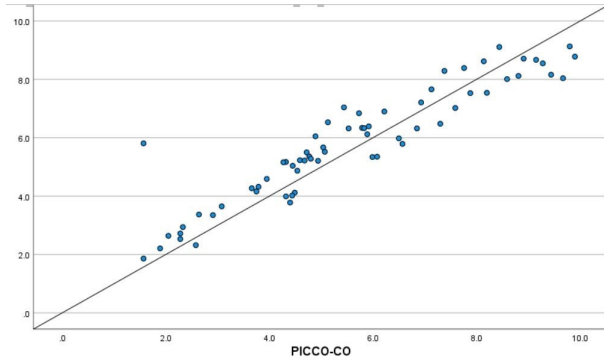


图 6 NICaS 所监测 CO 与 PICCO 所测值的相关性分析

2.2.2 两种方法检测 SV 值的一致性结果 从图 7 中可看出,SV 中约 3.12%(2/64)的点落在 95%一致性界限以外,95%置信区间为(-13.127~17.593) mL,在一致性界限范围内全身生物阻抗法测量结果与 PICCO 测量结果相比,差值的绝对值最大为 16.60 mL,两种测量方法测得的 SV 的平均值是 65.73 mL,认为这种相差在临床上可以接受,也同时说明了两者的一致性较好。

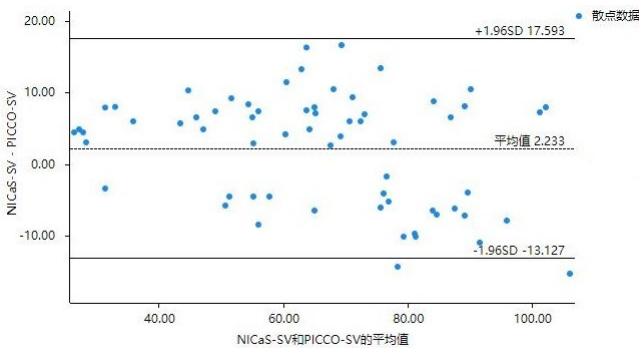


图 7 两种方法测量 SV 的 Bland-Altman 关系图

2.2.3 两种方法测量 SI 的一致性结果 从图 8 中可看出,SI 图中约 1.56%(1/64)的点落在 95%一致性界限以外,,95%置信区间为(-7.860~10.485) mL/m²,在一致性界限范围内,两者差值最大的绝对值为 9.80 mL/m²,而以全身生物阻抗法与 PICCO 测得的

两组 SI 平均值为 39.15 mL/m²,这种差异幅度在临床上可以接受,说明两者的一致性较好。

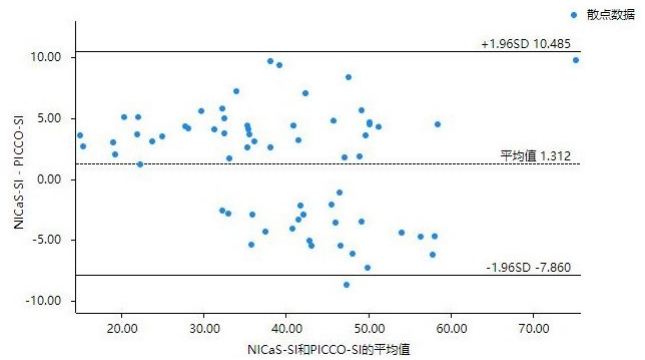


图 8 两种方法测量 SI 的 Bland-Altman 关系图

2.2.4 两种方法测量 SVRI 的一致性结果 从图 9 中可看出,SVRI 图中约 1.56%(1/64)的点落在 95%一致性界限以外,在一致性界限范围内两者比值最大为 1.43,最小为 0.63,说明全身生物阻抗法测量结果与 PICCO 测量结果相差 37%~43%,这种相差的幅度在临床上较难接受,说明两者的一致性一般。

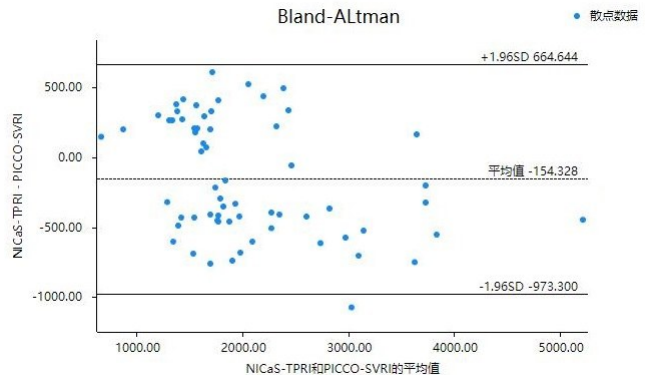


图 9 两种方法测量外周血管阻力指数的 Bland-Altman 关系图

3 讨论

感染性休克是一种较为严重的疾病,指病原微生物及其毒素入血后,并生长繁殖,造成人体全身感染,伴有器官功能障碍,存在顽固性低血压、低灌注的状态^[8]。发病机制复杂,可迅速发展为多器官功能障碍和衰竭,致死率高,患者预后较差^[9]。病情凶险,可进展快速,死亡风险高^[10],ICU 内患者死亡率较高的主要包括感染性休克。液体复苏需要在确诊为脓毒症的 6 h 内完成。可导致血流动力学不稳定和心血管功能障碍(如低血压,使用血管活性剂,循环受损)的感染,乳酸值升高^[5]。感染性休克患者血流动力学多变,并且与病理生理有关。CASSERLY B 等^[11]报道了严重脓毒症患者低血压和血清乳酸水平与死亡率的独立关

系。需要早期识别感染性休克并进行早期的液体复苏干预,对改善患者预后非常重要。

进行早期有效的液体复苏治疗是抗感染性休克首要治疗措施,休克的早期疗效评估常规的宏观监测主要依赖意识淡漠、皮肤颜色改变、心率增快、平均动脉压下降、脉搏细弱、毛细血管再充盈时间增加、尿量减少、中心静脉压等,这些往往不能敏感的反映组织氧合的变化,不能够反映容量状态,缺乏特异性、精确性及灵敏性,无法达到较高的标准。根据 Frank-Starling 机制,当患者进行补液时,随着前负荷的增加,左心室的每搏输出量也会增加,直到达到最佳预负荷,此时每搏输出量保持相对恒定,如果此时继续补液,可能会引起容量负荷过重,并出现并发症。出现心功能不匹配情况,加重患者血流动力学障碍^[12]。合理液体容量管理离不开准确的、动态的临床信息数据支持。血流动力学监测可以获得心脏前负荷、后负荷及心肌收缩力等指标,可以评估患者循环状态及心功能情况,根据病因对症处理后评估治疗效果,对预后有重大意义^[13]。

血流动力学监测在临床上已有多年的发展历史,在 18 世纪末,HALES 是最早使用血压测量的人,将数米长的小金属管插入在狗的颈内动脉内,直接测量出血压,被称为“血流动力学之父”,为之后的血流动力学的发展奠定了扎实的基础。在 1962 年,WILSON 等证明可以用 CVP(中心静脉压)评估血液容量,该研究引起了人们重视血流动力学监测的技术。监测血流动力学的方法在临床上主要有创、微创和无创 3 种。

放置 Swan-Ganz 导管,临床上又称肺动脉漂浮导管,JEREMY SWAN 与 WILLIAM GANZ 在 1970 年首先研制的导管,是血流动力学监测最经典的方法,是临床上测量心排量法的公认的“金标准”^[14],容易受注入的量、温度和注入时间的影响,同时该监测方式的有创性,对操作人员的要求高,限制了它在临床上应用。在置管过程中有可能引发感染、诱发心律失常、血栓形成、导管打结、气囊破裂等风险,而且极易受到血管弹力、心脏瓣膜功能等影响,降低了监测前负荷的变化及补液反应的预测结果的准确性,且费用昂贵,留置时间短,需要严格把握置管时间,从而导致其临床应用存在一定的局限性。

PICCO 是一种通过微创技术进行血流动力学监测的仪器,目前在临床上较为常见^[15]。与 Swan-Ganz 导管相比,避免了肺动脉置管,导致创伤面积较大,且留置导管的时间较长。只需要一根股动脉置管和一个深静脉置管,SV 是根据动脉压波形收缩部分下方的面积计算的。通过分析动脉压力波形曲线下面积来得出 PCCO(心输出量),同时又能计算出血管外肺水(EV-LW)、胸内血容量(ITBV)及外周血管阻力(SVR)等指

标,获得多种数据,动态的、连续以及准确的血流动力学参数,用于肺水及循环容量的评估,通过前负荷、后负荷及心功能参数指标,指导液体容量管理、血管活性药物及正肌力药物的使用,避免过度输液,有效提高救治率,促进早期康复,接受 PICCO 监测的患者预后明显更好,有创机械通气持续时间、ICU 住院时间、住院时间、呼吸机时间更短,术后并发症发生率更低。这些结果表明,PICCO 可以为临床护理提供高度准确的信息,是一种值得广泛推广和利用的有价值的方法。但是每次操作时都需要校正,不然测量的参数不具有临床意义。同时临床费用较高,一些基层医院无该设备,医护人员没有得到正规培训,在进行监测时需要严格的护理,以减少并发症,密切观察各个参数指标的变化,及时发现异常情况,PICCO 可能出现感染及出血的风险,并且一次性置管时间不超过 10 d,对于危重患者需要随时监测血流动力学参数具有一定的局限性。

随着科技的发展,生物电阻抗监测技术在临床上也得到不断探索研究,如今在医学领域得到了广泛的应用。这项研究中,采用了全身生物阻抗法,使用了 NICaS 设备,它是基于周围组织的生物阻抗变化时,通过手腕到脚踝配置的表面肢体引线通过身体传送小电流。随着每一次心跳,动脉系统中的血液体积都会发生变化,从而导致身体电阻的变化,测量这种变化,估计总身体水(TBW),CO 和 CI,SV 和全系统外周阻力(TPR)等。医护人员经过简单的培训,就可自行准确的操作,花费时间少,其临床费用低,可反复操作,因为电流和频率分别为 1.4 mA、30 KHz,所以可以避免过电不良,并且可以提高重复性,可以连续监测、重复使用、准确地监测感染性休克患者的各项参数指标,不仅可以避免感染风险、对改善危重患者的预后有着很大的帮助。有研究表明^[16],全身生物阻抗与经胸生物阻抗相比,具有更好的准确性和精确度。

本研究从心脏泵血功能、血管功能等方面探讨,以 PICCO 测量数据为临床对照组,NICaS 测量的无创血流动力学监测参数与其的一致性及其相关性,为其在临床上能否得到有效的使用提供理论上的依据。Bland-Altman 法是目前进行一致性检测的“金标准”,原先是由 Bland JM 和 Altman DG 在 1986 年提出^[17],是可以使用图形直观展示一致性的方法,通过计算两种方法测量结果的平均值及均值,绘制出 Bland-Altman 图,比较两种监测系统间结果的一致性。两项监测手段对 CO 和 CI 的检测结果显示差异无统计学意义,而 SV、SI、SVRI 的检测结果显示差异有统计学意义。将两组测量的 CO 进行相关性分析,结果显示 $r = 0.954$,认为相关性较好。通过 Bland-Altman 图显示 SV、SI、CI 及 SVRI 均有超过 95% 落在一致性界限以内,说明

两者的一致性较好。而 SVRI 在一致性界限范围内比值的最大值为 1.43, 最小值为 0.63, 即对大多数检测者, 全身生物阻抗法测量结果与 PICCO 测量结果相差 37%~43%, 超过了 30%, 在临床上不能很好的接受, 可能与患者的体重、血压有关, 两种血流动力学监测仪器不同, 血流动力学参数参考值也不同, 对最终结果也会影响。由于每个血流动力学参数都会受到内外因素的影响, 产生一定的偏差, 因此在临床同一时间点测量多个参数指标时, 需要综合分析结果, 结合患者临床表现判定患者在这一时刻的病情状态。同时需要结合患者心率、心脏的收缩力以及后负荷等参数指标考虑是否合并其它因素的影响, 可以避免急性肺水肿发生^[18]。

本研究的局限性有以下几点: ①本研究仅仅对全身生物阻抗法与 PICCO 监测的两组数据比较, 并没有评估液体复苏的疗效; ②本研究纳入的样本量相对较少, 因此其结论还需要持续的收集大量的样本研究进一步证实, 但已满足前期预测的样本量; ③本研究是一项前瞻性、观察性和单中心性的, 能否在其他感染性休克患者中得到验证还需要多中心研究验证; 目前全身生物阻抗法虽然不能完全代替 PICCO, 但本研究的创新之处在于现临床上通过 NICaS 监测在感染性休克患者血流动力学的相关研究较少; 在抢救室里可以第一时间评估患者血流动力学状态, 动态评估患者治疗效果, 拥有着可以连续监测、重复使用、操作简单、快速、无创性、廉价等优点, 随着科学与技术的发展, 计算机与测量技术不断的进步, 不久的将来可以得到不断的改善, 有望可以普遍的应用在临床领域。

综上所述, NICaS 在重症患者血流动力学监测方面与 PICCO 的一致性良好, 本身具有简单、无创、便捷等优点, 能够有效地监测重症危重患者血流动力学变化。

参考文献:

- [1] 刘涛玮. 重症感染性休克患者应用去甲肾上腺素微量泵入治疗对血流动力学与血清乳酸及病死率的影响[J]. 当代医学, 2021, 27(35): 168-169.
- [2] ANGUS D, VAN DER POLL T. Severe sepsis and septic shock[J]. *N Engl J Med*, 2013, 369(9): 840-851.
- [3] SZYMCZYK T, SAUZET O, PALUSZKIEWICZ L J, et al. Non-invasive assessment of central venous pressure in heart failure: a systematic prospective comparison of echocardiography and Swan-Ganz catheter[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2020, 36(10): 1821-1829.
- [4] 孟蕾. PICCO 系统临床应用进展[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2011, 25(1): 3-5.

- [5] SHANKAR-HARI M, PHILLIPS G S, LEVY M L, et al. Developing a new definition and assessing new clinical criteria for septic shock: for the third international consensus definitions for sepsis and septic shock (sepsis-3)[J]. *JAMA*, 2016, 315(8): 775-787.
- [6] RABUEL C, MEBAZAA A. Septic shock: a heart story since the 1960s[J]. *Intensive Care Med*, 2006, 32(6): 799-807.
- [7] COHEN A J, ARNAUDOV D, ZABEEDA D, et al. Non-invasive measurement of cardiac output during coronary artery bypass grafting[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 1998, 14(1): 64-69.
- [8] LIPINSKA-GEDIGA M. Sepsis and septic shock-is a microcirculation a main player[J]. *Anaesthesiol Intensive Ther*, 2016, 48(4): 261-265.
- [9] 曹翰君, 何贞. PICCO 监测血流动力学指标在重症休克患者治疗中的应用价值分析[J]. 中国实用医药, 2022, 17(8): 111-114.
- [10] PARK I, LEE J H, JANG D H, et al. Assessment of body water distribution in patients with sepsis during fluid resuscitation using multi-frequency direct segmental bioelectrical impedance analysis[J]. *Clin Nutr*, 2020, 39(6): 1826-1831.
- [11] CASSERLY B, PHILLIPS GS, SCHORR C, et al. Lactate measurements in sepsis-induced tissue hypoperfusion: results from the Surviving Sepsis Campaign database[J]. *Crit Care Med*, 2015, 43(3): 567-573.
- [12] 马冬, 贺琳晰. 超声心输出量监测仪用于小儿室间隔缺损修补术后血流动力学监测的临床研究[J]. 中国基层医药, 2019, 26(21): 2631-2633.
- [13] 侯洪. 液体复苏对严重脓毒血症和脓毒性休克患者 28 天生存率的影响研究[J]. 中国全科医学, 2017, 20(S1): 56-59.
- [14] RENNER J, BEIN B, GRÜNEWALD M. Hemodynamisches monitoring auf der intensivstation; je invasiver, desto besser? [J]. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 2022, 57(4): 263-276.
- [15] 曹颖, 王春梅, 傅强. 参麦注射液对感染性休克患者血流动力学及血清炎症因子的影响[J]. 中国中西医结合急救杂志, 2019, 26(1): 38-40.
- [16] COTTER G, SCHACHNER A, SASSON L, et al. Impedance cardiography revisited[J]. *Physiol Meas*, 2006, 27(9): 817-827.
- [17] PERSAUD R. Correlation, regression, and repeated data [J]. *BMJ*, 1994, 308(6942): 1510.
- [18] WANG Y, QIAN J, QIAN S, et al. An email-based survey of practice regarding hemodynamic monitoring and management in children with septic shock in China[J]. *Transl Pediatr*, 2021, 10(3): 587-597.

收稿日期: 2024-02-05; 修回日期: 2024-04-01