

• 专科护理 •
• 论 著 •

无创心排量监测联合心脏超声在心脏术后液体管理中的应用

何文娟¹,王金柱¹,刘景全¹,叶瑞忠²,吴静¹,姚惠萍¹

摘要:目的 提高心脏疾病术后患者液体管理效果,促进患者康复。方法 将95例体外循环下心脏手术治疗患者随机分为对照组48例、干预组47例。两组均于术后进入ICU,对照组行常规液体管理,干预组实施无创心排量监测联合心脏超声为核心的液体管理。结果 干预组术后气管插管时间显著短于对照组,出科时左室射血分数、N端B型钠尿肽原值显著优于对照组(均 $P < 0.05$);干预组乳酸清除率、术后尿量显著高于或多于对照组,利尿剂使用率、机械通气时间和ICU停留时间显著少于或短于对照组(均 $P < 0.05$)。结论 无创心排量监测联合心脏超声用于心脏术后患者液体管理,可有效改善心功能,缩短机械通气时间,有利于患者康复。

关键词:心脏疾病; 手术; 液体管理; 无创心排量监测; 心脏超声; 心外科护理

中图分类号:R473.6 **DOI:**10.3870/j.issn.1001-4152.2024.11.024

Application of non-invasive cardiac output monitoring combined with cardiac ultrasonography in fluid management after cardiac surgery

He Wenjuan, Wang Jinzhu, Liu

Jingquan, Ye Ruizhong, Wu Jing, Yao Huiping. Intensive Care Unit, Zhejiang Provincial People's Hospital, Hangzhou 310014, China

Abstract: Objective To improve fluid management outcomes in postoperative patients after cardiac surgery and to promote patient recovery. **Methods** A total of 95 patients who underwent cardiac surgery under cardiopulmonary bypass were divided into a control group of 48, receiving usual fluid management, or an intervention group of 47, receiving fluid management using non-invasive cardiac output monitoring in combination with cardiac ultrasound. **Results** Compared with the control group, the intervention group had significantly shorter endotracheal intubation time, mechanical ventilation time and length of stay in the ICU, higher LVEF and lower NT-proBNP at discharge from the ICU, increased lactate clearance and postoperative urine volume, as well as reduced rate of use of diuretics (all $P < 0.05$). **Conclusion** Combination use of non-invasive cardiac output monitoring and cardiac ultrasound in fluid management in patients undergoing cardiac surgery can effectively improve cardiac function and shorten mechanical ventilation time, resulting in beneficial effects on patient recovery.

Keywords: heart disease; surgery; fluid management; non-invasive cardiac output monitoring; cardiac ultrasound; cardio-surgical care

心脏手术患者围手术期的心脏组织灌注常处于边缘状态,心脏术后合理的液体管理可降低患者并发症发生率^[1]。心脏术后患者容易出现低心排综合征,临床表现为血流动力学紊乱^[2-3]。传统的手术后容量管理常采用中心静脉压(Central Venous Pressure, CVP)及血压指导^[4],而CVP影响因素较多,如患者体位、测量者技术、仪器准确度等,且不能动态准确地评估容量^[5-6]。无创心排量监测(Non-Invasive Cardiac Output Monitoring, NICOM)是基于生物电阻抗法技术而开发的测定心输出量技术,是一种无创的血流动力学监测设备,能够提供心脏指数、每搏量

和血管外肺水等多种心脏相关指标,为液体管理提供更便捷的指导,目前已广泛应用于临床工作中^[7-8]。随着超声技术的发展,超声在重症监护病房使用越来越多^[9-10]。心脏超声监测呼吸变异指数(Respiratory Variability Index, RVI)可用于评估呼吸运动对腔静脉形态的影响,能较好地反映患者右心压力(容量反应性)情况^[11]。然而对于体型肥胖或超声检查时干扰极大的患者心脏超声的应用受到限制。将NICOM和心脏超声联合起来进行容量管理可以优势互补,减少判断误差,有助于实现精准的液体管理。本研究以心脏外科术后合并血流动力学紊乱(即出现血压降低、心率增快,合并乳酸增高等)患者为对象,探讨NICOM联合心脏超声在心脏术后液体管理中的应用效果,报告如下。

1 对象与方法

1.1 对象 选取2022年8月至2023年7月入住浙江省人民医院外科ICU接受体外循环下心脏手术的

作者单位:浙江省人民医院 1. 重症医学科 2. 超声医学科(浙江杭州,310014)

何文娟:女,本科,主管护师,3473737810@qq.com

通信作者:姚惠萍,1390906298@qq.com

科研项目:浙江省医药卫生科技计划项目(2023KY056)

收稿:2024-01-12;修回:2024-03-15

患者为研究对象。纳入标准:①年龄≥18 岁;②因心脏疾病,行择期体外循环支持下心脏手术,术后带气管插管入住外科 ICU;③患者授权人签署知情同意书。排除标准:①既往有麻醉药物过敏;②术中出现心脏骤停;③术后出现大出血及心脏压塞;④体质量>150 kg 或<40 kg。剔除标准:术后 72 h 内死

亡。两组共纳入 100 例。患者按照入住外科 ICU 顺序交替进入对照组和干预组,如患者中途脱落则予以剔除,不再增补,后续患者按顺序继续进入下一组。对照组脱落 2 例,完成研究 48 例;干预组脱落 3 例,完成研究 47 例。两组患者一般资料比较,见表 1。本研究通过医院伦理委员会批准。

表 1 两组患者一般资料比较

组别	例数	性别(例)		年龄 [岁, $M(P_{25}, P_{75})$]	BMI ($\text{kg}/\text{m}^2, \bar{x} \pm s$)	主要诊断(例)				心率 (次/min, $\bar{x} \pm s$)
		男	女			瓣膜性心脏病	冠心病冠脉堵塞	主动脉夹层	其他*	
对照组	48	27	21	60.0(56.0, 66.2)	23.4±3.3	36	5	5	2	112.2±10.5
干预组	47	27	20	60.4(53.7, 66.2)	23.6±2.5	31	9	3	4	109.1±7.2
统计量		$\chi^2=0.014$		$Z=-1.067$	$t=0.322$					$t=1.675$
P		0.906		0.286	0.740		0.486			0.097

组别	例数	平均动脉压 (mmHg, $\bar{x} \pm s$)	手术方式(例)				乳酸 (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	主动脉阻断时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	APACHE II 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)
			心脏瓣膜置换	冠状动脉搭桥	主动脉置换	其他*			
对照组	48	62.2±2.4	35	4	3	6	3.7±1.1	131.1±17.5	15.6±2.4
干预组	47	62.5±3.9	35	6	3	3	3.8±1.0	129.1±15.4	15.5±2.3
统计量		$t=0.453$					$t=0.463$	$t=0.591$	$t=0.043$
P		0.652		0.701			0.644	0.556	0.966

注: *其他诊断包括心脏粘液瘤,肥厚性心肌病。*其他手术方式包括心脏肿瘤切除术,升主动脉部分切除伴人工血管置换术+临时起搏器置入术。

1.2 干预方法

两组患者术后均带气管插管转入 ICU 并进行呼吸机辅助通气,常规进行动脉血压监测及相关治疗。对照组液体管理方法:采用常规液体管理,包括患者取舒适平卧位,常规进行 CVP 监测,定期监测血气等指标,精确记录 24 h 出入量,监测结果报告主管医生并遵医嘱进行液体管理。干预组具体措施如下。

1.2.1 组建心脏术后液体管理小组 成员共 18 人,其中医生 3 人,护士 15 人。ICU 专职超声医生 1 人、主治医生 2 人,负责培训心脏超声知识、临床应用及考核,并负责研究期间的答疑;负责病情评估与判断,研究督导与质量控制。科护士长 1 人负责本项目及团队管理,人员协调与专业指导。护士长 1 人负责实施过程中各个环节的质量把关,护士长助理(担任组长)1 人与责任组长 2 人负责 ICU 护士的培训及考核,组织疑难病例会诊;质量控制,负责日常护理查房,协助超声医生床边心脏超声检查,每月以书面形式反馈给组长进行会议讨论。责任护士 8 人,负责对液体管理的具体实施并进行正确记录;低年资护士 2 人担任联络员,负责联络各团队成员,发布会议,协助组织疑难病例查房,会议记录等,并收集数据。

1.2.2 培训液体管理小组成员 在实施本研究前所有团队成员需接受为期 2 个月的心脏超声及 NICOM 培训,培训方案由 ICU 科护士长制定。首先由 ICU 护士长、ICU 专职超声医生和组长对所有成员进行 1 个月的理论培训,然后由组长对护理团队成员以面对面的形式进行 1 个月的操作培训。护理团队成员均需熟练掌握 NICOM 相关知识,并在实施干预前完成考核,了解超声定位下心脏超声的定位、定点和区分。

干预期间组织不定期抽检,保证合格上岗。理论培训:集中授课,在每周三、五下午各进行 1 次,每次时长不超过 2 h;由 ICU 专职超声医生讲授心脏超声相关知识及超声引导下的定位、定点及区分;ICU 护士长讲授 NICOM 相关知识及操作重点,心脏超声联合 NICOM 指导液体管理的影响;ICU 护士长助理讲授操作过程中患者出现胸闷气促、心率快等不良反应的应急处理流程。操作培训:集中授课,每周四下午进行 1 次,每次时长不超过 2 h;由 ICU 护士长演示 NICOM 正确操作;组长培训心脏超声的定位、定点及区分;ICU 专职超声医生培训经超声定位技术。

1.2.3 实施液体管理 干预组患者术后进入 ICU,每日 10:00 予以心脏超声检查 1 次,如有病情变化随时进行超声检查。采用超声机 Mindray M9 和微凸阵探头(频率 3.5 MHz)置于右侧肋下,以纵向方式对肝后下腔静脉进行探测,在距离右心房入口 2 cm 处进行下腔静脉内径(IVC)测量,于患者呼吸末和吸气末截取超声图像,测量 IVC 最大径和最小径,计算下腔静脉 RVI,以 RVI 为参考评估患者全身循环血容量,自主呼吸时控制通气下腔静脉直径 1 cm,控制通气下腔静脉直径 1.5 cm,左室舒末面积明显下降,可明确低血容量,可直接液体复苏,心腔尺寸扩大,下腔静脉直径 2 cm,进一步评估,明确容量超负荷后进行液体管理。以患者肺部 B 线数量判断患者肺水肿严重程度,以 RVI=40%为临界值指导患者的补液措施,RVI≥40%时积极补液,若患者肺部 B 线阳性或 RVI<40%时采用负平衡策略补液。参考平均动脉压指导应用血管活性药物,参考心脏收缩功能评估结果指导应用强心药。同时进行 NICOM,方法如下:患

者取仰卧位,在两侧颈部耳垂后下方、胸部剑突水平与左右腋中线交点粘贴电极,将导线与模块连接并持续监测其心输出量(Cardiac Output, CO)、心脏指数(Cardiac Index, CI)、每搏输出量(Stroke Volume, SV)变化、血管外肺水(Extravascular Lung Water, EVLW)、全心舒张末期容积指数(Global End-diastolic Volume Index, GEDVI)变化。每日监测 2 次,间隔 12 h,根据测得的数值指导治疗。若 $EVLW < 3 \text{ mL/kg}$, $GEDVI > 680 \text{ mL/m}^2$,立即补液; $EVLW > 7 \text{ mL/kg}$, $GEDVI > 850 \text{ mL/m}^2$,则限制补液,通过呋塞米等利尿剂纠正过量补液情况。

1.3 评价方法 ①两组患者术后拔除气管插管时间,计算方法为入科到拔除气管插管的时间。②两组患者心脏指标,记录患者入科及出科时左室射血分数(Left Ventricular Ejection Fraction, LVEF)和 N 端 B 型钠尿肽原(N-terminal Pro-B-Type Natriuretic Peptide, NT-proBNP)数值。③乳酸清除率,记录入科 6 h 及 24 h 的乳酸清除率,乳酸清除率=(入科血

乳酸值-即时乳酸值)/入科血乳酸值 $\times 100\%$ 。④两组患者术后临床指标,包括利尿剂使用率,术后尿量、液体累积平衡量(入住 ICU 期间总出量与总入量之差)、急性心力衰竭发生率,时间范围均为从入住 ICU 至转出 ICU 期间;这段时间内如 1 例患者发生多次急性心力衰竭只计算 1 次。主动脉内球囊反搏(Intra-aortic Balloon Pump, IABP)留置率、机械通气时间和 ICU 停留时间。

1.4 统计学方法 采用 SPSS25.0 软件进行统计分析。行描述性分析、*t* 检验、秩和检验, χ^2 检验,检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 两组气管插管拔管及置管时间比较 术后 $\leq 24 \text{ h}$ 拔除气管插管;对照组 21 例(43.8%),干预组 33 例(70.2%),两组比较, $\chi^2 = 6.783$, $P = 0.034$ 。对照组置管时间(26.3 ± 12.0)h,干预组(15.5 ± 9.1)h,两组比较, $t = 4.937$, $P < 0.001$ 。

2.2 两组心脏相关指标比较 见表 2。

表 2 两组心脏相关指标比较

组别	例数	LVEF[% , $M(P_{25}, P_{75})$]		NT-proBNP(ng/mL, $\bar{x} \pm s$)	
		入科时	出科时	入科时	出科时
对照组	48	37.5(33.6, 42.4)	40.9(35.9, 47.1)	656.8 \pm 241.0	504.3 \pm 155.7
干预组	47	37.5(35.0, 39.6)	46.2(43.5, 48.1) ^a	633.1 \pm 211.9	428.7 \pm 140.7 ^a
统计量		$Z = -0.437$	$Z = -3.675$	$t = 0.501$	$t = 2.478$
<i>P</i>		0.662	< 0.001	0.617	0.015

2.3 两组乳酸清除率比较 见表 3。

表 3 两组乳酸清除率比较

组别	例数	入科 6 h	入科 24 h
		(% , $\bar{x} \pm s$)	[% , $M(P_{25}, P_{75})$]
对照组	48	29.5 \pm 13.4	69.3(61.5, 77.0)
干预组	47	40.6 \pm 11.1	79.2(73.9, 83.6)
统计量		$t = -4.485$	$Z = -4.606$
<i>P</i>		< 0.001	< 0.001

2.4 两组各项临床指标比较 利尿剂使用率:对照组 31.3%(15 例),干预组 12.8%(6 例),两组比较, $\chi^2 = 4.712$, $P = 0.030$ 。急性心力衰竭发生率:对照组 18.8%(9 例),干预组 4.3%(2 例),两组比较, $\chi^2 = 4.873$, $P = 0.027$ 。IABP 留置率:对照组 8.3%(4 例),干预组 4.3%(2 例),两组比较,校正 $\chi^2 = 0.156$, $P = 0.693$ 。两组患者术后临床指标比较见表 4。

表 4 两组患者术后临床指标比较

组别	例数	$\bar{x} \pm s$			
		术后尿量 (mL)	液体累积平 衡量(mL)	机械通气 时间(h)	ICU 停留 时间(h)
对照组	48	4 105.6 \pm 1 068.8	308.6 \pm 47.5	25.8 \pm 12.0	40.6 \pm 13.7
干预组	47	4 692.1 \pm 1 580.1	111.5 \pm 27.3	15.4 \pm 8.8	32.0 \pm 12.7
统计量		$t' = -3.052$	$t = 6.672$	$t' = 4.930$	$t = 3.256$
<i>P</i>		0.003	< 0.001	< 0.001	0.002

注:方差不齐使用 t' 检验。

3 讨论

心脏术后患者容易出现血流动力学紊乱,对于此类患者到底是选择补液、升压还是强心药物,需要临床医生立即进行综合判断。NICOM 是一种无创的心输出量监测方法,能够获得多种参数,如心输出量、心脏指数、每搏输出量、血管外肺水、全心舒张末期容积指数等,帮助临床医生进行判断^[12]。周润爽等^[13]的研究发现, NICOM 与脉搏指示连续心排量(Pulse-Indicated Continuous Cardiac Output, PiCCO)相比,在评估脓毒症患者容量反应及心功能方面具有很强的相关性;卢星等^[14]的研究发现, NICOM 结合被动抬腿试验能够良好预测接受心脏瓣膜手术患者的容量反应性,具有一定临床价值。

心肺超声可以为临床医生提供连续、动态、无创和直观的观察,有助于临床医生的治疗决策和指导护理措施^[15-16]。心肺超声可以准确评估心脏收缩和舒张功能,评估下腔静脉宽度和变异度等评估容量,同时还可以评估肺部超声明确有无肺水肿、肺实变等情况,综合判断体内的容量状态,为临床医生提供参考^[17-18]。贾丽静等^[19]的研究显示,利用床旁超声心动图监测重症患者心功能,同时与 PiCCO 监测的容量及心脏指标相比,结果显示二者有良好的相关性,能够准确迅速地评估心功能和容量状态,具有一定的

指导作用。

重症监护室的护理工作量大且繁重,需要大量的人力资源,如何利用现代科技在保证患者安全的情况下减少护士的工作压力是行政管理和临床医务工作者急需解决的问题。近年来随着重症超声技术和心脏功能监测手段的发展,重症患者的容量管理逐渐向精细化发展^[20]。心脏超声简便无创且可以反复在床边实施,基层医院同样可以进行检查,能够直观地评估心功能,从而及时调整容量出入量,有助于患者的容量管理。NICOM 则将心功能监测实现了进一步的量化,能够反映更多的心脏指标,与心脏超声结合可以实现更为精准的心脏评估和容量管理。本研究中心干预组患者实施 NICOM 联合心脏超声的液体管理模式,将有效的医护合作和智能化监测手段结合起来,结果干预组有 70.2% 的患者在术后 24 h 内顺利拔除气管插管,而对照组仅有 43.8% 在术后 24 h 内拔除气管插管;出科时 LVEF 较对照组显著改善,且 NT-proBNP 明显下降,心功能明显改善。同时干预组患者入科 6 h 及 24 h 乳酸清除率均显著高于对照组患者,且利尿剂使用率、液体累积平衡量、急性心力衰竭发生率、机械通气时间和 ICU 停留时间均明显少于对照组患者,而术后尿量显著大于对照组患者,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$)。说明这种管理模式有效改善了患者的血流动力学,减少术后液体入量,使患者的心脏、肾脏等功能恢复更好,缩短了术后机械通气时间,减少并发症的发生。

4 结论

NICOM 联合心脏超声液体管理能减少心脏术后患者的术后补液量,改善心功能,缩短机械通气时间,可用于心脏手术后患者容量管理。本研究的局限性:本次纳入的病例数较少,均为手术情况良好者,结果存在一定局限性。今后可拓展为针对心功能严重不全的患者,在保证安全的前提下进行探索性研究,以实现心脏术后患者高水平的液体管理。

参考文献:

- [1] 柳巧丽,李传圣.非体外循环冠脉旁路移植术后心肺功能衰竭患者 ECMO 治疗与护理[J].护理学杂志,2022,37(22):48-50.
- [2] 周莎,曾妃,毛沁娜,等.低心排综合征患者行床旁体外膜肺氧合衔接体外循环的护理[J].中华急危重症护理杂志,2023,4(1):36-39.
- [3] 刘磊.心脏瓣膜置换术后重度低心排综合征临床治疗分析[J].中国实用医药,2023,18(22):91-93.
- [4] Hamzaoui O, Teboul J L. Central venous pressure (CVP) [J]. Intensive Care Med,2022,48(10):1498-1500.
- [5] 蒋双彦,郑静,张舒,等.心脏外科重症监护病房护理人

- 员中心静脉压测量管理的循证实践[J].中国中西医结合急救杂志,2023,30(2):208-212.
- [6] Marik P E, Cavallazzi R. Does the central venous pressure predict fluid responsiveness? An updated meta-analysis and a plea for some common sense[J]. Crit Care Med,2013,41(7):1774-1781.
- [7] 彭相虹,廖诚德,叶冰洁,等.无创心排量监测联合重症超声在急性呼吸窘迫综合征患者中的临床应用[J].中华危重症医学杂志(电子版),2020,13(6):432-438.
- [8] Gupta A, Mishra S. Non-invasive cardiac output monitoring: to be or not to be, that is the question! [J]. Indian Heart J,2017,69(3):293.
- [9] 刘心,胡曼,李继,等.掌上无线超声引导桡动脉穿刺置管的护理配合[J].护理学杂志,2023,38(2):44-46.
- [10] Armbruster W, Eichholz R, Notheisen T. Lung ultrasound for anesthesia, intensive care and emergency medicine[J]. Anasthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther,2019,54(2):108-127.
- [11] Schlueter D, Kovaleski C, Walter V, et al. Impact of body mass index and initial respiratory support on pediatric subjects in acute respiratory failure[J]. Respir Care,2021,66(9):1425-1432.
- [12] Rali A S, Buechler T, van Gotten B, et al. Non-Invasive cardiac output monitoring in cardiogenic shock: the NICOM study[J]. J Card Fail,2020,26(2):160-165.
- [13] 周润爽,崔娜,隆云,等.2种心排量监测方法在重症感染性休克患者中的应用[J].中华护理杂志,2020,55(8):1181-1184.
- [14] 卢星,夏燕飞,郑晓铸.无创心输出量监护对心脏瓣膜手术后患者容量反应性的预测价值研究[J].浙江医学,2016,38(14):1158-1160,1165.
- [15] 柯慧娟,吴爽,马琴琴,等.重症超声引导下液体复苏与早期目标导向治疗对复苏效果血流动力学和氧代谢指标的影响[J].中国急救医学,2021,41(8):676-682.
- [16] Safadi S, Murthi S, Kashani K B. Use of ultrasound to assess hemodynamics in acutely ill patients [J]. Kidney360,2021,2(8):1349-1359.
- [17] 高云华.心脏超声在重症患者液体管理中的应用[J].临床超声医学杂志,2018,20(5):289-293.
- [18] 刘丽,张芳,蒋文军.超声心动图在监测 ICU 感染性休克患者血容量及心脏功能中的临床应用价值研究[J].中国实验诊断学,2020,24(8):1248-1251.
- [19] 贾丽静,要莉莉,段希洁,等.床旁超声心动图监测重症患者血容量及心脏功能的临床价值分析[J].中国医学装备,2019,16(9):105-108.
- [20] 王瑞琪,张开新.基于分期精细化容量管理的护理干预防急性心力衰竭患者预后的影响分析[J].医学理论与实践,2023,36(4):669-671.

(本文编辑 王菊香)