

# 超声测量视神经鞘直径联合 Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> 对重型颅脑创伤患者院前使用甘露醇的评估价值

姜辉<sup>1</sup> 谢志惠<sup>1</sup> 杨柳<sup>1</sup>

**[摘要]** 目的:床旁超声测量视神经鞘直径(ONSD)判断颅内压(ICP)联合 Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> 指导重型颅脑外伤(TBI)患者院前甘露醇应用的评估价值。方法:采用前瞻性队列研究选择我院 2021 年 1 月—2022 年 1 月院前接诊的重型 TBI 患者,将其中格拉斯哥昏迷评分(GCS) < 8 分者作为研究对象。院前接诊后,通过床旁超声测量 ONSD 评估 ICP,置入中心静脉导管,采取颈内静脉血样本,计算 Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> 值。将患者分为 4 组:A 组,Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> > 1.8 且 ONSD > 5 mm; B 组,Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> > 1.8 且 ONSD ≤ 5 mm; C 组,Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> ≤ 1.8 且 ONSD > 5 mm; D 组,Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> ≤ 1.8 且 ONSD ≤ 5 mm。研究期间,院前共接诊 343 例 TBI 患者,根据纳入、排除标准,最终 275 例患者纳入分析,其中 A 组 77 例,B 组 69 例,C 组 70 例,D 组 59 例。以死亡或出院作为观察终点。观察、记录并分析是否使用甘露醇在 4 组间 30 d 病死率、神经功能恢复情况[通过格拉斯哥预后评分(GOS)进行评估]、住院天数差异。结果:在未经调整的 logistic 回归分析中,C 组患者接受甘露醇治疗是重型 TBI 患者 30 d 病死率增高的保护性因素(OR = 0.36, 95% CI: 0.15 ~ 0.86, P < 0.001)。在调整混杂因素后,C 组患者接受甘露醇治疗仍是重型 TBI 患者 30 d 病死率增高的保护性因素(OR = 0.31, 95% CI: 0.11 ~ 0.73, P = 0.004)。其他 3 组院前使用甘露醇与 30 d 病死率之间无相关性。Cox 生存曲线显示 C 组患者使用甘露醇后生存率明显提高。结论:ICP 监测联合 Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> 有助于指导院前重型 TBI 患者甘露醇的使用。

**[关键词]** 甘露醇;院前;重型颅脑创伤;视神经鞘直径;Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub>

**DOI:** 10.13201/j.issn.1009-5918.2022.09.003

**[中图分类号]** R651.15 **[文献标志码]** A

## Prognostic value of ultrasonographic measurement of optic nerve sheath diameter combined with Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> for prehospital mannitol administration in patients with severe traumatic brain injury

JIANG Hui XIE Zhihui YANG Liu

(Department of Emergency, the First People's Hospital of Changde, Changde, Hunan, 415000, China)

Corresponding author: YANG Liu, E-mail: 752931150@qq.com

**Abstract Objective:** We aimed to investigate the significance of bedside ultrasonography in measurement of optic nerve sheath diameter(ONSD) combined with central venous-arterial carbon dioxide tension to arterial-central venous oxygen content ratio(Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub>) as indication of mannitol administration in patients with severe traumatic brain injury(TBI). **Methods:** A prospective cohort study was conducted. The patients admitted to prehospital of patients with severe traumatic brain injury admitted prehospital from January 2021 to January 2022 and Glasgow coma scale < 8 were selected as the research objects. We try to use ultrasonographic to measure optic nerve sheath diameter for intracranial pressure monitoring and insert the central venous catheter taken the venous blood samples, then calculate the Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> values. Patients were classified into 4 groups according to Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> and ONSD: Group A, Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> > 1.8, ONSD > 5 mm; Group B: Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> > 1.8, ONSD ≤ 5 mm; Group C: Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> ≤ 1.8, ONSD > 5 mm and Group D: Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> ≤ 1.8, ONSD ≤ 5 mm. Death discharge were regarded as the end of observation. The 30-day mortality, functional neurological recovery at discharge(measured by Glasgow Outcome Scale), and length of hospital stay were compared among groups. **Results:** During the study, 343 patients with severe traumatic brain injury were admitted prehospital. According to the inclusion and exclusion criteria, 275 patients were included in the analysis, including 77 patients in group A, 69 patients in group B, 70 patients in group C and 59 patients in group D. In the unadjust-

<sup>1</sup>常德市第一人民医院 120 急救中心(湖南常德, 415000)

通信作者:杨柳, E-mail: 752931150@qq.com

ed analysis, lower 30-day mortality was substantially decreased in patients who received prehospital mannitol in group C (OR = 0.36, 95% CI: 0.15 - 0.86, P < 0.001), compared with patients who did not receive prehospital mannitol. After adjustment for confounders, a substantial decrease in the odds of 30-day mortality in patients with severe TBI who received prehospital mannitol (OR = 0.31, 95% CI: 0.11 - 0.73, P = 0.004). No association between prehospital administration of mannitol and mortality was found across others group. Survival analyses also consistently showed an increased survival probability in patients with severe TBI in group C after mannitol administration. **Conclusion:** Combination of ICP and Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> ratio are useful for mannitol administration in patients with severe traumatic brain injury.

**Key words** mannitol; prehospital; severe traumatic brain injury; optic nerve sheath diameter; central venous-arterial carbon dioxide difference/arterial-central venous oxygen content difference

重型颅脑外伤(traumatic brain injury, TBI)是全球伤病致死的主要原因,特别是在中青年人群中,严重影响社会和经济的发展<sup>[1]</sup>。在院前救治过程中,重型颅脑损伤病情重,救治难度大<sup>[2-4]</sup>,给院前医护人员带来了巨大的挑战。在治疗重型 TBI 患者中,颅内压(intracranial pressure, ICP)的管理被广泛认作是治疗的基石<sup>[5-6]</sup>。有研究指出<sup>[7]</sup>,将 ICP 控制在 20 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa) 以下,有助于减少患者病死率,改善患者的远期预后。但有学者通过 RCT 研究发现<sup>[8]</sup>,将 ICP 控制在 20 mmHg 以下与采取标准化治疗(未监测 ICP),对于重型颅脑损伤患者的远期预后差异无统计学意义,考虑与甘露醇治疗后 ICP 降低,脑灌注不足,导致脑组织缺血缺氧。这提示单纯依靠 ICP 数值来对重型 TBI 患者进行 ICP 管理,并不能对患者实现最大的临床获益。中心静脉-动脉血二氧化碳分压差/动脉-中心静脉氧含量差(Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub>)能够反映组织细胞无氧代谢水平,在急危重症领域对氧代谢有重要的评估价值。日本脑神经外伤学会在 2006 年的《重型头部外伤治疗·管理指南(第 2 版)》脑组织代谢指标中提到,动静脉氧含量差值是脑组织代谢相关的特异性指标<sup>[9]</sup>。近年来,随着人们对组织细胞代谢的病理生理学过程的探索不断深入,提出 Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> 比单独的动静脉氧含量差,更能够反映脑组织无氧代谢的水平及氧供情况,发现与脑组织微循环的状态具有相关性<sup>[10-11]</sup>。Berthet 等<sup>[12]</sup>发现 Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> > 1.8 预示着组织细胞无氧代谢,远期预后不良。

院前面对重型 TBI 患者,医生主要依靠瞳孔、心率、血压等基础生命体征和体格检查结果来判断患者是否进行降颅压治疗,并不能准确的筛选出需要甘露醇脱水的高颅压患者,这给院前使用甘露醇的指征带来了难度。我们通过床旁超声观察视神经鞘直径来判断 ICP,与 Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> 联合评估重型颅脑损伤患者预后,帮助院前医生早期及时干预,指导甘露醇的使用时机。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

我院 2021 年 1 月—2022 年 1 月期间院前共接

诊 343 例 TBI 患者,其中 49 例颅脑创伤患者院前接受心肺复苏,19 例患者数据丢失,最终 275 例患者符合标准纳入本研究。其中,男 192 例(70%),女 83 例(30%);年龄 26~67 岁,中位数 46 岁。

纳入标准:创伤机制或临床表现提示重型 TBI,格拉斯哥昏迷评分(GCS) < 8 分。排除标准:①拒绝本试验纳入人群;②数据丢失;③正在接受院前创伤性心肺复苏的患者。

### 1.2 治疗方案

首先进行初级评估,随后进行二次评估。初级评估遵循 ABCDE 模式:气道(A)、呼吸(B)、循环(C)、残疾(神经功能状态,D)、暴露(E)。根据评估结果给予相应处置。初步评估和稳定患者后,急救医护人员应对患者整个身体进行一次快速但彻底的检查,称为二次评估。其目的是发现和酌情处理初级评估期间遗漏的任何损伤。

### 1.3 甘露醇的使用

甘露醇的输注方式为脉冲式给药,初始剂量为 1 g/kg 体质量,经外周或中心静脉导管在 10~20 min 的时间内静脉输入,其后每 4~6 小时给予 1.0 g/kg 剂量维持<sup>[13]</sup>。

### 1.4 ONSD 测量和 Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> 计算

科室成立创伤救治小组,组内医生对床旁超声测量视神经鞘直径(optic nerve sheath diameter, ONSD)和中心静脉置管术,已经过严格培训并组织考核,已熟练掌握。通过床旁超声测量 ONSD 评估 ICP。操作方法如下:采用高频(5.0~10.5 MHz)线阵超声探头,选择在眼球后 3 mm 的位置测量 ONSD。Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> 测量方法考虑中心静脉血样本在床旁易获得且风险小,我们对患者置入中心静脉置管,采取颈内静脉血样本进行分析。动脉血采集部位为桡动脉。

具体计算方法如下:CaO<sub>2</sub> = 1.34 × SaO<sub>2</sub> × Hb + 0.003 × PaO<sub>2</sub>; CcvO<sub>2</sub> = 1.34 × ScvO<sub>2</sub> × Hb + 0.003 × PcvO<sub>2</sub>; Ca-cvO<sub>2</sub> = CaO<sub>2</sub> - CcvO<sub>2</sub>; Pcv-aCO<sub>2</sub> = PcvCO<sub>2</sub> - PaCO<sub>2</sub>; Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> = (Pcv-aCO<sub>2</sub> - PaCO<sub>2</sub>) / (CaO<sub>2</sub> - CcvO<sub>2</sub>)。

将 Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> > 1.8 mmHg/mL 定义为创伤性脑外伤患者脑组织无氧代谢; ONSD >

5 mm,定义为 ICP 增高<sup>[14]</sup>。根据 Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> 和 ONSD 值,将患者分为 4 组。A 组,Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub>>1.8 和 ONSD>5 mm;B 组,Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub>>1.8 和 ONSD≤5 mm;C 组,Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub>≤1.8 和 ONSD>5 mm;D 组,Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub>≤1.8 和 ONSD≤5 mm。

1.5 数据收集

①基本资料和创伤数据:年龄、性别、创伤分类(单纯颅脑损伤/多发伤)、接诊时 ISS 评分(分值范围:1~75,分值越高提示创伤越重)。②院前查体参数:接诊时 GCS 评分(分值范围 3~15 分,包括睁眼反应、语言反应、肢体运动反应项,分数越低表示意识障碍越重)、接诊 SPO<sub>2</sub>(%)、接诊收缩压(mmHg)。③影响因素:ONSD 值、Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> 值。④院前干预:是否使用甘露醇。

1.6 观察指标

主要观察指标:30 d 病死率。次要观察指标:

①住院天数;②出院时格拉斯哥预后评分(Glasgow outcome scale,GOS);神经功能恢复情况分为 5 个等级,等级最高提示神经功能恢复最好,神经功能障碍程度最低。

1.7 统计学方法

采用 SPSS 22.0 统计学软件对数据进行综合分析。正态分布的计量资料用  $\bar{X} \pm S$  表示,组间比较用独立样本 *t* 检验;非正态分布的计量资料用 *M* (*P*<sub>25</sub>,*P*<sub>75</sub>) 表示,组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验;分类变量用构成比表示,组间比较采用  $\chi^2$  检

验。运用两个样本、非配对、双尾 *t* 检验、Mann-Whitney 检验和  $\chi^2$  检验,比较在院前环境下接受甘露醇治疗的患者和未接受甘露醇治疗的患者之间的各变量间的差异性。

采用未调整和调整后的 logistic 回归来检验 A、B、C、D 4 组患者是否接受甘露醇治疗与患者 30 d 病死率之间的关联。先进行未调整的 logistic 回归分析,在完成未调整的 logistic 回归分析后,进行多因素 logistic 回归分析,其目的是控制、调整潜在的混杂因素。相应控制变量被加入该模型中,包括患者基本资料(年龄、性别)、创伤类型、创伤前基础情况、创伤严重程度评估(ISS、接诊时 GCS)、事发地到医院距离、首次记录的生命体征(收缩压、心率、血氧饱和度)。

Cox 比例风险模型分析预测 A、B、C、D 4 组患者是否接受甘露醇治疗与生存率间的关系。

2 结果

2.1 基本资料比较

275 例重型 TBI 患者中,共有 131 例重型 TBI 患者接受甘露醇脱水降颅压。以是否接受甘露醇治疗将重型 TBI 患者进行分组比较,与未接受院前甘露醇脱水治疗的重型 TBI 患者相比,接受甘露醇治疗患者的 ISS 评分、初始收缩压较高,院前 GCS 评分较低,均差异有统计学意义(*P*<0.05)。接受院前甘露醇脱水治疗的重型 TBI 患者较未接受甘露醇住院天数时间更长、30 d 病死率增高,均差异有统计学意义(*P*<0.05),见表 1。

表 1 接受甘露醇治疗与未接受者基本资料分析

例(%),*M*(*P*<sub>25</sub>,*P*<sub>75</sub>)

基本资料和创伤数据	接受甘露醇(131 例)	未接受甘露醇(144 例)	<i>P</i>
年龄/岁	49(28,59)	47(23,67)	0.07
性别			0.08
男	88(67)	94(65)	
女	43(33)	50(35)	
创伤分类			
单纯 TBI	67(51)	71(49)	0.06
多发伤	64(49)	73(51)	0.06
ISS 评分/分	37(21,58)	26(17,39)	<0.01
院前重要体查参数			
GCS 评分/分	4(3,6)	8(3,10)	<0.01
SPO <sub>2</sub> /%	87(81,95)	90(83,97)	0.40
收缩压/mmHg	182(91,201)	149(99,183)	0.03
30 d 病死率/%	53(69/131)	40(57/144)	<0.01
出院时 GOS 评估情况			0.06
死亡	3(2)	5(3)	
植物状态	9(7)	14(10)	
严重残疾	56(43)	59(41)	
中等残疾	23(18)	31(22)	
恢复良好	40(31)	35(24)	
住院天数/d	16(6,32)	11(7.5,27.0)	0.01

## 2.2 接受甘露醇治疗在 4 组间重型 TBI 患者病死率的比较

在未经校正的 logistic 回归分析中, C 组患者 (Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> ≤ 1.8 和 ONSD > 5 mm) 接受甘露醇治疗是重型 TBI 患者 30 d 病死率增高的保护性因素 (OR = 0.36, 95% CI: 0.15 ~ 0.86, P < 0.001), 其他 3 组患者没有观察到病死率降低的证据。调整潜在的混杂因素后, C 组患者接受甘露醇治疗仍是重型 TBI 患者 30 d 病死率增高的保护性因素 (OR = 0.31, 95% CI: 0.11 ~ 0.73, P =

0.004), 见表 2。调整后的模型受试者工作特征曲线下的面积: A 组, 0.90; B 组, 0.89; C 组, 0.93; D 组, 0.87, 校准适当。

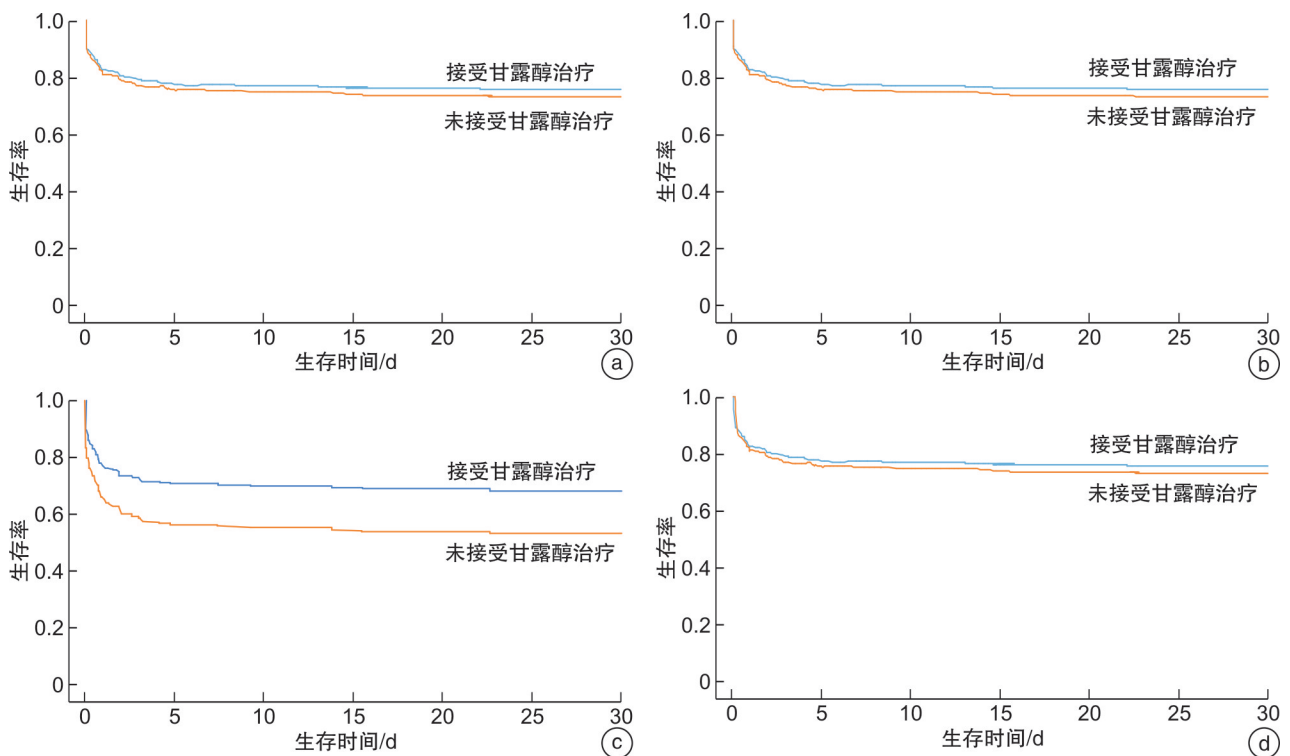
## 2.3 接受甘露醇治疗在 4 组间重型 TBI 患者的生存率分析

Cox 生存分析显示, C 组患者院前接受甘露醇治疗对比未接受甘露醇治疗者, 生存率提高 (图 1)。其他 3 组患者, 接受甘露醇治疗与未接受甘露醇治疗生存率比较均差异无统计学意义 (P > 0.05)。

表 2 调整前后使用甘露醇与病死率在 4 组间的回归分析

组别	未调整的回归分析		调整后的回归分析	
	OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P
A 组	1.03 (0.97 ~ 1.22)	0.06	1.01 (0.88 ~ 1.19)	0.07
B 组	1.02 (0.94 ~ 1.17)	0.09	0.99 (0.95 ~ 1.04)	0.09
C 组	0.36 (0.15 ~ 0.86)	< 0.001	0.31 (0.11 ~ 0.73)	0.004
D 组	1.09 (0.94 ~ 1.20)	0.08	1.03 (0.91 ~ 1.13)	0.07

注: 使用 logistic 回归分析比较 4 组间重型 TBI 患者与 30 d 病死率间的关系; 调整后的多因素 logistic 回归分析模型, 相应控制变量被加入该模型中, 包括患者基本资料、创伤类型、创伤前基础情况、创伤严重程度评估、首次生命体征 (收缩压、心率、血氧饱和度) 等。



a. A 组; b. B 组; c. C 组; d. D 组。

图 1 4 组间重型 TBI 患者的生存率分析

## 3 讨论

甘露醇通过迅速提高血浆渗透压, 形成血-脑脊液间的渗透压差, 使细胞内外液同时减少, 达到减轻脑水肿的效果, 是治疗 ICP 增高最常使用的一线药物。但在院前对于重型 TBI 患者, 甘露醇使

用的适应证和时机不明确。我们通过床旁超声测量 ONSD 来评估 ICP 联合灌注指标 Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub>, 以进一步指导甘露醇在重型 TBI 患者中的应用。

通过床旁超声测量 ONSD 来判断是否存在高



降压的方法,已被国内外学者广泛应用推广<sup>[15-17]</sup>,具有较好的灵敏度和特异度。 $P_{cv-aCO_2}/Ca-cvO_2$ 是近年用来评估组织灌注、氧代谢平衡的指标。早期研究中<sup>[18]</sup>,有学者发现在心源性心脏骤停的患者, $P_{cv-aCO_2}/Ca-cvO_2$ 值显著升高。类似的动物研究<sup>[19]</sup>也表明  $P_{cv-aCO_2}/Ca-cvO_2$  与心排血量在出血、低血容量、分布性休克成反比。当心排血量减少,血流速度减慢,组织代谢障碍,氧供-氧耗平衡打破,氧代谢障碍, $CO_2$  潴留,导致  $P_{cv-aCO_2}/Ca-cvO_2$  升高。由此可见, $P_{cv-aCO_2}/Ca-cvO_2$  不仅能反映血容量与组织微循环灌注的关系,也能反映组织细胞供氧平衡。在重型 TBI 患者中,颅内出血、脑细胞水肿、失血后低血容量性休克等多重因素导致脑组织细胞缺血缺氧,微循环障碍,组织细胞摄氧能力减弱,氧供-氧耗平衡障碍,若此时不能纠正缺氧,炎症瀑布反应将导致血管内皮损伤,血管通透性增加,组织细胞间隙水肿,导致氧供-氧耗平衡异常程度加重,严重时引起全身多器官功能障碍 (multiple organ dysfunction syndrome, MODS)<sup>[20]</sup>。在表 1 中,接受甘露醇治疗的重型 TBI 患者 30 d 病死率增高,可能和甘露醇使用后进一步加重氧代谢失衡,脑组织缺血缺氧程度加深有关。所以早期、准确的评估重型 TBI 患者氧代谢状态并及时纠正缺氧,是提高院前重型 TBI 抢救成功率的关键。

本研究根据 ONSD 和  $P_{cv-aCO_2}/Ca-cvO_2$ ,将重型 TBI 患者分为 4 组,对是否接受甘露醇治疗与 30 d 病死率进行了多因素回归分析。研究发现,A 组、B 组、D 组患者使用甘露醇与未使用甘露醇者,30 d 病死率比较差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。C 组患者 ( $P_{cv-aCO_2}/Ca-cvO_2 \leq 1.8$  和  $ONSD > 5$  mm)在校正前后均发现,使用甘露醇是重型 TBI 患者 30 d 病死率增高的保护性因素。C 组患者床旁超声 ONSD 提示存在颅高压,且灌注学指标  $P_{cv-aCO_2}/Ca-cvO_2 \leq 1.8$  提示组织细胞氧供-氧耗尚未失衡,脑组织细胞氧代谢可。此时通过甘露醇建立血-脑脊液间的渗透压差,将 ICP 降低,能够有效缓解高颅压后所引起的组织代谢障碍,避免氧供-氧耗平衡异常,提高患者生存率。所以,在治疗重型 TBI 患者中,我们需要准确地识别存在高颅压表现且组织氧代谢稳定的患者,即 C 组患者。针对此类患者及时、有效地控制 ICP,能够提高患者的抢救成功率。而 A 组患者中,患者存在颅高压情况下,使用甘露醇前后,病死率比较差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。分析其原因,考虑有以下可能:严重创伤性脑损伤后,脑血管系统稳定脑血流的能力,即脑血管自动调节系统受损,脑组织缺血缺氧,加上继发性损伤导致神经病理改变,ICP 进行性增高,最终导致脑灌注压下降,脑灌注下降又

会进一步加重缺氧,进而形成恶性循环<sup>[21]</sup>。不同于 C 组患者的是,此类患者脑组织细胞处于氧供-氧耗失衡状态,应用甘露醇降低 ICP 后,可能会进一步减少脑组织灌注,加重脑组织缺血缺氧。因此,从本文研究数据显示,不建议对此类患者早期应用甘露醇。当然,需要进一步的随机多中心研究来证明最终的结论。

有学者对重型 TBI 患者实施降颅压治疗后,患者神经功能预后不良的原因进行分析,发现因积极控制颅压后所导致的脑血流 (CBF) 减慢,组织灌注不足,进而导致脑缺血缺氧,神经功能预后不佳<sup>[22-23]</sup>。通过 PET 影像学进一步证实了,在我们对重型 TBI 控制颅压过程中,如果达到了所引起脑缺血的 CBF 阈值,脑组织进一步缺血缺氧就会发生<sup>[24-26]</sup>。针对以上问题,我们通过超声测量 ONSD 值来判断重型 TBI 患者 ICP 联合灌注学指标  $P_{cv-aCO_2}/Ca-cvO_2$ ,以进一步阐述脑损伤后,影响脑组织恢复的病理生理学机制。通过 Cox 生存分析,我们发现 C 组 ( $P_{cv-aCO_2}/Ca-cvO_2 \leq 1.8$  和  $ONSD > 5$  mm) 患者使用甘露醇者较未使用者生存率提高,而其他 3 组数据显示,是否使用甘露醇与生存率二者间差异无统计学意义。进一步证实,将 ICP 联合灌注学指标  $P_{cv-aCO_2}/Ca-cvO_2$  能够更加准确地筛选出重型 TBI 使用甘露醇有益的患者,早期给予脱水降颅压,能够恢复脑灌注,改善脑组织氧代谢水平,提高生存率。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突。

#### 参考文献

- [1] 吉其舰,彭海丽,郭小敏. 重度颅脑外伤患者术后监测颅内压及压力相关指数的临床价值[J]. 临床急诊杂志,2021,22(5):335-339.
- [2] Capizzi A, Woo J, Verduzco-Gutierrez M. Traumatic Brain Injury: An Overview of Epidemiology, Pathophysiology, and Medical Management[J]. Med Clin North Am,2020,104(2):213-238.
- [3] Zeiler FA, Aries M, Czosnyka M, et al. Cerebral Autoregulation Monitoring in Traumatic Brain Injury: An Overview of Recent Advances in Personalized Medicine[J]. J Neurotrauma,2022.
- [4] Robinson CP. Moderate and Severe Traumatic Brain Injury[J]. Continuum (Minneapolis Minn), 2021, 27(5): 1278-1300.
- [5] Marklund N, Bellander BM, Godbolt AK, et al. Treatments and rehabilitation in the acute and chronic state of traumatic brain injury[J]. J Intern Med, 2019, 285(6):608-623.
- [6] Krishnamoorthy V, Komisarow JM, Laskowitz DT, et al. Multiorgan Dysfunction After Severe Traumatic Brain Injury: Epidemiology, Mechanisms, and Clinical Management[J]. Chest, 2021, 160(3):956-964.
- [7] Kochanek PM, Tasker RC, Carney N, et al. Guidelines

- for the Management of Pediatric Severe Traumatic Brain Injury, Third Edition; Update of the Brain Trauma Foundation Guidelines, Executive Summary [J]. *Neurosurgery*, 2019, 84(6): 1169-1178.
- [8] Chesnut RM, Temkin N, Carney N, et al. A trial of intracranial pressure monitoring in traumatic brain injury [J]. *N Eng J Med*, 2012, 367: 2471-2481.
- [9] 日本神经外科学会. 重型头部外伤治疗·管理指南 [M]. 第 2 版. 神经外伤, 2006, 29: 1-115.
- [10] GAO XH, Cao W, Li PJ. Pcv-aCO<sub>2</sub>/Ca-cvO<sub>2</sub> Combined With Arterial Lactate Clearance Rate as Early Resuscitation Goals in Septic Shock [J]. *Am J Med Sci*, 2019, 358(3): 182-190.
- [11] Dubin A, Pozo MO, Hurtado J. Central venous minus arterial carbon dioxide pressure to arterial minus central venous oxygen content ratio as an indicator of tissue oxygenation: a narrative review [J]. *Rev Bras Ter Intensiva*, 2020, 32(1): 115-122.
- [12] Berthet M, Durand M. Meaning of the venoarterial carbon dioxide difference/arterial-venous oxygen difference ratio [J]. *Crit Care Med*, 2013, 41(12): e489-90.
- [13] 包贲, 鲍南, 陈文劲, 等. 甘露醇治疗颅内压增高专家共识 [J]. *中华医学杂志*, 2019, 99(23): 1763-1766.
- [14] 赵立娜, 谢晖, 王瑞兰. 超声测量视神经鞘直径评估颅内压增高的临床研究进展 [J]. *中华重症医学电子杂志(网络版)*, 2020, 6(1): 113-116.
- [15] Stevens R, Gommer ED, Aries M, et al. Optic nerve sheath diameter assessment by neurosonology: A review of methodologic discrepancies [J]. *J Neuroimaging*, 2021, 31(5): 814-825.
- [16] Godoy DA, Rabinstein AA. How to manage traumatic brain injury without invasive monitoring? [J]. *Curr Opin Crit Care*, 2022, 28(2): 111-122.
- [17] 王蕾, 朱保锋, 张毅, 等. 急诊头痛患者视神经鞘直径与颅内压相关性研究 [J]. *临床急诊杂志*, 2020, 21(1): 25-28, 33.
- [18] Mukai A, Suehiro K, Kimura A, et al. Comparison of the venous-arterial CO<sub>2</sub> to arterial-venous O<sub>2</sub> content difference ratio with the venous-arterial CO<sub>2</sub> gradient for the predictability of adverse outcomes after cardiac surgery [J]. *Clin Monit Comput*, 2020, 34(1): 41-53.
- [19] Zante B, Kluge S. Central Venous-Arterial CO<sub>2</sub> Difference in Cardiac Surgery Patients-A Parameter in Relationship to Cardiac Output and Altered Microcirculatory Blood Flow [J]. *Shock*, 2020, 54(2): 273-274.
- [20] Molloy S, Batchelor G, Mallett P, et al. Fifteen-minute consultation: Severe traumatic brain injury in paediatrics [J]. *Arch Dis Child Educ Pract Ed*, 2021, 106(1): 9-17.
- [21] Petkus V, Preiksaitis A, Chaleckas E, et al. Optimal Cerebral Perfusion Pressure: Targeted Treatment for Severe Traumatic Brain Injury [J]. *Neurotrauma*, 2020 Jan 15; 37(2): 389-396.
- [22] Janotka M, Ostadal P. Biochemical markers for clinical monitoring of tissue perfusion [J]. *Mol Cell Biochem*, 2021, 476(3): 1313-1326.
- [23] Bitar ZI, Maadarani OS, El-Shably AM, et al. The Forgotten Hemodynamic (PCO<sub>2</sub> Gap) in Severe Sepsis [J]. *Crit Care Res Pract*, 2020, 2020: 9281623.
- [24] Mukai A, Suehiro K, Kimura A, et al. Comparison of the venous-arterial CO<sub>2</sub> to arterial-venous O<sub>2</sub> content difference ratio with the venous-arterial CO<sub>2</sub> gradient for the predictability of adverse outcomes after cardiac surgery [J]. *Clin Monit Comput*, 2020, 34(1): 41-53.
- [25] Roy TK, Secomb TW. Effects of impaired microvascular flow regulation on metabolism-perfusion matching and organ function [J]. *Microcirculation*, 2021, 28(3): e12673.
- [26] Próspero AG, Soares GA, Moretto GM, et al. Dynamic cerebral perfusion parameters and magnetic nanoparticle accumulation assessed by AC biosusceptometry [J]. *Biomed Tech (Berl)*, 2020, 65(3): 343-351.

(收稿日期: 2022-05-23)

(本文编辑: 张蓉)