

定量脑电图指标对急性脑损伤患者意识状态的预测价值研究



徐斌¹, 元小冬¹, 张萍淑¹, 赵莹², 王京², 欧亚¹

【摘要】 目的 分析定量脑电图指标 (qEEG) 对急性脑损伤患者意识状态的预测价值。方法 前瞻性连续收集 2020年9月至2021年6月在华北理工大学附属开滦总医院神经内科重症加强治疗病房诊治的急性脑损伤患者78例为研究对象。依据格拉斯哥昏迷量表 (GCS) 评分, 将患者分为清醒组 (GCS评分为15分, 25例)、意识障碍组 (GCS评分为9~14分, 35例)、昏迷组 (GCS评分为5~8分, 18例)。收集患者一般资料、qEEG监测指标 [左、右侧前额区 (Fp1、Fp2)、额区 (F3、F4)、中央区 (C3、C4)、顶区 (P3、P4)、枕区 (O1、O2)、前颞区 (F7、F8)、中颞区 (T3、T4)、后颞区 (T5、T6) 的 α 、 θ 、 δ 、 β 脑波绝对功率值和各导联、全脑平均 α/θ 、 $\alpha/(\delta+\theta)$ 脑波绝对功率比值]。采用ROC曲线分析全脑平均 α/θ 、 $\alpha/(\delta+\theta)$ 脑波绝对功率比值预测急性脑损伤患者发生意识障碍、昏迷的价值。结果 意识障碍组有高血压史者所占比例高于清醒组 ($P<0.05$)。意识障碍组、昏迷组Fp1、Fp2、F3、F4、C4、P3、O2、F8、T3、T5、T6导联 α 脑波绝对功率值低于清醒组, 昏迷组C3、O1、F7、T4导联 α 脑波绝对功率值低于清醒组 ($P<0.05$); 昏迷组Fp1导联 α 脑波绝对功率值低于意识障碍组 ($P<0.05$)。意识障碍组、昏迷组Fp1、Fp2、F3、F4、C3、C4、P3、P4、O1、O2、F7、F8、T3、T4、T5、T6导联 θ 脑波绝对功率值高于清醒组 ($P<0.05$); 昏迷组Fp1、Fp2、F3、F4、C3、C4、P3、O1、F8导联 θ 脑波绝对功率值高于意识障碍组 ($P<0.05$)。昏迷组Fp1、Fp2、F3、F4、C3、P3、F7、F8导联 δ 脑波绝对功率值高于清醒组 ($P<0.05$); 昏迷组Fp1、F3、C3导联 δ 脑波绝对功率值高于意识障碍组 ($P<0.05$)。三组C4、P4、F8导联 β 脑波绝对功率值比较, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。意识障碍组、昏迷组Fp1、Fp2、F3、F4、C3、P3、P4、O1、O2、F7、F8、T3、T4、T5、T6导联及全脑平均 α/θ 、 $\alpha/(\delta+\theta)$ 脑波绝对功率比值和C4导联 α/θ 脑波绝对功率比值低于清醒组, 昏迷组C4导联 $\alpha/(\delta+\theta)$ 脑波绝对功率比值低于清醒组 ($P<0.05$); 昏迷组F3、C4、P4导联及全脑平均 α/θ 脑波绝对功率比值和C4导联 $\alpha/(\delta+\theta)$ 脑波绝对功率比值低于意识障碍组 ($P<0.05$)。ROC曲线分析结果显示, 全脑平均 α/θ 、 $\alpha/(\delta+\theta)$ 脑波绝对功率比值预测急性脑损伤患者发生意识障碍的AUC分别为0.838 [95%CI (0.752, 0.924)]、0.825 [95%CI (0.736, 0.915)], 最佳截断值分别为1.364、0.566, 灵敏度分别为73.6%、69.8%, 特异度分别为88.0%、88.0%, 约登指数分别为0.616、0.578, 阳性似然比分别为6.132、5.818, 阴性似然比分别为0.300、0.343; 全脑平均 α/θ 、 $\alpha/(\delta+\theta)$ 脑波绝对功率比值预测急性脑损伤患者发生昏迷的AUC分别为0.833 [95%CI (0.741, 0.926)]、0.850 [95%CI (0.750, 0.950)], 最佳截断值分别为1.080、0.342, 灵敏度分别为88.9%、83.3%, 特异度分别为68.3%、81.7%, 约登指数分别为0.572、0.650, 阳性似然比分别为2.807、4.545, 阴性似然比分别为0.163、0.204。结论 从意识障碍的发生到昏迷状态, 急性脑损伤患者全脑 α 脑波绝对功率值减低、 θ 脑波绝对功率值增高以及左、右侧前额区、额区、前颞区 δ 脑波绝对功率值增高, 且全脑平均 α/θ 、 $\alpha/(\delta+\theta)$ 脑波绝对功率比值对急性脑损伤患者发生意识障碍、昏迷有一定预测价值。

【关键词】 脑损伤; 定量脑电图; 脑电描记术; 脑电图; 意识障碍; 昏迷; 预测

【中图分类号】 R 651.15 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2022.00.097

徐斌, 元小冬, 张萍淑, 等. 定量脑电图指标对急性脑损伤患者意识状态的预测价值研究 [J]. 实用心脑血管病杂志, 2022, 30 (4): 52-59. [www.syxnf.net]

XU B, YUAN X D, ZHANG P S, et al. Predictive value of quantitative electroencephalogram indexes on the state of consciousness in patients with acute brain injury [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2022, 30 (4): 52-59.

Predictive Value of Quantitative Electroencephalogram Indexes on the State of Consciousness in Patients with Acute Brain Injury XU Bin¹, YUAN Xiaodong¹, ZHANG Pingshu¹, ZHAO Ying², WANG Jing², OU Ya¹

基金项目: 2020年河北省省级科技计划 (第六批) 项目 (203777116D); 2020年度河北省医学适用技术跟踪项目 (GZ2020002); 河北省2020年度医学科学研究课题计划项目 (20201283)

1.063000河北省唐山市, 华北理工大学附属开滦总医院神经内科 2.063000河北省唐山市, 河北省神经生物机能重点实验室

通信作者: 张萍淑, E-mail: 1977nana@sina.com

1. Department of Neurology, Kailuan General Hospital Affiliated to North China University of Science and Technology, Tangshan 063000, China

2. Hebei Key Laboratory of Neurobiological Function, Tangshan 063000, China

Corresponding author: ZHANG Pingshu, E-mail: 1977nana@sina.com

【 Abstract 】 Objective To analyze the predictive value of quantitative electroencephalogram (qEEG) indexes on the state of consciousness in patients with acute brain injury. **Methods** A total of 78 patients with acute brain injury who were diagnosed and treated in the Intensive Care Unit of Department of Neurology, Kailuan General Hospital Affiliated to North China University of Science and Technology from September 2020 to June 2021 were prospectively and consecutively collected as the research objects. According to the Glasgow Coma Scale (GCS) score, the patients were divided into the awake group (GCS score of 15 points, 25 cases), the consciousness disorder group (GCS score of 9–14 points, 35 cases), and the coma group (GCS score of 5–8 points, 18 cases). The general data and qEEG monitoring indexes [absolute power values of α , θ , δ , β brainwave of left and right frontal regions (Fp1, Fp2), frontal regions (F3, F4), central regions (C3, C4), parietal regions (P3, P4), occipital regions (O1, O2), anterior temporal regions (F7, F8), middle temporal regions (T3, T4), and posterior temporal regions (T5, T6) and the ratio of absolute power values of α/θ , $\alpha/(\delta+\theta)$ brainwave in each lead and the average ratio of absolute power values of α/θ , $\alpha/(\delta+\theta)$ brainwave of the whole brain] of the patients were collected. The ROC curve was used to analyze the value of average ratio of absolute power values of α/θ , $\alpha/(\delta+\theta)$ brainwave of the whole brain in predicting the occurrence of consciousness disorder and coma in patients with acute brain injury. **Results** The proportion of patients with hypertension history in consciousness disorder group was higher than that in awake group ($P < 0.05$). The absolute power values of α brainwave of Fp1, Fp2, F3, F4, C4, P3, O2, F8, T3, T5, T6 lead in consciousness disorder group and coma group were lower than those in awake group, and absolute power values of α brainwave of C3, O1, F7, T4 lead in coma group were lower than those in awake group ($P < 0.05$). The absolute power value of α brainwave of Fp1 lead in coma group was lower than that in consciousness disorder group ($P < 0.05$). The absolute power values of θ brainwave of Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, F7, F8, T3, T4, T5, T6 lead in consciousness disorder group and coma group were higher than those in awake group ($P < 0.05$). The absolute power values of θ brainwave of Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, O1 and F8 lead in coma group were higher than those in consciousness disorder group ($P < 0.05$). The absolute power values of δ brainwave of Fp1, Fp2, F3, F4, C3, P3, F7 and F8 lead in coma group were higher than those in awake group ($P < 0.05$). The absolute power values of δ brainwave of Fp1, F3 and C3 lead in coma group were higher than those in consciousness disorder group ($P < 0.05$). The absolute power values of δ brainwave of C4, P4 and F8 lead were significantly different among the three groups ($P < 0.05$). The ratio of absolute power values of α/θ , $\alpha/(\delta+\theta)$ brainwave of Fp1, Fp2, F3, F4, C3, P3, P4, O1, O2, F7, F8, T3, T4, T5, T6 lead and average ratio of absolute power values of α/θ , $\alpha/(\delta+\theta)$ brainwave of the whole brain, and the ratio of absolute power values of α/θ of C4 lead in consciousness disorder group and coma group were lower than those in awake group, and the ratio of absolute power values of $\alpha/(\delta+\theta)$ of C4 lead in coma group were lower than those in awake group ($P < 0.05$). The ratio of absolute power values of α/θ brainwave of F3, C4, P4 lead and average ratio of absolute power values of α/θ brainwave of the whole brain, the ratio of absolute power values of $\alpha/(\delta+\theta)$ of C4 lead in coma group were lower than those in consciousness disorder group ($P < 0.05$). ROC curve analysis showed that the AUC of average ratio of absolute power values of α/θ , $\alpha/(\delta+\theta)$ brainwave of the whole brain in predicting consciousness disorder in patients with acute brain injury were 0.838 [95%CI (0.752, 0.924)] and 0.825 [95%CI (0.736, 0.915)], respectively. The best cut-off values were 1.364 and 0.566, the sensitivity was 73.6% and 69.8%, the specificity was 88.0% and 88.0%, the Youden indexes were 0.616 and 0.578, the positive likelihood ratio was 6.132 and 5.818, and the negative likelihood ratio was 0.300 and 0.343, respectively. The AUC of average ratio of absolute power values of α/θ , $\alpha/(\delta+\theta)$ brainwave of the whole brain in predicting coma in patients with acute brain injury were 0.833 [95%CI (0.741, 0.926)] and 0.850 [95%CI (0.750, 0.950)], and the best cut-off values were 1.080 and 0.342, respectively. The sensitivity was 88.9% and 83.3%, the specificity was 68.3% and 81.7%, the Youden index was 0.572 and 0.650, the positive likelihood ratio was 2.807 and 4.545, and the negative likelihood ratio was 0.163 and 0.204, respectively. **Conclusion** From the occurrence of consciousness disorder to coma, the absolute power values of α brainwave of the whole brain decreased, absolute power values of θ brainwave of the whole brain increased, and the absolute power values of δ brainwave of left and right frontal regions, frontal regions and anterior temporal regions increased in patients with acute brain injury, and the average ratio of absolute power values of α/θ , $\alpha/(\delta+\theta)$ brainwave of the whole brain have certain predictive value for consciousness disorder and coma in patients with acute brain injury.

【 Key words 】 Brain injuries; Quantitative electroencephalogram; Electroencephalography; Electroencephalogram; Consciousness disorders; Coma; Forecasting

意识障碍是神经内科危重症患者的常见症状之一，主要是因脑干上行网状激活系统和/或两侧大脑皮质功能严重受损所致，其是患者预后差和死亡率高的重要原因^[1-2]。目前临床对于意识状态的评定主要依据格拉斯哥昏迷量表（Glasgow Coma Scale, GCS）评分，但不同人员评定结果略有差异，缺乏客观性，因此，早期预测意识障碍的发生及恢复情况具有非常重要的临床意义。脑电生理学监测技术是评价大脑皮质功能状态和脑功能损伤程度及意识障碍患者预后的重要方法，研究表明，脑电活动与神经重症患者的大脑功能关系密切^[3-4]。定量脑电图（quantitative electroencephalogram, qEEG）作为一种新型的脑电生理学检测技术，可在经典的记录大脑神经元电生理活动的脑电图（electroencephalogram, EEG）基础上，将原始、复杂、多变的脑电生理学曲线图转化为定量、单一、有序的自然数据，从而提高对脑功能变化的敏感性^[5]。本研究应用qEEG监测急性脑损伤患者各导联不同波段脑波绝对功率值及其相关比值，并分析其对患者意识状态（意识障碍、昏迷）的预测价值，从而为发生意识状态改变的患者的临床个体化诊治提供客观依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

前瞻性连续收集2020年9月至2021年6月在华北理工大学附属开滦总医院神经内科重症加强治疗病房诊治的急性脑损伤患者78例为研究对象，其中男60例，女18例；年龄29~88岁，平均（65.2±11.5）岁；疾病类型：缺血性脑卒中64例，出血性脑卒中12例，中枢神经系统感染1例，代谢性脑病1例。纳入标准：（1）年龄≥18岁；（2）视频脑电监测时间≥4 h；（3）SpO₂≥95%。排除标准：（1）进行qEEG监测时应用冰毯、冰帽降温及应用镇静、催眠、麻醉类药物者；（2）行颅脑手术者；（3）有精神类疾病史者；（4）伴有非惊厥性癫痫、惊厥性癫痫者；（5）谵妄躁动者；（6）脑死亡者。依据GCS评分，将患者分为清醒组（GCS评分为15分，25例）、意识障碍组（GCS评分为9~14分，35例）、昏迷组（GCS评分为5~8分，18例）。GCS包括睁眼反应（得分范围为1~4分）、语言反应（得分范围为1~5分）、运动反应（得分范围为1~6分）3个项目，总分范围为3~15分；GCS评分为15分表示患者意识清楚，12~14分表示患者存在轻度意识障碍，9~11分表示患者存在中度意识障碍，5~8分表示患者昏迷，<5分表示患者有严重脑损伤^[6]。本项研究符合《赫尔辛基宣言》，经华北理工大学附属开滦总医院医学伦理委员会批准同意（编号：2020011），且患者监护人对本研究知情同意。

1.2 研究方法

1.2.1 一般资料收集

收集患者一般资料，包括性别、

年龄、吸烟情况、饮酒情况、高血压史、糖尿病史、高脂血症史、高同型半胱氨酸血症史。

1.2.2 qEEG监测

患者入院24~48 h应用北京太阳电子科技有限公司生产的SOLAR3000N型神经中央监护分析系统（血压、心率、呼吸、SpO₂、脑电监测、睡眠监测）进行4~6 h的长时程连续视频脑电监测（continuous video electroencephalogram, CVEEG），采用国际10/20系统安放16导联单极记录法记录左、右侧前额区（Fp1、Fp2）、额区（F3、F4）、中央区（C3、C4）、顶区（P3、P4）、枕区（O1、O2）、前颞区（F7、F8）、中颞区（T3、T4）、后颞区（T5、T6）的脑电数据。参考电极为双侧乳突，低频滤波为0.5 Hz，高频滤波为35 Hz，时间常数为0.3 s，各导联阻抗为20 kΩ以内。应用脑功能分析软件分析各导联α（8~13 Hz）、θ（4~7 Hz）、δ（1~3 Hz）、β（14~20 Hz）脑波绝对功率值，计算各导联、全脑平均α/θ、α/（δ+θ）脑波绝对功率比值，分析尺度为10 s，随机提取无干扰的CVEEG结果进行离线qEEG分析。

1.3 统计学方法

应用SPSS 20.0软件进行统计学分析。符合正态分布的计量资料以（ $\bar{x} \pm s$ ）表示，多组间比较采用单因素方差分析，组间两两比较采用 q 检验；非正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示，组间比较采用非参数检验。计数资料以相对数表示，组间比较采用 χ^2 检验。采用ROC曲线分析全脑平均α/θ、α/（δ+θ）脑波绝对功率比值预测急性脑损伤患者发生意识障碍、昏迷的价值。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 三组一般资料比较

三组性别、年龄、吸烟率、饮酒率及有糖尿病、高脂血症、高同型半胱氨酸血症者所占比例比较，差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）；三组有高血压史者所占比例比较，差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ）。意识障碍组有高血压史者所占比例高于清醒组，差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ），见表1。

2.2 三组各导联α、θ、δ、β脑波绝对功率值比较

三组Fp1、Fp2、F3、F4、C3、C4、P3、O1、O2、F7、F8、T3、T4、T5、T6导联α脑波绝对功率值比较，差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ）；三组P4导联α脑波绝对功率值比较，差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）。意识障碍组、昏迷组Fp1、Fp2、F3、F4、C4、P3、O2、F8、T3、T5、T6导联α脑波绝对功率值低于清醒组，昏迷组C3、O1、F7、T4导联α脑波绝对功率值低于清醒组，差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ）；昏迷组Fp1导联α脑波绝对功率值低于意识障碍组，差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ），见表2。

三组Fp1、Fp2、F3、F4、C3、C4、P3、P4、O1、

表1 三组一般资料比较
Table 1 Comparison of general data in the three groups

组别	例数	性别 (男/女)	年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	吸烟 [n (%)]	饮酒 [n (%)]	高血压史 [n (%)]	糖尿病史 [n (%)]	高脂血症史 [n (%)]	高同型半胱氨酸血症史 [n (%)]
清醒组	25	20/5	63.2 ± 12.6	13 (52.0)	10 (40.0)	15 (60.0)	7 (28.0)	5 (20.0)	15 (60.0)
意识障碍组	35	27/8	67.3 ± 9.6	11 (31.4)	8 (22.9)	31 (88.6) ^a	8 (22.9)	10 (28.6)	16 (45.7)
昏迷组	18	13/5	65.7 ± 13.2	8/18	7/18	13/18	6/18	7/18	6/18
$\chi^2 (F)$ 值		0.358	0.894 ^b	2.664	2.470	6.610	0.685	1.848	3.060
P值		0.836	0.413	0.264	0.291	0.037	0.710	0.397	0.217

注: ^a表示与清醒组比较, $P < 0.05$; ^b表示F值

O2、F7、F8、T3、T4、T5、T6导联 θ 脑波绝对功率值比较, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。意识障碍组、昏迷组Fp1、Fp2、F3、F4、C3、C4、P3、P4、O1、O2、F7、F8、T3、T4、T5、T6导联 θ 脑波绝对功率值高于清醒组, 差异有统计学意义($P < 0.05$); 昏迷组Fp1、Fp2、F3、F4、C3、C4、P3、O1、F8导联 θ 脑波绝对功率值高于意识障碍组, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 见表2。

三组Fp1、Fp2、F3、F4、C3、P3、F7、F8导联 δ 脑波绝对功率值比较, 差异有统计学意义($P < 0.05$); 三组C4、P4、O1、O2、T3、T4、T5、T6导联 δ 脑波绝对功率值比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。昏迷组Fp1、Fp2、F3、F4、C3、P3、F7、F8导联 δ 脑波绝对功率值高于清醒组, 差异有统计学意义($P < 0.05$); 昏迷组Fp1、F3、C3导联 δ 脑波绝对功率值高于意识障碍组, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 见表2。

三组Fp1、Fp2、F3、F4、C3、P3、O1、O2、F7、T3、T4、T5、T6导联 β 脑波绝对功率值比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$); 三组C4、P4、F8导联 β 脑波绝对功率值比较, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 见表2。

2.3 三组各导联、全脑平均 α/θ 、 $\alpha/(\delta+\theta)$ 脑波绝对功率比值比较 三组Fp1、Fp2、F3、F4、C3、C4、P3、P4、O1、O2、F7、F8、T3、T4、T5、T6导联及全脑平均 α/θ 、 $\alpha/(\delta+\theta)$ 脑波绝对功率比值比较, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。意识障碍组、昏迷组Fp1、Fp2、F3、F4、C3、P3、P4、O1、O2、F7、F8、T3、T4、T5、T6导联及全脑平均 α/θ 、 $\alpha/(\delta+\theta)$ 脑波绝对功率比值和C4导联 α/θ 脑波绝对功率比值低于清醒组, 昏迷组C4导联 $\alpha/(\delta+\theta)$ 脑波绝对功率比值低于清醒组, 差异有统计学意义($P < 0.05$); 昏迷组F3、C4、P4导联及全脑平均 α/θ 脑波绝对功率比值和C4导联 $\alpha/(\delta+\theta)$ 脑波绝对功率比值低于意识障碍组, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 见表3。

2.4 全脑平均 α/θ 、 $\alpha/(\delta+\theta)$ 脑波绝对功率比值

预测急性脑损伤患者发生意识障碍、昏迷的价值 ROC曲线分析结果显示, 全脑平均 α/θ 、 $\alpha/(\delta+\theta)$ 脑波绝对功率比值预测急性脑损伤患者发生意识障碍的AUC分别为0.838 [95%CI (0.752, 0.924)]、0.825 [95%CI (0.736, 0.915)], 最佳截断值分别为1.364、0.566, 灵敏度分别为73.6%、69.8%, 特异度分别为88.0%、88.0%, 约登指数分别为0.616、0.578, 阳性似然比分别为6.132、5.818, 阴性似然比分别为0.300、0.343, 见图1。

全脑平均 α/θ 、 $\alpha/(\delta+\theta)$ 脑波绝对功率比值预测急性脑损伤患者发生昏迷的AUC分别为0.833 [95%CI (0.741, 0.926)]、0.850 [95%CI (0.750, 0.950)], 最佳截断值分别为1.080、0.342, 灵敏度分别为88.9%、83.3%, 特异度分别为68.3%、81.7%, 约登指数分别为0.572、0.650, 阳性似然比分别为2.807、4.545, 阴性似然比分别为0.163、0.204, 见图2。

3 讨论

一系列研究表明, EEG的异常程度包括脑波的频率、数量、分布范围, 其与脑损伤后患者的临床功能及意识程度呈正相关^[7]。qEEG在原有EEG的基础上, 可结合计算机与数学方法将数据量化, 使原始随时间变化的脑电波转化为随频率变化的数字化信号, 量化相关参数使结果分析更加客观, 更便于临床医师对大脑皮质功能的分析阅读与理解^[8-9]。本研究应用qEEG监测急性脑损伤患者各导联不同波段脑波绝对功率值及其相关比值, 并分析其对患者意识状态(意识障碍、昏迷)的预测价值。

本研究结果显示, 意识障碍组有高血压史者所占比例高于清醒组, 提示血压升高可能影响急性脑损伤患者发病时的意识状态。有观点认为, 急性脑损伤患者大脑自我调节可能发生过度或失控调节, 导致高频内压、应激反应等多种引起血压升高的因素, 进而引起脑组织缺血缺氧、组织损伤、周围水肿带形成, 若不及时治疗高血压将增加预后不良风险^[10-12]。

正常人量化脑电地形图功率频带以 α 频带占比为主, 而麻醉状态、脑创伤及昏迷患者的功率谱向慢波频

表2 三组各导联 α 、 θ 、 δ 、 β 脑波绝对功率值比较
Table 2 Comparison of absolute power values of α , θ , δ , β brainwave in each lead in the three groups

脑波	导联	清醒组 (n=25)	意识障碍组 (n=35)	昏迷组 (n=18)	F (H) 值	P值	
α	Fp1 ($\bar{x} \pm s$)	98.19 ± 44.60	74.78 ± 47.88 ^b	49.77 ± 27.68 ^{bc}	6.685	0.002	
	Fp2 [$M (P_{25}, P_{75})$]	85.35 (52.94, 155.87)	58.83 (34.89, 81.73) ^b	51.04 (27.72, 97.79) ^b	6.860 ^a	0.032	
	F3 ($\bar{x} \pm s$)	125.04 ± 94.34	82.49 ± 58.80 ^b	61.66 ± 33.45 ^b	5.032	0.009	
	F4 ($\bar{x} \pm s$)	108.41 ± 49.98	68.58 ± 30.01 ^b	57.84 ± 23.31 ^b	12.580	<0.001	
	C3 ($\bar{x} \pm s$)	105.15 ± 53.67	79.93 ± 48.93	62.79 ± 39.78 ^b	4.198	0.019	
	C4 [$M (P_{25}, P_{75})$]	78.57 (49.39, 150.18)	57.50 (32.34, 74.06) ^b	45.90 (23.30, 79.73) ^b	6.214 ^a	0.045	
	P3 ($\bar{x} \pm s$)	89.37 ± 73.58	57.44 ± 51.20 ^b	43.60 ± 35.46 ^b	3.910	0.024	
	P4 [$M (P_{25}, P_{75})$]	58.76 (28.85, 139.43)	41.63 (22.79, 61.95)	37.72 (18.99, 57.46)	5.305 ^a	0.070	
	O1 ($\bar{x} \pm s$)	74.75 ± 55.08	53.23 ± 44.96	34.09 ± 23.38 ^b	4.399	0.016	
	O2 ($\bar{x} \pm s$)	77.20 ± 35.89	44.88 ± 29.43 ^b	35.23 ± 18.89 ^b	12.776	<0.001	
	F7 ($\bar{x} \pm s$)	104.12 ± 69.22	77.80 ± 68.30	49.47 ± 30.14 ^b	4.084	0.021	
	F8 [$M (P_{25}, P_{75})$]	90.77 (51.84, 168.54)	57.38 (31.85, 79.23) ^b	45.06 (21.06, 76.36) ^b	7.992 ^a	0.018	
	T3 [$M (P_{25}, P_{75})$]	63.45 (28.52, 146.59)	44.68 (23.06, 67.74) ^b	38.50 (15.02, 49.89) ^b	7.331 ^a	0.026	
	T4 ($\bar{x} \pm s$)	73.16 ± 51.97	55.62 ± 37.30	40.59 ± 30.43 ^b	3.341	0.041	
	T5 ($\bar{x} \pm s$)	74.70 ± 50.69	53.35 ± 39.27 ^b	32.54 ± 20.56 ^b	5.833	0.004	
	T6 ($\bar{x} \pm s$)	72.96 ± 57.39	44.50 ± 30.59 ^b	39.68 ± 25.26 ^b	4.826	0.011	
	θ	Fp1 ($\bar{x} \pm s$)	56.04 ± 14.04	86.16 ± 36.84 ^b	125.71 ± 38.53 ^{bc}	25.038	<0.001
		Fp2 ($\bar{x} \pm s$)	52.28 ± 18.89	75.49 ± 37.24 ^b	114.13 ± 35.65 ^{bc}	19.483	<0.001
		F3 ($\bar{x} \pm s$)	66.08 ± 27.74	94.54 ± 35.42 ^b	137.59 ± 54.12 ^{bc}	18.113	<0.001
		F4 ($\bar{x} \pm s$)	50.77 ± 21.46	82.80 ± 32.24 ^b	113.07 ± 33.86 ^{bc}	23.509	<0.001
C3 ($\bar{x} \pm s$)		54.01 ± 14.94	88.53 ± 31.70 ^b	142.85 ± 35.33 ^{bc}	51.079	<0.001	
C4 [$M (P_{25}, P_{75})$]		54.27 (39.55, 62.69)	63.65 (53.15, 83.11) ^b	98.63 (87.12, 113.78) ^{bc}	32.778 ^a	<0.001	
P3 [$M (P_{25}, P_{75})$]		49.52 (34.59, 56.39)	62.39 (55.36, 85.33) ^b	90.60 (81.18, 109.35) ^{bc}	36.740 ^a	<0.001	
P4 ($\bar{x} \pm s$)		42.85 ± 18.55	69.18 ± 30.92 ^b	78.31 ± 28.79 ^b	10.735	<0.001	
O1 ($\bar{x} \pm s$)		38.87 ± 11.61	61.53 ± 33.00 ^b	77.49 ± 27.86 ^{bc}	11.521	<0.001	
O2 ($\bar{x} \pm s$)		40.87 ± 21.25	57.56 ± 33.98 ^b	67.49 ± 31.49 ^b	4.488	0.014	
F7 ($\bar{x} \pm s$)		53.02 ± 14.67	81.62 ± 40.28 ^b	98.79 ± 41.52 ^b	9.892	<0.001	
F8 ($\bar{x} \pm s$)		51.88 ± 14.38	72.88 ± 32.73 ^b	112.29 ± 30.79 ^{bc}	25.135	<0.001	
T3 [$M (P_{25}, P_{75})$]		43.27 (32.54, 57.64)	53.15 (45.27, 81.27) ^b	67.28 (57.38, 85.89) ^b	15.688 ^a	<0.001	
T4 [$M (P_{25}, P_{75})$]		31.30 (25.65, 46.65)	49.85 (41.18, 60.27) ^b	63.64 (55.49, 74.98) ^b	25.600 ^a	<0.001	
T5 ($\bar{x} \pm s$)		46.82 ± 24.31	63.73 ± 31.96 ^b	75.98 ± 31.79 ^b	5.292	0.007	
T6 [$M (P_{25}, P_{75})$]		38.54 (25.65, 48.67)	49.65 (37.65, 59.54) ^b	55.14 (48.20, 75.11) ^b	15.472 ^a	<0.001	
δ	Fp1 ($\bar{x} \pm s$)	55.23 ± 45.50	92.84 ± 82.10	150.46 ± 165.17 ^{bc}	4.798	0.011	
	Fp2 ($\bar{x} \pm s$)	56.04 ± 45.96	89.69 ± 87.26	137.31 ± 138.91 ^b	4.065	0.021	
	F3 ($\bar{x} \pm s$)	66.84 ± 75.64	89.83 ± 74.72	154.64 ± 139.25 ^{bc}	4.814	0.011	
	F4 ($\bar{x} \pm s$)	56.67 ± 48.85	87.46 ± 85.61	131.57 ± 129.93 ^b	3.711	0.029	
	C3 ($\bar{x} \pm s$)	49.69 ± 39.88	85.14 ± 75.86	145.18 ± 143.95 ^{bc}	6.131	0.003	
	C4 ($\bar{x} \pm s$)	58.71 ± 56.05	75.90 ± 77.10	123.59 ± 145.04	2.714	0.073	
	P3 [$M (P_{25}, P_{75})$]	28.76 (18.62, 74.92)	51.47 (21.29, 115.46)	70.82 (42.52, 121.27) ^b	6.944 ^a	0.031	
	P4 ($\bar{x} \pm s$)	47.47 ± 44.98	71.32 ± 78.21	91.04 ± 87.57	1.984	0.145	
	O1 ($\bar{x} \pm s$)	44.62 ± 40.48	69.51 ± 69.39	87.31 ± 75.97	2.493	0.090	
	O2 ($\bar{x} \pm s$)	46.10 ± 43.18	65.62 ± 77.75	78.86 ± 77.50	1.264	0.288	
	F7 ($\bar{x} \pm s$)	50.50 ± 43.36	80.69 ± 74.71	112.30 ± 89.39 ^b	4.079	0.021	
	F8 ($\bar{x} \pm s$)	53.43 ± 46.23	83.11 ± 83.88	145.02 ± 207.68 ^b	3.269	0.044	
	T3 ($\bar{x} \pm s$)	48.04 ± 45.33	70.62 ± 69.67	104.54 ± 127.91	2.546	0.085	

(续表2)

脑波	导联	清醒组 (n=25)	意识障碍组 (n=35)	昏迷组 (n=18)	F (H) 值	P值
	T4 ($\bar{x} \pm s$)	46.78 ± 45.74	70.79 ± 77.22	92.30 ± 99.28	1.975	0.146
	T5 [$M (P_{25}, P_{75})$]	29.79 (13.66, 76.79)	51.22 (20.40, 122.60)	61.73 (34.20, 100.83)	5.053 ^a	0.080
	T6 ($\bar{x} \pm s$)	46.98 ± 44.04	63.21 ± 69.58	81.36 ± 84.39	1.403	0.252
β	Fp1 [$M (P_{25}, P_{75})$]	31.41 (17.67, 67.86)	25.58 (16.44, 40.26)	20.12 (14.66, 31.20)	2.915 ^a	0.233
	Fp2 [$M (P_{25}, P_{75})$]	29.11 (18.68, 57.70)	20.30 (15.98, 34.97)	17.54 (10.24, 32.99)	5.659 ^a	0.059
	F3 [$M (P_{25}, P_{75})$]	38.04 (18.22, 80.51)	30.41 (18.68, 42.19)	24.12 (16.70, 38.26)	2.965 ^a	0.227
	F4 [$M (P_{25}, P_{75})$]	34.14 (17.25, 70.95)	22.71 (18.61, 54.44)	17.82 (10.35, 39.12)	5.427 ^a	0.066
	C3 [$M (P_{25}, P_{75})$]	47.17 (17.90, 58.19)	26.88 (16.71, 47.22)	25.36 (16.37, 31.61)	2.699 ^a	0.259
	C4 [$M (P_{25}, P_{75})$]	25.85 (16.71, 70.60)	21.56 (15.28, 34.89)	16.85 (10.81, 29.80)	6.217 ^a	0.045
	P3 [$M (P_{25}, P_{75})$]	24.91 (12.80, 45.78)	18.78 (15.13, 34.96)	15.41 (11.33, 22.07)	4.592 ^a	0.101
	P4 [$M (P_{25}, P_{75})$]	27.44 (11.09, 43.26)	17.57 (12.93, 33.17)	11.22 (7.84, 23.22)	6.042 ^a	0.049
	O1 [$M (P_{25}, P_{75})$]	22.02 (9.85, 43.30)	17.83 (11.86, 30.87)	12.83 (8.79, 20.24)	3.857 ^a	0.145
	O2 [$M (P_{25}, P_{75})$]	22.43 (10.16, 50.03)	14.89 (9.30, 27.87)	10.14 (6.56, 19.72)	5.178 ^a	0.075
	F7 [$M (P_{25}, P_{75})$]	29.81 (14.93, 60.07)	22.26 (15.99, 37.67)	19.07 (12.69, 26.41)	3.869 ^a	0.144
	F8 [$M (P_{25}, P_{75})$]	31.15 (16.38, 55.09)	19.50 (16.63, 33.04)	14.60 (9.38, 30.84)	6.094 ^a	0.048
	T3 [$M (P_{25}, P_{75})$]	22.81 (12.77, 46.90)	18.52 (14.66, 33.70)	13.89 (10.98, 22.32)	5.648 ^a	0.059
	T4 [$M (P_{25}, P_{75})$]	21.73 (12.62, 41.45)	15.66 (12.04, 34.47)	12.33 (7.79, 21.43)	5.719 ^a	0.057
	T5 [$M (P_{25}, P_{75})$]	23.32 (11.29, 40.99)	17.44 (12.90, 37.28)	14.28 (9.70, 20.60)	3.887 ^a	0.143
	T6 [$M (P_{25}, P_{75})$]	24.96 (11.46, 42.44)	13.63 (10.43, 31.73)	10.71 (7.58, 16.89)	5.856 ^a	0.054

注: ^a表示H值; ^b表示与清醒组比较, P<0.05; ^c表示与意识障碍组比较, P<0.05

表3 三组各导联、全脑平均 α/θ 、 $\alpha/(\delta+\theta)$ 脑波绝对功率比值比较

Table 3 Comparison of the ratio of absolute power values of α/θ , $\alpha/(\delta+\theta)$ brainwave in each lead and whole brain in the three groups

脑波绝对功率比值	导联/全脑平均	清醒组 (n=25)	意识障碍组 (n=35)	昏迷组 (n=18)	F (H) 值	P值
α/θ	Fp1 ($\bar{x} \pm s$)	2.81 ± 2.03	1.47 ± 1.13 ^b	0.68 ± 0.30 ^b	13.418	<0.001
	Fp2 [$M (P_{25}, P_{75})$]	1.94 (1.56, 3.79)	1.07 (0.63, 1.74) ^b	0.66 (0.45, 1.03) ^b	29.452 ^a	<0.001
	F3 ($\bar{x} \pm s$)	2.68 ± 1.80	1.43 ± 1.12 ^b	0.67 ± 0.29 ^{bc}	13.904	<0.001
	F4 [$M (P_{25}, P_{75})$]	1.85 (1.54, 4.48)	0.97 (0.64, 1.78) ^b	0.58 (0.47, 1.06) ^b	30.007 ^a	<0.001
	C3 ($\bar{x} \pm s$)	2.97 ± 2.14	1.50 ± 1.18 ^b	0.72 ± 0.31 ^b	13.852	<0.001
	C4 [$M (P_{25}, P_{75})$]	1.89 (1.54, 3.95)	1.10 (0.69, 1.92) ^b	0.72 (0.51, 0.93) ^{bc}	27.035 ^a	<0.001
	P3 ($\bar{x} \pm s$)	2.52 ± 1.83	1.42 ± 1.06 ^b	0.81 ± 0.62 ^b	9.999	<0.001
	P4 ($\bar{x} \pm s$)	2.80 ± 1.95	1.68 ± 1.48 ^b	0.75 ± 0.38 ^{bc}	10.069	<0.001
	O1 ($\bar{x} \pm s$)	2.26 ± 1.54	1.32 ± 0.90 ^b	0.72 ± 0.37 ^b	11.401	<0.001
	O2 ($\bar{x} \pm s$)	2.30 ± 1.48	1.47 ± 1.20 ^b	0.79 ± 0.48 ^b	8.783	<0.001
	F7 ($\bar{x} \pm s$)	2.86 ± 2.00	1.51 ± 1.16 ^b	0.77 ± 0.44 ^b	12.911	<0.001
	F8 [$M (P_{25}, P_{75})$]	2.04 (1.54, 4.02)	1.12 (0.61, 1.82) ^b	0.67 (0.48, 1.05) ^b	27.060 ^a	<0.001
	T3 [$M (P_{25}, P_{75})$]	1.76 (1.33, 3.14)	1.15 (0.64, 1.67) ^b	0.71 (0.48, 1.01) ^b	24.627 ^a	<0.001
	T4 [$M (P_{25}, P_{75})$]	1.83 (1.44, 4.06)	1.06 (0.70, 1.88) ^b	0.72 (0.49, 0.94) ^b	23.934 ^a	<0.001
	T5 [$M (P_{25}, P_{75})$]	1.69 (1.28, 2.89)	1.03 (0.63, 1.49) ^b	0.68 (0.42, 0.97) ^b	26.781 ^a	<0.001
	T6 ($\bar{x} \pm s$)	2.69 ± 1.84	1.54 ± 1.32 ^b	0.80 ± 0.40 ^b	10.491	<0.001
全脑平均 [$M (P_{25}, P_{75})$]	2.00 (1.46, 3.18)	1.04 (0.66, 1.70) ^b	0.72 (0.52, 0.99) ^{bc}	30.047 ^a	<0.001	
$\alpha/(\delta+\theta)$	Fp1 [$M (P_{25}, P_{75})$]	0.97 (0.73, 1.63)	0.49 (0.29, 0.74) ^b	0.25 (0.18, 0.31) ^b	35.489 ^a	<0.001
	Fp2 [$M (P_{25}, P_{75})$]	0.92 (0.60, 2.41)	0.48 (0.29, 0.93) ^b	0.24 (0.18, 0.34) ^b	27.895 ^a	<0.001
	F3 [$M (P_{25}, P_{75})$]	0.98 (0.75, 1.57)	0.48 (0.30, 0.73) ^b	0.25 (0.20, 0.33) ^b	36.285 ^a	<0.001
	F4 [$M (P_{25}, P_{75})$]	0.91 (0.59, 2.54)	0.53 (0.33, 0.89) ^b	0.24 (0.19, 0.36) ^b	27.830 ^a	<0.001
	C3 [$M (P_{25}, P_{75})$]	0.95 (0.82, 1.78)	0.48 (0.30, 0.73) ^b	0.26 (0.20, 0.32) ^b	36.036 ^a	<0.001
	C4 [$M (P_{25}, P_{75})$]	0.91 (0.60, 2.07)	0.53 (0.32, 0.98)	0.26 (0.21, 0.32) ^{bc}	25.761 ^a	<0.001

(续表3)

脑波绝对功率比值	导联/全脑平均	清醒组 (n=25)	意识障碍组 (n=35)	昏迷组 (n=18)	F (H) 值	P值
	P3 [M (P ₂₅ , P ₇₅)]	0.84 (0.55, 1.38)	0.43 (0.31, 0.71) ^b	0.26 (0.18, 0.31) ^b	28.504 ^a	<0.001
	P4 [M (P ₂₅ , P ₇₅)]	0.88 (0.52, 1.95)	0.47 (0.28, 0.91) ^b	0.24 (0.19, 0.32) ^b	23.338 ^a	<0.001
	O1 [M (P ₂₅ , P ₇₅)]	0.77 (0.48, 1.29)	0.40 (0.27, 0.66) ^b	0.24 (0.17, 0.33) ^b	24.965 ^a	<0.001
	O2 [M (P ₂₅ , P ₇₅)]	0.75 (0.43, 1.47)	0.39 (0.26, 0.80) ^b	0.24 (0.20, 0.31) ^b	21.587 ^a	<0.001
	F7 [M (P ₂₅ , P ₇₅)]	0.97 (0.80, 1.75)	0.52 (0.28, 0.77) ^b	0.26 (0.20, 0.32) ^b	32.884 ^a	<0.001
	F8 [M (P ₂₅ , P ₇₅)]	0.97 (0.58, 2.41)	0.48 (0.29, 0.96) ^b	0.24 (0.18, 0.32) ^b	27.051 ^a	<0.001
	T3 [M (P ₂₅ , P ₇₅)]	0.84 (0.63, 1.59)	0.45 (0.28, 0.70) ^b	0.26 (0.18, 0.33) ^b	29.490 ^a	<0.001
	T4 [M (P ₂₅ , P ₇₅)]	0.82 (0.56, 2.26)	0.49 (0.29, 0.87) ^b	0.26 (0.20, 0.34) ^b	22.600 ^a	<0.001
	T5 [M (P ₂₅ , P ₇₅)]	0.73 (0.57, 1.48)	0.40 (0.27, 0.65) ^b	0.25 (0.18, 0.32) ^b	29.383 ^a	<0.001
	T6 [M (P ₂₅ , P ₇₅)]	0.83 (0.46, 1.70)	0.44 (0.27, 0.76) ^b	0.26 (0.20, 0.34) ^b	23.861 ^a	<0.001
	全脑平均 [M (P ₂₅ , P ₇₅)]	0.84 (0.62, 1.80)	0.50 (0.31, 0.78) ^b	0.27 (0.21, 0.30) ^b	30.086 ^a	<0.001

注：^a表示H值；^b表示与清醒组比较，P<0.05；^c表示与意识障碍组比较，P<0.05

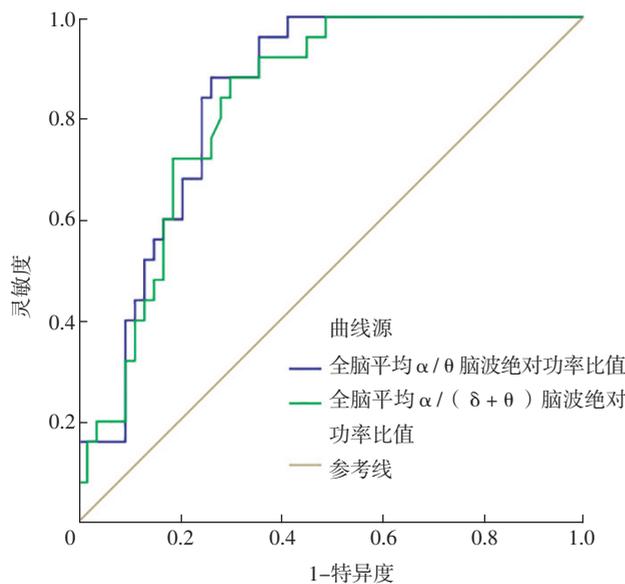


图1 全脑平均 α/θ 、 $\alpha/(\delta+\theta)$ 脑波绝对功率比值预测急性脑损伤患者发生意识障碍的ROC曲线

Figure 1 ROC curve of the ratio of total brain mean α/θ , $\alpha/(\delta+\theta)$ absolute power in predicting disturbance of consciousness in patients with acute brain injury

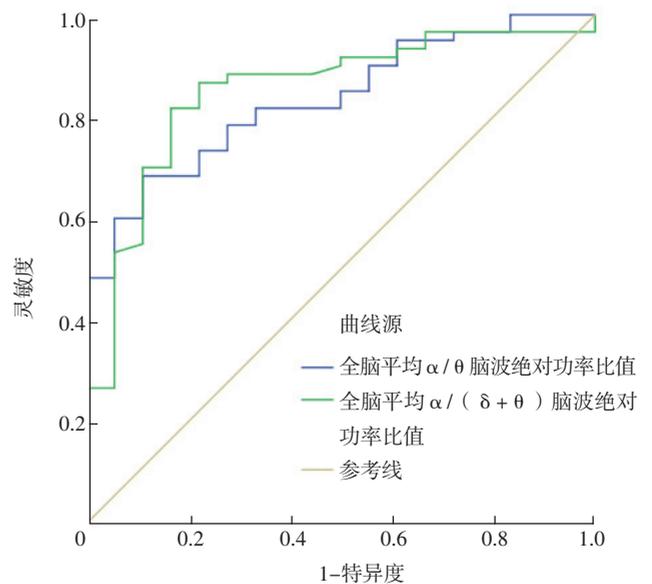


图2 全脑平均 α/θ 、 $\alpha/(\delta+\theta)$ 脑波绝对功率比值预测急性脑损伤患者发生昏迷的ROC曲线

Figure 2 ROC curve of the ratio of total brain mean α/θ , $\alpha/(\delta+\theta)$ absolute power in predicting coma in patients with acute brain injury

带移动，头部 α 节律解体，慢波活动增多，改变程度与患者意识障碍严重程度呈正比^[4]。本研究结果显示，意识障碍组、昏迷组Fp1、Fp2、F3、F4、C4、P3、O2、F8、T3、T5、T6导联 α 脑波绝对功率值低于清醒组，昏迷组C3、O1、F7、T4导联 α 脑波绝对功率值低于清醒组；昏迷组Fp1导联 α 脑波绝对功率值低于意识障碍组；意识障碍组、昏迷组Fp1、Fp2、F3、F4、C3、C4、P3、P4、O1、O2、F7、F8、T3、T4、T5、T6导联 θ 脑波绝对功率值高于清醒组；昏迷组Fp1、Fp2、F3、F4、C3、C4、P3、O1、F8导联 θ 脑波绝对功率值高于意识障碍组；昏迷组Fp1、Fp2、F3、F4、C3、P3、F7、F8导联 δ 脑波绝对功率值高于清醒组；

昏迷组Fp1、F3、C3导联 δ 脑波绝对功率值高于意识障碍组；三组C4、P4、F8导联 β 脑波绝对功率值比较有统计学差异；提示从意识障碍的发生到昏迷状态，患者出现全脑 α 脑波绝对功率值减低、 θ 脑波绝对功率值增高以及左、右侧前额区、额区、前颞区 δ 脑波绝对功率值增高的脑电生理改变过程。

本研究结果还显示，意识障碍组、昏迷组Fp1、Fp2、F3、F4、C3、P3、P4、O1、O2、F7、F8、T3、T4、T5、T6导联及全脑平均 α/θ 、 $\alpha/(\delta+\theta)$ 脑波绝对功率比值和C4导联 α/θ 脑波绝对功率比值低于清醒组，昏迷组C4导联 $\alpha/(\delta+\theta)$ 脑波绝对功率比值低于清醒组；昏迷组F3、C4、P4导联及全脑平均 α/θ 脑

波绝对功率比值和C4导联 $\alpha / (\delta + \theta)$ 脑波绝对功率比值低于意识障碍组。 α / θ 、 $\alpha / (\delta + \theta)$ 脑波绝对功率比值是qEEG中相对快波成分与慢波成分功率比值的量化指标,其越小提示患者的脑功能状态越差,脑电生理改变越明显。研究表明, α / θ 、 $\alpha / (\delta + \theta)$ 脑波绝对功率比值是反映脑损伤和脑功能障碍比较理想的指标,意识障碍患者qEEG表现为 α 脑波绝对功率值降低、慢波功率增高, $\alpha / (\delta + \theta)$ 脑波绝对功率比值低是昏迷的独立影响因素,可预测昏迷患者觉醒概率^[13-15]。

研究表明,脑血流量由正常的50~70 ml/(100 g·min)下降至25~30 ml/(100 g·min)时,EEG即可表现出形态学、频率及波幅的改变,且其形态和频率变化与脑血流量减少及神经元损伤程度相关,脑血流量下降至12~25 ml/(100 g·min)时EEG会表现为慢波成分增多^[10,16]。本研究ROC曲线分析结果显示,全脑平均 α / θ 、 $\alpha / (\delta + \theta)$ 脑波绝对功率比值预测急性脑损伤患者发生意识障碍的AUC分别为0.838、0.825,全脑平均 α / θ 、 $\alpha / (\delta + \theta)$ 脑波绝对功率比值预测急性脑损伤患者发生昏迷的AUC分别为0.833、0.850,提示全脑平均 α / θ 、 $\alpha / (\delta + \theta)$ 脑波绝对功率比值对急性脑损伤患者发生意识障碍、昏迷有一定预测价值,这可弥补采用GCS预测急性脑损伤患者发生意识障碍、昏迷时可能存在的主观因素影响,同时可动态量化观察患者意识状态转归情况,客观反映神经元电活动的变化,精准评估大脑功能状态。

综上所述,从意识障碍的发生到昏迷状态,急性脑损伤患者全脑 α 脑波绝对功率值减低、 θ 脑波绝对功率值增高以及左、右侧前额区、额区、前颞区 δ 脑波绝对功率值增高,且全脑平均 α / θ 、 $\alpha / (\delta + \theta)$ 脑波绝对功率比值对急性脑损伤患者发生意识障碍、昏迷有一定预测价值。但本研究为单中心研究,且样本量较小,在今后的研究中将联合多中心、扩大样本量,同时增加亚组分析以进一步验证本研究结论。

作者贡献:元小冬、张萍淑进行文章构思与设计、结果分析与解释;徐斌、张萍淑进行研究的实施与可行性分析,撰写论文,负责文章的质量控制及审效,并对文章整体负责、监督管理;徐斌、赵莹、王京进行数据收集、整理、分析;徐斌、欧亚进行论文修订。

本文无利益冲突。

参考文献

[1] 林友益,陈善佳,宋海燕.颅脑损伤后意识障碍的无创神经调控治疗进展[J].中国实用神经疾病杂志,2020,23(10):917-920.DOI:10.12083/SYSJ.2020.10.192.

[2] 张梦柯,石秋艳,杨斌,等.前循环大血管闭塞患者机械取栓后脑水肿严重程度及预后影响因素分析[J].中风与神经疾病杂志,2021,38(4):306-310.DOI:10.19845/j.cnki.

zfyjsjzbz.2021.0079.

- [3] 王新一,蔡增林,徐丙超,等.大面积脑梗死伴脑水肿患者的定量脑电图检测分析[J].蚌埠医学院学报,2015,40(12):1646-1648.DOI:10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2015.12.010.
- [4] 陈亦豪.脑电图在神经重症病人中的应用及进展[J].中国微侵袭神经外科杂志,2018,23(10):475-478.DOI:10.11850/j.issn.1009-122X.2018.10.014.
- [5] EFTHYMIU E, RENZEL R, BAUMANN C R, et al. Predictive value of EEG in postanoxic encephalopathy: a quantitative model-based approach[J]. Resuscitation, 2017, 119: 27-32. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2017.07.020.
- [6] 刘稀金,陈勇军,张海艳,等.脑电图反应性分级联合格拉斯哥评分对重型颅脑损伤昏迷患者预后的评估价值[J].临床医学工程,2021,28(10):1303-1304.DOI:10.3969/j.issn.1674-4659.2021.10.1303.
- [7] GÜTLING E, GONSER A, IMHOF H G, et al. EEG reactivity in the prognosis of severe head injury[J]. Neurology, 1995, 45(5):915-918. DOI: 10.1212/wnl.45.5.915.
- [8] 王钟瑾,王爽,丁美萍.部分性癫痫患者的定量脑电图和P300研究[J].浙江大学学报(医学版),2013,42(3):297-302. DOI: 10.3785/j.issn.1008-9292.2013.03.008.
- [9] FRIEDMAN D, CLAASSEN J. Quantitative EEG and cerebral ischemia[J]. Clin Neurophysiol, 2010, 121(10):1707-1708. DOI: 10.1016/j.clinph.2010.01.018.
- [10] TOYODA K, KOGA M, YAMAMOTO H, et al. Clinical outcomes depending on acute blood pressure after cerebral hemorrhage[J]. Ann Neurol, 2019, 85(1):105-113. DOI: 10.1002/ana.25379.
- [11] 乔良杰,刘培刚.老年HICH患者早期强力控压对血肿病灶及脑水肿程度的影响[J].中国老年学杂志,2021,41(14):2940-2943. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2021.14.008.
- [12] RABINSTEIN A A. Optimal blood pressure after intracerebral hemorrhage: still a moving target[J]. Stroke, 2018, 49(2):275-276. DOI: 10.1161/STROKEAHA.117.020058.
- [13] LECHINGER J, BOTHE K, PICHLER G, et al. CRS-R score in disorders of consciousness is strongly related to spectral EEG at rest[J]. J Neurol, 2013, 260(9):2348-2356. DOI: 10.1007/s00415-013-6982-3.
- [14] 徐晓霞,康晓刚,蒋斌,等.EEG功率比脑卒中昏迷患者觉醒的预测价值[J].临床神经病学杂志,2015,28(1):64-66.
- [15] 杨庆林,宿英英,陈卫碧,等.定量脑电图与心肺复苏后昏迷预后的相关性研究[J].中华神经医学杂志,2017,16(11):1158-1162. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-8925.2017.11.015.
- [16] 杨华俊,王越,孔朝红,等.连续脑电图监测在神经重症患者中的应用[J].内科急危重症杂志,2018,24(3):180-184. DOI: 10.11768/nkjwzzz20180302.

(收稿日期:2021-12-21;修回日期:2022-03-16)

(本文编辑:崔丽红)