

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2024.03.003

文章编号: 1005-8982 (2024) 03-0013-07

脑卒中专题·论著

颅内压相关参数在急性缺血性脑卒中患者中的应用及对实施去骨瓣减压术的预测研究*

梅雷凯¹, 张明², 韩冰莎², 李娇², 栗艳茹², 冯光²

(1. 新乡医学院研究生院, 河南 新乡 453004; 2. 河南省人民医院
神经外科重症监护病房, 河南 郑州 450003)

摘要: 目的 分析颅内压相关参数在急性缺血性脑卒中患者中的应用价值并探讨其对患者实施去骨瓣减压术的预测价值。**方法** 选取2021年6月—2023年3月河南省人民医院神经外科重症监护病房收治的急性缺血性脑卒中患者, 给予24 h持续动态颅内压相关参数监测5~7 d, 并根据第1天的脑灌注压(CPP)平均值将患者分为低灌注组(CPP < 60 mmHg), 中灌注组(CPP 60~70 mmHg), 高灌注组(CPP > 70 mmHg), 根据患者是否实施去骨瓣减压术分为实施组和未实施组。比较不同CPP组患者的临床资料, 分析患者颅内压相关参数与CPP的相关性; 采用多因素逐步 Logistic 回归分析筛选急性缺血性脑卒中患者实施去骨瓣减压术的独立影响因素, 受试者工作特征(ROC)曲线分析颅内压相关参数对急性缺血性脑卒中患者实施去骨瓣减压术的预测价值。**结果** 48例急性缺血性脑卒中患者中CPP低灌注组9例(18.8%), CPP中灌注组14例(29.2%), CPP高灌注组25例(52.1%)。3组患者入院格拉斯哥昏迷评分法(GCS)评分、颅内压(ICP)、压力反应指数(PR_x)、平均颅内压波幅(MWA)、压力波幅相关性指数(RAP)、动脉压波幅相关系数(IAAC)水平比较, 差异均有统计学意义($P < 0.05$); Pearson相关性分析显示CPP与PR_x($r = -0.662$)、MWA($r = -0.867$)、RAP($r = -0.789$)和IAAC($r = -0.531$)呈负相关($P < 0.05$)。多因素逐步 Logistic 回归分析结果表明PR_x [$\hat{OR} = 19.076(95\% \text{ CI}: 1.495, 52.862)$]、RAP [$\hat{OR} = 23.352(95\% \text{ CI}: 5.443, 64.837)$]是急性缺血性脑卒中患者实施去骨瓣减压术的危险因素($P < 0.05$)。**结论** 颅内压相关参数PR_x、MWA、RAP、IAAC与CPP呈负相关, 均可以作为急性缺血性脑卒中患者实施去骨瓣减压术的预测因子, 为临床调整治疗决策提供依据, 从而改善患者预后。

关键词: 急性缺血性脑卒中; 颅内压; 压力反应指数; 脑灌注压; 去骨瓣减压术

中图分类号: R743.3

文献标识码: A

Application of intracranial pressure-related parameters in patients with acute ischemic stroke and predictive research for decompressive craniectomy implementation*

Mei Lei-kai¹, Zhang Ming², Han Bing-sha², Li Jiao², Li Yan-ru², Feng Guang²

(1. Graduate School of Xinxiang Medical University, Xinxiang, Henan 453004, China; 2. Department of Neurosurgical Intensive Care Unit, Henan Provincial People's Hospital, Zhengzhou, Henan 450003, China)

Abstract: Objective To analyze the application value of intracranial pressure-related parameters in patients with acute ischemic stroke and explore their predictive value for the implementation of decompressive craniectomy.

Methods Acute ischemic stroke patients admitted to the Neurosurgery Intensive Care Unit of Henan Provincial People's Hospital from June 2021 to March 2023 were selected. Continuous monitoring of intracranial pressure-

收稿日期: 2023-07-05

* 基金项目: 河南省医学科技攻关计划项目(No: SBJ202002001)

[通信作者] 冯光, E-mail: fgwxh@163.com

related parameters was conducted for 24 hours for 5 to 7 days. Patients were divided into low perfusion group (CPP < 60 mmHg), medium perfusion group (CPP 60 to 70 mmHg), and high perfusion group (CPP > 70 mmHg) based on the average cerebral perfusion pressure (CPP) on the first day. The patients were also categorized into the implementation group and the non-implementation group based on whether decompressive craniectomy was performed. Clinical data of patients with different CPP values were compared. The correlation between intracranial pressure-related parameters and CPP was analyzed. Multifactorial logistic stepwise regression analysis was used to screen independent influencing factors for the implementation of decompressive craniectomy in patients with acute ischemic stroke. Receiver Operating Characteristic (ROC) curve analysis was performed to assess the predictive value of intracranial pressure-related parameters for the implementation of decompressive craniectomy. **Results** Among 48 patients with acute ischemic stroke, there were 9 cases (18.8%) in the low CPP group, 14 cases (29.2%) in the medium CPP group, and 25 cases (52.1%) in the high CPP group. The GCS score, intracranial pressure (ICP), pressure reactivity index (PRx), mean wave amplitude (MWA), wave amplitude correlation index (RAP), and index of arterial pressure waveform amplitude correlation (IAAC) levels were significantly different among the three groups ($P < 0.05$). Pearson correlation analysis showed a negative correlation between CPP and intracranial pressure-related parameters including PRx ($r = -0.662$), MWA ($r = -0.867$), RAP ($r = -0.789$), and IAAC ($r = -0.531$) ($P < 0.05$). The results of multifactorial logistic stepwise regression analysis indicated that PRx [$\hat{OR} = 19.076$ (95% CI: 1.495, 52.862)] and RAP [$\hat{OR} = 23.352$ (95% CI: 5.443, 64.837)] were risk factors for the implementation of decompressive craniectomy in patients with acute ischemic stroke ($P < 0.05$). **Conclusion** Intracranial pressure-related parameters including PRx, MWA, RAP, and IAAC are negatively correlated with CPP and can serve as predictive factors for the implementation of decompressive craniectomy in patients with acute ischemic stroke. This provides a basis for adjusting clinical treatment decisions and improving patient outcomes.

Keywords: ischemic stroke, acute; intracranial pressure; pressure response index; cerebral perfusion pressure; decompressive craniectomy

近年来,脑卒中已经成为一个严重的健康问题,已成为全球第二大死亡原因和致残的主要原因^[1-2]。《中国脑血管病临床管理指南(节选版)——缺血性脑血管病临床管理》^[3]指出,脑卒中因其高发病率、致残率和病死率的特点,严重影响人们的健康和安全,目前已成为国内比较突出的健康问题,因此,加强脑卒中患者患病期间的健康教育特别重要,尤其是加强重症脑卒中患者的管理是降低残疾率和病死率的有效途径。对急性缺血性脑卒中患者来说,发病早期的脑水肿、低灌注及颅内高压等并发症需要早期识别,这对改善患者预后至关重要^[4]。近年来对脑损伤后脑水肿的监测方法不断丰富和完善,并逐渐趋向于无创模式,如扰动系数监测脑水肿^[5];然而相较于早期的单一的颅内压(intracranial pressure, ICP)监测模式,近来新开发的 ICP 相关参数:压力反应指数 (pressure reactivity index, PRx)、平均颅内压波幅 (mean waveform amplitude, MWA)、压力波幅相关性指数 (relationship of amplitude and pressure, RAP)、动脉压波幅相关系数 (ICP-arterial blood pressure wave amplitude correlation, IAAC) 等能更丰富地反映颅内病理生理

变化,可实时评价脑顺应性变化,为临床决策提供支撑^[6-8]。目前颅内高压是神经重症患者最常见的并发症,临床也有比较多的措施降低 ICP,去骨瓣减压术是有效解决难治性颅内高压的有效手段^[9]。但是,何时实施去骨瓣减压术尚无定论,目前国内外使用 ICP 相关参数监测急性缺血性脑卒中患者的脑顺应性变化指导去骨瓣减压术决策的研究较少。本研究拟探讨 ICP 相关参数与急性缺血性脑卒中患者脑灌注压 (cerebral perfusion pressure, CPP) 的相关性及其对实施骨瓣减压术的预测效能,以为患者提供个体化、精准化治疗提供支持。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取 2021 年 6 月—2023 年 3 月河南省人民医院神经外科重症监护病房收治的急性缺血性脑卒中患者为研究对象。纳入标准:①年龄 ≥ 18 岁;②格拉斯哥昏迷评分法 (Glasgow Coma Scale, GCS) 评分为 3~12 分;③发病 48 h 内入住神经外科重症监护病房行 ICP 探头置入术;④顺利完成临床各项治疗;⑤临床资料和随访资料完整。排除标准:①近 3 个月有头

颅外伤史及脑出血;②合并严重心、肝、肾、肺功能障碍;③合并凝血功能障碍;④妊娠、哺乳期患者;⑤临床资料不完整。本研究符合《赫尔辛基宣言》原则。本研究经医院医学伦理委员会批准(伦理编号:2022-092),患者及家属均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 ICP探头置入术及桡动脉穿刺术 所有患者采用 PSO4000 型 ICP 监护(法国索菲萨公司)及 Neumatic-S 型数据采集主机(上海浩聚公司)动态监测。行桡动脉穿刺的目的是进行平均动脉压监测,经 Neumatic-S 型数据采集主机识别后即可分析出 CPP、PRx、MWA、RAP、IAAC 参数的实时变化,所得数据经医院网络平台实时传输储存。

1.2.2 患者资料收集及分组 收集患者的一般临床资料,包括性别、年龄、入院 GCS 评分、合并症(高血压、糖尿病和心脏病)、ICU 住院时间和去骨瓣减压术实施情况。所有患者行 ICP 相关参数监测,采用 24 h 持续动态监测 5~7 d,每 4 h 记录 1 次 ICP 相关参数值。取所有 ICP 相关参数的平均值用于统计分析。根据第 1 天的 CPP 平均值将患者分为低灌注组(CPP < 60 mmHg)(1 mmHg=0.133 kPa)、中灌注组(CPP:60~70 mmHg)和高灌注组(CPP>70 mmHg);根据患者是否实施去骨瓣减压术分为实施组和未实施组。

1.2.3 放置和拔除 ICP 监测探头指征 根据美国颅脑创伤基金会(Brain Trauma Foundation, BTF)的建议,所有 ICP 增高的患者都有必要进行 ICP 监测。本研究中 ICP 探头置入术适合于脑梗死后 GCS 评分为 3~12 分,以及 CT/MRI 影像学检查梗死面积 $\geq 2/3$ 大脑中动脉供应区或梗死体积 ≥ 70 mL 的患者。ICP 监测探头的拔除时机主要参考《中国神经外科重症管理专家共识(2020 版)》^[10],其中建议 ICP 监测探头留置时间为 7~14 d。本研究为避免留置时间过长出现并发症,监测时间为 5~7 d,ICP 探头留置期间实行严格管理,若出现脑脊液漏或颅内感染等并发症即拔出 ICP 探头。

1.2.4 实施去骨瓣减压术的指征 ①GCS 评分进行性下降;②单侧或双侧瞳孔散大;③CT/MRI 影像学检查有严重脑水肿或中线移位 ≥ 1 cm。上述指标有

2 项或以上符合标准,即应实施去骨瓣减压术。

1.3 统计学方法

数据分析采用 SPSS 26.0 统计软件。计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)或中位数(下四分位数,上四分位数)[$M(P_{25}, P_{75})$]表示,比较用方差分析或 H 检验,两两比较采用 SNK- q 检验或 χ^2 检验;计数资料以构成比或率(%)表示,比较采用 χ^2 检验;相关性分析用 Pearson 法;影响因素分析采用多因素逐步 Logistic 回归模型;绘制受试者工作特征(receiver operator characteristic, ROC)曲线,构建列线图模型。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同 CPP 患者的临床资料比较

48 例急性缺血性脑卒中患者中 CPP 低灌注组 9 例(18.75%),CPP 中灌注组 14 例(29.17%),CPP 高灌注组 25 例(52.08%)。3 组患者的性别、年龄、并发症、ICU 住院时间,差异均无统计学意义($P>0.05$)。3 组患者入院 GCS 评分、ICP、PRx、MWA、RAP、IAAC、实施去骨瓣减压术患者例数比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。中灌注组和高灌注组的入院 GCS 评分均高于低灌注组($P<0.05$);中灌注组和高灌注组的 ICP 均低于低灌注组($P<0.05$),中灌注组和高灌注组的 ICP 比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);中灌注组和高灌注组的 PRx、MWA、RAP、IAAC 均低于低灌注组($P<0.05$);低灌注组实施去骨瓣减压术患者例数均高于中灌注组和高灌注组($P<0.05$)。见表 1。

2.2 ICP 相关参数与 CPP 的相关性分析

Pearson 相关性分析显示, CPP 与 PRx ($r = -0.662, P = 0.000$)、MWA ($r = -0.867, P = 0.000$)、RAP ($r = -0.789, P = 0.000$) 和 IAAC ($r = -0.531, P = 0.000$) 呈负相关。见图 1。

2.3 实施去骨瓣减压术与未实施去骨瓣减压术患者的临床资料比较

48 例急性缺血性脑卒中患者中实施去骨瓣减压术 11 例(22.9%),未实施去骨瓣减压术 37 例(77.1%)。两组患者的性别构成、年龄、并发症、ICU 住院时间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。两组患者的入院 GCS 评分、ICP、PRx、MWA、RAP、IAAC

表 1 不同 CPP 患者的临床资料及 ICP 相关参数的比较

组别	n	男/女/例	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$)	入院 GCS 评分 ($\bar{x} \pm s$)	并发症 例			ICU 住院时间/ (d, $\bar{x} \pm s$)	ICP/(mmHg, $\bar{x} \pm s$)
					高血压	糖尿病	心脏病		
低灌注组	9	6/3	50.6 ± 6.9	4.1 ± 0.9	3	2	1	9.4 ± 2.9	37.33 ± 19.00
中灌注组	14	9/5	57.9 ± 12.4	7.4 ± 0.8 ^①	6	5	3	8.6 ± 1.5	13.00 ± 4.64 ^①
高灌注组	25	17/8	54.6 ± 14.1	9.7 ± 0.8 ^{①②}	14	6	1	10.4 ± 2.4	13.40 ± 6.16 ^①
$\chi^2/F/H$ 值		0.056	0.904	95.535		3.065		2.616	23.396
P 值		0.973	0.412	0.000		0.547		0.084	0.000

组别	PRx ($\bar{x} \pm s$)	MWA[mmHg, M(P ₂₅ , P ₇₅)]	RAP ($\bar{x} \pm s$)	IAAC [M(P ₂₅ , P ₇₅)]	实施去骨瓣减压术 例
低灌注组	0.22 ± 0.28	6.32(3.42, 6.79)	0.57 ± 0.24	0.14(0.08, 0.18)	9
中灌注组	0.09 ± 0.09 ^①	3.34(3.17, 3.53) ^①	0.36 ± 0.14 ^①	0.09(0.04, 0.10) ^①	2 ^①
高灌注组	-0.11 ± 0.12 ^{①②}	0.86(0.54, 1.66) ^{①②}	0.19 ± 0.07 ^{①②}	0.05(0.05, 0.07) ^①	0 ^{①②}
$\chi^2/F/H$ 值	17.942	57.570	28.644	9.820	38.296
P 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

注：①与低灌注组比较, $P < 0.05$; ②与中灌注组比较, $P < 0.05$ 。

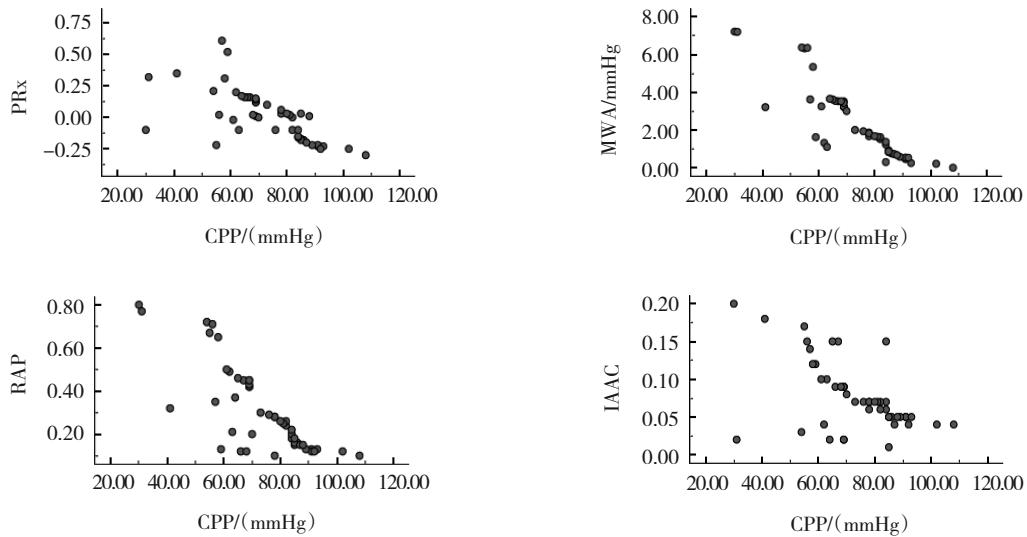


图 1 CPP 与 PRx、MWA、RAP、IAAC 的相关性

比较, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 未实施组的入院 GCS 评分高于实施组 ($P < 0.05$), 未实施组的 ICP、PRx、MWA、RAP、IAAC 均低于实施组 ($P < 0.05$)。见表 2。

2.4 急性缺血性脑卒中患者实施去骨瓣减压术的影响因素

以是否实施去骨瓣减压术 (否 = 0, 是 = 1) 为因变量, ICP、PRx、MWA、RAP、IAAC 为自变量, 纳入多因素逐步 Logistic 回归模型, $\alpha_{入} = 0.10$, $\alpha_{出} = 0.15$ 。结果表明, PRx [$\hat{OR} = 19.076$ (95% CI: 1.495, 52.862)], RAP [$\hat{OR} = 23.352$ (95% CI: 5.443, 64.837)] 是急性缺血性脑卒中患者实施去骨瓣减压术的危险影响因素 ($P < 0.05$)。见表 3。

2.5 ICP 相关参数对急性缺血性脑卒中患者实施去骨瓣减压术的预测效能

ROC 曲线分析显示, MWA 预测急性缺血性脑卒中患者实施去骨瓣减压术的最佳截断值为 5.34, 曲线下面积为 0.856 [(95% CI: 0.728, 0.973), $P = 0.000$]; PRx 预测急性缺血性脑卒中患者实施去骨瓣减压术的最佳截断值为 0.21, 曲线下面积为 0.784 [(95% CI: 0.598, 0.969), $P = 0.005$]; RAP 预测急性缺血性脑卒中患者实施去骨瓣减压术的最佳截断值为 0.46, 曲线下面积为 0.891 [(95% CI: 0.753, 1.000), $P = 0.000$]; IAAC 预测急性缺血性脑卒中患者实施去骨瓣减压术的最佳截断值为 0.12, 曲线下面积为 0.724 [(95% CI: 0.496, 0.952), $P = 0.026$]。见图 2。

表2 实施去骨瓣减压术与未实施去骨瓣减压术患者临床资料及ICP相关参数的比较

组别	n	男/女/例	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$)	入院GCS评分 ($\bar{x} \pm s$)	并发症/例			ICU住院时间/(d, $\bar{x} \pm s$)
					高血压	糖尿病	心脏病	
实施组	11	7/4	52.7 ± 7.8	4.5 ± 1.1	3	2	1	9.2 ± 2.6
未实施组	37	25/12	55.4 ± 13.7	9.0 ± 1.3	20	11	14	9.8 ± 2.3
$\chi^2/F/H$ 值		0.059	-0.824	-10.817		0.168		-0.809
P值		0.808	0.417	0.000		0.920		0.423

组别	ICP/(mmHg, $\bar{x} \pm s$)	PRx ($\bar{x} \pm s$)	MWA/(mmHg, $\bar{x} \pm s$)	RAP ($\bar{x} \pm s$)	IAAC ($\bar{x} \pm s$)
实施组	32.64 ± 19.95	0.20 ± 0.26	4.71 ± 2.18	0.56 ± 0.22	0.12 ± 0.06
未实施组	13.35 ± 5.74	-0.04 ± 0.15	1.74 ± 1.21	0.24 ± 0.12	0.07 ± 0.03
$\chi^2/F/H$ 值	3.167	2.986	4.318	4.696	2.527
P值	0.009	0.011	0.001	0.001	0.027

表3 影响急性缺血性脑卒中患者实施去骨瓣减压术的多因素逐步 Logistic 回归分析参数

自变量	b	S _b	Wald χ^2	P值	OR	95% CI	
						下限	上限
ICP	0.132	0.121	1.197	0.274	1.141	0.901	1.447
PRx	12.583	6.215	4.099	0.043	19.076	1.495	52.862
MWA	-0.752	1.090	0.475	0.491	0.472	0.056	3.996
RAP	17.457	8.042	4.712	0.030	23.352	5.443	64.837
IAAC	15.595	20.833	0.560	0.454	0.015	0.000	3.254

2.6 急性缺血性脑卒中患者实施去骨瓣减压术的概率预测

绘制列线图模型预测急性缺血性脑卒中患者实施去骨瓣减压术的概率。ICP相关参数列线图模型显示, MWA、PRx、RAP、IAAC的数值越大, 总分越高, 实施去骨瓣减压术的可能性越大。见图3。

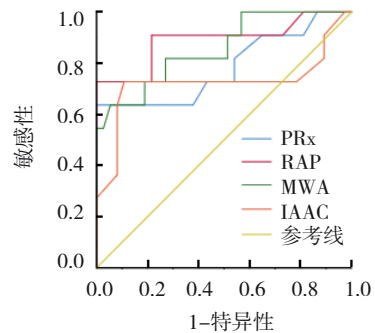
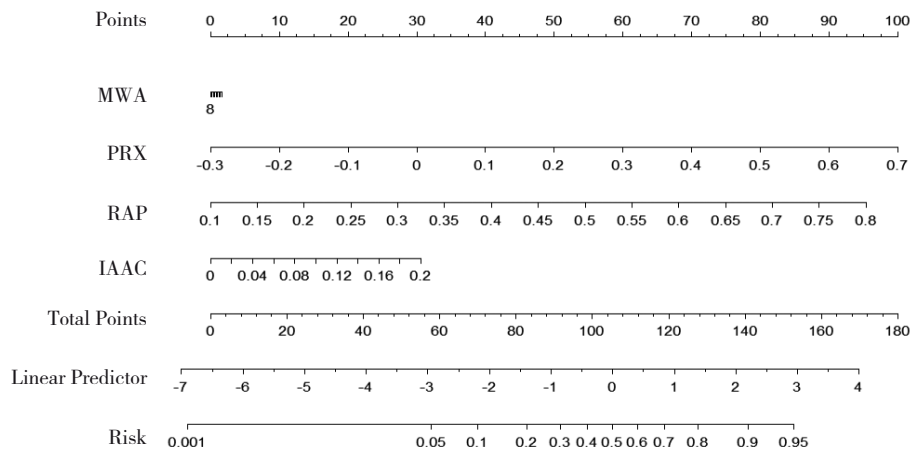


图2 ICP相关参数预测急性缺血性卒中患者实施去骨瓣减压术的ROC曲线



Points:分数; Total Points:总分; Linear Predictor:线性预测值; Risk:风险。

图3 ICP相关参数对急性缺血性脑卒中患者实施去骨瓣减压术风险预测列线图

3 讨论

近年来,随着医疗信息科技的迅猛发展,ICP监测已从简单的ICP模式发展成为PR_x、MWA、RAP、IAAC等多参数的综合监测模式^[11],这些与ICP相关的多参数模式,丰富了ICP监测的内涵,能动态综合评估脑损伤患者的病情变化,可以利用计算机实时处理寻找最佳CPP^[12],及时调整治疗决策,使患者保持良好脑灌注,改善患者预后,达到个体化治疗的目的。目前国内外ICP相关参数研究主要集中在颅脑损伤领域^[13-15],对ICP相关参数在其他颅脑疾病的应用也是参考颅脑损伤的相关研究数据,这些ICP相关参数和CPP是否存在相关性及其对实施去骨瓣减压术的预测价值却鲜有研究。因此,本研究率先以急性缺血性脑卒中患者为研究对象,探讨不同CPP患者的ICP相关参数差异,以及其对实施去骨瓣减压术的预测价值。

有研究表明,60~70 mmHg是CPP的最佳范围,较低的CPP往往预后不良^[16-17]。本研究结果表明,CPP高灌注组患者的ICP、PR_x、MWA、RAP、IAAC均低于CPP低灌注组患者,并且PR_x、MWA、RAP、IAAC与CPP呈负相关,其中MWA负相关性显著。值得注意的是,本研究中灌注组有2例患者也进行了去骨瓣减压术,主要依据是患者的GCS评分及瞳孔散大,紧急进行了去骨瓣减压术,而这2例患者的PR_x、MWA、RAP、IAAC水平均未超过预警临界值,这也说明ICP相关参数对CPP中灌注患者实施去骨瓣减压术的预测优势不明显。其他研究也表明,这些ICP相关参数能客观反映脑顺应性变化^[18],ICP相关参数数值越高,患者的脑血管调节功能越差,脑内代偿空间不足,相应的脑灌注能力就降低^[17]。

多因素逐步 Logistic 回归分析显示,PR_x、RAP是急性缺血性卒中患者实施去骨瓣减压术的独立影响因素。PR_x是指单位时间平均动脉压与平均ICP缓慢波动之间的关系,与脑血管反应性相关,指数范围为-1~+1,PR_x值越小表明脑血管调节能力越好^[19];有研究表明PR_x监测能持续评估脑血管的自动调节,能够及时检测到脑血管自动调节失败,给重症昏迷患者做去骨瓣减压术提供参考依据^[20];RAP能反映颅内代偿容积的变化,指数范围为0~1,当RAP趋向于0时代表颅内ICP代偿良好,当RAP趋向于1时代表颅内ICP代偿能力丧失^[21-22];RAP指数和ICP监

测联合可作为颅内动脉瘤患者实施去骨瓣减压术、颅内血肿清除术的关键颅内生理标志物^[23]。

目前ICP监测在患者去骨瓣减压术中的价值已得到肯定^[24]。本研究发现PR_x、MWA、RAP、IAAC在急性缺血性卒中患者实施去骨瓣减压术中也具有预测作用,其中RAP预测作用显著,其曲线下面积为0.891(95% CI:0.753,1.000);其次为MWA,其曲线下面积为0.856(95% CI:0.728,0.973)。RAP代表颅内代偿空间的变化,表明其在提示脑灌注不足及预测患者实施去骨瓣减压术方面优于其他参数。MWA变化受脑血管舒缩、心脏搏动、脑血管阻力及脑血流量影响,当其趋于0时表明脑顺应性良好,当振幅>5.0 mmHg时,提示脑顺应性下降^[25]。

综上所述,本研究通过分析CPP、PR_x、MWA、RAP、IAAC参数,发现CPP越高,脑灌注性良好,ICP相关参数水平就越低,呈负相关;PR_x、MWA、RAP、IAAC对急性缺血性脑卒中患者实施去骨瓣减压术均有较高的预测价值,RAP预测能力最佳;PR_x、RAP是急性缺血性脑卒中患者实施去骨瓣减压术的独立影响因素。ICP相关参数是一种客观、实时、动态监测的工具,能够实时监测重型昏迷患者的颅内情况,为临床医生及时采取干预措施提供依据。本研究也有不足之处,例如未探讨ICP相关参数是否与患者脑梗死面积、意识状态、瞳孔大小的变化有关;本研究作为单中心研究,样本量相对不足,结果可能有一定偏倚。随着多种神经监测技术的应用,未来多模态神经功能监测对解读ICP背后的意义及认识疾病的本质将会越来越重要^[11]。相信ICP监测将会出现更多的参数,这些参数可进一步整合脑生理数据,能更真实地反映机体的病态反应,为临床调整治疗决策提供依据并改善患者预后,期待未来可以开展更多的多中心研究进一步丰富ICP相关参数的内涵。

参考文献:

- [1] PASTOR S, DE CELIS E, LOSANTOS GARCÍA I, et al. Development of the Madrid stroke programme: milestones and changes in stroke trends and mortality from 1997 to 2017[J]. Neuroepidemiology, 2021, 55(2): 135-140.
- [2] SAINI M, BELSON S, LAHIFF-JENKINS C, et al. Top 10 global educational topics in stroke: a survey by the World Stroke Organization[J]. Int J Stroke, 2019, 14(8): 843-849.
- [3] 刘丽萍,陈玮琪,段婉莹,等.中国脑血管病临床管理指南(节选版)——缺血性脑血管病临床管理[J].中国卒中杂志,2019,14(7):

- 709-725.
- [4] CHEN S C, SHAO L Q, MA L. Cerebral edema formation after stroke: emphasis on blood-brain barrier and the lymphatic drainage system of the brain[J]. *Front Cell Neurosci*, 2021, 15: 716825.
- [5] 刘炳学, 张丽, 张亦鹏, 等. 扰动系数预测不同年龄重型颅脑损伤患儿预后的临床价值[J]. *中国现代医学杂志*, 2022, 32(12): 66-71.
- [6] CRIPPA I A, PELOSI P, QUISPE-CORNEJO A A, et al. Automated pupillometry as an assessment tool for intracranial hemodynamics in septic patients[J]. *Cells*, 2022, 11(14): 2206.
- [7] MELLADO-ARTIGAS R. Comment on "temporal dynamics of ICP, CPP, PRx, and CPPopt in high-grade aneurysmal subarachnoid hemorrhage and the relation to clinical outcome"[J]. *Neurocrit Care*, 2021, 34(2): 693-694.
- [8] KIRSCHEN M P, MAJMUDAR T, DIAZ-ARRASTIA R, et al. Deviations from PRx-derived optimal blood pressure are associated with mortality after cardiac arrest[J]. *Resuscitation*, 2022, 175: 81-87.
- [9] HSU Y C, PO-HAO HUANG A, XIAO F R, et al. Decompressive cranioplasty (osteoplastic hinged craniectomy): a novel technique for increased intracranial pressure-initial experience and outcome[J]. *World Neurosurg*, 2019, 124: e431-e435.
- [10] 中华医学会神经外科学分会, 中国神经外科重症管理协作组. 中国神经外科重症管理专家共识(2020版)[J]. *中华医学杂志*, 2020, 100(19): 1443-1458.
- [11] FROESE L, DIAN J, GOMEZ A, et al. Sedation and cerebrovascular reactivity in traumatic brain injury: another potential avenue for personalized approaches in neurocritical care?[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2021, 163(5): 1383-1389.
- [12] KELLY S, BISHOP S M, ERCOLE A. Statistical signal properties of the pressure-reactivity index (PRx) [J]. *Acta Neurochir Suppl*, 2018, 126: 317-320.
- [13] RIEMANN L, BEQIRI E, YOUNSI A, et al. Predictive and discriminative power of pressure reactivity indices in traumatic brain injury[J]. *Neurosurgery*, 2020, 87(4): 655-663.
- [14] ERCOLE A, SMIELEWSKI P, ARIES M J H, et al. Visualisation of the 'optimal cerebral perfusion' landscape in severe traumatic brain injury patients[J]. *Acta Neurochir Suppl*, 2018, 126: 55-58.
- [15] KIM N, KRASNER A, KOSINSKI C, et al. Trending autoregulatory indices during treatment for traumatic brain injury[J]. *J Clin Monit Comput*, 2016, 30(6): 821-831.
- [16] ALLEN B B, CHIU Y L, GERBER L M, et al. Age-specific cerebral perfusion pressure thresholds and survival in children and adolescents with severe traumatic brain injury[J]. *Pediatr Crit Care Med*, 2014, 15(1): 62-70.
- [17] ROTH C, FERBERT A, MATTHAEI J, et al. Progress of intracranial pressure and cerebral perfusion pressure in patients during the development of brain death[J]. *J Neurol Sci*, 2019, 398: 171-175.
- [18] YANG Y B, PAN Y C, CHEN C L, et al. Clinical significance of multiparameter intracranial pressure monitoring in the prognosis prediction of hypertensive intracerebral hemorrhage[J]. *J Clin Med*, 2022, 11(3): 671.
- [19] PAN Y C, XUE Y F, ZHAO P L, et al. Significance of ICP-related parameters for the treatment and outcome of severe traumatic brain injury[J]. *J Int Med Res*, 2020, 48(8): 300060520941291.
- [20] OSHOROV A V, POPUGAEV K A, SAVIN I A, et al. Prx-monitoring based decision-making about decompressive craniectomy in a patient with severe traumatic brain injury. A case report[J]. *Zh Vopr Neurokhir Im N N Burdenko*, 2015, 79(6): 92-99.
- [21] ZEILER F A, DONNELLY J, MENON D K, et al. A description of a new continuous physiological index in traumatic brain injury using the correlation between pulse amplitude of intracranial pressure and cerebral perfusion pressure[J]. *J Neurotrauma*, 2018, 35(7): 963-974.
- [22] SUNDSTRÖM N, BRORSSON C, KARLSSON M, et al. Refeeding syndrome: multimodal monitoring and clinical manifestation of an internal severe neurotrauma[J]. *J Clin Monit Comput*, 2021, 35(3): 569-576.
- [23] JIN S C, CHOI B S, KIM J S. The RAP index during intracranial pressure monitoring as a clinical guiding for surgically treated aneurysmal subarachnoid hemorrhage: consecutive series of single surgeon[J]. *Acute Crit Care*, 2019, 34(1): 71-78.
- [24] JIN T, LIAN W J, XU K, et al. Effect of combination invasive intracranial pressure (ICP) monitoring and transcranial Doppler in the treatment of severe craniocerebral injury patients with decompressive craniectomy[J]. *Ann Palliat Med*, 2021, 10(4): 4472-4478.
- [25] GREEN L M, WALLIS T, SCHUHMAN M U, et al. Intracranial pressure waveform characteristics in idiopathic normal pressure hydrocephalus and late-onset idiopathic aqueductal stenosis[J]. *Fluids Barriers CNS*, 2021, 18(1): 25.

(张蕾 编辑)

本文引用格式: 梅雷凯, 张明, 韩冰莎, 等. 颅内压相关参数在急性缺血性脑卒中患者中的应用及对实施去骨瓣减压术的预测研究[J]. *中国现代医学杂志*, 2024, 34(3): 13-19.

Cite this article as: MEI L K, ZHANG M, HAN B S, et al. Application of intracranial pressure-related parameters in patients with acute ischemic stroke and predictive research for decompressive craniectomy implementation[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2024, 34(3): 13-19.