

脑电双频指数与自发性脑出血患者预后相关性分析

张磊 张涛

【摘要】 **目的** 探讨脑电双频指数(BIS)与自发性脑出血患者预后的相关性。**方法** 纳入2019年3月至2022年5月在天津市环湖医院手术治疗的64例自发性脑出血患者,术后均转入重症监护病房。采用Glasgow昏迷量表(GCS)、快速序贯器官衰竭评分(qSOFA)、急性生理学和慢性健康状况评估Ⅱ(APACHEⅡ)及颅内压(ICP)监测评价疾病严重程度,记录术后人工呼吸道建立、有创性机械通气、颅内感染、肺部感染发生率,同时予持续脑电双频指数监测;采用Glasgow预后分级(GOS)和改良Rankin量表(mRS)评价预后,并记录住院时间。**结果** 根据首次BIS值分为高BIS组(BIS值 ≥ 60 ,30例)和低BIS组(BIS值 < 60 ,34例)。高BIS组GCS评分($t = 9.597, P = 0.000$)、人工呼吸道建立($\chi^2 = 12.818, P = 0.000$)和有创性机械通气($\chi^2 = 4.099, P = 0.043$)比例、GOS评分($t = 13.964, P = 0.000$)高于低BIS组,而qSOFA评分($t = -2.033, P = 0.000$)、APACHEⅡ评分($t = -7.426, P = 0.000$)、ICP值($t = -6.643, P = 0.000$)、mRS评分($t = 4.099, P = 0.000$)低于低BIS组。相关分析结果显示,自发性脑出血手术后BIS值与GCS评分($r = 0.704, P = 0.000$)和GOS评分($r = 0.633, P = 0.000$)呈正相关,与ICP值($r = -0.668, P = 0.000$)、qSOFA评分($r = -0.282, P = 0.025$)、APACHEⅡ评分($r = -0.646, P = 0.000$)和mRS评分($r = -0.508, P = 0.000$)呈负相关。**结论** 脑电双频指数监测对自发性脑出血手术后患者预后评价具有良好应用价值。

【关键词】 脑出血; 脑电描记术; 颅内压; 预后

Correlation analysis between bispectral index and prognosis of patients with spontaneous intracerebral hemorrhage

ZHANG Lei, ZHANG Tao

Department of Traumatic Brain Injury and Intensive Care Unit, Tianjin Huanhu Hospital, Tianjin 300350, China

Corresponding author: ZHANG Tao (Email: zhangtaotjhh@qq.com)

【Abstract】 **Objective** To evaluate the correlation between bispectral index (BIS) and the prognosis of patients with spontaneous intracerebral hemorrhage (sICH). **Methods** Sixty-four patients with sICH admitted to intensive care unit after surgery in Tianjin Huanhu Hospital from March 2019 to May 2022 were enrolled. Glasgow Coma Scale (GCS), quick Sequential Organ Failure Assessment (qSOFA), Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II (APACHE II) and intracranial pressure (ICP) monitoring were used to evaluate the severity of disease. The incidence of postoperative artificial airway establishment, invasive mechanical ventilation, intracranial infection and pulmonary infection were recorded. At the same time, continuous BIS monitoring was performed. The Glasgow Outcome Scale (GOS) and modified Rankin Scale (mRS) were used to evaluate the prognosis, and the length of hospital stay was recorded. **Results** According to the first BIS value, the patients were divided into a high BIS group (BIS value ≥ 60 , $n = 30$) and low BIS group (BIS value < 60 , $n = 34$). In the high BIS group, GCS score ($t = 9.597, P = 0.000$), the proportion of artificial airway establishment ($\chi^2 = 12.818, P = 0.000$) and invasive mechanical ventilation ($\chi^2 = 4.099, P = 0.043$), and GOS score ($t = 13.964, P = 0.000$) were higher than those in the low BIS group, while qSOFA score ($t = -2.033, P = 0.000$), APACHE II score ($t = -7.426, P = 0.000$), ICP value ($t = -6.643, P = 0.000$) and mRS score ($t = 4.099, P = 0.000$) were lower than those in the low BIS group. Correlation analysis showed that BIS value was positively correlated with GCS score ($r = 0.704, P = 0.000$) and GOS score ($r = 0.633, P = 0.000$), and was negatively correlated with ICP value ($r = -0.668, P = 0.000$), qSOFA score ($r = -0.282, P = 0.025$), APACHE II score ($r = -0.646, P = 0.000$) and mRS score ($r = -0.508, P = 0.000$)

doi:10.3969/j.issn.1672-6731.2023.06.008

作者单位:300350 天津市环湖医院颅脑创伤与重症医学科

通讯作者:张涛,Email:zhangtaotjhh@qq.com

for patients with sICH after surgery. **Conclusions** BIS monitoring has good application value in evaluating the prognosis of patients with sICH after surgery.

【Key words】 Cerebral hemorrhage; Electroencephalography; Intracranial pressure; Prognosis

Conflicts of interest: none declared

自发性脑出血(sICH)系原发性非创伤性脑实质出血,占脑卒中的20%~30%,病残率和病死率均较高,特别是病死率高达30%~40%^[1]。实时监测和评估脑出血预后对提高患者生活质量具有重要意义,随着重症监护病房(ICU)多模式监测技术的发展,尤其是专科重症监护病房的跨学科联动,以无创血流动力学监测系统、近红外脑氧监测、脑电监测等为代表的床旁监测技术日趋丰富,动态脑电双频指数(BIS)及颅内压(ICP)持续监测已广泛应用于临床,尤其在神经重症领域,并展现出显著优势,应用价值较为突出^[2]。本研究以天津市环湖医院颅脑创伤与重症医学科近3年诊断与治疗的64例自发性脑出血手术后患者为研究对象,探讨动态脑电双频指数的临床应用效果,以为临床医师提供更丰富有效的诊断、治疗及预后评估手段。

对象与方法

一、研究对象

1. 纳入标准 (1)自发性脑出血的诊断参照《中国脑出血诊治指南(2019)》^[3]。(2)年龄均 ≥ 30 岁。(3)均急诊入院手术治疗且术后转入重症监护病房。(4)采取单侧或双侧脑室外引流术(EVD)、血肿穿刺引流术+脑室外引流术、开颅血肿清除术+脑室外引流术。

2. 排除标准 (1)中枢神经系统肿瘤、颅脑创伤、脑血管畸形等导致的继发性脑出血。(2)术后再出血需再次手术。(3)合并严重并发症或多器官功能衰竭。(4)临床或随访资料不完整。

3. 一般资料 选择2019年3月至2022年5月在我院颅脑创伤与重症医学科住院治疗的自发性脑出血手术后患者共64例,男性41例,女性23例;年龄为30~79岁,平均为 (59.34 ± 11.29) 岁;受教育程度为3~16年,平均为 (9.12 ± 3.21) 年;病程为2~120 h,中位病程为8.50(5.00, 12.00) h;入院时体温 $36.00 \sim 40.50$ °C、平均为 (37.10 ± 0.82) °C,心率 $61 \sim 138$ 次/min、平均 (92.42 ± 17.91) 次/min,收缩压 $97 \sim 227$ mm Hg(1 mm Hg = 0.133 kPa)、平均 $(166.95 \pm$

24.95) mm Hg;合并高血压52例(81.25%)、糖尿病16例(25%)、冠心病4例(6.25%)、高脂血症2例(3.13%),吸烟29例(45.31%)、饮酒27例(42.19%);出血部位位于基底节区-丘脑27例(42.19%),小脑12例(18.75%),脑室10例(15.63%,脑室铸型3例、单侧侧脑室2例、双侧侧脑室+第三脑室2例、第三脑室+第四脑室2例、第四脑室1例),脑叶8例(12.50%,额叶1例、额颞叶2例、颞叶1例、额颞顶叶2例、颞枕叶1例、顶枕叶1例),脑桥4例(6.25%),中脑3例(4.69%);手术方式分别为单侧脑室外引流术20例(31.25%),双侧脑室外引流术17例(26.56%),血肿穿刺引流术+脑室外引流术15例(23.44%),开颅血肿清除术+脑室外引流术12例(18.75%);术后应用镇痛药45例(70.31%),术后应用镇静药35例(54.69%)。

二、研究方法

1. 重症监护病房常规管理 所有患者术后均转入重症监护病房进行规范治疗,由同一位经过专业培训的神外科医师采用Glasgow昏迷量表(GCS)、快速序贯器官衰竭评分(qSOFA)和急性生理学和慢性健康状况评估II(APACHE II)量表评估疾病严重程度,并记录术后人工呼吸道建立、有创性机械通气、颅内感染和肺部感染发生率。(1)GCS量表^[4]:包括睁眼、言语和运动功能共三部分,睁眼分为自主睁眼(4分)、呼唤睁眼(3分)、刺痛睁眼(2分)、刺痛不睁眼(1分),言语可分为正常对答(5分)、答非所问(4分)、仅能说出单词(3分)、仅能发声(2分)、无反应(1分),运动分为自主活动(6分)、可定位刺痛部位(5分)、可躲避刺痛(4分)、刺痛仅屈曲(3分)、刺痛仅强直(2分)、刺痛无反应(1分),最高评分为15分,评分越高、意识状态越佳。(2)qSOFA评分^[5]:呼吸频率 ≥ 22 次/min计1分、存在意识障碍计1分、收缩压 ≤ 100 mm Hg计1分,总评分3分,评分越高、死亡风险越高。(3)APACHE II量表^[6]:包括急性生理指标评分、年龄和慢性健康状况三部分,总评分71分,评分越高、总体病情越严重。(4)颅内压监测:患者仰卧位,局麻或全麻下于眉弓上9 cm、中线旁

2.50 cm 处作体表切口,经额角穿刺引流,引流术中
将 46118 型导管(美国 Medtronic 公司)植入脑室内,
术后转入重症监护病房即将导管连接一次性压力
传感器(北京天地和协科技有限公司),连接至迈瑞
BeneViewT5 床旁多导监护仪(深圳迈瑞生物医疗电
子股份有限公司)的颅内压监测模块,监护仪显示
颅内压波形提示仪器连接成功,再连接至通用压力
监测系统(北京天地和协科技有限公司)的压力传
感器,校正后持续动态监测颅内压 3 d(死亡患者监
测至死亡),每次监测前均对压力传感器校零并夹
闭引流管 3~5 min 以避免评阅偏倚,每小时记录一
次 ICP 值,取平均值。

2. 脑电双频指数监测 所有患者在进行规范治
疗的同时予以持续动态脑电双频指数监测。采用
BeneView 监护仪(深圳迈瑞生物医疗电子股份有
限公司),以体积分数为 75% 的乙醇擦拭患者双侧
颞部及前额部,参照说明书将电极片固定于健侧
颞部、额部和鼻根上方 5 cm 处,紧压电极片以保
证传导质量,连接电极与传感器后进行阻抗试验,
监护仪显示 BIS 值和图形即提示仪器佩戴成功。于
患者转入重症监护病房后 4 h 首次行脑电双频指
数监测,BIS 值 ≥ 60 为高脑电双频指数,BIS 值
 < 60 为低脑电双频指数;连续监测 72 h,每 4
小时记录 1 次 BIS 值,监护仪同时能够显示信号
质量指数(SQI)和肌电图波形,选取 SQI 为 80%~
100% 和肌电图波幅功率比 ≤ 45 的 BIS 值,取
平均值;对于应用镇痛药和镇静药的患者,每次
监测脑电双频指数时暂停给药,同时予一定刺激
或进行唤醒计划,记录 BIS 值。

3. 预后评价 本组所有患者均于入院后 28 d
采用 Glasgow 预后分级(GOS)和改良 Rankin 量
表(mRS)评价临床预后,并记录住院时间。(1)GOS
量表^[7]:评价临床预后,5 分,恢复良好,可正常
生活,但遗留轻残;4 分,中残,可独立生活或在
保护下工作;3 分,重残,无法独立生活,需他人
照料;2 分,植物状态生存,仅存在眼部活动和睡
眠周期;1 分,死亡。(2)mRS 量表^[8]:评价神
经功能预后,0 分,完全无症状;1 分,尽管有症
状但无明显残疾,可完成日常工作和生活;2 分,
轻残,无法完成病前所有工作和活动,但可处
理个人事务,无需他人帮助;3 分,中残,需他
人帮助,但可独立行走;4 分,重残,无法独立
行走,日常生活需他人帮助;5 分,严重残疾,卧
床,大小便失禁,需持续护理,日常生活完全依
赖他人;6 分,死亡。

4. 统计分析方法 采用 SPSS 17.0 统计软件
进行数据处理与分析。计数资料以相对数构成比
(%)或率(%)表示,采用 χ^2 检验、Fisher 确切
概率法或 Mann-Whitney *U* 检验。呈正态分布的
计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用
两独立样本的 *t* 检验;呈非正态分布的计量资
料以中位数和四分位数间距 [$M(P_{25}, P_{75})$] 表
示,采用 Mann-Whitney *U* 检验。BIS 值与疾
病严重程度和预后指标的相关性采用 Pearson
相关分析和偏相关分析。以 $P \leq 0.05$ 为差异
具有统计学意义。

结 果

根据首次监测的 BIS 值分为高脑电双频指数
组(BIS 值 ≥ 60 , 高 BIS 组, 30 例)和低脑电
双频指数组(BIS 值 < 60 , 低 BIS 组, 34 例)。
两组一般资料比较,差异无统计学意义(均
 $P > 0.05$, 表 1), 均衡可比。

两组患者疾病严重程度、BIS 值及术后并
发症比较,高 BIS 组 GCS 评分高于低 BIS 组
($P = 0.000$), qSOFA 评分($P = 0.000$)、
APACHE II 评分($P = 0.000$)、ICP 值($P =$
 0.000)、人工呼吸道建立比例($P = 0.000$)
和有创性机械通气比例($P = 0.043$)低于
低 BIS 组,术后并发颅内感染($P = 1.000$)
和严重肺部感染($P = 0.897$)比例组间差异
无统计学意义(表 2)。

两组患者预后比较,高 BIS 组 GOS 评分
高于低 BIS 组($P = 0.000$), mRS 评分
低于低 BIS 组($P = 0.000$), 而住院时
间组间差异无统计学意义($P = 0.921$, 表
3)。

Pearson 相关分析显示,自发性脑出血
手术后 BIS 值与 GCS($r = 0.763, P = 0.000$)
和 GOS($r = 0.691, P = 0.000$)评分呈正相
关,与 ICP 值($r = -0.756, P = 0.000$)、
APACHE II 评分($r = -0.745, P = 0.000$)、
mRS 评分($r = -0.583, P = 0.000$)、qSOFA
评分($r = -0.487, P = 0.000$)呈负相关;
进一步行偏相关分析显示,自发性脑出血
手术后 BIS 值与 GCS($r = 0.704, P = 0.000$)
和 GOS($r = 0.633, P = 0.000$)评分呈正相
关,与 ICP 值($r = -0.668, P = 0.000$)、
qSOFA 评分($r = -0.282, P = 0.025$)、
APACHE II 评分($r = -0.646, P = 0.000$)
和 mRS 评分($r = -0.508, P = 0.000$)呈
负相关(表 4)。

讨 论

尽管目前对于自发性脑出血急性期管理
和早期并发症预防有所改进,部分患者经积
极治疗后可维持生命体征平稳,但常遗留意
识障碍和严重神经

表 1 高 BIS 组与低 BIS 组患者一般资料的比较

Table 1. Comparison of general data between high BIS group and low BIS group

观察指标	高 BIS 组 (n = 30)	低 BIS 组 (n = 34)	统计量值	P 值	观察指标	高 BIS 组 (n = 30)	低 BIS 组 (n = 34)	统计量值	P 值
性别[例(%)]			0.013	0.909	出血部位[例(%)]			-0.854	0.393
男性	19(63.33)	22(64.71)			基底节区-丘脑	13(43.33)	14(41.18)		
女性	11(36.67)	12(35.29)			小脑	6(20.00)	6(17.65)		
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	58.43 ± 12.19	60.14 ± 10.55	1.072	0.549	脑室	5(16.67)	5(14.71)		
受教育程度($\bar{x} \pm s$, 年)	9.33 ± 3.58	8.94 ± 2.88	0.171	0.524	脑叶	4(13.33)	4(11.76)		
病程[M(P ₂₅ , P ₇₅), h]	9.50(7.50, 12.50)	7.00(5.00, 9.25)	-1.950	0.051	脑桥	1(3.33)	3(8.82)		
体温($\bar{x} \pm s$, °C)	36.98 ± 0.48	37.20 ± 1.02	4.073	0.270	中脑	1(3.33)	2(5.88)		
心率($\bar{x} \pm s$, 次/min)	89.90 ± 13.74	94.64 ± 20.87	2.103	0.294	手术方式[例(%)]			7.639	0.054
收缩压($\bar{x} \pm s$, mm Hg)	166.90 ± 19.30	167.00 ± 29.34	3.402	0.987	单侧 EVD	14(46.67)	6(17.65)		
高血压[例(%)]	27(90.00)	25(73.53)	2.838	0.092	双侧 EVD	8(26.67)	9(26.47)		
糖尿病[例(%)]	8(26.67)	8(23.53)	0.084	0.772	血肿穿刺引流术 + EVD	4(13.33)	11(32.35)		
冠心病[例(%)]	2(6.67)	2(5.88)	0.000	1.000	开颅血肿清除术 + EVD	4(13.33)	8(23.53)		
高脂血症[例(%)]	1(3.33)	1(2.94)	—	1.000	术后应用镇痛药[例(%)]	24(80.00)	21(61.76)	2.539	0.111
吸烟[例(%)]	13(43.33)	16(47.06)	0.089	0.765	术后应用镇静药[例(%)]	19(63.33)	16(47.06)	1.703	0.192
饮酒[例(%)]	13(43.33)	14(41.18)	0.030	0.862					

—, Fisher's exact test, Fisher 确切概率法。Two-independent-sample *t* test for comparison of age, education, body temperature, heart rate and systolic pressure, Mann-Whitney *U* test for comparison of duration and bleeding site, and χ^2 test for comparison of others, 年龄、受教育程度、体温、心率、收缩压的比较行两独立样本的 *t* 检验, 病程和出血部位的比较行 Mann-Whitney *U* 检验, 其余指标的比较行 χ^2 检验。BIS, bispectral index, 脑电双频指数; EVD, extra ventricular drainage, 脑室外引流术

功能缺损, 生存者生活质量显著下降, 给家庭和社会造成沉重负担^[9], 因此采取针对性监测手段和合理预后评估, 进而为神经重症科医师的治疗决策提供依据, 其临床意义显得至关重要。

临床通常采用瞳孔变化、GCS 量表和 GOS 量表评价患者病情变化及预后, 但这些方式易受评价者主观因素的干扰。APACHE II 量表包含的评估项目较多, 涵盖急性生理学指标、GCS 评分、年龄、既往史等因素, 可反映急危重症患者实际病情, 全面客观, 但较为繁琐; qSOFA 量表虽操作简便, 易实施, 但全面性较差, 无法准确评价总体病情^[10]; 影像学检查客观准确, 但成本较高, 无法实现连续监测, 具有滞后性, 且重症患者通常全身有创管路较多, 佩戴呼吸机、血流动力学监测和床旁血滤等设备, 因此检查过程风险较高。脑电图在评估脑出血术后癫痫发作方面具有一定优势, 但是直观性受限, 无法量化, 干扰因素较多^[11]。随着重症监护病房监测技术的不断革新, 越来越多的技术用于病情评估以及预后预测, 主要包括脑电双频指数、颅内压、床旁超声、脑氧代谢、脑血流量、无创血流动力学、电阻抗、连续床旁脑电监测等, 同时更加强调个体化监测原则^[12]。颅内压监测是临床常用指标, 成人正常 ICP

值为 7 ~ 15 mm Hg, 当 ICP 值升至 15 ~ 20 mm Hg 时因脑组织顺应性, 其颅内压仍处于可调节范围^[13]; 当 ICP 值 > 20 mm Hg 时脑损伤急剧进展, 病情恶化, 意识障碍加重, 预后较差, 是急性脑出血患者高病死率和预后不良的重要预测因素^[14]。有研究显示, 预后不良(GOS 评分为 1 ~ 3 分)的自发性脑出血患者平均颅内压 [(27.21 ± 7.87) mm Hg 对 (13.42 ± 3.62) mm Hg, *P* < 0.01] 和脑组织温度 [(38.36 ± 0.65) °C 对 (36.98 ± 0.54) °C, *P* < 0.01] 均高于预后良好(GOS 评分 4 ~ 5 分)患者^[15]; 机器人辅助神经内镜联合颅内压监测的脑出血患者 mRS 评分低于单纯神经内镜治疗患者 [(3.0 ± 1.0) 分对 (3.8 ± 0.8) 分, *P* = 0.011]^[16]。颅内压升高是脑出血患者病死和病残的重要原因, 早期发现并采取针对性措施对改善患者预后具有重要意义, 目前对于脑出血患者颅内压管理和决策主要参考颅脑创伤的治疗原则^[17]。颅内压的最佳静息态阈值呈动态变化, 单纯颅内压监测颅内高压具有一定局限性^[18]。

脑电双频指数监测设备通过对脑电图功率和频率进行双频分析, 将复杂脑电信号进行数字化处理, 转化成无量纲的数字, 可实时反映大脑皮质和皮质下意识水平, 以 0 ~ 100 表示, 100 为完全清醒、

表 2 高 BIS 组与低 BIS 组患者疾病严重程度、BIS 值及术后并发症的比较

Table 2. Comparison of disease severity, BIS value and complications between high BIS group and low BIS group

观察指标	高 BIS 组 (n=30)	低 BIS 组 (n=34)	t 或 χ^2 值	P 值
GCS($\bar{x} \pm s$, 评分)	10.03 ± 2.61	5.00 ± 1.25	9.597	0.000
qSOFA($\bar{x} \pm s$, 评分)	1.10 ± 0.31	1.29 ± 0.46	-2.003	0.050
APACHE II ($\bar{x} \pm s$, 评分)	15.43 ± 4.03	24.05 ± 5.11	-7.426	0.000
ICP 值($\bar{x} \pm s$, mm Hg)	14.86 ± 4.36	22.17 ± 4.41	-6.643	0.000
并发颅内感染[例(%)]	2(6.67)	3(8.82)	0.000*	1.000
并发严重肺部感染[例(%)]	4(13.33)	6(17.65)	0.017*	0.897
人工呼吸道建立[例(%)]	14(46.67)	30(88.24)	12.818	0.000
有创性机械通气[例(%)]	4(13.33)	12(35.29)	4.099	0.043

*adjusted χ^2 value, 校正 χ^2 值。Two-dependent-sample *t* value for comparison of GCS, qSOFA, APACHE II, ICP and BIS, and χ^2 test for comparison of others, GCS, qSOFA, APACHE II, ICP 值和 BIS 值的比较采用两独立样本的 *t* 检验, 其余指标的比较采用 χ^2 检验。BIS, bispectral index, 脑电双频指数; GCS, Glasgow Coma Scale, Glasgow 昏迷量表; qSOFA, quick Sequential Organ Failure Assessment, 快速序贯器官衰竭评分; APACHE II, Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II, 急性生理学和慢性健康状况评估 II; ICP, intracranial pressure, 颅内压

表 3 高 BIS 组与低 BIS 组患者预后的比较($\bar{x} \pm s$)

Table 3. Comparison of clinical prognosis between high BIS group and low BIS group ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	GOS(评分)	mRS(评分)	住院时间(d)
高 BIS 组	30	3.16 ± 1.01	2.86 ± 1.43	15.60 ± 6.31
低 BIS 组	34	2.08 ± 0.51	4.58 ± 0.95	15.44 ± 6.36
<i>t</i> 值		13.964	4.099	0.100
<i>P</i> 值		0.000	0.000	0.921

BIS, bispectral index, 脑电双频指数; GOS, Glasgow Outcome Scale, Glasgow 预后分级; mRS, modified Rankin Scale, 改良 Rankin 量表

85 ~ 100 为正常状态、65 ~ 84 为轻度镇静、40 ~ 64 为麻醉状态、1 ~ 40 为脑电爆发抑制、0 为大脑皮质无电活动^[19], 因其无创、动态、持续监测的特点, 广泛应用于患者麻醉深度、意识状态、机械通气协调性、预后等方面的监测^[20-22]。脑电双频指数作为一种反映脑电功率、频率、位相及谐波等变量的综合指标, BIS 值 < 60 提示大脑皮质电活动减少、意识水平下降^[23-24], 因此本研究以 60 为分界值进行分组。Yan 等^[25]发现, 对于 BIS 值 < 60 的颅脑创伤患者, 其 BIS 值对评价镇静效果以及指导降低颅内压具有一定优势。由于脑电双频指数监测可重复性和连续性较高, 在脑损伤评估和监测方面具有重要价值。Li 等^[26]发现, 颅脑创伤患者 BIS 值与 GCS 评分呈正相关关系($r = 0.729, P < 0.01$), 提示 BIS 值越高、预后越

表 4 自发性脑出血患者术后 BIS 值与疾病严重程度及预后的 Pearson 相关分析和偏相关分析

Table 4. Pearson and partial correlation analyses between BIS value and disease severity and prognosis indicators

变量	Pearson 相关分析		偏相关分析	
	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值
GCS	0.763	0.000	0.704	0.000
qSOFA	-0.487	0.000	-0.282	0.025
APACHE II	-0.745	0.000	-0.646	0.000
ICP	-0.756	0.000	-0.668	0.000
GOS	0.691	0.000	0.633	0.000
mRS	-0.583	0.000	-0.508	0.000

GCS, Glasgow Coma Scale, Glasgow 昏迷量表; qSOFA, quick Sequential Organ Failure Assessment, 快速序贯器官衰竭评分; APACHE II, Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II, 急性生理学和慢性健康状况评估 II; ICP, intracranial pressure, 颅内压; GOS, Glasgow Outcome Scale, Glasgow 预后分级; mRS, modified Rankin Scale, 改良 Rankin 量表

佳。赵丽姝等^[27]认为, BIS 值与脓毒症相关性脑病(SAE)患者 GCS 评分呈正相关关系($r = 0.754, P < 0.05$), 与 APACHE II 评分呈负相关关系($r = -0.657, P < 0.05$)。本研究结果显示, BIS 值与 GCS 和 GOS 评分呈正相关, 与 qSOFA、APACHE II、mRS 评分呈负相关, 提示 BIS 值越高、患者预后越好。GOS 量表和 mRS 量表是神经外科广泛应用的神经功能预后评价量表, 简便且直观, 评价项目涵盖意识状态和神经功能缺损^[28]。自发性脑出血患者通常存在意识障碍和神经功能缺损, 并发症较多, 多器官功能受累, 尤以呼吸道并发症最常见, 患者由于口咽分泌物增多和胃肠道反流, 易出现吸入性肺炎、重症肺炎、急性呼吸窘迫综合征(ARDS)等肺部疾病, 导致部分患者需建立人工呼吸道或有创性机械通气, 本研究参考 2020 年《高血压性脑出血中国多学科诊治指南》^[29]标准, 对 34 例(53.13%)患者建立人工呼吸道、16 例(25%)行有创性机械通气, 其中低 BIS 组人工呼吸道建立($P = 0.000$)和有创性机械通气($P = 0.043$)比例均高于高 BIS 组。研究显示, BIS 值可用于评估重型颅脑创伤患者疾病严重程度和预后^[30], 还可直接反映急性缺血性脑血管病患者意识障碍程度^[31]; 亦有研究显示, BIS 值 < 40 预测脑复苏后神经功能预后不良的灵敏度和特异度均 > 85%, 且 BIS 值 > 60 提示预后良好^[32-33]。BIS 值和 ICP 值也表现出一定的关联性, 颅内压的改变在一定程度上早于脑电双频指数, 重型颅脑创伤患者脑损伤恶化时,

ICP 值呈升高趋势,生命体征急剧波动,意识障碍加重,BIS 值呈降低趋势;反之,病情平稳 ICP 值于正常水平波动时,BIS 值逐渐升高^[34],由此可见,综合分析 BIS 值和 ICP 值的动态变化有助于判断大脑皮质及脑干缺血程度^[35]并及时调整治疗方案。临床实践中应根据 BIS 值的实时动态变化,同时结合 GCS、qSOFA、APACHE II 等评分项目,以及有创性 ICP 值变化趋势和床旁超声连续评估、脑电持续监测等多模态手段综合评价脑出血手术后病情变化,进而指导治疗。

综上所述,自发性脑出血手术后早期进行脑电双频指数监测可直观、有效反映病情变化,及时指导临床治疗,进一步改善患者预后,提高生活质量。然而,本研究为单中心回顾性研究且样本量较小,尚待在前瞻性多中心大样本随机对照试验中进一步探讨脑电双频指数监测的临床应用价值;此外,人工智能(AI)正经历计算智能的上升阶段,医工体系的深度契合以及机器学习在神经科学和重症医学研究的兴起,势必对床旁医学监测技术提出挑战,未来需融合更多学科并融入更多人工智能技术进一步探究^[36-37]。

利益冲突 无

参 考 文 献

- [1] Greenberg SM, Ziai WC, Cordonnier C, Dowlatshahi D, Francis B, Goldstein JN, Hemphill JC 3rd, Johnson R, Keigher KM, Mack WJ, Mocco J, Newton EJ, Ruff IM, Sansing LH, Schulman S, Selim MH, Sheth KN, Sprigg N, Sunnerhagen KS; American Heart Association/American Stroke Association. 2022 guideline for the management of patients with spontaneous intracerebral hemorrhage: a guideline from the American Heart Association/American Stroke Association [J]. *Stroke*, 2022, 53: e282-e361.
- [2] Casault C, Couillard P, Kromm J, Rosenthal E, Kramer A, Brindley P. Multimodal brain monitoring following traumatic brain injury: a primer for intensive care practitioners [J]. *J Intensive Care Soc*, 2022, 23:191-202.
- [3] Neurology Branch, Chinese Medical Association; Cerebrovascular Disease Group, Neurology Branch, Chinese Medical Association. Chinese guidelines for diagnosis and treatment of intracerebral hemorrhage (2019) [J]. *Zhonghua Shen Jing Ke Za Zhi*, 2019, 52:994-1005. [中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国脑出血诊治指南(2019)[J]. *中华神经科杂志*, 2019, 52:994-1005.]
- [4] Jain S, Iverson LM. Glasgow Coma Scale [M]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022.
- [5] Ruan H, Ke D, Liao D. Prognostic accuracy of qSOFA and SIRS for mortality in the Emergency Department: a Meta-analysis and systematic review of prospective studies [J]. *Emerg Med Int*, 2022:1802707.
- [6] Godinjak A, Iglia A, Rama A, Tančica I, Jusufović S, Ajanović A, Kukuljac A. Predictive value of SAPS II and APACHE II scoring systems for patient outcome in a medical intensive care unit [J]. *Acta Med Acad*, 2016, 45:97-103.
- [7] Gaastra B, Ren D, Alexander S, Awad IA, Blackburn S, Doré S, Hanley D, Nyquist P, Bulters D, Galea I. Evidence - based interconversion of the Glasgow Outcome and modified Rankin scales: pitfalls and best practices [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2022, 31:106845.
- [8] Erler KS, Wu R, DiCarlo JA, Petrilli MF, Gochyyev P, Hochberg LR, Kautz SA, Schwamm LH, Cramer SC, Finklestein SP, Lin DJ. Association of Modified Rankin Scale with recovery phenotypes in patients with upper extremity weakness after stroke [J]. *Neurology*, 2022, 98:e1877-e1885.
- [9] Jarrahi A, Shah M, Ahluwalia M, Khodadadi H, Vaibhav K, Bruno A, Baban B, Hess DC, Dhandapani KM, Vender JR. Pilot study of remote ischemic conditioning in acute spontaneous intracerebral hemorrhage [J]. *Front Neurosci*, 2022, 16:791035.
- [10] Bakir M, Öksüz C, Karakeçili F, Baykam N, Barut Ş, Büyüktuna SA, Özkurt Z, Öz M, Barkay O, Akdoğan Ö, Elaldi N, Hasbek M, Engin A. Which scoring system is effective in predicting mortality in patients with Crimean Congo hemorrhagic fever: a validation study [J]? *Pathog Glob Health*, 2022, 116:193-200.
- [11] Ghasemi M, Azeem MU, Muehlschlegel S, Chu F, Henninger N. Prescription patterns for routine EEG ordering in patients with intracranial hemorrhage admitted to a neurointensive care unit [J]. *J Crit Care*, 2019, 50:262-268.
- [12] Au AK, Bell MJ, Fink EL, Aneja RK, Kochanek PM, Clark RSB. Brain - specific serum biomarkers predict neurological morbidity in diagnostically diverse Pediatric Intensive Care Unit patients [J]. *Neurocrit Care*, 2018, 28:26-34.
- [13] Shaw M, Moss L, Hawthorne C, Kinsella J, Piper I. Investigation of the relationship between the burden of raised ICP and the length of stay in a Neuro-Intensive Care Unit [J]. *Acta Neurochir Suppl*, 2018, 126:205-208.
- [14] Zeiler FA, Ercole A, Cabeleira M, Beqiri E, Zoerle T, Carbonara M, Stocchetti N, Menon DK, Lazaridis C, Smielewski P, Czosnyka M; CENTER-TBI High Resolution ICU Sub-Study Participants and Investigators. Patient - specific ICP epidemiologic thresholds in adult traumatic brain injury: a CENTER - TBI Validation Study [J]. *J Neurosurg Anesthesiol*, 2021, 33:28-38.
- [15] Sun Z, Liu J, Dong S, Duan X, Xue F, Miao X. Prognostic predictive value of intracranial pressure and cerebral oxygen metabolism monitoring in patients with spontaneous intracerebral hemorrhage [J]. *Acta Neurol Belg*, 2022. [Epub ahead of print]
- [16] Wu S, Wang H, Wang J, Hu F, Jiang W, Lei T, Shu K. Effect of robot - assisted neuroendoscopic hematoma evacuation combined intracranial pressure monitoring for the treatment of hypertensive intracerebral hemorrhage [J]. *Front Neurol*, 2021, 12:722924.
- [17] Wang T, Liang RC, Feng JF, Duan YH, Wang B, Cui SH, Jiang YD, Zhou M, Chen P. Prognostic value of intracranial pressure related parameters in patients with traumatic brain injury [J]. *Zhonghua Shen Jing Wai Ke Za Zhi*, 2020, 36:1021-1024. [王涛, 梁日出, 冯军峰, 段永红, 王兵, 崔晟华, 蒋园丁, 周敏, 陈平. 颅内压相关参数对闭合性颅脑创伤患者预后的预测价值 [J]. *中华神经外科杂志*, 2020, 36:1021-1024.]
- [18] El-Swaify ST, Kamel M, Ali SH, Bahaa B, Refaat MA, Amir A, Abdelrazek A, Beshay PW, Basha AKMM. Initial neurocritical care of severe traumatic brain injury: new paradigms and old challenges [J]. *Surg Neurol Int*, 2022, 13:431.

- [19] Wang ZH, Chen H, Yang YL, Shi ZH, Guo QH, Li YW, Sun LP, Qiao W, Zhou GH, Yu RG, Yin K, He X, Xu M, Brochard LJ, Zhou JX. Bispectral index can reliably detect deep sedation in mechanically ventilated patients: a prospective multicenter validation study[J]. *Anesth Analg*, 2017, 125:176-183.
- [20] Heavner MS, Gorman EF, Linn DD, Yeung SYA, Miano TA. Systematic review and meta-analysis of the correlation between bispectral index (BIS) and clinical sedation scales: toward defining the role of BIS in critically ill patients [J]. *Pharmacotherapy*, 2022, 42:667-676.
- [21] Hernández - Hernández MA, Cherchi MS, Torres - Díez E, Orizaola P, Martín - Lázex R, Fernández - Torre JL. Bispectral index monitoring to detect delayed cerebral ischemia after aneurysmal subarachnoid hemorrhage[J]. *J Crit Care*, 2022, 72: 154154.
- [22] Qu J, Liu JY, Li BF, Han YB, Lü H, Yu HM, Ren Y, Wang J. Analysis of electrophysiological results of subthalamic nucleus in deep brain stimulation under local or general anesthesia for Parkinson's disease[J]. *Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi*, 2020, 20:1050-1056.[曲婧, 刘济源, 李变芳, 韩奕勃, 吕红, 禹红梅, 任艳, 王军. 帕金森病患者不同麻醉方式下脑深部电刺激术中丘脑底核电生理监测对比分析[J]. *中国现代神经疾病杂志*, 2020, 20:1050-1056.]
- [23] Mathur S, Patel J, Goldstein S, Jain A. Bispectral Index [M]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022.
- [24] Pittalis A, Cavinato M, Romano S, Elefante P, Tinti G, Barbi E, Sagredini R. Correlation between Bispectral Index and EEG[J]. *Minerva Anestesiol*, 2021, 87:1056-1057.
- [25] Yan K, Pang L, Gao H, Zhang H, Zhen Y, Ruan S, Wu W, Xu W, Gong K, Zhou X, Na H. The influence of sedation level guided by Bispectral Index on therapeutic effects for patients with severe traumatic brain injury patients [J]. *World Neurosurg*, 2018, 110:e671-e683.
- [26] Li S, Fei Z, Zhang J, Shu G, Wang J, Cai P, Gong L, Kong L, Xu L, Qiu F, Chen L, Yuan J, Zhou D. Bispectral Index values are accurate diagnostic indices correlated with Glasgow Coma Scale Scores[J]. *J Neurosci Nurs*, 2019, 1:74-78.
- [27] Zhao LS, Zhang L, Yang GH. Continuous BIS monitoring for patients with sepsis - associated encephalopathy [J]. *Zhongguo Xian Dai Yi Xue Za Zhi*, 2016, 26:123-126.[赵丽姝, 张莉, 杨光虎. 持续脑电双频指数监测在脓毒症脑病患者中的应用价值[J]. *中国现代医学杂志*, 2016, 26:123-126.]
- [28] Algburi HA, Ismail M, Mallah SI, Alduraibi LS, Albairmani S, Abdulameer AO, Alayyaf AS, Aljuboori Z, Andaluz N, Hoz SS. Outcome measures in neurosurgery: is a unified approach better? A literature review[J]. *Surg Neurol Int*, 2023, 14:61.
- [29] Neurosurgery Branch, Chinese Medical Association; Emergency Physicians Branch, Chinese Medical Doctor Association; Cerebrovascular Disease Group, Neurology Branch, Chinese Medical Association; Stroke Screening and Prevention Project Committee, National Health Commission. Chinese multidisciplinary guidelines for the diagnosis and treatment of hypertensive intracerebral hemorrhage [J]. *Zhongguo Ji Jiu Yi Xue*, 2020, 40:689-702.[中华医学会神经外科学分会, 中国医师协会急诊医师分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组, 国家卫健委脑卒中筛查与防治工程委员会. 高血压性脑出血中国多学科诊治指南[J]. *中国急救医学*, 2020, 40:689-702.]
- [30] Shi D, Shen C, Wu J, Xu F, Feng Z, Xiang D, Li J, Chen J. Evaluation of prognosis of coma patients with acute brain injury by electroencephalogram bispectral index monitoring [J]. *J Trauma Nurs*, 2021, 28:298-303.
- [31] Qin W, Wang S, Yang L, Yuan J, Niu S, Hu W. Correlation between bispectral index and prognosis of patients with acute cerebral infarction[J]. *Curr Neurovasc Res*, 2021, 18:389-394.
- [32] Selig C, Riegger C, Dirks B, Pawlik M, Seyfried T, Klingler W. Bispectral index (BIS) and suppression ratio (SR) as an early predictor of unfavourable neurological outcome after cardiac arrest[J]. *Resuscitation*, 2014, 85:221-226.
- [33] Dunham CM, Ransom KJ, McAuley CE, Gruber BS, Mangalath D, Flowers LL. Severe brain injury ICU outcomes are associated with Cranial-Arterial Pressure Index and noninvasive Bispectral Index and transcranial oxygen saturation: a prospective, preliminary study[J]. *Critical Care*, 2006, 10:R159.
- [34] Dong L, Tang C, Zhang HZ, Chen L, Wei M, Wang XD. Combined monitoring of intracranial pressure and bispectral index in patients with severe craniocerebral trauma after operation[J]. *Guo Ji Wai Ke Xue Za Zhi*, 2017, 44:464-467.[董伦, 汤灿, 张恒柱, 陈浪, 魏民, 王杏东. 颅内压及脑电双频指数联合监测在重型颅脑外伤患者术后临床应用中的研究[J]. *国际外科学杂志*, 2017, 44:464-467.]
- [35] Cavus E, Meybohm P, Doerges V, Hoecker J, Betz M, Hanss R, Steinfath M, Bein B. Effects of cerebral hypoperfusion on bispectral index: a randomised, controlled animal experiment during haemorrhagic shock [J]. *Resuscitation*, 2010, 81:1183-1189.
- [36] Nanning KH, Langs G. Machine learning in neuroimaging: from research to clinical practice[J]. *Radiologie (Heidellb)*, 2022, 62 (Suppl 1):1-10.
- [37] Zhao X, Lu Y, Li S, Guo F, Xue H, Jiang L, Wang Z, Zhang C, Xie W, Zhu F. Predicting renal function recovery and short-term reversibility among acute kidney injury patients in the ICU: comparison of machine learning methods and conventional regression[J]. *Ren Fail*, 2022, 44:1326-1337.

(收稿日期:2023-03-14)

(本文编辑:柏钰)