·基层园地·

颈动脉、股动脉超声在非侵入性心肺复苏按压效果监测中的应用

吴健健，张宁，熊智红，罗雪松，张滢滢

【摘要】目的　探讨颈动脉、股动脉超声在非侵入性心肺复苏按压效果监测中的应用效果。**方法**　本文为回顾性观察性研究。纳入浦江县人民医院 2024 年 1 月至 2025 年 9 月心搏骤停患者 62 例，依据监测方式不同分为对照组（常规非侵入性心肺复苏）和观察组（颈动脉与股动脉超声监测下非侵入性心肺复苏）。比较两组心肺复苏相关指标、自主循环恢复率及生命体征。**结果**　观察组开始胸外按压到患者恢复自主呼吸和心跳的时间（T1）、开始胸外按压到终止复苏时间（T2）及心肺复苏总时间均短于对照组（均 $P < 0.05$）；两组心脏停止跳动到接受心肺复苏的时间（T0）、首次通气时间及首次给予抢救药物时间差异均无统计学意义（均 $P > 0.05$）。两组自主循环恢复率差异有统计学意义（$\chi^2=4.17$，$P < 0.05$），观察组自主循环恢复患者呼气末二氧化碳分压（$PetCO_2$）高于对照组（$P < 0.05$）。**结论**　急诊科中采用颈动脉与股动脉超声监测非侵入性心肺复苏可有效缩短复苏时间，提高自主循环恢复率及自主循环恢复患者 $PetCO_2$。

【关键词】　非侵入性心肺复苏；颈动脉；股动脉；超声

DOI:10.3969/j.issn.1671-0800.2026.04.022

【中图分类号】　R605.974　**【文献标志码】**　A　**【文章编号】**　1671-0800(2026)04-0434-04

心搏骤停是急诊科危急症，及时有效的心肺复苏是挽救患者生命的关键措施[1]。胸外按压作为心肺复苏的核心措施，其效果直接关系到患者自主循环恢复率和远期生存率[2]。既往临床评估胸外按压有效性多依赖于按压时触摸颈动脉搏动，观察患者面色、瞳孔变化等临床体征和经验判断，但这些方法主观性强，准确性欠佳，且无法实现连续、定量评估，易导致按压深度、频率偏离指南标准，延误参数调整时机[3]。超声实时观察按压期间血流动力学变化，可客观反映心肺复苏按压效果[4]。既往已有研究初步证实颈动脉超声监测用于反馈胸外按压心肺复苏效果的可行性[5]。但单一颈动脉监测仅可反映心脏输出的中央循环灌注状态，无法全面评估外周组织的血流响应情况。而股动脉为外周大血管，其血流变化可直观反映按压对全身循环的影响，其与颈动脉联合监测或可实现循环状态的双维度评估，指导按压参数调整和外周循环改善。因此，本研究探讨急诊科中应用颈动脉与股动脉超声监测非侵入性心肺复苏按压效果的临床价值，以期为急诊科心肺复苏的精准化、个体化实施提供新策略，并为急诊心肺复苏指南中按压效果监测方法的更新提供循证支持，现报道如下。

1　资料与方法

1.1　一般资料　本文为回顾性观察性研究。纳入浦江县人民医院 2024 年 1 月至 2025 年 9 月心搏骤停患者 62 例。纳入标准：年龄≥18 岁；符合心搏骤停诊断标准[6]；符合心肺复苏适应证，分别完成常规非侵入性心肺复苏、颈动脉与股动脉超声监测下常规非侵入性心肺复苏；发病至接受急救处理时间不超过 30 min；临床资料完整。排除标准：颈动脉或股动脉区域有严重外伤、解剖畸形或严重血管病变影响超声探查结果；创伤性心脏骤停；终末期疾病导致的心搏骤停，预计生存时间极短；超声图像质量极差无法分析；合并精神疾病或沟通障碍。依据监测方式分为对照组（常规非侵入性心肺复苏）和观察组（颈动脉与股动脉超声监测下常规非侵入性心肺复苏），各 31 例。对照组男 20 例，女 11 例；年龄 26 ～ 68 岁，平均（50.2±15.0）岁；体质量指数 21.4 ～ 29.7 kg/m^2，平均（24.16±2.32）kg/m^2；合并高血压 18 例，糖尿病 9 例，冠心病 15 例，慢性心力衰竭 6 例；吸烟史 17 例，

基金项目：　浦江县科学技术研究计划项目（25W01）

作者单位：　322200 浦江，浦江县人民医院

通信作者：　吴健健，Email：wjj666889@sina.com

饮酒史 12 例；心搏骤停原因：冠心病 10 例，心律失常 11 例，气道梗阻 5 例，急性呼吸衰竭 5 例；初始心律：心室颤动 13 例，室性心动过速 12 例，心脏停搏 6 例。观察组男 22 例，女 9 例；年龄 24 ～ 65 岁，平均（49.8±15.6）岁；体质量指数 21.0 ～ 30.1 kg/m^2，平均（23.87±2.35）kg/m^2；合并高血压 16 例，糖尿病 11 例，冠心病 13 例，慢性心力衰竭 5 例；吸烟史 19 例，饮酒史 10 例；心搏骤停原因：冠心病 12 例，心律失常 10 例，气道梗阻 5 例，急性呼吸衰竭 4 例；初始心律：心室颤动 15 例，室性心动过速 11 例，心脏停搏 5 例。两组一般资料差异均无统计学意义（均 $P > 0.05$）。本研究获得浦江县人民医院医学伦理委员会批准（浦人医伦审 2025 研第 045 号），所有研究者均由法定代理人签署书面知情同意书。

1.2　方法　两组复苏团队均由具备标准高级生命支持（advanced cardiac life support，ACLS）资质的同一急诊团队进行。

1.2.1　对照组　予常规非侵入性心肺复苏。采用高质量胸外按压进行循环支持，按压频率维持在 100 ～ 120 次/min，按压深度 5 ～ 6 cm，按压后保证胸廓完全回弹；建立高级气道并进行机械通气（频率 10 次/min），对可电击心律（心室颤动/无脉性室性心动过速）立即进行电除颤，并每 3 ～ 5 min 静脉给予肾上腺素，同时快速排查并处理可逆性病因。心肺复苏过程中按压效果与循环恢复的评估主要依赖于间断性触摸颈动脉搏动、持续心电监护波形观察、监测呼气末二氧化碳分压（partial pressure of end-tidal carbon dioxide，$PetCO_2$）波形及数值。

1.2.2　观察组　予颈动脉与股动脉超声监测下常规非侵入性心肺复苏。分别于心肺复苏前，心肺复苏 2、5 min 及自主循环恢复后，采用深圳开立生物医疗科技股份有限公司的 P40 pro 型超声诊断仪对患者进行颈动脉与股动脉超声监测。监测时，依次将探头置于患者颈动脉（胸锁乳突肌内侧）与股动脉（腹股沟韧带中点下方）位置，获取清晰的二维图像及彩色多普勒血流信号，并启动脉冲多普勒模式，记录患者颈动脉与股动脉的最大血流速度（velocity max，Vmax）、平均血流速度（mean flow velocity，MFV）、时间平均速度（time-averaged velocity，TAV）、脉动指数（pulsatility index，PI）及血流波形形态，依据其变化趋势动态评估按压效果并基于此调整按压的深度、频率及着力点。当任一动脉监测发现 TAV、MFV 或 Vmax 呈进行性下降趋势或 PI 呈进行性升高趋势，提示当前按压产生的血流动力学效应可能不足，需调整措施，包括纠正胸廓回弹不足（确保胸廓完全回弹，并核查按压频率是否保持在 100 ～ 120 次/min）、调整按压深度（指导按压者在指南允许范围内逐步增加按压深度，每次增加约 0.5 cm，同时观察血流参数的即时反应）、更换按压人员等，调整措施均在监测结果反馈基础上执行。

终止复苏情形[7]：（1）恢复自主循环；（2）经 30 min 积极救治后仍旧没有恢复自主循环，由医师进行判断，且经同患者家属沟通后停止复苏。

1.3　观察指标　（1）心肺复苏相关指标：记录两组患者从心脏停止跳动到接受心肺复苏的时间（T0）、从开始胸外按压到患者恢复自主呼吸和心跳的时间（T1）、从开始胸外按压到终止复苏时间（T2）、心肺复苏总时间（从发现心搏骤停至恢复自主循环或宣布死亡时间）、首次通气时间及首次给予抢救药物时间。（2）自主循环恢复率：收集两组自主循环恢复成功例数，计算自主循环恢复率。（3）生命体征：收集两组心肺复苏结束时生命体征监测结果，包括 $PetCO_2$、心率、平均动脉压、血氧饱和度及呼吸频率。

1.4　统计方法　采用 SPSS 23.0 统计学软件进行分析，计量资料以均数±标准差表示，采用 t 检验；计数资料用百分比表示，采用 χ^2 检验。$P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2　结果

2.1　心肺复苏相关指标比较　观察组 T1、T2 及心肺复苏总时间均短于对照组（均 $P < 0.05$）；两组 T0、首次通气时间及首次给予抢救药物时间差异均无统计学意义（均 $P > 0.05$），见表 1。

2.2　自主循环恢复率比较　观察组自主循环恢复 21 例，未恢复 10 例，恢复率 67.74%；对照组自主循环恢复 13 例，未恢复 18 例，恢复率 41.94%。两组自主循环恢复率差异有统计学意义（$\chi^2=4.17$，$P < 0.05$）。

2.3　自主循环恢复患者生命体征比较　观察组自主循环恢复患者 $PetCO_2$ 高于对照组（$P < 0.05$）；两组心率、收缩压、舒张压、血氧饱和度及呼吸频率差异

均无统计学意义（均 $P > 0.05$），见表 2。

3　讨论

心肺复苏是抢救心搏骤停患者的基础生命支持手段，其可通过有节律的胸外按压，产生胸腔内压力变化，驱动血液从心脏流向主动脉及其分支，进而暂时替代心脏的泵血功能，为心、脑等重要器官提供维持最低限度代谢所必需的血流与氧气，为后续高级生命支持争取宝贵时间[8]。但心肺复苏成功率受多种因素影响，其中按压效果是关键因素之一。有研究指出，胸外按压深度、频率、回弹的完整性以及按压中断的时间等因素可影响冠状动脉灌注压和脑灌注压的水平，进而影响心肺复苏的成功率[9]。而传统评估方法难以全面、实时、量化地捕捉按压过程中这些关键因素的动态变化，进而导致按压质量的评估滞后、调整不及时或调整方向不明确，最终影响复苏的最终效果。因此，积极探索更为精准、实时且量化的按压效果评估方法，对于提升心肺复苏成功率具有至关重要的意义。

本研究结果显示，观察组 T1、T2 及心肺复苏总时间均短于对照组，且自主循环恢复率高于对照组，提示急诊科中采用颈动脉与股动脉超声监测可缩短心搏骤停患者非侵入性心肺复苏时间，提高自主循环恢复率。分析其原因，颈动脉位置表浅，易于超声探查，而股动脉相对粗大，血流信号稳定，通过超声技术能够实时、动态地反映心肺复苏按压过程中血流动力学变化，进而实现对胸外按压所产生的中央性及外周性灌注效应的“可视化”与“定量化”评估[10]。此外，颈动脉与股动脉超声监测通过提供血流动力学指标和解剖学信息，可为临床医生提供更为全面、准确的复苏效果评估依据，有助于复苏团队及时、精准地调整按压策略，优化按压效果，减少无效按压时间，进而缩短整体复苏进程，并提升自主循环恢复的成功率[11-12]。颈动脉与股动脉超声还可持续获取颈动脉与股动脉的 Vmax、MFV、TAV、PI 及血流波形形态等参数，其中 Vmax、TAV 作为反映血流速度的关键指标，其监测变化能够反映按压对血流的促进作用，当其水平出现进行性下降，可提示存在按压深度不足、频率不当或操作者疲劳等问题，此时可根据监测反馈及时纠正手位、加深按压、优化胸廓回弹或更换按压人员，确保按压质量持续稳定；PI 作为反映血管弹性和血流阻力的重要参数，其数值变化可提示血管的弹性和血流的阻力情况，有利于辅助判断按压对循环系统的综合影响，当其持续升高可提示外周血管阻力过高或舒张期血流匮乏，引导团队审视按压深度是否足够以及是否需要调整血管活性药物支持；血流波形形态则可直观展示血流的动态变化，为上述量化参数提供直观的形态学印证[13-14]。基于上述动态参数的综合分析，可实现“监测-分析-反馈-调整”的实时闭环，进而确保心肺复苏过程中按压策略的科学性与精准性，不仅能够减少无效按压时间，显著缩短复苏时间，还可增加心脏自主功能恢复的可能性，提高自主循环恢复率。刘旭阳等[15]研究中也指出，超声辅助下的心肺复苏可提升心搏骤停患者复苏效果。本研究与上述研究具有一定一致性，证实超声在提升复苏效果中具有积极价值。但刘旭阳等[15]研究侧重于超声快速识别可逆性病因及评估心脏活动方面，而本研究则侧重于利用颈动脉与股动脉超声监测动态评估按压效果并指导按压参数调整，可直接作用于按压实施过程，为提升复苏效

表 1　两组心肺复苏相关指标比较　　min

组别	例数	T0	T1	T2	心肺复苏总时间	首次通气时间	首次给予抢救药物时间
对照组	31	1.52±0.50	28.45±6.32	30.18±6.87	32.72±7.15	3.15±1.02	5.42±1.78
观察组	31	1.48±0.46	21.76±5.41	23.05±5.92	25.83±6.84	3.08±0.97	5.38±1.69
t 值		0.33	4.48	4.38	3.88	0.28	0.09
P 值		＞0.05	＜0.05	＜0.05	＜0.05	＞0.05	＞0.05

表 2　两组自主循环恢复患者生命体征比较

组别	例数	$PetCO_2$（mmHg）	心率（次/min）	收缩压（mmHg）	舒张压（mmHg）	血氧饱和度（%）	呼吸频率（次/min）
对照组	13	35.42±4.18	92.15±8.32	118.46±22.15	71.23±10.42	93.38±3.21	18.65±6.32
观察组	21	38.75±3.67	95.84±5.76	128.57±19.84	76.92±10.67	95.12±2.45	20.47±5.89
t 值		2.44	1.53	1.38	1.52	1.79	0.85
P 值		＜0.05	＞0.05	＞0.05	＞0.05	＞0.05	＞0.05

注：$PetCO_2$ 为呼吸末二氧化碳分压，1 mmHg≈0.133 kPa

果提供支持，这种差异进一步丰富了超声在心肺复苏领域的应用研究视角。

$PetCO_2$ 作为反映肺通气和换气功能的重要指标，其数值变化可间接反映心肺复苏按压效果及循环状态[16]。本研究结果显示，观察组自主循环恢复患者 $PetCO_2$ 高于对照组，提示急诊科中采用颈动脉与股动脉超声监测非侵入性心肺复苏可有效改善患者呼吸功能，提升复苏质量。分析其原因，颈动脉与股动脉超声监测可通过实时优化按压质量，确保按压深度、频率及回弹均处于最佳状态，进而最大化每搏输出量，增加静脉回心血量及右心输出[17]。而更高的心输出量可直接转化为更充分的肺血流灌注，使得肺泡通气和血流比例更为匹配，进而促进二氧化碳从血液向肺泡的弥散与清除，最终体现为 $PetCO_2$ 的升高。因此，通过颈动脉与股动脉超声监测可通过确认按压的有效性，间接提升患者肺通气和换气功能，进一步印证了该监测方法在提升心肺复苏质量方面的有效性。但本研究中两组自主循环恢复患者其他生命体征差异无统计学意义，分析可能与本研究样本量相对有限，难以全面反映所有生命体征指标的细微变化有关。同时，心率、血压等指标可能受到患者基础疾病状态、复苏过程中药物使用情况等多种因素的综合影响，使颈动脉与股动脉超声监测的优势在这些指标上尚未能充分凸显。

综上所述，急诊科中采用颈动脉与股动脉超声监测非侵入性心肺复苏可有效缩短复苏时间，提高自主循环恢复率及 $PetCO_2$，可为复苏团队提供科学、可靠的按压效果反馈。但本研究也存在一定局限性：（1）本研究为一项单中心回顾性研究，样本来源相对单一，可能存在选择偏倚，且结果外推至其他医疗中心或人群时需谨慎；（2）研究主要关注自主循环恢复等近期复苏结局，未能对患者出院后的长期预后（如 3 个月神经功能评分、生存质量）进行随访评估，因此无法全面评价该监测策略对患者远期神经功能恢复的影响。未来有必要开展多中心、大样本的前瞻性研究，并纳入长期神经功能预后指标，以进一步验证颈动脉与股动脉超声监测在优化心肺复苏预后中的全面价值。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　吴健健：实验操作，论文撰写；罗雪松，张滢滢：数据整理，统计学分析；张宁，熊智红：研究指导，论文修改，经费支持

参 考 文 献

[1] Bai Z J, Wang L T, Yu B, et al. The success rate of cardiopulmonary resuscitation and its correlated factors in patients with emergency prehospital cardiac arrest[J]. Biotechnol Genet Eng Rev, 2024, 40(3): 2720-2729.

[2] 莫然, 邓辉胜. 体外心肺复苏的应用和研究进展[J]. 心血管病学进展,2023,44(11):1033-1036.

[3] 谢谦, 生娣, 廖光冲, 等. 床旁超声联合颅内血流监测预测心肺复苏患者颅内压升高的效果研究[J]. 现代生物医学进展,2023,23(23):4473-4477.

[4] 杨宁,姚远,赵亮,等.急诊床旁超声在院外心脏骤停患者救治中的临床应用价值[J].浙江医学,2021,43(14):1582-1585.

[5] Loscalzo S M, White L J, Rosenblatt S, et al. Ultrasound in cardiopulmonary arrest and resuscitation: Constructing comprehensive implementation frameworks in high-risk settings[J]. Pediatr Emerg Care, 2024, 40(6): 469-473.

[6] 中华医学会,中华医学会杂志社,中华医学会全科医学分会,等.心脏骤停基层诊疗指南(2019 年)[J].中华全科医师杂志,2019,18(11):1034-1041.

[7] Merchant R M, Topjian A A, Panchal A R, et al. Part 1: Executive summary: 2020 American heart association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care [J]. Circulation, 2020, 142(16_suppl_2):S337-S357.

[8] 饶欣婷,李婧,邹建平,等.成人心肺复苏研究热点和展望[J].现代仪器与医疗,2023,29(1):7-11.

[9] Sadeghi A, Jahani H, Senmar M, et al. Barriers to the success of cardiopulmonary resuscitation teams in emergency departments: A perspective from nurses[J]. BMC Emerg Med, 2025, 25(1): 85.

[10] Decker C, Yong V, Linahan J E. Critical care echocardiography[J]. AACN Adv Crit Care, 2023, 34(2): 119-128.

[11] Gaspari R J, Lindsay R, Dowd A, et al. Femoral arterial Doppler use during active cardiopulmonary resuscitation[J]. Ann Emerg Med, 2023, 81(5): 523-531.

[12] Dudek M, Szarpak L, Peacock F W, et al. Diagnostic performance of point-of-use ultrasound of resuscitation outcomes: A systematic review and meta-analysis of 3265 patients[J]. Cardiol J, 2023, 30(2): 237-246.

[13] Hsu C Y, Chen J Y, Lee A F, et al. Ultrasound in postresuscitation care: A narrative review[J]. Eur J Emerg Med, 2022, 29(4): 246-252.

[14] Vergi İ B, Sayhan M B, Çeliktürk E, et al. Effectiveness of mechanical and manual cardiopulmonary resuscitation: Evaluation with carotid Doppler and metabolic parameters[J]. BMC Emerg Med, 2025, 25(1): 246.

[15] 刘旭阳, 王中, 徐慈. 超声辅助心肺复苏在心搏骤停急救中的应用[J].中国急救复苏与灾害医学杂志,2025,20(8):981-985.

[16] 于美军,王秋艳,王晓蕾,等.心脏骤停患者 PetCO2 和 CO 监测及其对心肺复苏结局的预测价值[J].中华保健医学杂志,2025,27(1):68-71.

[17] Lee J, Lee D K, Oh J, et al. Evaluation of the proper chest compression depth for neonatal resuscitation using computed tomography: A retrospective study[J]. Medicine, 2021, 100(26): e26122.

收稿日期：2025-12-24

（本文编辑：吴迪汉）