

# 神经重症患者术后多模态监测技术的应用研究

周晓芬 陈晗 于荣国 赵建祥 许镜清 张颖蕊 颜婉莉

福建医科大学省立临床医学院,福建省立医院重症医学科,福州 350001

通信作者:陈晗, Email: baojr2@163.com

**【摘要】 目的** 探讨多模态监测技术在神经重症患者监测治疗中的意义。**方法** 选取2019年3月至2020年1月福建省立医院重症医学科收治的104例神经重症患者,按完全随机化方法将患者分为两组,每组52例。常规监测治疗组术后心电监测患者心率、血压、呼吸,观察意识、瞳孔变化,给予常规脱水降颅压、维持合适脑灌注压(CPP)、平衡出入量、保持气道通畅等治疗;多模态监测治疗组患者进行有创颅内压(ICP)监测、颅脑超声结构性评估、超声视神经鞘直径(ONSD)测量、经颅彩色多普勒超声(TCCD)、颈内静脉血氧饱和度监测、近红外光谱(NIRS)测量、无创脑血氧饱和度监测及量化脑电图监测,根据监测结果给予相应控制ICP、改善脑代谢治疗。比较两组重症监护病房(ICU)住院时间、神经系统并发症(继发性脑梗死、脑出血、高颅压等)发生率、预后不良[发病后6个月格拉斯哥预后评分(GOS)1~3分]发生率。用Spearman秩相关分析有创ICP值与TCCD计算ICP值的相关性;采用受试者工作特征曲线(ROC)分析有创ICP、大脑中动脉搏动指数( $PI_{MCA}$ )对不良预后的预测价值。**结果** 多模态监测治疗组患者ICU住院时间明显短于常规监测治疗组( $d:6.27 \pm 3.81$ 比 $9.61 \pm 5.09$ ,  $P < 0.01$ ),神经系统并发症发生率明显低于常规监测治疗组(9.62%比25.00%,  $P < 0.05$ )。多模态监测治疗组预后良好37例、预后不良15例,常规监测治疗组分别为27例、25例,多模态监测治疗组预后不良发生率低于常规监测治疗组(28.85%比48.08%,  $P < 0.05$ )。在多模态监测组中,预后良好患者有创ICP、 $PI_{MCA}$ 显著低于预后不良患者[有创ICP(mmHg,  $1 \text{ mmHg} = 0.133 \text{ kPa}$ ):16(12, 17)比22(20, 24),  $PI_{MCA}:0.90 \pm 0.33$ 比 $1.39 \pm 0.58$ , 均 $P < 0.01$ ]。而预后良好者与预后不良者大脑中动脉阻抗指数( $RI_{MCA}$ )差异无统计学意义( $0.63 \pm 0.12$ 比 $0.66 \pm 0.15$ ,  $P > 0.05$ );相关性分析显示,有创ICP与TCCD计算ICP值呈正相关性( $r = 0.767$ ,  $P < 0.001$ )。ROC曲线分析显示,有创ICP对不良预后预测的ROC曲线下面积(AUC)为0.906,最佳截断值为有创ICP  $\geq 18 \text{ mmHg}$ 时,敏感度为86.49%,特异度为86.67%; $PI_{MCA}$ 对不良预后预测的AUC为0.759,最佳截断值为 $PI_{MCA} \geq 1.12$ 时,敏感度为81.08%,特异度为60.00%。有创ICP的AUC大于 $PI_{MCA}$ ( $Z = 2.279$ ,  $P = 0.023$ )。**结论** 综合分析神经重症多模态监测指标指导临床治疗,可减少患者住院天数,降低神经重症并发症及致残率;有创ICP可预测神经重症患者预后不良。

**【关键词】** 神经重症; 多模态监测; 预后

**基金项目:**福建省自然科学基金(2019J01499)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200130-00148

## Study of multimodal monitoring in neurocritical care patients

Zhou Xiaofen, Chen Han, Yu Rongguo, Zhao Jianxiang, Xu Jingqing, Zhang Yingrui, Yan Wanli

Department of Critical Care Medicine, Shengli Clinical Medical College of Fujian Medical University, Fujian Provincial Hospital, Fuzhou 350001, Fujian, China

Corresponding author: Chen Han, Email: baojr2@163.com

**【Abstract】 Objective** To explore the significance of multimodal monitoring in the monitoring and treatment of neurocritical care patients. **Methods** 104 neurocritical care patients admitted to the department of Critical Care Medicine of Fujian Provincial Hospital from March 2019 to January 2020 were enrolled. Patients were randomly assigned into two groups, with 52 in each group. In the routine monitoring treatment group, heart rate, blood pressure, respiratory rate and the changes in consciousness and pupils were monitored after operation. The patients were treated with routine medicine to reduce intracranial pressure (ICP), maintain proper cerebral perfusion pressure (CPP), balance fluid intake and output, and maintain the airway clear. Patients in the multimodal monitoring treatment group were treated with invasive ICP monitoring, ultrasound to assess brain structure, ultrasound to measure optic nerve sheath diameter (ONSD), transcranial color doppler (TCCD), internal jugular venous blood oxygen saturation monitoring, near-infrared spectroscopy (NIRS), non-invasive cerebral blood oxygen saturation monitoring and quantitative electroencephalogram monitoring. According to the monitoring results, the patients were given targeted treatment with the goal of controlling ICP and improving brain metabolism. The length of intensive care unit (ICU) stay, the incidences of neurological complications (secondary cerebral infarction, cerebral hemorrhage, high intracranial pressure, etc.), and the incidences of poor prognosis [6 months after the onset of Glasgow outcome score (GOS) 1 to 3] were compared between the two groups. Spearman rank correlation analysis of the correlation between invasive ICP and the ICP value which was calculated by TCCD. The receiver operating characteristic (ROC) curve of invasive ICP and pulsatility index of middle cerebral artery ( $PI_{MCA}$ ) were used to predict poor prognosis. **Results** The length of ICU stay in the multimodal monitoring

treatment group was significantly shorter than that of the routine monitoring treatment group (days:  $6.27 \pm 3.81$  vs.  $9.61 \pm 5.09$ ,  $P < 0.01$ ), and the incidence of neurological complications was significantly lower than that in the routine monitoring treatment group (9.62% vs. 25.00%,  $P < 0.05$ ). In the multimodal monitoring treatment group, 37 cases had a good prognosis and 15 cases had a poor prognosis, while the routine monitoring treatment group had a good prognosis in 27 cases and a poor prognosis in 25 cases. The incidence of poor prognosis in the multimodal monitoring treatment group was lower than that of the routine monitoring treatment group (28.85% vs. 48.08%,  $P < 0.05$ ). In the multimodal monitoring treatment group, the invasive ICP and  $PI_{MCA}$  of patients with good prognosis were significantly lower than those of patients with poor prognosis [invasive ICP (mmHg, 1 mmHg = 0.133 kPa): 16 (12, 17) vs. 22 (20, 24),  $PI_{MCA}$ :  $0.90 \pm 0.33$  vs.  $1.39 \pm 0.58$ , both  $P < 0.01$ ]. There was no significant difference in resistance index of the middle cerebral artery ( $RI_{MCA}$ ) between the good prognosis group and the poor prognosis group ( $0.63 \pm 0.12$  vs.  $0.66 \pm 0.15$ ,  $P > 0.05$ ). There was a positive correlation between the invasive ICP and the ICP value which was calculated by TCCD ( $r = 0.767$ ,  $P < 0.001$ ). ROC curve analysis showed that the area under ROC curve (AUC) of invasive ICP for poor prognosis prediction was 0.906, the best cut-off value was  $\geq 18$  mmHg, the sensitivity was 86.49%, and the specificity was 86.67%. The AUC of  $PI_{MCA}$  for poor prognosis prediction was 0.759, the best cut-off value was  $\geq 1.12$ , the sensitivity was 81.08%, and the specificity was 60.00%. The AUC of invasive ICP was greater than  $PI_{MCA}$  ( $Z = 2.279$ ,  $P = 0.023$ ). **Conclusion** Comprehensive analysis of multimodal monitoring indicators for neurocritical care patients to guide clinical treatment can reduce the length of hospital stay, and reduce the risk of neurosurgery complications and disability; invasive ICP can predict poor prognosis of neurocritical care patients.

**【Key words】** Neurocritical; Multimodal monitoring; Prognosis

**Fund program:** Natural Science Foundation of Fujian Province of China (2019J01499)

DOI: 10.3760/ema.j.cn121430-20200130-00148

神经重症患者具有病情危重、并发症多及病死率高的特点。传统的神经系统查体、格拉斯哥昏迷评分、心电监测等参数不能完全明确颅脑病变情况,不能反映脑血流量和脑代谢的变化<sup>[1-2]</sup>。CT、磁共振成像(MRI)技术作为常规的神经系统疾病影像学诊断方法,并不适用于所有急危重症患者,尤其是需要连续动态观察者<sup>[3]</sup>。神经重症多模态监测的核心理念包括脑灌注压(CPP)监测、脑血流量监测、脑氧和代谢监测以及神经电生理监测,其为患者的诊疗提供了更为详尽精准的参数,以指导临床进一步针对性治疗<sup>[3-4]</sup>。目前,国内仅有少数医院可开展神经重症多模态监测,相关研究极少;国外有研究表明,多模态监测可改善颅脑创伤患者的预后<sup>[5]</sup>,然而对神经重症患者使用多模态监测技术是否会改善预后鲜见研究报道。本研究以神经重症患者为研究对象,通过有创颅内压(ICP)监测、超声结构性评估、超声视神经鞘直径(ONSD)测量、床旁经颅彩色多普勒超声(TCCD)、颈静脉球静脉血氧饱和度( $SjvO_2$ )监测、近红外光谱(NIRS)进行脑部与区域血氧检测以及量化脑电图监测等给予相应治疗,并与常规监测治疗患者神经学预后对比,以评价多模态监测治疗在神经重症患者术后治疗中的价值。

## 1 资料与方法

**1.1 研究对象:**选择2019年3月至2020年1月在本院重症医学科治疗的104例神经重症患者。

**1.1.1 纳入标准:**①因颅脑外伤、颅内占位、脑梗死、自发性脑出血、蛛网膜下腔出血等出现神经功

能损伤的患者;②头颅CT或MRI证实,存在脑挫裂伤、脑梗死、硬膜外出血、硬膜下出血、脑实质出血、蛛网膜下腔出血、颅内占位。

**1.1.2 排除标准:**①颅内感染、颅脑代谢性疾病引起的颅内病变;②凝血功能严重异常,血小板严重低下〔血小板计数(PLT)  $< 20 \times 10^9/L$ ];③颈部穿刺点附近皮肤感染;④垂体瘤压迫双侧视觉通路;⑤明显肝功能损伤者。

**1.2 伦理学:**本研究符合医学伦理学标准,患者选取及治疗均通过医院伦理学委员会批准(审批号:K2019-03-121),并取得患者家属的知情同意。

**1.3 分组及监测治疗方法:**按照完全随机化分组将患者分为多模态监测治疗组和常规监测治疗组,每组52例。

### 1.3.1 多模态监测治疗组

**1.3.1.1 有创 ICP 监测:**术中留置有创 ICP 测压管,术后连接 ICP 监测仪,持续测量 ICP。如果 ICP  $> 20$  mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa),进行药物脱水降颅压治疗。根据 ICP 变化,维持 CPP 在 50 ~ 70 mmHg<sup>[6]</sup>。CPP = 平均动脉压 - ICP。

**1.3.1.2 颅脑超声结构性评估:**使用 X-ORTE 索诺声超声机,2 MHz 矩阵探头置于眶耳线(眼外眦至外耳道中点的连线),观察中脑脑干、第三脑室和侧脑室成像,判断是否有颅内出血、颅脑中线移位的情况。如有脑出血、颅脑中线移位明显,则需要进一步行 CT 检查,进行手术或降颅压治疗。

**1.3.1.3 超声 ONSD 测量:**使用 X-ORTE 索诺声超

声机, 9 MHz 线阵探头, 横向、纵向扫查测量眼球后壁后方 3 mm 处 ONSD, 每个扫查方向测量 2 次, 双侧共获得 8 个测量值, 取均值。当 ONSD > 5.0 mm, 诊断为 ICP 增高<sup>[7]</sup>, 采取相应降颅压治疗。

**1.3.1.4 TCCD 定性定量监测 ICP、测量大脑中动脉(MCA)血流相关参数:** 使用 X-PORTE 索诺声超声机, 2 MHz 矩阵探头, 于耳前颞骨上方的颞窗位置测量并记录 MCA 血流相关参数, 包括收缩期峰值血流速度(Vs)、舒张期血流速度(Vd)、平均血流速度(Vm), 计算搏动指数[PI; PI=(Vs-Vd)/Vm]、阻抗指数[RI; RI=(Vs-Vd)/Vs]及 ICP(ICP=4.47×PI+12.68)<sup>[8]</sup>。根据 TCCD 测量 MCA 流速及 PI(PI<sub>MCA</sub>)等指标评估病因, 如出现颅内动脉狭窄、MCA 急性闭塞、血管顺应性下降、脑血管痉挛、脑充血、脑缺血代偿期、全身大循环流量不足、脑缺血失代偿期等, 则根据病因进行相应治疗。

**1.3.1.5 S<sub>ijv</sub>O<sub>2</sub> 监测:** 经右侧颈内静脉逆行置管, 取局部颈静脉球部静脉血, 监测 S<sub>ijv</sub>O<sub>2</sub>。根据 S<sub>ijv</sub>O<sub>2</sub> 数值进行相应治疗以改善脑代谢。

**1.3.1.6 NIRS 测量无创脑血氧饱和度:** 将监测探头固定于患者额部头皮, 连接脑部与区域血氧检测系统(COVIDIEN 公司, 美国), 即可显示脑血氧饱和度数值, 根据该数值进行相应治疗以改善脑代谢。

**1.3.1.7 量化脑电图监测:** 将床旁脑电监测探头固定于患者额部头皮, 连接量化脑电监测仪(广州尼高力公司), 记录量化脑电图形并进行分析。如出现癫痫波, 可给予抗癫痫药物治疗。

**1.3.2 常规监测治疗组:** 术后心电监测患者心率、血压、呼吸, 注意观察意识、瞳孔变化, 予以常规脱水降颅压、维持合适 CPP、平衡出入量、保持气道通畅等治疗。

**1.4 观察指标及方法**

**1.4.1 记录患者的基本资料,** 包括: 性别、年龄、入院诊断及入院时格拉斯哥昏迷评分(GCS)、急性生理学及慢性健康状况评分 II (APACHE II)。

**1.4.2 记录患者重症监护病房(ICU)住院时间,** 是否出现继发性脑梗死、脑出血和高颅内压等神经系统并发症, 发病后 6 个月预后不良情况。

**预后判定标准与随访:** 患者发病后 6 个月进行格拉斯哥预后评分(GOS)。GOS 1 分, 即死亡; GOS 2 分, 即持续植物人状态; GOS 3 分, 即严重功能障碍; GOS 4 分, 即中度功能障碍; GOS 5 分, 即无功能障碍。其中 GOS 1~3 分为预后不良, GOS 4~5 分

为预后良好; 未及 6 个月死亡者归为预后不良。采用电话、家访或门诊复诊方式随访患者发病后 6 个月死亡、残疾情况。

**1.4.3 记录多模态监测治疗患者入 ICU 时有创 ICP 数值及 TCCD 监测 PI<sub>MCA</sub>、RI<sub>MCA</sub>、ICP 计算值。**

**1.5 统计学方法:** 采用 SPSS 25.0 软件对数据进行统计学处理。正态分布的计量资料以均数 ± 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示, 组间比较采用 *t* 检验; 非正态分布的计量资料以中位数(四分位数)[*M*(*Q<sub>L</sub>*, *Q<sub>U</sub>*)]表示, 组间比较采取 Mann-Whitney *U* 检验。计数资料用例数(%)表示, 组间比较采用  $\chi^2$  检验。有创 ICP 值与 TCCD 计算 ICP 值的相关性采用 Spearman 秩相关分析。用受试者工作特征曲线(ROC)评估有创 ICP、PI<sub>MCA</sub> 对神经重症患者预后不良的预测价值, 确定最佳截断值、敏感度、特异度和约登指数。*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

**2 结果**

**2.1 患者一般资料(表 1):** 多模态监测治疗组与常规监测治疗组患者年龄、性别、入院时 GCS 和 APACHE II 评分差异均无统计学意义(均 *P* > 0.05)。

表 1 不同治疗方法两组神经重症患者基线资料比较

组别	例数 (例)	年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )	性别(例)		GCS [分, <i>M</i> ( <i>Q<sub>L</sub></i> , <i>Q<sub>U</sub></i> )]	APACHE II (分, $\bar{x} \pm s$ )
			男性	女性		
多模态监测治疗组	52	49.9 ± 10.0	24	28	9.0(6.0, 11.8)	12.5 ± 3.8
常规监测治疗组	52	46.4 ± 11.3	30	22	7.0(5.0, 10.0)	13.8 ± 5.2
<i>t</i> / $\chi^2$ / <i>Z</i> 值		-1.723	1.387		-1.644	1.452
<i>P</i> 值		0.088	0.239		0.100	0.150

注: GCS 为格拉斯哥昏迷评分, APACHE II 为急性生理学及慢性健康状况评分 II

**2.2 两组患者 ICU 住院时间、神经系统并发症及不良预后发生情况比较(表 2):** 多模态监测治疗组 ICU 住院时间明显短于常规监测治疗组, 且神经系统并发症发生率和预后不良发生率均低于常规监测治疗组(均 *P* < 0.05)。

表 2 不同治疗方法两组神经重症患者预后指标比较

组别	例数 (例)	ICU 住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$ )	神经系统并发症 发生率[% (例)]	预后不良发生 率[% (例)]
常规监测治疗组	52	9.61 ± 5.09	25.00 (13)	48.08 (25)
<i>t</i> / $\chi^2$ 值		3.749	4.300	4.063
<i>P</i> 值		< 0.001	0.038	0.044

注: ICU 为重症监护病房

**2.3 不同预后多模态监测治疗患者有创 ICP 及 PI<sub>MCA</sub>、RI<sub>MCA</sub>、ICP 计算值比较(表 3):** 多模态监测治疗患者中, 发病后 6 个月预后良好 37 例, 预后不良

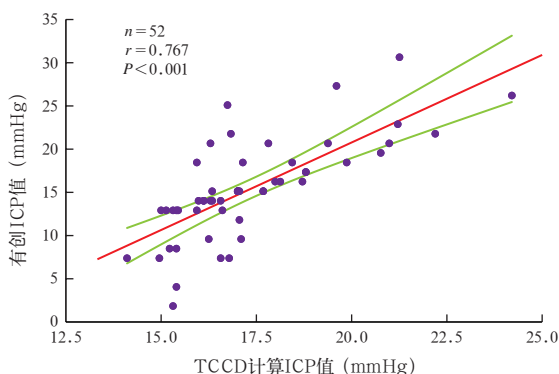
15例。预后良好组患者有创 ICP、PI<sub>MCA</sub>、ICP 计算值均低于预后不良组(均  $P < 0.05$ ),而两组 RI<sub>MCA</sub> 相比差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。

表3 不同预后两组多模态监测治疗神经重症患者有创 ICP 及 PI<sub>MCA</sub>、RI<sub>MCA</sub>、ICP 计算值的比较

组别	例数	有创 ICP [mmHg, M(Q <sub>L</sub> , Q <sub>U</sub> )]	PI <sub>MCA</sub> ( $\bar{x} \pm s$ )	RI <sub>MCA</sub> ( $\bar{x} \pm s$ )	ICP 计算值 (mmHg)
预后良好组	37	16(12, 17)	0.90 ± 0.33	0.63 ± 0.12	17(15, 21)
预后不良组	15	22(20, 24)	1.39 ± 0.58	0.66 ± 0.15	18(17, 21)
Z/t 值		-4.573	3.122	0.770	-2.910
P 值		<0.001	0.006	0.445	0.004

注: ICP 为颅内压, PI<sub>MCA</sub>、RI<sub>MCA</sub>、ICP 计算值分别为经颅彩色多普勒超声计算的大脑中动脉搏动指数、阻抗指数、ICP; 1 mmHg = 0.133 kPa

2.4 有创 ICP 值与 TCCD 计算 ICP 值的相关性(图1): 有创 ICP 值与 TCCD 计算 ICP 值呈显著正相关性( $P < 0.01$ )。



注: ICP 为颅内压, TCCD 为经颅彩色多普勒超声; 1 mmHg = 0.133 kPa

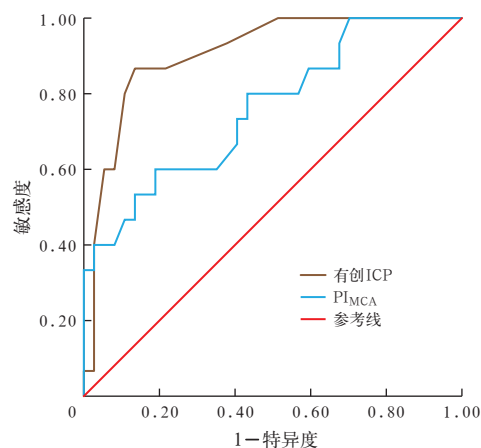
图1 神经重症患者有创 ICP 值与 TCCD 计算 ICP 值的相关性

2.5 有创 ICP、PI<sub>MCA</sub> 对神经重症患者预后不良的预测价值(表4; 图2): 有创 ICP、PI<sub>MCA</sub> 均可预测神经重症患者预后不良, ROC 曲线下面积(AUC)分别为 0.906 和 0.759, 有创 ICP 的 AUC 大于 PI<sub>MCA</sub> ( $Z = 2.279, P = 0.023$ )。有创 ICP 最佳截断值  $\geq 18$  mmHg 时, 预测神经重症患者预后的敏感度为 86.49%, 特异性为 86.67%; PI 最佳截断值  $\geq 1.12$  时, 敏感度为 81.08%, 特异性为 60.00%。

表4 有创 ICP、PI<sub>MCA</sub> 对神经重症患者预后不良的预测价值

指标	AUC	s <sub>x</sub>	95%CI	最佳截断值	敏感度 (%)	特异度 (%)	约登指数
有创 ICP	0.906	0.043	0.821 ~ 0.991	18	86.49	86.67	0.732
PI <sub>MCA</sub>	0.759	0.075	0.613 ~ 0.906	1.12	81.08	60.00	0.411

注: ICP 为颅内压, PI<sub>MCA</sub> 为经颅彩色多普勒超声计算的大脑中动脉搏动指数, AUC 为受试者工作特征曲线下面积, 95%CI 为 95% 可信区间



注: ICP 为颅内压, PI<sub>MCA</sub> 为经颅彩色多普勒超声计算的大脑中动脉搏动指数, ROC 曲线为受试者工作特征曲线

图2 有创 ICP、PI<sub>MCA</sub> 预测神经重症患者预后不良的 ROC 曲线

### 3 讨论

神经重症患者监测 ICP 可早期发现颅内病变, 指导相应降压治疗, 改善脑灌注, 对预后起决定性作用<sup>[9]</sup>。TCCD 是一种床旁无创测量脑血流速率的方法, 能迅速有效地诊断脑血管痉挛、颅内高压和颅内低灌注等, 指导临床治疗<sup>[10]</sup>。监测颅高压患者的 S<sub>jvO<sub>2</sub></sub>, 能够早期识别脑组织低灌注或缺血状态, 进一步采取相应治疗措施, 改善脑灌注<sup>[11]</sup>。NIRS 法可连续、直接、无创地监测脑氧代谢状态和脑血容量, 在颅脑创伤患者的救治中发挥重要作用<sup>[12]</sup>。床边脑电功能监测可以及时诊断、治疗癫痫, 评估神经重症患者的脑损伤程度及远期预后<sup>[13-14]</sup>。

Makarenko 等<sup>[5]</sup>对颅脑创伤患者进行多模态监测, 分析相关指标发现, 临床医生能够制定个体化的管理决策, 可预防继发性缺血性脑损伤, 改善患者临床转归。然而, 国内外对神经重症患者使用多模态监测技术是否会改善预后的研究较少。本研究以神经重症患者为研究对象, 结果显示, 多模态监测治疗组患者 ICU 住院时间明显短于常规监测治疗组, 且神经系统并发症发生率和预后不良发生率均低于常规监测治疗组。分析原因考虑为: 神经重症多模态监测能从颅内压力、脑血流与代谢、脑功能等多方面、多层次评估脑损伤程度, 及早发现问题, 及时进行相应的治疗, 改善神经重症患者预后。

Hawthorne 和 Piper<sup>[15]</sup>认为, ICP 增高患者预后不良, 防止 ICP 增高是治疗急性颅脑损伤的关键。神经重症患者 ICP 增高时, 脑血流速度会发生变化, 测量 MCA 的 PI 值会升高<sup>[16]</sup>。根据 ICP 计算公式, 即  $ICP = 4.47 \times PI + 12.68$ , 发现有创 ICP 值与 TCCD

计算的 ICP 值呈正相关性。本研究也显示,  $PI_{MCA}$  与有创 ICP 呈显著正相关,对于无法进行有创 ICP 监测的患者,可以使用无创的  $PI_{MCA}$  来评估 ICP。本研究中根据多模态监测治疗患者预后分为两组,结果显示,预后良好组患者有创 ICP 和  $PI_{MCA}$  均明显低于预后不良组。

谭泽梁等<sup>[17]</sup>参考中国人急性颅脑损伤阈值,提出 ICP > 20 mmHg 与脑出血患者病死率和不良结局呈独立相关,但是还需要前瞻性研究验证。本研究表明,当使用有创 ICP 预测神经重症患者预后时, AUC 为 0.906, 诊断价值较高,最佳截断值为 18 mmHg, 当有创 ICP > 18 mmHg 时,预后不良的敏感度 (86.49%)、特异度 (86.67%) 均较高,与上述研究最佳截断值相近。另外,本研究还显示,当使用  $PI_{MCA}$  预测神经重症患者预后时, AUC 为 0.759, 考虑 PI 的诊断价值一般,当最佳截断值  $PI_{MCA} \geq 1.12$  时,判断预后不良的敏感度 (81.08%) 尚可,特异性 (60.00%) 不高。有创 ICP 的预测价值高于  $PI_{MCA}$ , 提示有创 ICP 可作为预测神经重症患者预后不良的指标。

虽然量化脑电图监测存在电信号伪迹、信号移位、图形干扰等问题,但是,对量化脑电图监测图像解读是由专业人士进行分析,可最大程度减少误差;而 TCCD 中  $PI_{MCA}$ 、 $RI_{MCA}$  的计算存在主观操作差异,但进行 TCCD 测量的人员经过规范培训,并取得合格证书,操作熟练,测量准确度较高,并多次测量取平均值,可减少误差。国外有部分包括微透析技术的多模态监测研究,微透析监测导管需要放置到脑组织中,对监测细胞外液的生化指标进行直接检测<sup>[5]</sup>。但因为微透析监测技术价格非常昂贵,且有创,国内能开展微透析监测的医疗单位极少,还有待进行更全面的研究。

综上,本研究表明,综合分析神经重症多模态监测的指标,指导临床治疗,可减少神经重症患者神经系统并发症,减少患者住院天数,降低致残率。使用有创 ICP 值可预测神经重症患者预后。在临床工作中,以神经重症多模态监测为手段,反映颅脑损伤的病理生理状态,进行以改善脑氧代谢为目标的治疗,可达到良好的临床结局。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] Grinspan ZM, Pon S, Greenfield JP, et al. Multimodal monitoring in the pediatric intensive care unit: new modalities and informatics challenges [J]. *Semin Pediatr Neurol*, 2014, 21 (4): 291–298. DOI: 10.1016/j.spenn.2014.10.005.  
 [2] Citerio G, Oddo M, Taccone FS. Recommendations for the use

of multimodal monitoring in the neurointensive care unit [J]. *Curr Opin Crit Care*, 2015, 21 (2): 113–119. DOI: 10.1097/MCC.000000000000179.  
 [3] Carney N, Totten AM, O'Reilly C, et al. Guidelines for the management of severe traumatic brain injury, fourth edition [J]. *Neurosurgery*, 2017, 80 (1): 6–15. DOI: 10.1227/NEU.0000000000001432.  
 [4] Abdoh MG, Bekaert O, Hodel J, et al. Accuracy of external ventricular drainage catheter placement [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2012, 154 (1): 153–159. DOI: 10.1007/s00701-011-1136-9.  
 [5] Makarenko S, Griesdale DE, Gooderham P, et al. Multimodal neuromonitoring for traumatic brain injury: a shift towards individualized therapy [J]. *J Clin Neurosci*, 2016, 26: 8–13. DOI: 10.1016/j.jocn.2015.05.065.  
 [6] 中华医学会神经外科学分会. 神经外科重症管理专家共识 (2013 版) [J]. *中华医学杂志*, 2013, 93 (23): 1765–1779. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2013.23.003. Chinese Society of Neurosurgery, Chinese Medical Association. Expert consensus on critical neurosurgery (2013 edition) [J]. *Natl Med J China*, 2013, 93 (23): 1765–1779. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2013.23.003.  
 [7] Maissan IM, Dirven PJ, Haitsma IK, et al. Ultrasonographic measured optic nerve sheath diameter as an accurate and quick monitor for changes in intracranial pressure [J]. *J Neurosurg*, 2015, 123 (3): 743–747. DOI: 10.3171/2014.10.JNS141197.  
 [8] Brandi G, Béchir M, Sailer S, et al. Transcranial color-coded duplex sonography allows to assess cerebral perfusion pressure noninvasively following severe traumatic brain injury [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2010, 152 (6): 965–972. DOI: 10.1007/s00701-010-0643-4.  
 [9] Kolias AG, Adams H, Timofeev I, et al. Decompressive craniectomy following traumatic brain injury: developing the evidence base [J]. *Br J Neurosurg*, 2016, 30 (2): 246–250. DOI: 10.3109/02688697.2016.1159655.  
 [10] Ragauskas A, Daubaris G, Dziugys A, et al. Innovative non-invasive method for absolute intracranial pressure measurement without calibration [J]. *Acta Neurochir Suppl*, 2005, 95: 357–361. DOI: 10.1007/3-211-32318-x\_73.  
 [11] Kristiansson H, Nissborg E, Bartek J Jr, et al. Measuring elevated intracranial pressure through noninvasive methods: a review of the literature [J]. *J Neurosurg Anesthesiol*, 2013, 25 (4): 372–385. DOI: 10.1097/ANA.0b013e31829795ce.  
 [12] Davies DJ, Su Z, Clancy MT, et al. Near-infrared spectroscopy in the monitoring of adult traumatic brain injury: a review [J]. *J Neurotrauma*, 2015, 32 (13): 933–941. DOI: 10.1089/neu.2014.3748.  
 [13] Wilson CA. Continuous electroencephalogram detection of non-convulsive seizures in the pediatric intensive care unit: review of the utility and impact on management and outcomes [J]. *Transl Pediatr*, 2015, 4 (4): 283–289. DOI: 10.3978/j.issn.2224-4336.2015.10.02.  
 [14] 董鑫, 邵换璋, 杨亚南, 等. 心肺脑复苏后患者振幅整合脑电图对脑功能预后的早期评价 [J]. *中华危重病急救医学*, 2017, 29 (10): 887–892. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.10.005. Dong X, Shao HZ, Yang YN, et al. Early evaluation of patients with amplitude-integrated electroencephalogram on brain function prognosis after cardiopulmonary cerebral resuscitation [J]. *Chin Crit Care Med*, 2017, 29 (10): 887–892. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.10.005.  
 [15] Hawthorne C, Piper I. Monitoring of intracranial pressure in patients with traumatic brain injury [J]. *Front Neurol*, 2014, 5: 121. DOI: 10.3389/fneur.2014.00121.  
 [16] White H, Venkatesh B. Applications of transcranial Doppler in the ICU: a review [J]. *Intensive Care Med*, 2006, 32 (7): 981–994. DOI: 10.1007/s00134-006-0173-y.  
 [17] 谭泽梁, 杨志勇, 蔡成柱, 等. 国内脑出血颅内压监测值参考标准的初步探索 [J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2017, 20 (14): 29–33. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5110.2017.14.009. Tan ZL, Yang ZY, Cai CZ, et al. Tentative exploration of domestic reference standards of intracranial pressure in patients with intracerebral hemorrhage [J]. *Chin J Pract Nerv Dis*, 2017, 20 (14): 29–33. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5110.2017.14.009.

(收稿日期: 2020-01-30)