

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2023.23.014

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*

谢 谦 生 娣 廖光冲 张岩鹏 王铁柱

(新疆医科大学第四附属医院重症医学科 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要 目的:探讨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。**方法:**选择 2020 年 1 月至 2022 年 12 月在本院重症医学科行心肺复苏治疗的 60 例患者作为研究对象,于心肺复苏术后采用脑室测压导管测定颅内压,根据颅内压结果将患者分为颅内高压组和正常组。采用酶联免疫吸附法检测两组患者血清脑源性神经营养因子(BDNF)、中枢神经特异性蛋白(S100 β)和神经元特异性烯醇化酶(NSE)水平。比较两组患者视神经鞘宽度(ONSD)、大脑中动脉搏动指数(MCA-PI)。采用 Pearson 分析颅内压、ONSD 与 MCA-PI 之间的相关性。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析患者 ONSD、MCA-PI 对的心肺复苏术后颅内压升高的预测价值。**结果:**(1)60 例心肺复苏患者中 19 例出现颅内压升高;(2)颅内高压组患者血清 BDNF、S100 β 和 NSE 水平均显著高于正常组($P<0.05$);(3)颅内高压组患者 ONSD 和 MCA-PI 均显著高于正常组($P<0.05$);(4)心肺复苏患者 ICP 与 ONSD、MCA-PI 均呈显著正相关关系($r=0.872, 0.848, P<0.05$)。(5)ONSD 和 MCA-PI 预测心肺复苏患者发生颅内压升高的 AUC 分别为 0.875(95%CI:0.739~1.000)、0.841(95%CI:0.735~0.948)。ONSD 预测心肺复苏患者颅内压升高的最佳截断值为 ≥ 5.69 mm,对应敏感度、特异度、约登指数、阳性预测值和阴性预测值分别为 78.95%、100.00%、78.95%、100.00%和 91.11%;MCA-PI 预测心肺复苏患者颅内压升高的最佳截断值为 ≥ 0.945 ,对应敏感度、特异度、约登指数、阳性预测值和阴性预测值分别为 78.95%、80.49%、59.44%、65.22%和 89.19%。**结论:**床旁超声和颅内血流监测均无创安全,ONSD 和 MCA-PI 都可以有效预测心肺复苏患者颅内压升高,ONSD 预测效能更佳。

关键词:心肺复苏;颅内压升高;床旁超声;颅内血流监测

中图分类号:R541.6;R741.02 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2023)23-4473-05

Effect of Bedside Ultrasound Combined with Intracranial Blood Flow Monitoring on Predicting Intracranial Pressure Elevation in Patients with Cardiopulmonary Resuscitation*

XIE Qian, SHENG Di, LIAO Guang-chong, ZHANG Yan-peng, WANG Tie-zhu

(Department of Intensive Care Medicine, The Fourth Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi, Xinjiang, 830011, China)

ABSTRACT Objective: To explore the effect of bedside ultrasound combined with intracranial blood flow monitoring in predicting intracranial hypertension in patients with cardiopulmonary resuscitation. **Methods:** 60 patients underwent cardiopulmonary resuscitation in the Department of Critical Medicine of our hospital from January 2020 to December 2022 were selected as the study subjects. After cardiopulmonary resuscitation, intracranial pressure was measured by intraventricular manometry catheter. According to the results of intracranial pressure, the patients were divided into intracranial hypertension group and normal group. Enzyme-linked immunosorbent assay was used to detect serum brain-derived neurotrophic factor (BDNF), central nerve specific protein-100 (S100 β) and Neuron specific enolase (NSE) levels. The optical nerve sheath diameter (ONSD) and MCA-pulsation index (MCA-PI) were compared between the two groups. Pearson was used to analyze the correlation between intracranial pressure, ONSD and MCA-PI. Draw the receiver operating characteristic (ROC) curve to analyze the predictive value of ONSD and MCA-PI on intracranial pressure rise after cardiopulmonary resuscitation. **Results:** (1) Among 60 patients with cardiopulmonary resuscitation, 19 patients had elevated intracranial pressure; (2) Serum BDNF and S100 β and NSE levels were significantly higher than those in the normal group ($P<0.05$); (3) The ONSD and MCA-PI of patients with intracranial hypertension were significantly higher than those of the normal group ($P<0.05$); (4) ICP was positively correlated with ONSD and MCA-PI in patients with cardiopulmonary resuscitation ($r=0.872, 0.848, P<0.05$). (5) The AUC of ONSD and MCA-PI predicting intracranial hypertension in patients with cardiopulmonary resuscitation were 0.875 (95%CI: 0.739~1.000) and 0.841 (95%CI: 0.735~0.948), respectively. The best cutoff value of ONSD for predicting intracranial pressure increase in patients with cardiopulmonary resuscitation is ≥ 5.69 mm, and the corresponding sensitivity, specificity, Yoden index, positive predictive value and negative predictive value are 78.95%, 100.00%, 78.95%, 100.00% and 91.11%.

* 基金项目:新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(2021D01C230)

作者简介:谢谦(1979-),女,本科,副主任医师,研究方向:重症相关,E-mail:qiangy79GH@163.com

(收稿日期:2023-05-23 接受日期:2023-06-18)

respectively; The best cutoff value of MCA-PI for predicting intracranial pressure increase in patients with cardiopulmonary resuscitation is ≥ 0.945 , and the corresponding sensitivity, specificity, Yoden index, positive predictive value and negative predictive value are 78.95%, 80.49%, 59.44%, 65.22% and 89.19%, respectively. **Conclusion:** Both bedside ultrasound and intracranial blood flow monitoring are non-invasive and safe. Both ONSD and MCA-PI can effectively predict the increase of intracranial pressure in patients with intracardiac resuscitation, and ONSD has better prediction effect.

Key words: Cardiopulmonary resuscitation; Increased intracranial pressure; Bedside ultrasound; Intracranial blood flow monitoring

Chinese Library Classification(CLC): R541.6; R741.02 **Document code:** A

Article ID:1673-6273(2023)23-4473-05

前言

临床常见因心源性、脑源性、肺源性等原因造成心脏骤停,对于此类患者及时进行心肺复苏是抢救其生命的最为重要的手段。因心搏、呼吸骤停造成缺血、缺氧可导致大脑出现不同程度损害^[1,2]。颅内压(intracranial pressure, ICP)升高是大脑缺血缺氧损害的极为重要的指标,通过监测颅内压能够有效评估大脑损伤程度,但目前颅内压监测"金标准"是向脑室内置入探头进行测量,属于有创性监测,而考虑到操作安全性、经济因素,该金标准并不能用于所有心肺复苏患者,且在基层医院受限于医疗设备资源和医生水平,该方法安全性更加凸显^[3,4]。近年来随着医疗水平提高,通过脑血流、脑电、超声等技术评价脑损伤、颅内压逐渐成为可能。床旁超声是重症医学科中最重要的设备之一,研究发现视神经鞘宽度(optic nerve sheath diameter, ONSD)能够间接反应颅内压^[5,6];另一方面,多普勒超声能够获得患者脑血流学参数,其中大脑中动脉搏动指数(middle cerebral artery-pulsation index, MCA-PI)能够评估全脑血流灌注情况,或许也可反应颅内压^[7,8]。但国内目前鲜有关于 ONSD 和 MCA-PI 评估心肺复苏患者颅内压的相关报道,本研究以 60 例心肺复苏患者作为研究对象,分析颅内压与 ONSD 和 MCA-PI 的相关性,并采用受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC)探究 ONSD 和 MCA-PI 预测心肺复苏患者颅内压的效能,旨在为临床心肺复苏患者脑保护提供更为简便、安全的评估方法。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选择 2020 年 1 月至 2022 年 12 月在本院重症医学科行心肺复苏治疗的 60 例患者作为研究对象,于心肺复苏术后采用脑室测压导管测定颅内压,根据颅内压结果将患者分为颅内高压组和正常组。

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(2020 年)》^[9]中心脏骤停诊断标准;(2)心肺复苏后自主循环恢复存活 ≥ 24 h;(3) ≥ 18 岁。

排除标准:(1)合并脑血管疾病者;(2)合并呼吸循环衰竭;(3)先天性心脏畸形。

1.2 方法

1.2.1 颅内压测量 心肺复苏术后采用脑室测压导管测定颅内压,具体操作如下:取侧卧位,头部、双下肢屈曲, L3-4 脊柱节段常规消毒后使用 2%利多卡因麻醉,使用 18# 硬膜外套管针在 L3-4 间隙穿刺进入直至蛛网膜下隙,通过套管针置入软

硅胶管至腰大池 10 cm~15 cm,直至流出脑脊液,拔出套管,固定引流管,并连接引流调节装置和引流袋。从潘式点穿刺同侧额角置入颅内压探头,记录颅内压。颅内压 ≥ 20 mmHg 者定义为颅内高压。

1.2.2 床旁超声检查 心肺复苏后使用富士胶片公司 SonoSite S-ICU 型床旁超声仪进行超声检查,探针对 5~10 MHz 线阵超声探头。患者取平卧位,头部正中位,闭眼,在视乳头后 3、5、7 mm 位置进行测量,在眼眶眼球长轴检查各个测量点的视神经鞘直径(optic nerve sheath diameter, ONSD),双眼分别测量 3 次,以平均值作为最终结果, ONSD ≥ 5.0 mm 提示颅内压异常升高。

1.2.3 颅内血流监测 应用 1~5 MHz 相控探头和经颅多普勒超声仪,探查大脑中动脉(middle cerebral artery, MCA),显示 MCA M1~M2 段血管走行,测量大脑中动脉搏动指数(MCA-pulsation index, MCA-PI),左右 MCA 均分别测量 3 次,以平均值作为最终结果。

1.2.4 实验室指标 在患者心肺复苏后采集其静脉血 5 mL, 3000 rpm 离心 10 min 后分离血清,检测脑源性神经营养因子(brain derived neurotrophic factor, BDNF)、中枢神经特异性蛋白(S100 β)和神经元特异性烯醇化酶(NSE)水平,试剂盒由上海酶联生物科技有限公司生产。

1.3 观察指标

记录患者心肺复苏后 ICP、ONSD、MCA-PI 及血清 BDNF、S100 β 和 NSE 水平。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 25.0 分析。计量资料为"平均数 $\pm$ 标准差",采用单因素方差分析或 t 检验。绘制血清 ONSD 和 MCA-PI 分别预测心肺复苏后颅内高压 ROC 曲线,计算 AUC。各指标相关性采用 Pearson 相关性分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般临床资料比较

本次研究合计纳入 60 例患者,其中男性 37 例、女性 23 例;年龄 46~72 岁,平均年龄(50.82 $\pm$ 10.33)岁。其中颅内压升高 19 例(31.67%)、颅内压正常 41 例(68.33%),将两组患者的一般临床资料诸如性别、年龄、心肺复苏病因、急性生理学及慢性健康状况评分(acute physiology and chronic health evaluation II, APACHE II)、心肺复苏时间等进行比较,显示对比无差异($P > 0.05$),如表 1 所示。

2.2 两组患者血清 BDNF、S100 β 和 NSE 水平比较

将两组患者血清 BDNF、S100 β 和 NSE 水平纳入研究并实

施组间差异性比较,结果显示颅内高压组患者血清 BDNF、S100 β 和 NSE 水平均显著高于正常组($P<0.05$),如表 2 所示。

表 1 一般临床资料对比

Table 1 Comparison of general clinical data

Index		Intracranial hypertension group (n=19)	Common group (n=41)
Sex	Male	13	24
	Female	6	17
Age (years)		51.29 $\pm$ 9.63	50.61 $\pm$ 10.45
Causes of cardiac arrest	Arrhythmia	5	9
	Heart failure	6	14
	Respiratory failure	4	9
	Wound	3	6
	Other	1	3
APACHE II		10.45 $\pm$ 1.36	10.27 $\pm$ 1.48
Cardiopulmonary resuscitation time (min)		16.28 $\pm$ 2.64	16.01 $\pm$ 2.52

表 2 两组患者血清 BDNF、S100 β 和 NSE 水平比较($\bar{x}\pm s$)Table 2 Comparison of levels of serum BDNF, S100 β and NSE between the two groups ($\bar{x}\pm s$)

Index	Intracranial hypertension group(n=19)	Common group(n=41)
BDNF (ng/mL)	3.76 $\pm$ 1.02*	1.72 $\pm$ 0.95
S100 β (μ g/L)	10.29 $\pm$ 2.75*	3.93 $\pm$ 1.39
NSE (μ g/L)	25.38 $\pm$ 4.83*	10.73 $\pm$ 2.04

Note: Compared with common group, * $P<0.05$.

2.3 两组患者 ICP、ONSD 和 MCA-PI 比较

差异性比较,结果显示颅内高压组患者 ICP、ONSD 和 MCA-PI

将两组患者 ICP、ONSD 和 MCA-PI 纳入研究并实施组间均显著高于正常组($P<0.05$),如表 3 所示。

表 3 两组患者 ICP、ONSD 和 MCA-PI 比较($\bar{x}\pm s$)Table 3 Comparison of ICP, ONSD and MCA-PI between the two groups ($\bar{x}\pm s$)

Index	Intracranial hypertension group(n=19)	Common group(n=41)
ICP (mmHg)	24.27 $\pm$ 3.14*	16.27 $\pm$ 2.54
ONSD (mm)	5.79 $\pm$ 0.95*	4.37 $\pm$ 0.50
MCA-PI	1.12 $\pm$ 0.18*	0.87 $\pm$ 0.19

Note: Compared with control group, * $P<0.05$.

2.4 ICP 与 ONSD、MCA-PI 相关性分析

系($P<0.05$)。如表 4 所示。

心肺复苏患者 ICP 与 ONSD、MCA-PI 均呈显著正相关关

表 4 ICP 与 ONSD、MCA-PI 相关性分析

Table 4 Correlation analysis of CIP and ONSD, MCA-PI

Index	ICP	
	r value	P value
ONSD	0.872	0.000
MCA-PI	0.848	0.000

2.5 ONSD、MCA-PI 预测心肺复苏患者颅内压升高的效能分析

以 ONSD、MCA-PI 评分作为自变量,以心肺复苏患者是否出现颅内压升高作为因变量绘制 ROC 曲线,结果表明:ONSD

和 MCA-PI 预测心肺复苏患者发生颅内压升高的 AUC 分别为 0.875(95%CI:0.739~1.000)、0.841(95%CI:0.735~0.948)。ONSD 预测心肺复苏患者颅内压升高的最佳截断值为 ≥ 5.69 mm,对

表 5 ONSD、MCA-PI 预测心肺复苏患者颅内压升高的 ROC 曲线参数

Table 5 The ROC curve parameters of ONSD and MCA-PI in predicting intracranial pressure increase in patients with cardiopulmonary resuscitation

Indexs	AUC	SE	95%CI	The best cut-off value	Sensitivity	Specificity	Youden index	Positive predictive value	Negative predictive value
ONSD	0.875	0.069	0.739~1.000	≥ 5.69 mm	78.95%	100.00%	78.95%	100.00%	91.11%
MCA-PI	0.841	0.054	0.735~0.948	≥ 0.945	78.95%	80.49%	59.44%	65.22%	89.19%

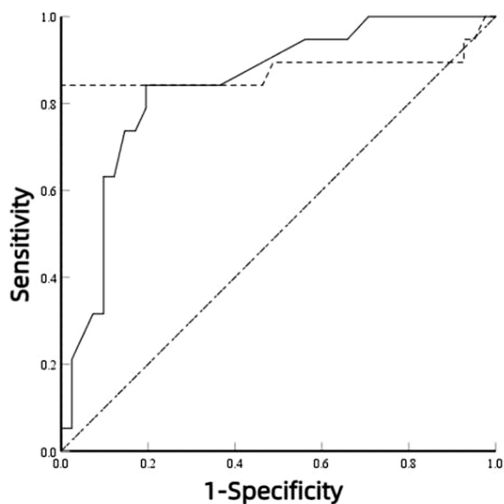


图 1 ONSD、MCA-PI 预测心肺复苏患者颅内压升高的 ROC 曲线

Figure 1 The ROC curve of ONSD and MCA-PI in predicting intracranial pressure increase in patients with cardiopulmonary resuscitation

应敏感度、特异度、约登指数、阳性预测值和阴性预测值分别为 78.95%、100.00%、78.95%、100.00%和 91.11%;MCA-PI 预测心肺复苏患者颅内压升高的最佳截断值为 ≥ 0.945 ,对敏感度、特异度、约登指数、阳性预测值和阴性预测值分别为 78.95%、80.49%、59.44%、65.22%和 89.19%。见图 1 和表 5。

3 讨论

心肺复苏是针对心脏和(或)呼吸骤停患者的一项急救措施,其目的在于尽快恢复患者自主呼吸和自主循环^[10]。然而在心脏骤停至恢复自主循环期间,因全身性缺血和再灌注影响,患者脑组织将发生不同程度变性、退化甚至坏死^[11,12]。有研究称恢复自主循环的心肺复苏患者中脑功能完全恢复的仅占 1.4%,近 50%的患者存在中重度神经功能障碍^[13,14]。脑组织缺血、缺氧性损伤引起脑水肿,进而造成颅内压升高,颅内压升高又会引发脑血流过度灌注,加重颅内出血和脑损伤^[15]。颅内压监测对心肺复苏患者脑损伤程度评估和预后预测评价具有重要的积极作用。

本次研究纳入的 60 例心肺复苏患者中有 19 例发生颅内压升高,占 31.67%,颅内高压组患者血清 BDNF、S100 β 和 NSE 水平均显著高于正常组。BDNF 参与并调节神经元结构和形态,在突触连接和神经递质传递中也有重要的作用,研究发现脑损伤患者脑神经元损伤,BDNF 水平显著降低^[16,17]。S100 β 主要有星形胶质细胞合成,正常人血清中 S100 β 水平极低,但因脑组织受到缺血缺氧造成血脑屏障破坏后,S100 β 可在短时间内释放进入血液^[18]。NSE 目前临床常用的一种评估脑损伤的

特异性神经生化标志物,水平越高表示脑损伤和神经功能损伤越严重^[19,20]。本研究结果提示颅内高压组患者颅脑损伤严重程度明显高于正常组,因此有必要对心肺复苏患者进行脑损伤监测、预测和预后评价。

颅内压监测的"金标准"技术方法目前均为有创监测,难以在所有医院进行推广应用,且部分患者不能耐受有创检查,造成心肺复苏患者脑保护和干预难以及时有效开展,使患者致残率、死亡率显著增加,因此临床对于新的颅内压评估方案有着迫切的需求和期待^[21,22]。床旁超声仪已经在国内各级医院广泛安装使用,其能够动态监测患者 ONSD 变化,在经颅多普勒模式下就能进行经颅多普勒检查,获取 MCA-PI 结果^[23]。已有多项研究认为 MCA-PI 对于间接反映颅内压具有较好的准确性,颅内压升高引起脑血管灌注阻力增加,MCA-PI 增加。

视神经鞘在结构上属于硬脑膜延续,其内部具有横梁式蛛网膜下腔,脑脊液能够从其间滴出,当颅内压升高时脑脊液聚集并进入视神经蛛网膜,引起视神经鞘宽度增加,通过测量 ONSD 能够反馈颅内压变化^[24,25]。张俊锋等^[26]研究发现颅内压增高的颅脑外伤患者 ONSD 显著大于颅内压正常患者,过勇杰等^[27]发现 ONSD 对于筛查子痫前期孕妇颅内压升高具有良好效果。本研究颅内高压组患者 ONSD 显著高于正常组。心肺复苏患者心脏骤停期间多发生脑损伤继发脑水肿,引起颅内压增加,自主循环恢复后则以低灌注为主,引起术后缺血缺氧性脑损伤,颅内压越高的患者脑血管阻力越高,将出现血流速度降低,PI 显著增加^[28,29],本研究颅内高压组患者 MCA-PI 显著高于对照组($P<0.05$)。

本研究进一步采用 Pearson 分析了心肺复苏患者颅内压与 ONSD、MCA-PI 间的相关性,结果发现心肺复苏患者 ICP 与 ONSD、MCA-PI 均呈显著正相关关系($r=0.872, 0.848, P<0.05$),也说明了 ONSD、MCA-PI 能够成为潜在的间接反映和评估 ICP 的指标。郭慧等^[30]研究还发现 ONSD、MCA-PI 对于评价心肺复苏患者预后有一定指导价值。本研究 ROC 曲线结果表明,ONSD、MCA-PI 预测心肺复苏患者发生颅内压升高的 AUC 分别为 0.875(95%CI:0.739~1.000)、0.841(95%CI:0.735~0.948),最佳截断值分别为 ≥ 5.69 mm 和 ≥ 0.945 ,此时 ONSD 预测颅内压升高的敏感度、特异度、约登指数、阳性预测值和阴性预测值分别为 78.95%、100.00%、78.95%、100.00%和 91.11%,MCA-PI 为 78.95%、80.49%、59.44%、65.22%和 89.19%。提示两种方法对于预测心肺复苏患者颅内压升高具有较好的效能,ONSD 效能较 MCA-PI 更佳。

综上所述,对于心肺复苏患者进行脑损伤、颅内压评估极为重要,而鉴于脑室测压导管测定颅内压为有创操作,安全性及患者耐受性存在较大风险,利用床旁超声测量 ONSD 和经颅

多普勒模式下 MCA-PI 预测颅内压升高具有良好的统计学效能,且 ONSD 效能更佳。两种方案均为无创操作,安全性更佳,也便于临床医生熟练掌握,可在临床尤其是基层医院加以推广和应用。

参考文献(References)

- [1] Dalton HJ, Berg RA, Nadkarni VM, et al. Cardiopulmonary Resuscitation and Rescue Therapies [J]. Crit Care Med, 2021, 49(9): 1375-1388
- [2] Merchant RM, Topjian AA, Panchal AR, et al. Part 1: Executive Summary: 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care [J]. Circulation, 2020, 142(16): 337-357
- [3] Kool M, Atkins DL, Van de Voorde P, et al. Focused echocardiography, end-tidal carbon dioxide, arterial blood pressure or near-infrared spectroscopy monitoring during paediatric cardiopulmonary resuscitation: A scoping review [J]. Resusc Plus, 2021, 30(6): 100109
- [4] Mälberg J, Smekal D, Marchesi S, et al. Suction cup on a piston-based chest compression device improves coronary perfusion pressure and cerebral oxygenation during experimental cardiopulmonary resuscitation[J]. Resusc Plus, 2022, 29(12): 100311
- [5] Lochner P, Czosnyka M, Naldi A, et al. Optic nerve sheath diameter: present and future perspectives for neurologists and critical care physicians[J].Neurol Sci, 2019, 40(12): 2447-2457
- [6] Da'delen K, Ekici M. Measuring optic nerve sheath diameter using ultrasonography in patients with idiopathic intracranial hypertension [J].Arq Neuropsiquiatr, 2022, 80(6): 580-585
- [7] Gao YZ, Li Q, Wu CS, et al. Use of a Doppler-Based Pulsatility Index to Evaluate Cerebral Hemodynamics in Neurocritical Patients After Hemispherectomy[J]. J Ultrasound Med, 2019, 38(9): 2469-2475
- [8] Atwi S, Robertson AD, Theyers AE, et al. Cardiac-Related Pulsatility in the Insula Is Directly Associated With Middle Cerebral Artery Pulsatility Index[J]. J Magn Reson Imaging, 2020, 51(5): 1454-1462
- [9] Craig-Brangan KJ, Day MP. Update: AHA guidelines for CPR and emergency cardiovascular care[J]. Nursing, 2020, 50(6): 58-61
- [10] Olasveengen TM, Mancini ME, Perkins GD, et al. Adult Basic Life Support: 2020 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations[J]. Circulation, 2020, 142(16): 41-91
- [11] Sandroni C, Cronberg T, Sekhon M. Brain injury after cardiac arrest: pathophysiology, treatment, and prognosis [J]. Intensive Care Med, 2021, 47(12): 1393-1414
- [12] Perkins GD, Callaway CW, Haywood K, et al. Brain injury after cardiac arrest[J]. Lancet, 2021, 398(10307): 1269-1278
- [13] Feng G, Jiang G, Li Z, et al. Prognostic value of electroencephalography (EEG) for brain injury after cardiopulmonary resuscitation[J]. Neurol Sci, 2016, 37(6): 843-849
- [14] Migdady I, Rice C, Deshpande A, et al. Brain Injury and Neurologic Outcome in Patients Undergoing Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation: A Systematic Review and Meta-Analysis [J]. Crit Care Med, 2020, 48(7): e611-e619
- [15] Cassara CM, Long MT, Dollerschell JT, et al. Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation: A Narrative Review and Establishment of a Sustainable Program[J]. Medicina (Kaunas), 2022, 58(12): 1815
- [16] Gong B, Dong Y, He C, et al. Intravenous Transplants of Human Adipose-Derived Stem Cell Protect the Rat Brain From Ischemia-Induced Damage[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2019, 28(3): 595-603
- [17] Eyileten C, Sharif L, Wicik Z, et al. The Relation of the Brain-Derived Neurotrophic Factor with MicroRNAs in Neurodegenerative Diseases and Ischemic Stroke [J]. Mol Neurobiol, 2021, 58 (1): 329-347
- [18] Zhai K, Li M, Li J, et al. Neuroprotective effect of selective hypothermic cerebral perfusion in extracorporeal cardiopulmonary resuscitation: A preclinical study[J]. JTCVS Open, 2022, 3(12): 221-233
- [19] Henson T, Rawanduzy C, Salazar M, et al. Outcome and prognostication after cardiac arrest[J]. Ann N Y Acad Sci, 2022, 1508 (1): 23-34
- [20] Schrage B, Rübsamen N, Becher PM, et al. Neuron-specific-enolase as a predictor of the neurologic outcome after cardiopulmonary resuscitation in patients on ECMO [J]. Resuscitation, 2019, 136(5): 14-20
- [21] 程洪瑜, 王佳, 高鸿奎, 等. 超声造影评估脑血流循环时间在无创颅内压监测中的应用[J]. 中华超声影像学杂志, 2021, 30(1): 37-41
- [22] Saria MG, Kesari S. Increased Intracranial Pressure: The Use of an Individualized Ladder Approach[J]. Semin Oncol Nurs, 2021, 37(2): 151133
- [23] Lochner P, Czosnyka M, Naldi A, et al. Optic nerve sheath diameter: present and future perspectives for neurologists and critical care physicians[J]. Neurol Sci, 2019, 40(12): 2447-2457
- [24] Fernando SM, Tran A, Cheng W, et al. Diagnosis of elevated intracranial pressure in critically ill adults: systematic review and meta-analysis[J]. BMJ, 2019, 366(8166): 14225
- [25] Stead GA, Cresswell FV, Jjunju S, et al. The role of optic nerve sheath diameter ultrasound in brain infection[J]. Neurol Sci, 2021, 42 (23): 100330
- [26] 张俊锋, 熊炜. 床旁超声联合脑室内颅内压监测在颅脑外伤所致颅内压增高患者诊断中的临床价值[J]. 浙江创伤外科, 2019, 24(1): 160-161
- [27] 过勇杰, 童武华, 张青贵, 等. 超声测量视神经鞘直径筛查子痫前期患者颅内压增高的研究[J]. 浙江医学, 2019, 41(20): 2168-2172
- [28] Vena F, Manganaro L, D'Ambrosio V, et al. Neuroimaging and Cerebrovascular Changes in Fetuses with Complex Congenital Heart Disease[J]. J Clin Med, 2022, 11(22): 6740
- [29] Turner J, Dunn L, Kumar S. Changes in fetoplacental Doppler indices following intrapartum maternal sildenafil citrate treatment [J]. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol, 2020, 254(5): 302-307
- [30] 郭慧, 许宁, 申张顺, 等. 床旁超声视神经鞘宽度联合颅内血流测量评估心肺复苏术后患者颅内压增高的价值研究[J]. 中国临床医学影像杂志, 2021, 32(7): 461-465