

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2025.23.009

# 颅内压监测联合脑组织氧分压监测在颅脑损伤开颅手术后的 评估效果及对血清 NSE、S100B 水平的影响<sup>\*</sup>

张 彪,刘 备<sup>△</sup>,杨 彪,刘家骥,覃 川

重庆市大足区人民医院神经外科,重庆 402360

**摘 要:**目的 探讨颅内压(ICP)监测联合脑组织氧分压(PbtO<sub>2</sub>)监测在颅脑损伤开颅手术后的监测效果及对血清 S100 钙结合蛋白 B(S100B)、神经元特异性烯醇化酶(NSE)水平的影响。**方法** 选取 2024 年 1 月 1 日至 2024 年 12 月 30 日该院收治的 93 例创伤性颅脑损伤患者作为研究对象,按照置入方式不同分为对照组(经 Kocher 点穿刺 ICP 探头置入,31 例)、穿刺组(经 paine 点穿刺 ICP 探头置入,31 例)、联合组(经 paine 点穿刺 ICP 探头置入术联合 PbtO<sub>2</sub> 监测,31 例)。比较 3 组穿刺次数、术后并发症,30 d 日常生活能力评分(ADL),3 个月格拉斯哥预后分级(GOS),住院总费用,以及血清 S100B 和 NSE 水平。**结果** 3 组穿刺次数、手术时间、30 d ADL 评分、3 个月 GOS 评分比较,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。联合组与穿刺组穿刺次数均少于对照组,且穿刺组手术时间短于对照组与联合组,联合组 30 d ADL 评分与 3 个月 GOS 评分均高于对照组,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。3 组穿刺部位出血、颅内感染、死亡例数及住院费用、入院及 7 d S100B、NSE 及 ICP、平均脑组织灌注压、PbtO<sub>2</sub> $<20$  mmHg 次数比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。入院 7 d,3 组 S100B、NSE 水平比较,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );联合组 S100B、NSE 水平均低于对照组,NSE 水平低于穿刺组,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。**结论** 在颅脑损伤开颅手术中,运用经 paine 点穿刺脑室置入颅内压探头行 ICP 监测可缩短手术时间、减少穿刺次数,联合 PbtO<sub>2</sub> 监测,对改善患者预后有更好效果。血清 S100B、NSE 可作为颅脑损伤评价病情、判断预后的辅助指标,有一定参考价值。

**关键词:** 颅脑损伤; 颅内压; 脑组织氧分压; S100 钙结合蛋白 B; 神经元特异性烯醇化酶

中图法分类号:R651.1;R641;R446.1

文献标志码:A

文章编号:1672-9455(2025)23-3214-06

## Analysis of the evaluation effect of serum NSE and S100B on intracranial pressure monitoring combined with brain tissue oxygen partial pressure monitoring after craniotomy for craniocerebral injury<sup>\*</sup>

ZHANG Biao,LIU Bei<sup>△</sup>,YANG Biao,LIU Jiaji,QIN ChuanDepartment of Neurosurgery,Dazu District People's Hospital of  
Chongqing,Chongqing 402360,China

**Abstract: Objective** To investigate the effect of intracranial pressure (ICP) monitoring combined with brain tissue oxygen partial pressure (PbtO<sub>2</sub>) monitoring on the levels of serum S100 calcium binding protein B (S100B) and neuron specific enolase (NSE) in patients with craniocerebral injury after craniotomy. **Methods** A total of 93 patients with traumatic brain injury admitted to the hospital from January 1, 2024 to December 30, 2024 were selected as the research objects. According to the different placement methods, they were divided into the control group (ICP probe placement via Kocher point, 31 cases) and the puncture group (ICP probe placement via paine point, 31 cases), combined group (ICP probe implantation via paine point combined with PbtO<sub>2</sub> monitoring, 31 cases). The number of punctures, postoperative complications, activities of daily living (ADL) scores at 30 days, Glasgow outcome scale (GOS) scores at 3 months, total hospitalization costs, serum S100B and NSE levels were compared among the three groups. **Results** There were significant differences in the number of puncturing, operation time, ADL score at 30 d, and GOS score at 3 months among the 3 groups ( $P<0.05$ ). The number of puncturing in the combined group and the puncture group was less

<sup>\*</sup> 基金项目:重庆市卫生健康委员会医学科研项目(2024WSJK100);重庆市大足区科技发展项目(DZKJ2023JSYJ-KWXM1008)。

作者简介:张彪,男,副主任医师,主要从事脑肿瘤、颅脑外伤、脑血管疾病方面的研究。 <sup>△</sup> 通信作者,E-mail:674618212@qq.com。

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1167.R.20251127.1011.002\(2025-11-28\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1167.R.20251127.1011.002(2025-11-28))

引用格式:张彪,刘备,杨彪,等.颅内压监测联合脑组织氧分压监测在颅脑损伤开颅手术后的评估效果及对血清 NSE、S100B 水平的影响

than that in the control group, and the operation time in the puncture group was shorter than that in the control group and the combined group, and the ADL score at 30 d and GOS score at 3 months in the combined group were higher than those in the control group, and the differences were statistically significant ( $P < 0.05$ ). There was no significant difference in the incidence of bleeding at the puncture site, intracranial infection, death, hospitalization expenses, S100B, NSE, and ICP on admission and 7 d after admission, mean cerebral perfusion pressure, and times of  $PbtO_2 < 20$  mmHg among the three groups ( $P > 0.05$ ). On the 7th day after admission, there were statistically significant differences in S100B and NSE levels among the three groups ( $P < 0.05$ ). The levels of S100B and NSE in the combined group were lower than those in the control group, and the level of NSE was lower than that in the puncture group, and the differences were statistically significant ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** In craniotomy for craniocerebral injury, the use of intracranial pressure probe through pain point for ICP monitoring can shorten the operation time and reduce the number of punctures. Combined with  $PbtO_2$  monitoring, it has a better effect on improving the prognosis of patients. S100B and serum NSE can be used as auxiliary indicators for evaluating the condition and judging the prognosis of craniocerebral injury, and have certain reference value.

**Key words:** craniocerebral injury; intracranial pressure; brain tissue oxygen partial pressure; S100 calcium binding protein B; neuron-specific enolase

创伤性颅脑损伤(TBI)是神经外科常见危急重症,患者多以颅内压(ICP)升高为主要临床表现。ICP升高,会导致脑灌注降低、脑供血不足,诱发脑缺血缺氧病变,严重者会诱发脑疝,导致患者呼吸、循环衰竭而死亡。有研究表明,我国TBI患者的病死率较高,约为13/100 000,是儿童和青少年死亡的主要病因之一,且与欧洲地区、北美洲地区相关国家报告的病死率类似<sup>[1]</sup>。部分TBI患者前期得到了积极治疗,开颅手术可将其失活脑组织、血凝块清除,去骨瓣减压术可进一步降低ICP,有利于缓解脑血管痉挛、脑水肿等继发性损伤,但术后ICP管理仍然是一个重要环节,术后患者面临脑水肿、脑积水、颅内再出血等危险因素,都可能造成ICP的持续升高,这也是TBI术后继发性颅脑损伤的关键因素<sup>[2]</sup>。

由于脑室内测量的ICP能更加准确地反映ICP的全貌,所以ICP探头置入脑室内被认为是金标准,脑组织氧分压( $PbtO_2$ )监测是一种1990年代后逐渐应用并发展成熟的监测脑组织代谢状况的技术,具有安全、可靠、及时、准确等特点,对判断神经外科疾病病情的严重程度、预防继发性脑损伤、中重度颅脑损伤的治疗及预后等方面具有重要指导意义<sup>[3-4]</sup>。

S100钙结合蛋白B(S100B)在维持神经元自身稳定和调节细胞增殖、维持钙离子水平等生理活动中发挥重要作用。机体遭受颅脑损伤时,血脑屏障被破坏,S100B从神经细胞中释放进入血液循环,在血液中的表达越高,患者预后越差<sup>[5-7]</sup>。神经元特异性烯醇化酶(NSE)是存在于人体内神经组织及相关内分泌组织,有研究表明NSE在人体神经元中高表达是神经系统损害的重要特征之一,机体遭受颅脑损伤后,该物质进入血液、脑脊液,通过检测血清NSE水

平,可以反映神经损伤程度,对预测重度颅脑患者病情发展及转归具备重要意义<sup>[5]</sup>。基于此,本研究将paine点穿刺脑室技术运用于颅脑损伤手术中,置入ICP探头进行ICP监测,同时监测 $PbtO_2$ ,评估2种监测技术联合的安全性和有效性,并且探讨S100B和血清NSE对颅脑损伤疗效评判和预后评估的指导价值。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 选取2024年1月1日至12月30日本院收治的93例TBI患者作为研究对象,按照置入方式不同分为对照组(经Kocher点穿刺ICP探头置入,31例)、穿刺组(经paine点穿刺ICP探头置入,31例)、联合组(经paine点穿刺ICP探头置入术联合 $PbtO_2$ 监测,31例)。所有患者术前、术中均进行颅脑创伤标准化处理,如术前完善头部CT,术中进行血肿清除术,必要进行去骨瓣减压术+脑室外引流术。对照组中男20例,女11例;年龄37~76岁,平均( $62.58 \pm 9.00$ )岁;术前格拉斯哥昏迷评分(GCS)评分为( $9.23 \pm 2.22$ )分。穿刺组中男21例,女10例;年龄37~77岁,平均( $63.00 \pm 7.86$ )岁;术前GCS评分为( $9.00 \pm 2.58$ )分。联合组中男22例,女9例;年龄38~77岁,平均( $61.26 \pm 9.24$ )岁;术前GCS评分为( $9.19 \pm 2.45$ )分。纳入标准:(1)符合《中国颅脑创伤外科手术指南》<sup>[6]</sup>中TBI开颅减压手术指征标准;(2)影像学检查证实硬膜外血肿、硬膜下血肿 $> 30$  mL,额颞顶叶挫伤体积 $> 20$  mL,伴基底池受压;(3)进行性意识障碍、神经功能损害;(4)GCS评分 $\leq 12$ 分。排除标准:(1)TBI未接受开颅减压手术治疗;(2)颅脑损伤部位主要在枕叶、后颅窝;(3)有其他严重的基础疾病或其他手术禁忌证不能耐受手术;(4)因患者或家属不配合退出或其他原因不适合参加此

次研究。对照组、穿刺组、联合组性别、年龄及术前 GCS 评分比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),具有可比性。所有研究对象及其亲属均知情同意本研究并签署知情同意书。本研究通过本院医学伦理委员会审核批准[2023 年科伦审第(013)号]。

## 1.2 方法

**1.2.1 穿刺组** 全麻状态下常规消毒铺巾,做患侧额颞顶部切口,若血肿位于硬膜外,则清除硬膜外血肿后剪开硬脑膜,若为硬膜下血肿,则剪开硬膜后清除血肿,若为脑挫裂伤伴血肿形成,则先清除相应血肿,结合术前头部 CT 影像学表现及术中情况实施去骨瓣减压术;结合侧裂、额后静脉、额下沟、颅前窝底眶板位置定位 paine 点,必要时术中引入彩超定位侧脑室前角脑皮层位置,通常为颅前窝眶板上 2.5 cm,外侧裂上方 2.5 cm 交叉处,引流管尖端(附有 ICP 探头)垂直脑表面穿刺,穿刺深度 3~5 cm,见脑脊液流出通畅,表明已将 ICP 监测探头联合引流管尖端经 paine 点放入脑室,引流管头皮下潜行、固定,外接引流袋,ICP 监测导线与外部 ICP 监测仪连接,常规缝合头皮、颞肌。术后连续监测 ICP 1~2 周,每小时记录 1 次。若  $ICP<20\text{ mmHg}$ ,多属于脑水肿反应,调整体位、保持呼吸道通畅;若  $20\text{ mmHg}\leq ICP<30\text{ mmHg}$  持续时间 $>15\text{ min}$ ,实施脑脊液引流,加用甘露醇、甘油果糖等脱水;若  $30\text{ mmHg}\leq ICP\leq 40\text{ mmHg}$ ,在进行上述 ICP 控制措施的同时,需要复查头部 CT,结合实际采取包括手术在内的干预措施。

**1.2.2 对照组** 开颅减压手术与穿刺组一致,之后取手术对侧 Kocher 点,即鼻根后 11 cm(或者冠状缝前 2 cm),中线旁 3 cm 为穿刺点纵行切开头皮长约 2 cm,颅骨钻孔,切开硬脑膜,引流管对准两侧外耳道假想连线穿刺指向对侧内眦处,穿刺深度 4~5 cm,见脑脊液流出通畅,再进入约 1 cm,引流管头皮下潜行、固定引流管,ICP 监测导线与外部 ICP 监测仪连接,常规缝合头皮。术后处理同穿刺组。

**1.2.3 联合组** 开颅减压手术、ICP 探头植入同穿刺组;PbtO<sub>2</sub> 探针(LICOX-II,德国 GMS 公司)置于伤侧半球额叶或颞叶一个正常区域脑组织内 3~5 cm 处,外接脑组织氧分压监测系统。术后每小时记录 1 次,PbtO<sub>2</sub> $<20\text{ mmHg}$ ,则及时吸痰,保持气道通畅,提高吸入氧浓度,采用氧冲击疗法,给予吸入 100%纯氧 5 min,观察 PbtO<sub>2</sub>。若 PbtO<sub>2</sub> 因提高氧流量而增加,则在维持 PbtO<sub>2</sub> 的同时逐渐减少氧流量。调整呼吸机参数(能增加吸入氧浓度,提高动脉血二氧化碳分压,增加呼气末正压等)提高动脉氧分压。

**1.3 血清 S100B、NSE 水平检测** 分别采集所有患者住院 1 d、7 d 清晨空腹静脉血 5 mL,常温条件下自然血液凝固,当血清自然析出后,常温下以 3 000

r/min 离心 10 min,分离血清,将上层血清采用磁微粒化学发光法检测血清 S100B、NSE 水平,S100B 试剂盒购自新产业生物医学工程股份有限公司(规格:100 测试/盒),NSE 试剂盒购自厦门万泰凯瑞生物技术有限公司(100 份/盒);所有操作步骤严格按照试剂盒说明书进行。

**1.4 疗效评定** 记录 3 组术中情况,包括手术时间、穿刺次数;记录 3 组术后并发症(包括穿刺部位出血、颅内感染等),每天最高 ICP,计算每天平均 ICP、 $ICP>20\text{ mmHg}$  次数,平均脑组织灌注压;记录联合组平均 PbtO<sub>2</sub> 和  $PbtO_2<20\text{ mmHg}$  次数。记录 3 组 30 d 日常生活能力评分(ADL)评分、ADL 评分维度共 10 项,包括进食、洗澡、梳洗修饰、穿衣、控制大便、控制小便、如厕、床椅转移、行走、上下楼梯,总分 100 分;伤后 3 个月格拉斯哥预后评分(GOS),总分 1~5 分;住院总费用。出院标准为无肺部感染、颅内感染、无脑积水,可单独只行康复治疗;记录患者术后死亡情况。

**1.5 统计学处理** 采用 SPSS27.0 统计软件进行数据处理与统计分析。符合正态分布的计量资料以  $\bar{x}\pm s$  表示,2 组间比较采用独立样本  $t$  检验,组内比较采用配对  $t$  检验。多组间比较采用单因素方差分析,进一步两两比较采用 LSD- $t$  检验。计数资料以例数或百分率表示,组间比较采用  $\chi^2$  检验。以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结 果

**2.1 3 组穿刺次数、手术时间、30 d ADL 评分、3 个月 GOS 评分比较** 3 组穿刺次数、手术时间、30 d ADL 评分、3 个月 GOS 评分比较,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。联合组与穿刺组穿刺次数均少于对照组,且穿刺组手术时间短于对照组与联合组,联合组 30 d ADL 评分与 3 个月 GOS 评分均高于对照组,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。见表 1。

**2.2 3 组并发症、死亡情况、住院费用比较** 3 组穿刺部位出血、颅内感染、死亡占比及住院费用比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。见表 2。

**2.3 3 组 ICP、平均脑组织灌注压、PbtO<sub>2</sub> $<20\text{ mmHg}$  次数比较** 3 组入院及 7 d S100B、NSE 及 ICP、平均脑组织灌注压比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。见表 3。

**2.4 3 组入院当天及入院 7 d 血清 S100B、NSE 水平比较** 入院当天,3 组血清 S100B、NSE 水平比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。入院 7 d,3 组血清 S100B、NSE 水平比较,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );联合组入院 7 d 血清 S100B、NSE 水平均低于对照组,且联合组 NSE 水平低于穿刺组,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。见表 4。

表 1 3 组手术时间、穿刺次数、30 dADL 评分、3 个月 GOS 评分比较( $\bar{x}\pm s$ )

| 组别       | <i>n</i> | 穿刺次数                   | 手术时间(min)                  | 30 d ADL 评分(分)           | 3 个月 GOS 评分(分)         |
|----------|----------|------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------|
| 对照组      | 31       | 1.87±0.71              | 147.60±32.40               | 58.23±24.38              | 3.39±1.23              |
| 穿刺组      | 31       | 1.03±0.18 <sup>a</sup> | 121.97±28.30 <sup>ac</sup> | 61.45±26.31              | 3.61±1.20              |
| 联合组      | 31       | 1.03±0.18 <sup>a</sup> | 140.10±16.58 <sup>b</sup>  | 71.45±26.08 <sup>a</sup> | 4.00±1.18 <sup>a</sup> |
| <i>F</i> |          | 33.360                 | 7.600                      | 2.250                    | 2.050                  |
| <i>P</i> |          | <0.001                 | <0.001                     | 0.045                    | 0.048                  |

注:与对照组比较,<sup>a</sup>*P*<0.05;与穿刺组比较,<sup>b</sup>*P*<0.05;与联合组比较,<sup>c</sup>*P*<0.05。

表 2 3 组并发症、死亡情况、住院费用比较( $\bar{x}\pm s$ )

| 组别       | <i>n</i> | 穿刺部位<br>出血 | 颅内感染     | 死亡       | 住院费用(元)              |
|----------|----------|------------|----------|----------|----------------------|
| 对照组      | 31       | 6(19.35)   | 5(16.13) | 5(16.13) | 148 004.01±32 479.99 |
| 穿刺组      | 31       | 3(9.68)    | 3(9.68)  | 4(12.90) | 144 764.65±49 381.13 |
| 联合组      | 31       | 4(12.90)   | 4(12.90) | 4(12.90) | 151 714.77±19 428.06 |
| <i>F</i> |          | 1.360      | 0.630    | 0.280    | 0.290                |
| <i>P</i> |          | 0.490      | 0.920    | 0.760    | 0.750                |

表 3 3 组 ICP、平均脑组织灌注压、PbtO<sub>2</sub><20 mmHg 次数比较( $\bar{x}\pm s$ )

| 组别       | <i>n</i> | ICP(mmHg)  |            | 平均脑组织<br>灌注压(mmHg) | PbtO <sub>2</sub> <<br>20 mmHg 次数 |
|----------|----------|------------|------------|--------------------|-----------------------------------|
|          |          | 平均         | 最高         |                    |                                   |
| 对照组      | 31       | 16.27±3.87 | 23.40±1.79 | 80.68±8.78         | —                                 |
| 穿刺组      | 31       | 15.17±4.45 | 22.77±1.81 | 81.45±7.55         | —                                 |
| 联合组      | 31       | 13.77±4.75 | 21.77±1.81 | 81.55±7.33         | 2.14±0.23                         |
| <i>F</i> |          | 0.410      | 0.020      | 0.110              | —                                 |
| <i>P</i> |          | 0.670      | 0.980      | 0.890              | —                                 |

注:—表示无数据。

表 4 3 组入院当天及入院 7 d S100B、NSE 水平比较( $\bar{x}\pm s$ ,ng/mL)

| 组别       | <i>n</i> | S100B     |                        | NSE         |                          |
|----------|----------|-----------|------------------------|-------------|--------------------------|
|          |          | 入院当天      | 入院 7 d                 | 入院当天        | 入院 7 d                   |
| 对照组      | 31       | 0.80±0.08 | 0.25±0.06              | 31.18±10.55 | 17.82±3.65               |
| 穿刺组      | 31       | 0.79±0.54 | 0.24±0.08              | 30.49±11.08 | 17.75±3.84               |
| 联合组      | 31       | 0.79±0.48 | 0.21±0.06 <sup>a</sup> | 30.55±10.84 | 15.46±4.41 <sup>ab</sup> |
| <i>F</i> |          | 0.320     | 2.380                  | 0.040       | 3.530                    |
| <i>P</i> |          | 0.730     | 0.040                  | 0.960       | 0.020                    |

注:与对照组比较,<sup>a</sup>*P*<0.05;与穿刺组比较,<sup>b</sup>*P*<0.05。

3 讨 论

TBI 是一种严重威胁人类健康的疾病,颅脑损伤后部分患者会存在 ICP 升高,诱因包括脑水肿、脑肿胀、脑血管痉挛、静脉回流受阻、颅内再出血等,ICP 升高,会明显影响脑组织灌注压,导致脑组织缺血坏死等。ICP 和 TBI 患者预后息息相关<sup>[2]</sup>。因此,掌握 TBI 患者 ICP 的变化,需要临床重点关注。

有研究表明,ICP 监测联合脑室外引流术有利于

监测、掌握 ICP 动态情况,及时调整治疗措施,引流脑脊液,保持适当脑灌注压,有利于改善患者预后<sup>[2,4,8]</sup>。有学者发现 ICP 和预后呈负相关,即 ICP 越高,预后越差<sup>[9]</sup>。PICETTI 等<sup>[10]</sup>通过回顾性分析颅脑损伤开颅减压术后 ICP 管理患者资料发现 ICP 升高或者低灌注压与患者预后不良等明显有关。因此监测 ICP 对治疗 TBI 患者,具有重要意义。

目前 ICP 监测的方法有多种,一种是采取腰椎穿刺术测量,需要反复穿刺,不连续,脑脊液循环阻塞时不准确,另一种是采取超声测量视神经鞘直径预测 ICP,具有无创性,有一定的可行性和价值,但这种方法监测 ICP 也是不连续的<sup>[11]</sup>。张锐光等<sup>[8]</sup>指出可以把 ICP 监测探头置入硬膜外、硬膜下、脑实质、脑室内。硬膜外放置 ICP 监测探头测量值不够准确,硬膜下测量值一般较正常值偏低,而脑实质放置测量值只能反映脑局部 ICP,由于脑室内测量的 ICP 能更加准确地反映 ICP 的全貌,所以临床使用最广泛的为脑室内置入 ICP 探头,其被认为是所有方法中的金标准<sup>[8-10]</sup>。因此,本研究选择将 ICP 探头放置在脑室内。

既往进行 ICP 探头置入时,通常采取前额穿刺把 ICP 探头置入侧脑室前角,需要另取手术切口操作,手术过程复杂,增加创伤概率,延长手术时间,容易造成穿刺部位再出血,颅内感染风险增加<sup>[12]</sup>。通常选择的是穿刺侧脑室前角,常用“Kocher 点”,是由德国人 Kocher 在 1894 年提出,随着时代变化,有学者提出“Kocher 点”在眉间后 11 cm,旁开中线 3 cm 处<sup>[13]</sup>,也有研究表明该点位于鼻根后 11 cm,旁开中线 1~2 cm 处,穿刺针指向鼻根;或鼻根后 11 cm(冠状缝前 2 cm),中线旁开 3~4 cm<sup>[14]</sup>,穿刺针指向对侧内眦,同时对准两耳假象连线。因此“Kocher 点”定位存在一定分歧,对于初学者造成一定困惑,穿刺时需要多次穿刺才能成功,甚至无法成功穿刺,导致 ICP 探头植入失败。在颅内动脉瘤的夹闭手术中,采取 paine 点穿刺脑室,释放脑脊液,达到降低脑组织张力的目的。paine 点位于侧裂上方 2.5 cm 前颅窝底内侧眶板后方 2.5 cm 交点处<sup>[15-18]</sup>,或者侧裂上方 2 cm、额后静脉前缘,少部分在后缘<sup>[18]</sup>,后者主要通过术中在侧裂上方 2 cm 假想画一条平行于侧裂的直线,辨认直线与

额后静脉相交的前后缘来实现,总体上两者穿刺位置基本是一致的,而其穿刺方向垂直于脑表面,深度通常为 3~5 cm。

本研究结果显示,穿刺组相较于传统 Kocher 点穿刺(对照组)缩短了手术时间,可能因其在同一手术切口内操作,减少了额外钻孔步骤。联合组可能因多参数监测增加操作复杂度,因此该方案并不能缩短手术时间。穿刺组和对照组比较穿刺次数更少,第一,因 paine 点解剖定位更明确,但初学者需要在上级医生带领下辨认解剖标志,而 Kocher 点需对侧切口钻孔,操作难度较高,穿刺次数相对较多,有文献提示穿刺错位率达到 4%~20%<sup>[19]</sup>;第二,穿刺组和联合组的穿刺都是开颅后在术区穿刺,对于定位标志辨识不佳的,可以立即引入术中超声辅助定位(对照组穿刺部位有颅骨无法使用超声),这也为减少穿刺次数提供了有力的帮助。与对照组比,联合组穿刺次数显著减少,可能是由于联合 PbtO<sub>2</sub> 监测并不增加脑室穿刺的难度,PbtO<sub>2</sub> 探头置入相对容易。

术后常见并发症主要为:(1)穿刺部位出血,穿刺组、联合组的再出血率低于对照组(可能因减少颅骨钻孔损伤),但无统计学差异,有学者的研究结论为 Paine 点穿刺的穿刺道出血明显减少,和本研究有一定差异,考虑可能和本研究样本量不足有关<sup>[19]</sup>。(2)颅内感染,颅内感染的发生和反复穿刺、长时间手术、监测时间相关。反复穿刺需要多次接触头皮、反复冲洗因脑组织、血凝块而阻塞的引流管,都是感染的发生因素,其次与探头留置时间、脑室冲洗等有关<sup>[12,20-21]</sup>。本研究对照组因需额外切口,感染风险比经 Piane 点穿刺脑室的高,但 3 组之间无统计学差异。有研究纳入 288 例需要进行脑室穿刺的患者,经传统脑室外引流管引流同时做 ICP 监测的 173 例,经 Paine 点穿刺行脑室外引流同时进行 ICP 监测的 123 例,结果表明,传统脑室外引流组颅内感染高达 9.2%,Paine 点穿刺感染率更低,约为 0.8%<sup>[22]</sup>,因此,需要更多的研究来提供相关的数据,证明不同部位穿刺颅内感染发生率是否存在明显差异。其他并发症:肺部感染、消化道出血等全身性并发症与 ICP 监测方式、是否进行 PbtO<sub>2</sub> 监测无直接关联,更多受患者基础状态及 ICU 管理影响。本研究结果显示,3 组间总体并发症无明显差异,这提示不同的监测手段,安全性基本一致。

有学者发现 ICP 监测联合 PbtO<sub>2</sub> 监测对改善患者预后有明显作用<sup>[4]</sup>。本研究结果显示,联合组的 30 d ADL 评分及 3 个月 GOS 评分更高,可能因为采取 2 种监测手段,能动态监测 ICP,可指导精准治疗(如调整甘露醇用量、优化脑灌注压)<sup>[23]</sup>,结合 PbtO<sub>2</sub> 数据优化氧供管理,能更好地减少脑组织缺氧事件的发

生,减少神经细胞凋亡,对预后的改善产生积极作用。

关于 PbtO<sub>2</sub> 监测,颅脑损伤后,继发性脑缺血是导致神经功能恶化的关键因素,PbtO<sub>2</sub> 可早于 ICP 或脑灌注压变化发现氧供不足,更精准反映脑组织缺氧事件(如 PbtO<sub>2</sub><20 mmHg 次数),例如在脑血管痉挛、低血压或低氧血症时,PbtO<sub>2</sub> 迅速下降,为临床干预争取时间;PbtO<sub>2</sub> 可辅助医生个体化治疗决策,优化氧合与血流动力学;PbtO<sub>2</sub> 结合 ICP 或脑组织灌注压等参数,调整机械通气参数(如吸入氧浓度,提高动脉血二氧化碳压,增加呼气末正压等)、输血(维持 Hb>7~9 g/dL)或使用血管活性药物(如去甲肾上腺素)以改善脑氧供;如果发生 PbtO<sub>2</sub> 下降,可以采取一定措施调控脑代谢需求,如通过镇静、低温疗法降低脑氧耗<sup>[24-25]</sup>。

颅脑损伤患者致死致残率高<sup>[7-9]</sup>。本研究结果显示,3 组死亡病占比无明显差异,考虑多数死亡患者为入院病情危重,GCS 评分低,在重型颅脑损伤救治方面,可能还需要引入更多的治疗、监测手段来综合改变本类患者的预后,如引入神经电生理监测、脑血流监测、脑电图监测技术等。穿刺组因手术时间短,可降低医生操作难度,但并发症、预后和对照组无明显差异,而费用 2 组无差异。表明单纯靠调整穿刺方法,无法对患者预后和住院费用产生明显影响。联合监测组因设备成本较高,总费用增加,但通过改善预后可部分抵消费用增加的不利影响。

本研究探讨了血清 S100B 与 NSE 2 种标志物在颅脑损伤后的变化,通过监测 S100B 与 NSE 水平,对患者病情严重情况和评估预后,有一定指导作用<sup>[21]</sup>,本研究同时监测 PbtO<sub>2</sub>,可能因更早纠正脑缺氧,减少神经元损伤,表现为更低的 S100B 和 NSE 值<sup>[26-30]</sup>。

综上所述,在颅脑损伤开颅患者中,运用经 paine 点穿刺置入 ICP 探头进行 ICP 监测,相较单纯 Kocher 点穿刺置入 ICP 探头监测 ICP,其优势是可以减少手术时间和穿刺次数,如果再联合监测 PbtO<sub>2</sub>,由于能够更早纠正脑缺氧情况,对改善患者预后有较好作用,血清 S100B 与 NSE 作为评估颅脑损伤严重程度和恢复情况,有较高的参考价值。

但本研究也存在一些不足,如纳入研究的患者病例数不多,目前研究前沿采取多模态监测颅脑损伤患者,除本研究涉及项目外还包括神经电生理、经颅多普勒超声及相应的数据整合衍生等,未来将进一步汇集多方研究力量,做多模态监测及扩大大样本量进行多中心研究。

## 参考文献

- [1] 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.
- [2] JIANG J Y,GAO G Y,FENG J F,et al. Traumatic brain injury in China[J]. *Lancet Neurol*,2019,18(3):286-295.
- [3] 张之龙,王忠. 脑组织氧分压监测技术在神经外科中的应用进展[J]. *华南国防医学杂志*,2021,35(8):617-620.
- [4] 王忠,张瑞剑,韩志桐,等. 持续颅内压及脑组织氧分压监测在重度颅脑损伤患者标准大骨瓣减压术及显微血肿清除术后的应用[J]. *中国综合临床*,2022,38(1):68-73.
- [5] 梁炯芳,高峰平,刘克洪. 颅脑损伤后患者血清神经元特异性烯醇化酶与 S100B 蛋白的动态性变化及意义[J]. *中华全科医学*,2021,19(5):838-840.
- [6] 中国医师协会神经外科医师分会,中国神经创伤专家委员会. 中国颅脑创伤外科手术指南[J]. *中华神经创伤外科电子*,2015,2(1)59-60.
- [7] 王英,廖英. 血清 S100B、IL-1 $\beta$ 、IL-6 水平与颅脑损伤患者损伤程度和预后的相关性研究[J]. *川北医学院学报*,2021,36(10):1352-1354.
- [8] 张锐光,曹西,朱广富,等. 颅内压监测在急性颅脑创伤中的应用[J/CD]. *中华脑科疾病与康复杂志(电子版)*,2019,9(5):308-310.
- [9] 李明,张伟,王丽,等. 重型颅脑损伤患者颅内压监测与预后关系的研究[J]. *中国神经外科杂志*,2021,27(3):155-160.
- [10] PICETTI E,CASPANI M L,IACCARINO C,et al. Intracranial pressure monitoring after primary decompressive craniectomy in traumatic brain injury:a clinical study[J]. *Acta Neurochir (Wien)*,2017,159(4):615-622.
- [11] 孙爱童,冯德喜,郭丽娜,等. 超声测量视神经鞘直径预测颅脑损伤患者颅内压增高可行性[J]. *疑难病杂志*,2022,21(3):263-266.
- [12] LONG L S,ZHANG Y,HONG Y,et al. Multivariate analysis of intracranial infection and intracranial hemorrhage in invasive intracranial pressure monitoring[J]. *Chin J Traumatol*,2017,33(11):977-983.
- [13] ELLENS N R,FISCHER D L,MELDAU J E,et al. External ventricular drain placement accuracy and safety when done by midlevel practitioners[J]. *Neurosurgery*,2019,84(1):235-241.
- [14] A M M H,A B M,CHRISTOPHER J M,et al. Freehand frontal external ventricular drain(EVD)placement:accuracy and complications[J]. *J Clin Neurosci*,2022(97):7-11.
- [15] RICHARD W. Youmans and Winn neurological surgery [M]. Elsevier,2016:33-39.
- [16] ROKA Y. A review of trajectories for external cranial ventricular access[J]. *Nepal J Neuros*,2021,18(2):2-8.
- [17] VIGO V,TASSINARI A,SCERRATI A,et al. Ideal trajectory for frontal ventriculostomy:radiological study and anatomical study[J]. *Clin Neurol Neurosurg*,2022,217:107-264.
- [18] 李栋良,白华,牟晓洋. 动脉瘤手术中通过额后静脉寻找 Paine 点的体会[J]. *中华神经外科疾病研究杂志*,2018,17(6):554-555.
- [19] 田和平,钟琦,王耿焕,等. 重型创伤性脑损伤去骨瓣减压术中应用改良 Paine 点穿刺行脑室内颅内压监测的优势[J]. *解放军医学杂志*,2023,7(20):19.
- [20] 高霏,李牧. 药物抑制率联合 K 值、年龄与 GCS 评分对钝性重型颅脑损伤预后的评估价值[J]. *检验医学与临床*,2024,21(7):958-962.
- [21] QI H W,ZENG W J,REN Y P,et al. Advances in invasive intracranial pressure monitoring[J]. *Chin J Minim Invasive Neurosurg*,2020,25(6):281-284.
- [22] HE C Q,TENG C B,XIONG Z J,et al. Intracranial pressure monitoring in neurosurgery: the present situation and prospects[J]. *Chin Neurosurg J*,2023,9:14.
- [23] DIMITRIOU J,LEVIVIER M,GUGLIOTTA M. Comparison of complications in patients receiving different types of intracranial pressure monitoring:a retrospective study in a single center in Switzerland[J]. *World Neurosurg*,2016,89:641-646.
- [24] YANG C,MA Y X,XIE L,et al. Intracranial pressure monitoring in the intensive care unit for patients with severe traumatic brain injury:analysis of the CENTER-TBI China registry[J]. *Neurocrit Care*,2022,37(1):160-171.
- [25] SHEN Y,WEN D,LIANG Z,et al. Brain tissue oxygen partial pressure monitoring and prognosis of patients with traumatic brain injury: a Meta-analysis [J]. *Neurosurg Rev*,2024,47(1):222.
- [26] OKONKWO D O,SHUTTER L A,MOORE C T,et al. Brain oxygen optimization in severe traumatic brain injury phase- II :a phase II randomized trial[J]. *Crit Care Med*,2017,45(11):1907-1908.
- [27] GAO Y,DUAN J,JI H,et al. Levels of S100 Calcium binding protein B (S100B),neuron-specific enolase (NSE), and cyclophilin A (CypA) in the serum of patients with severe craniocerebral injury and multiple injuries combined with delirium transferred from the ICU and their prognostic value[J]. *Ann Palliat Med*,2021,10(3):3371-3378.
- [28] MARWA E A,MOHAMED N,KHALED A,et al. Prognostic value of protein S100B in traumatic brain injury[J]. *Egyp J Crit Care Med*,2020,7(3):80-85.
- [29] MALHOTRA A K,IDE K,SALAHEEN Z,et al. Acute fluid biomarkers for diagnosis and prognosis in children with mild traumatic brain injury:a systematic review[J]. *Mol Diagn Ther*,2024,28(2):169-187.
- [30] SUTRISNO W A,AIRLANGGA P S,WUNGU C D K,et al. The role of neuron specific enolase,S100B,glial fibrillary acidic protein, and myelin basic protein as prognostic and survival values in traumatic brain injury:systematic review and Meta-analysis[J]. *Pharm J*,2024,16(2):478-484.