

床旁超声测量视神经鞘直径对体外循环心肺复苏患者不良神经功能预后的预测价值

王生超 彭伟 陈琨

金华市中心医院重症医学科, 浙江金华 321000

通信作者: 陈琨, Email: 13957970707@sina.com

【摘要】目的 探究床旁超声测量视神经鞘直径(ONSD)对体外循环心肺复苏(ECPR)患者不良神经功能预后的预测价值。**方法** 回顾性分析 2024 年 4 月至 2025 年 4 月金华市中心医院重症监护病房(ICU)收治的 45 例 ECPR 患者的临床资料,根据患者治疗 2 个月后的格拉斯哥预后评分(GOS)评分进行分组, GOS 评分 3~5 分为预后良好组(17 例), GOS 评分 1~2 分为预后不良组(28 例)。比较不同预后两组术后 24 h、72 h ONSD 及格拉斯哥昏迷评分(GCS)水平的差异,采用 Pearson 相关性分析法分析 ONSD 与 GCS 之间的相关性,并绘制受试者工作特征曲线(ROC 曲线)评价 ONSD 水平对不良神经功能预后的预测价值。**结果** 预后良好组术后 24 h、72 h ONSD 均明显小于预后不良组(mm: 术后 24 h 为 5.74 ± 0.22 比 5.96 ± 0.29 , 术后 72 h 为 5.93 ± 0.27 比 6.34 ± 0.53 , 均 $P < 0.05$), GCS 均明显高于预后不良组(分: 术后 24 h 为 5.99 ± 1.52 比 4.30 ± 0.99 , 术后 72 h 为 5.66 ± 1.15 比 4.41 ± 1.05 , 均 $P < 0.05$); Pearson 相关性分析显示: ONSD 与 GCS 评分呈负相关(术后 24 h 和术后 72 h r 值分别为 -0.916 和 -0.824 , 均 $P < 0.001$); ROC 曲线分析显示, 术后 24 h 和 72 h ONSD 对预测不良神经功能预后均有一定的价值, ROC 曲线下面积(AUC)分别为 0.729 和 0.773, 95% 可信区间(95%CI)分别为 0.578~0.880 和 0.636~0.910, P 值分别为 0.011 和 0.002; 当术后 24 h ONSD ≥ 5.874 mm 时, 预测不良神经功能预后的敏感度和特异度分别为 82.4% 和 64.3%; 术后 72 h ONSD ≥ 6.172 mm 时, 预测不良神经功能预后的敏感度和特异度分别为 81.5% 和 71.4%。**结论** 超声测量 ONSD 可实时、动态预测 ECPR 患者不良神经功能预后, 敏感度、特异度均较高。

【关键词】 超声; 视神经鞘直径; 体外循环心肺复苏; 预后

基金项目: 浙江省科技厅省级重点研发计划(2020C03019)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2025.05.010

The predictive value of bedside ultrasound-measured optic nerve sheath diameter for poor neurological outcome in patients undergoing extracorporeal cardiopulmonary resuscitation

Wang Shengchao, Peng Wei, Chen Kun

Department of Critical Care Medicine, Jinhua Central Hospital, Jinhua 321000, Zhejiang, China

Corresponding author: Chen Kun, Email: 13957970707@sina.com

【Abstract】Objective To explore the predictive value of bedside ultrasound-measured optic nerve sheath diameter (ONSD) for poor neurological outcome in patients undergoing extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (ECPR). **Methods** A retrospective analysis was conducted of the clinical data of 45 ECPR patients admitted to the department of intensive care unit (ICU) of Jinhua Central Hospital from April 2024 to April 2025. The patients were grouped based on their Glasgow outcome scale (GOS) scores 2 months after treatment. The good-outcome group comprised 17 patients with GOS scores of 3–5, and the poor-outcome group comprised 28 patients with GOS scores of 1–2. The differences in ONSD and Glasgow coma scale (GCS) levels at 24 hours and 72 hours after surgery between the two groups with different prognoses were compared. Pearson correlation analysis was used to analyze the correlation between ONSD and GCS. The receiver operator characteristic curve (ROC curve) was drawn to evaluate the predictive value of ONSD level for poor neurological prognosis. **Results** ONSD values at 24 hours and 72 hours post-operation in the good-outcome group were significantly lower than those in the poor-outcome group (mm: 5.74 ± 0.22 vs. 5.96 ± 0.29 at 24 hours after operation, 5.93 ± 0.27 vs. 6.34 ± 0.53 at 72 hours after operation, both $P < 0.05$), and the GCS was significantly higher than that in the poor-outcome group (5.99 ± 1.52 vs. 4.30 ± 0.99 at 24 hours after operation, 5.66 ± 1.15 vs. 4.41 ± 1.05 at 72 hours after operation, both $P < 0.05$). Pearson correlation analysis showed that ONSD was negatively correlated with GCS ($r = 0.916$ and 0.824 at 24 hours and 72 hours post-operation, both $P < 0.001$). ROC curve analysis showed that ONSD measured at 24 hours and 72 hours post-operation showed predictive value for poor neurological outcome, and area under the curve (AUC) was 0.729 and 0.773, respectively, and the 95% confidence interval (95%CI) was 0.578–0.880 and 0.636–0.910, respectively. $P = 0.011$ and 0.002 , respectively: when ONSD ≥ 5.874 mm, the sensitivity and specificity of predicting poor neurological outcome were 82.4% and 64.3%, respectively; ONSD ≥ 6.172 mm at 72 hours had a sensitivity of 81.5% and a specificity of 71.4% for predicting poor neurological outcome. **Conclusion** Bedside ultrasound-measured ONSD can predict poor neurological outcome in ECPR patients in real time and dynamically, with high sensitivity and specificity.

【Key words】 Ultrasound; Optic nerve sheath diameter; Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation; Prognosis

Fund program: Provincial Key Research and Development Plan of Zhejiang Science and Technology Department (2020C03019)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2025.05.010

心肺复苏(cardiopulmonary resuscitation, CPR)成功的患者, 40%~50% 会因缺血/再灌注损伤引发脑水肿, 致使颅内压(intracranial pressure, ICP)升高, 还会出现永久性认知功能障碍。CPR 后脑损伤是复苏后患者死亡和神经致残的常见原因^[1]。体外循环 CPR(extracorporeal CPR, ECPR)技术有助于恢复患者全身循环, 提高生存率, 改善神经系统预后。然而, ECPR 可以引起脑出血、脑缺血、脑水肿等多种类型的继发性脑损伤^[2]。因此, 对于 ECPR 术后患者, 早期实施 ICP 监测意义重大。这有助于明确大脑的病理生理状况, 进而指导临床治疗, 提升治疗效果, 以期判断预后, 降低病死率^[3]。吴国柱等^[4]的研究显示, 超声能探测出 ICP 升高患者的视神经鞘直径(optic nerve sheath diameter, ONSD)增粗, 二者存在正相关性。ONSD 是一种便捷且无创的 ICP 监测方法, 常被用于判断神经外科疾病患者是否需要进一步有创 ICP 监测^[5]。目前 ONSD 监测法在 ECPR 患者中的应用较少, 若在早期即能发现 ICP 增高, 就能立即防控并纠正颅内高压, 以提高救治的总成功率。因此, 本研究对 ECPR 术后患者采用床旁超声监测 ONSD, 旨在评估其对 ECPR 患者不良神经功能预后的预测价值, 以为颅脑床旁超声在临床进一步应用提供参考。

1 资料与方法

1.1 研究对象: 采用回顾性观察性研究方法, 收集 2022 年 4 月至 2023 年 4 月本院重症监护病房(intensive care unit, ICU)收治的 45 例因心搏骤停接受 ECPR 患者的临床资料。

1.1.1 纳入标准: ① 符合《美国心脏协会心肺复苏与心血管急救指南》^[6]2015 年版中的心搏骤停诊断标准, 即经标准 CPR 抢救 10 min 后仍未恢复稳定的有效自主循环, 同时满足《成人体外心肺复苏专家共识》^[7]中的复苏指征; ② 年龄≥18 岁, 且患者家属均知晓并同意本研究方法, 已签署知情同意书。

1.1.2 排除标准: ① 眼球损伤, 视神经鞘病变可能; ② 合并脑血管疾病患者; ③ 生存时间小于 72 h。

1.1.3 伦理学: 本研究符合医学伦理学标准, 并经本院伦理委员会审核同意(审批号: 2023-147), 对患

者采取的治疗或检测获得患者或家属的知情同意。

1.2 研究分组: 随访纳入对象转归至术后 2 个月, 依据格拉斯哥预后评分(Glasgow outcome scale, GOS)进行分组, 预后良好组 17 例(GOS 3~5 分)和预后不良组 28 例(GOS 1~2 分)。预后良好组男性 9 例、女性 8 例, 年龄 42~61 岁, 平均(50.43 ± 5.18)岁; 预后不良组男性 18 例、女性 10 例, 年龄 34~68 岁, 平均(53.19 ± 8.00)岁。

1.3 检测方法: 本研究选用的为迈瑞 M7 型床旁便携超声机(深圳, 中国), 配备 7~10 MHz 线阵探头。操作时, 以医用透明膜覆盖眼睑并涂抹耦合剂后, 将探头置于闭合眼睑上方, 通过轴位横切与纵切法进行探查, 同时微调探头角度与深度, 以获取视神经鞘的清晰超声图像, 并手动测量球后 3 mm 处 ONSD。视神经超声检查由一名经验丰富的临床医师执行, 分别检查患者两侧视神经鞘, 每侧测量 2 次, 最终取平均值作为结果。在整个过程中, 另有研究人员在不了解 ONSD 测量结果的前提下, 负责对超声图像进行标记与存储(ONSD 操作图示及超声图像见图 1)。此后, 再由另一名研究人员对 ONSD 的图像信息及数据进行核实确认, 并录入系统。

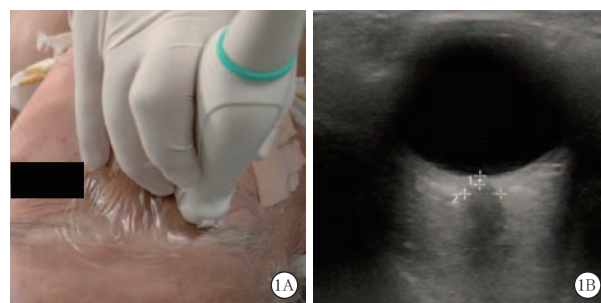


图 1 超声下测定 ONSD 操作图示(A)及图像(B)

1.4 收集资料: ① 一般资料: 包括性别、年龄、基础疾病、CPR 时间、ECMO 运转时间、ICU 治疗时间、住院时间; ② 两组 ECPR 术后 24 h、72 h ONSD 及格拉斯哥昏迷评分(Glasgow coma scale, GCS); ③ 采用 Pearson 相关性分析 ONSD 与 GCS 的相关性; ④ 绘制受试者工作特征曲线(receiver operator characteristic curve, ROC 曲线), 计算 ONSD 预测患者不良神经功能预后的最佳阈值。

1.5 统计学处理:使用 SPSS 25.0 统计软件分析数据。符合正态分布的计量资料以均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,采用 t 检验;计数资料以例(百分比)表示,采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法;ONSD 与 GCS 评分之间的相关性采用 Pearson 相关性分析;绘制 ROC 曲线分析 ONSD 预测 2 个月神经功能预后的价值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般资料比较(表 1):两组性别、年龄、基础疾病方面比较差异均无统计学意义($P > 0.05$),说明两组资料均衡,有可比性。

表 1 不同预后两组神经重症 ECPR 患者一般资料比较

组别	例数	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	基础疾病(例)		
		(例)	男 女		高血压	糖尿病	冠心病
预后良好组	17	9	8	50.43 \pm 5.19	5	3	2
预后不良组	28	10	18	53.19 \pm 8.00	7	7	6

2.2 两组患者 CPR 时间、ECMO 运转时间、ICU 治疗时间、住院时间比较(表 2):预后良好组患者 CPR 时间、ECMO 运转时间、ICU 治疗时间、住院时间均较预后不良组明显缩短(均 $P < 0.05$)。

表 2 不同预后两组神经重症 ECMO 运转时间、ICU 治疗时间、住院时间比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数 (例)	CPR 时间 (min)	ECMO 运转 时间(d)	ICU 治疗时间 (d)	住院时间 (d)
预后良好组	17	13.97 \pm 7.74	7.17 \pm 0.87	12.54 \pm 2.11	19.52 \pm 2.83
预后不良组	28	18.84 \pm 6.59	9.12 \pm 0.97	17.66 \pm 2.77	22.64 \pm 3.88
χ^2/t 值		2.250	6.809	6.545	2.881
P 值		0.030	0.000	0.000	0.001

2.3 两组患者 ECPR 术后 24 h、72 h ONSD 和 GCS 比较(表 3):预后良好组术后 24 h、72 h ONSD 明显小于预后不良组, GCS 评分明显高于预后不良组(均 $P < 0.05$)。

表 3 不同预后两组神经重症患者 ECPR 术后 24 h、72 h ONSD 和 GCS 的比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数 (例)	ONSD(mm)		GCS(分)	
		术后 24 h	术后 72 h	术后 24 h	术后 72 h
预后良好组	17	5.74 \pm 0.22	5.93 \pm 0.27 ^a	5.99 \pm 1.52	5.66 \pm 1.15
预后不良组	28	5.96 \pm 0.29	6.34 \pm 0.53 ^a	4.30 \pm 0.99	4.41 \pm 1.05
t 值		2.602	2.915	4.523	3.727
P 值		0.013	0.006	0.000	0.001

注:与本组术后 24 h 比较, ^a $P < 0.05$

2.4 ECPR 术后患者 ONSD 与 GCS 评分的相关性分析(图 2):Pearson 相关性分析显示, ONSD 与术后 24 h 和 72 h GCS 评分均呈负相关(r 值分别为 -0.916 和 -0.824 , 均 $P < 0.001$)。

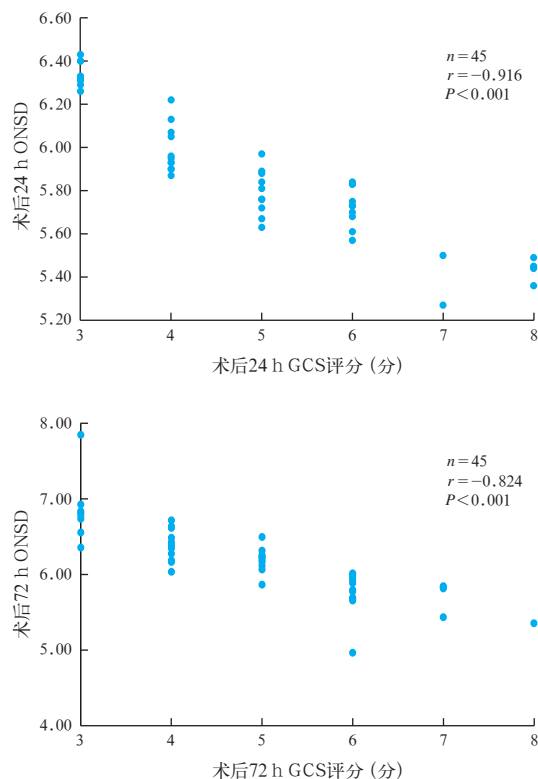


图 2 术后 24 h(上)和术后 72 h(下)ONSD 与 GCS 评分的相关性分析

2.5 ROC 曲线分析(表 4;图 3):术后 24 h ONSD ≥ 5.874 mm 和 72 h ONSD ≥ 6.172 mm 均对预测不良神经功能预后有一定价值(均 $P < 0.05$)。

表 4 ONSD 对不良神经功能预后的预测价值

指标	AUC	临界值	s_x	P 值	敏感度 (%)	特异度 (%)	95%CI
术后 24 h ONSD	0.729	5.874	0.077	0.011	82.4	64.3	0.578 ~ 0.880
术后 72 h ONSD	0.773	6.172	0.070	0.002	81.5	71.4	0.636 ~ 0.910

注: AUC 为 ROC 曲线下面积, 95%CI 为 95% 可信区间

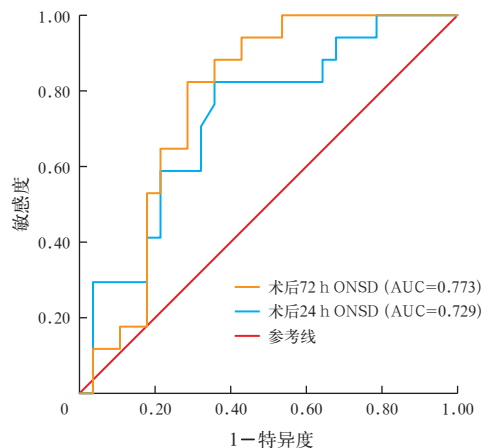


图 3 ONSD 预测不良神经功能预后的 ROC 曲线

3 讨论

就 ECPR 术后的重症患者而言,不良神经功能预后能借助瞳孔反应、临床体征及 GOS 评分等预测,但其可靠性会因亚低温、镇静镇痛药物等早期治疗手段的使用而受到影响。当运用眼底镜检查发现患者存在视乳头水肿和瞳孔改变时,表明患者的病情已发展至晚期阶段,也就意味着已错失最佳治疗时机。影像学 CT 诊断逐渐应用在 ICP 检查过程中,虽然检查效果良好,但影像学检查仍需要搬动患者,而对于 ECPR 的患者外出风险及难度较大,需要消耗大量的人力和时间。因此,无创 ICP 监测在危重患者中有重要的价值。

超声是重症患者血流动力学参数测定和治疗的重要组成部分,已经深入到重症医学的各领域中^[8]。超声测量 ONSD 是一种全新的评估 ICP 的方式,该技术是基于以下原理:视神经是胚胎发生过程中间脑的一种外在形式,且被视神经鞘(optic nerve sheath, ONS)所包裹。ONS 源自 3 层脑膜并向眼眶突出,其内的脑脊液与颅内脑脊液自由相通,脑脊液在颅内蛛网膜下腔和眶内蛛网膜下腔之间自由移动,二者承受着相同的压力变化,颅内压力经脑脊液传导至视神经周围并作用于 ONS,进而导致 ONSD 发生相应变化^[9]。

目前 ONSD 判断 ICP 增高的阈值有所差别,研究结果指出:评估 ICP 增高时 ONSD 的阈值为 5.0 ~ 5.9 mm^[10]。Young 等^[11]的研究结果显示:在成人人群中,以 ONSD>5.86 mm 作为诊断 ICP 增高的阈值时,敏感度为 95%,特异度为 79%。ICP 的升高与神经功能预后不良有显著相关性,Chelly 等^[12]研究显示,相较于心搏骤停后预后良好患者,预后不佳患者 24 h 内测定的 ONSD 明显升高(7.2 mm 比 6.5 mm, $P=0.008$)。并且,ONSD 与灰质/白质呈明显负相关($r=-0.50$, $P=0.04$),表明超声检测 ONSD 能成为判断 CPR 后昏迷患者早期预后的有力工具。不过,当前针对我国人群的此类研究还较为缺乏。本研究选取的对象是 ECPR 术后患者,在临床上常使用 GCS 评分评估神经功能,评分越低,说明神经功能越差。结果显示:预后良好组患者的术后 24 h、72 h ONSD 均明显小于预后不良组, GCS 评分明显高于预后不良组,且 ONSD 与 GCS 评分呈负相关。上述结果说明, GCS 评分与超声测量 ONSD 也能用于心搏骤停后昏迷患者神经功能预后的判断。原因分析:心搏骤停时,由于脑组织缺血缺氧而引

起脑水肿,脑水肿的出现可引起 ICP 的升高,这一压力信号会传至视神经鞘内的脑脊液,使 ONS 受到压力影响而膨胀,进而造成 ONSD 增宽。因此, ONSD 增宽与心搏骤停后 ICP 的升高及神经功能预后不良有显著相关性^[13-14]。此外,本研究所绘制的 ROC 曲线显示:术后 24 h $ONSD \geq 5.874$ mm, 预测不良神经功能预后的敏感度和特异度分别为 82.4% 和 64.3%, $AUC=0.729$, 95%CI 为 0.578 ~ 0.880, $P=0.011$; 术后 72 h 当 $ONSD \geq 6.172$ mm 时, 预测不良神经功能预后的敏感度和特异度为 81.5% 和 71.4%, $AUC=0.773$, 95%CI 为 0.636 ~ 0.910, $P=0.002$ 。表明床旁超声检测 ONSD 能用作心搏骤停后昏迷患者早期神经功能预后评估的快速筛查手段。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 江宇, 宋冬梅, 程胜, 等. 氢盐对心肺复苏大鼠脑氧化应激的干预作用[J]. 中华危重病急救医学, 2016, 28 (7): 624-628. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.07.010.
- [2] 姚敏, 翟科蓉, 李鸣明, 等. 体外心肺复苏联合治疗性低温对脑保护作用的研究进展[J]. 中华危重病急救医学, 2023, 35 (5): 554-557. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20210823-01237.
- [3] Heldt T, Zoerle T, Teichmann D, et al. Intracranial pressure and intracranial elastance monitoring in neurocritical care[J]. Annu Rev Biomed Eng, 2019, 21: 523-549. DOI: 10.1146/annurev-bioeng-060418-052257.
- [4] 吴国柱, 王亮亮, 钱贝丽, 等. 视神经鞘直径与脑出血患者颅内压变化的关系[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2023, 26 (7): 819-823. DOI: 10.12083/SYSJ.230518.
- [5] 袁鹏, 雍浩川, 熊伟茗, 等. 多功能经颅骨颅内穿刺针持续颅内压监测在颅脑创伤全麻诱导期的指导意义[J]. 重庆医学, 2019, 48 (5): 788-791. DOI: 10.3969/j.issn.1671-0282.2019.05.015.
- [6] Bhanji F, Donoghue AJ, Wolff MS, et al. Part 14: Education: 2015 American Heart Association Guidelines Update for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care[J]. Circulation, 2015, 132 (18 Suppl 2): S561-S573. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000268.
- [7] 中华医学会急诊医学分会复苏学组, 成人体外心肺复苏专家共识组. 成人体外心肺复苏专家共识[J]. 中华急诊医学杂志, 2018, 27 (1): 22-29. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2018.01.006.
- [8] 陈先俊, 李均凤, 李书文, 等. 2013—2022 年重症超声领域研究进展——基于知识可视化分析[J]. 实用检验医师杂志, 2022, 14 (2): 168-173. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7151.2022.02.015.
- [9] 黄京菊, 吕盛秋, 陈蒙华. 超声测量视神经鞘直径预测颅内压变化的临床研究进展[J]. 中国中西医结合急救杂志, 2022, 29 (6): 762-764. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2022.06.028.
- [10] Canakci Y, Koksali O, Durak VA. The value of bedside ocular ultrasound assessment of optic nerve sheath diameter in the detection of increased intracranial pressure in patients presenting to the emergency room with headache[J]. Niger J Clin Pract, 2018, 21 (6): 778-782. DOI: 10.4103/njcp.njcp_119_17.
- [11] Young AM, Guilfoyle MR, Donnelly J, et al. Correlating optic nerve sheath diameter with opening intracranial pressure in pediatric traumatic brain injury[J]. Pediatr Res, 2017, 81 (3): 443-447. DOI: 10.1038/pr.2016.165.
- [12] Chelly J, Deye N, Guichard JP, et al. The optic nerve sheath diameter as a useful tool for early prediction of outcome after cardiac arrest: a prospective pilot study[J]. Resuscitation, 2016, 103: 7-13. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2016.03.006.
- [13] Reis C, Akyol O, Araujo C, et al. Pathophysiology and the monitoring methods for cardiac arrest associated brain injury[J]. Int J Mol Sci, 2017, 18 (1): 129. DOI: 10.3390/ijms18010129.
- [14] Son SH, Park JS, Yoo IS, et al. Usefulness of intracranial pressure and mean arterial pressure for predicting neurological prognosis in cardiac arrest survivors who undergo target temperature management[J]. Ther Hypothermia Temp Manag, 2020, 10 (3): 165-170. DOI: 10.1089/ther.2019.0006.

(收稿日期: 2025-07-15)

(责任编辑: 邸美仙)