

定量脑电图联合经颅多普勒超声对动脉瘤蛛网膜下腔出血后迟发性脑缺血的预测价值探讨

冯初狄¹, 卞潇涵¹, 叶铖龙¹, 袁紫刚^{2*}

¹绍兴文理学院医学院, 浙江 绍兴

²绍兴市人民医院神经外科, 浙江 绍兴

收稿日期: 2025年11月23日; 录用日期: 2025年12月18日; 发布日期: 2025年12月24日

摘要

目的: 分析定量脑电图(QEEG)与经颅多普勒超声(TCD)联合预测动脉瘤性蛛网膜下腔出血(Aneurysm Subarachnoid Hemorrhage, aSAH)后迟发性脑缺血(Delayed Cerebral Ischemia, DCI)的价值。方法: 选取2024年4月~2025年3月aSAH患者75例, 予以回顾研究, 连续2周观察DCI情况, 比较DCI患者脑电图指标、超声指标与未DCI患者的差异, 进行logistic多因素回归分析、ROC曲线分析, 评估“QEEG + TCD”预测价值。结果: 入院2周内DCI发生22例, 发生率29.33%; DCI患者改良Fisher分级Ⅲ级及以上患者占比较高($P < 0.05$); 脑电图指标比较, DCI患者DCI患者 α 变异分级低分级占比、相对 α 功率、相对 β 功率、 α/δ 比值低于未DCI患者(均 $P < 0.05$); 超声指标比较, DCI组舒张期血流速度、收缩期血流速度、平均血流速度、搏动指数高于未DCI患者(均 $P < 0.05$); 检查效能比较, “QEEG + TCD”联合预测效能较高($P < 0.05$)。结论: 定量脑电图联合经颅多普勒超声可以有效预测动脉瘤蛛网膜下腔出血后迟发性脑缺血, 蛛网膜下腔出血分级是影响预后的重要因素。

关键词

经颅多普勒超声, 定量脑电图, 动脉瘤性蛛网膜下腔出血, 迟发性脑缺血

*通讯作者。

Exploring the Predictive Value of Quantitative Electroencephalography Combined with Transcranial Doppler Ultrasound for Delayed Cerebral Ischemia after Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage

Chudi Feng¹, Xiaohan Bian¹, Chenglong Ye¹, Zigang Yuan^{2*}

¹School of Medicine, Shaoxing University, Shaoxing Zhejiang

²Department of Neurosurgery, Shaoxing People's Hospital, Shaoxing Zhejiang

Received: November 23, 2025; accepted: December 18, 2025; published: December 24, 2025

Abstract

Objective: To analyze the value of combining quantitative electroencephalography (QEEG) and transcranial Doppler ultrasound (TCD) in predicting delayed cerebral ischemia (DCI) after aneurysmal subarachnoid hemorrhage (aSAH). **Methods:** A total of 75 patients with aSAH from April 2024 to March 2025 were selected for a retrospective study. DCI occurrence was continuously observed for 2 weeks. Differences in EEG and ultrasound indices between DCI and non-DCI patients were compared, followed by logistic multivariate regression analysis and ROC curve analysis to evaluate the predictive value of the combined "QEEG + TCD". **Results:** Within 2 weeks of admission, 22 cases of DCI occurred, with an incidence of 29.33%. The proportion of DCI patients with modified Fisher grade III or above was higher ($P < 0.05$). Comparing EEG indices, DCI patients had lower α variability grading, relative α power, relative β power, and α/δ ratio than non-DCI patients (all $P < 0.05$). Comparing ultrasound indices, DCI patients had higher diastolic, systolic, and mean blood flow velocities, and pulsatility index than non-DCI patients (all $P < 0.05$). In terms of examination performance, the combined "QEEG + TCD" had higher predictive efficiency ($P < 0.05$). **Conclusion:** Quantitative electroencephalography combined with transcranial Doppler ultrasound can effectively predict delayed cerebral ischemia after aneurysmal subarachnoid hemorrhage, and the subarachnoid hemorrhage grade is an important factor affecting prognosis.

Keywords

Transcranial Doppler Ultrasound, Quantitative Electroencephalography, Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage, Delayed Cerebral Ischemia

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

动脉瘤性蛛网膜下腔出血(Aneurysm Subarachnoid Hemorrhage, aSAH)是一种动脉瘤诱发的出血性脑血管疾病。与缺血性卒中相比, aSAH 发病率相对较低,但是 aSAH 致残致死风险较高,发病后不仅需要及时救治,而且需要动态监测病情发展趋势,以便于有效预防严重并发症。迟发性脑缺血(Delayed Cerebral Ischemia, DCI)是 aSAH 并发症中比较严重的类型,较易增加患者死亡风险,影响生活质量,积极防治 DCI 对促进 aSAH 患者预后具有重要意义[1]。aSAH 后 DCI 的诱因复杂,采用科学的预测手段对精准防治 DCI 具有积极影响。CT 血管成像、血管造影检查、CT 灌注成像等方法虽然可以获得比较准确的信息,但是在检查时需要频繁移动患者,可能导致病情不良进展,而且可重复性较差、检查成本较高,在病情监测中具有一定局限性,难以满足临床治疗需求。定量脑电图(Quantitative Electroencephalography, QEEG)对脑缺血敏感性较高,可以检出脑电异常[2]。经颅多普勒超声(Transcranial Doppler, TCD)是一种可重复性良好的无创检查方式,成本较低,应用于早期评估脑血管病变,有利于获取脑血管血流状态等动态信息,对辅助预测血管痉挛具有积极意义。急性期 aSAH 患者需要绝对卧床,该时期移动患者进行头颅影像检查等操作较易增加预后不良风险,构建更加安全、可靠的检查预测方式具有必要性。QEEG、TCD 均可以满足床旁监测要求,在实际检查时具有无需频繁移动患者的优点,将其应用于 aSAH 患者病情监测中,旨在弥补当前病情监测方案的不足,降低医疗操作风险,为促进患者预后提供更加完善的医疗保障。该研究选取 75 例 aSAH 病例,于 2024 年 4 月~2025 年 3 月行“QEEG + TCD”检查,重点分析“QEEG + TCD”应用方法,深入分析定量脑电图指标、超声指标与 aSAH 后 DCI 的关联性,评估联合检查应用于 aSAH 后 DCI 预测的应用价值,从而为 aSAH 患者治疗提供更加丰富的参考依据。

2. 资料与方法

2.1. 一般资料

于 2024 年 4 月~2025 年 3 月取样 75 例 aSAH 病例,女 40 例、男 35 例;年龄(32~74)岁,平均(55.70 ± 9.14)岁;改良 Fisher 分级 0 级 11 例、I 级 27 例、II 级 23 例、III 级 11 例、IV 级 3 例;Hunt-Hess 分级 I 级 27 例、II 级 19 例、III 级 14 例、IV 级 10 例、V 级 5 例;伴高血压 35 例,伴糖尿病 24 例;吸烟史 22 例,饮酒史 14 例。该研究基于赫尔辛宣言进行。

2.2. 纳入、排除标准

纳入标准:(1) 年龄 ≥18 岁;(2) 经颅 CT 等检查符合蛛网膜下腔出血诊断标准,颅内存在明确责任动脉瘤;(3) 患者及家属知情同意;(4) 认知良好;(5) 发病 48 h 内入院;(6) 意识清醒。

排除标准:(1) 卒中病史;(2) 经颅超声、脑电图检查前麻醉、镇静、抗癫痫或者抗精神病用药;(3) 颅内外大血管闭塞、狭窄;(4) 伴其他严重脑病;(5) 伴其他严重系统性疾病。

2.3. 方法

入院 24 h 监测 QEEG 与 TCD, 动态监控病情。床头抬高(15~30)°, 仰卧位接受检查。叮嘱患者深呼吸, 放松身心状态。

QEEG 检查:(1) 采用数字化脑功能监护仪(美国 Cadwell 公司), 获取原始脑电图数据。QEEG 扫描和处理数据。(2) 脑电图监测:采用 16 导盘状电极体系监测脑电图,分别消毒电极与粘贴电极部位头皮后,连接设备、接通电源,校准设备参数。单极导联电极体系。(3) 滤波器设备采用 50 Hz 高频率、1 Hz 低频率两种;灵敏度参数 10 μV/mm;频带分辨率设置为 0.25 Hz,采样频率设置为 500 Hz。导联电极阻抗 <10 KΩ。(4) 脑电图扫描后,选取清晰的无伪影影像,经脑电监测系统计算相对 α 功率(Relative Alpha

Power, RAP)、相对 β 功率(Relative Beta Power, RBP)、相对 δ 功率(Relative Delta Power, RDP)、相对 θ 功率(Relative Theta Power, RTP)、 α/δ 比值(ADR)、 $(\alpha + \beta)/(\delta + \theta)$ 比值(ABDTR)、相对 α 变异评分等 QEEG 参数。相对 α 变异评分(1~4)分：优，数值高于基线 $> 15\%$ ，或者每小时可见数值超出基线，4 分；良，每 4 h 可见数值高于基线 10%，3 分；中，高于基线幅度不足 10%，或者少见高于基线，2 分；差，高于基线 2% 以内，1 分。

TCD 检查：(1) 消毒颞窗区域，固定患者体位，经脉冲多普勒探头(2.0 MHz)采集图像。利用头架等设备通过颞窗进行大脑动脉扫描，分析大脑中动脉血流方向、流速，观察频谱形态。分别检测左右半球，取平均值。(2) 检测和记录舒张期血流速度(Diastolic Velocity, Vd)、收缩期血流速度(Systolic Velocity, Vs)，计算平均血流速度(Mean Velocity, Vm)与搏动指数(Pulsatility Index, PI)，计算方法为 $Vm = (Vs + 2Vd) / 3$ ， $PI = (Vs - Vd) / Vm$ 。

DCI 诊断：(1) 根据《重症动脉瘤性蛛网膜下腔出血管理专家共识》[3]标准，在患者无癫痫发作、再出血、脑积水加重或者电解质失衡、治疗并发症等前提下，新发局灶性偏瘫、失语等神经功能缺陷，颅内压增高，进行性加重意识障碍持续 1 h，可能伴随影像学检出脑血管痉挛，视为 DCI 确诊。(2) 入院 2 周内未发生 DCI 患者设为“未 DCI 组”，发生 DCI 者为“DCI 组”。

2.4. 观察指标

基线资料：统计入院 2 周内 DCI 发生率，根据观察结果分组，分为非 DCI 组与 DCI 组，比较两组基线资料。

DCI 与脑电图指标：统计两组 RAP、RBP、RDP、RTP、ADR、ABDTR、 α 变异分级。

DCI 与超声指标：统计两组 Vd、Vs、Vm 指标与 PI 指数。

多因素分析：选择性别、年龄、改良 Fisher 分级、Hunt-Hess 分级、基础疾病、吸烟饮酒史、脑电图指标(RAP、RBP、RDP、ADR、 α 变异分级)、超声指标(Vd, Vs, Vm, PI)等作为变量并赋值。赋值方法为性别(男 = 1、女 = 0)、年龄(65 岁及以上 = 1, 低于 65 岁 = 0)、改良 Fisher 分级($\geq III$ 级 = 1, <III 级 = 0)、Hunt-Hess 分级($\geq III$ 级 = 1, <III 级 = 0)、基础疾病(是 = 1、否 = 0)、吸烟饮酒史(是 = 1、否 = 0)。logistic 回归分析 DCI 独立预测因子。

检查效能：记录 ROC 曲线分析结果，比较不同检查方式的检查效能。

2.5. 统计学方法

SPSS 26.0 分析 aSAH 病例信息，超声、脑电图指标等符合正态分布，以“均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)”分析， t 检验， α 变异分级与性别、基础疾病、不良生活习惯等基线资料以率(%)分析， χ^2 检验， $P < 0.05$ 有统计学意义。logistic 回归分析 DCI 独立预测因子。ROC 曲线分析 QEEG、TCD 单一检测与“QEEG + TCD”联合检测的效能。

3. 结果

3.1. 基线资料

75 例病例中，DCI 发生率 29.33% (22/75)。DCI 组改良 Fisher 分级 $\geq III$ 级占比较高，未 DCI 组较低($P < 0.05$)，其他资料无显著差异($P > 0.05$)。见表 1。

3.2. DCI 与脑电图指标

DCI 组 RAP、RBP、ADR、 α 变异 3 级及以上占比 $<$ 未 DCI 组($P < 0.05$)，DCI 组 RDP $>$ 未 DCI 组($P < 0.05$)；两组 RTP、ABDTR 相近($P > 0.05$)。见表 2。

Table 1. Baseline data of the DCI group and the Non-DCI group
表 1. DCI 组与未 DCI 组基线资料

项目	动脉瘤蛛网膜下腔出血后迟发性脑缺血(DCI)组(n = 22)	未 DCI 组(n = 53)	t/χ ² 值	P 值
性别[% (n)]			0.063	0.796
女性占比	54.55 (12/22)	52.83 (28/53)		
男性占比	45.45 (10/22)	47.17 (25/53)		
年龄(岁)	53.97 ± 8.02	56.14 ± 8.27	0.681	0.493
改良 Fisher 分级[% (n)]			7.357	0.010
<III 级	54.55 (12/22)	92.45 (49/53)		
≥III 级	45.45 (10/22)	7.55 (4/53)		
亨特 - 赫斯分级(Hunt-Hess) [% (n)]			2.905	0.075
<III 级	45.45 (10/22)	67.92 (36/53)		
≥III 级	54.55 (12/22)	32.08 (17/53)		
基础疾病[% (n)]				
伴高血压	50.00 (11/22)	45.28 (24/53)	0.122	0.740
伴糖尿病	63.64 (14/22)	18.87 (10/53)	0.007	0.992
吸烟史[% (n)]	31.82 (7/22)	28.30 (15/53)	0.032	0.851
饮酒史[% (n)]	13.64 (3/22)	20.75 (11/53)	0.131	0.717

Table 2. EEG (QEEG) indicators of the DCI group and non-DCI group
表 2. DCI 组与未 DCI 组脑电图(QEEG)指标

项目	动脉瘤蛛网膜下腔出血后迟发性脑缺血(DCI)组(n = 22)	未 DCI 组(n = 53)	t/χ ² 值	P 值
血管活性药物相关血压反应率(RAP) (%)	10.37 ± 2.02	19.07 ± 4.26	-3.975	0.000
相对脑灌注压百分比(RBP) (%)	8.56 ± 1.20	9.63 ± 2.04	2.366	0.021
相对舒张期灌注百分比(RDP) (%)	72.02 ± 5.74	61.75 ± 7.30	4.109	0.000
相对收缩期灌注百分比(RTP) (%)	9.24 ± 0.87	9.49 ± 1.45	-0.860	0.401
不良事件发生率(ADR) (%)	16.19 ± 3.11	36.81 ± 5.62	-0.617	0.000
脑血流动力学异常检出率(ABDTR) (%)	23.66 ± 4.10	23.15 ± 3.79	0.160	0.872
α 变异分级			20.497	0.000
<3 级	81.82 (18/22)	13.21 (7/53)		
≥3 级	18.18 (4/22)	86.79 (46/53)		

3.3. DCI 与超声指标

DCI 组 Vd、Vs、Vm、PI > 未 DCI 组($P < 0.05$)。见表 3。

Table 3. Ultrasound (TCD) indicators of the DCI group and Non-DCI group
表 3. DCI 组与未 DCI 组超声(TCD)指标

项目	动脉瘤蛛网膜下腔出血后迟发性 脑缺血(DCI)组(n = 22)	未 DCI 组(n=53)	t/ χ^2 值	P 值
舒张末期血流速度(Vd) (cm/s)	52.66 ± 7.05	48.62 ± 6.10	-2.611	0.011
收缩期峰值血流速度(Vs) (cm/s)	138.92 ± 32.17	102.97 ± 11.02	-6.499	0.000
平均血流速度(Vm) (cm/s)	82.03 ± 11.24	65.09 ± 8.05	-7.384	0.000
搏动指数(PI)	1.06 ± 0.20	0.82 ± 0.09	-6.263	0.000

3.4. 多因素分析

改良 Fisher 分级、ADR、Vm 是 aSAH 后 DCI 独立预测因子。见表 4。

Table 4. Multivariate logistic regression analysis
表 4. 多因素 logistic 回归分析

因素	Wald χ^2	P	OR	95% CI
性别	0.063	0.796	1.071	0.408~2.811
年龄	0.102	0.749	1.228	0.415~3.639
改良 Fisher 分级	7.357	0.010	11.789	1.852~75.126
Hunt-Hess 分级	2.905	0.075	2.432	0.934~6.331
基础疾病	0.122	0.740	1.198	0.461~3.114
吸烟饮酒史	0.131	0.717	0.785	0.299~2.061
血管活性药物相关血压反应率(RAP) (%)	-3.975	0.000	0.256	0.084~0.810
相对脑灌注百分比(RBP) (%)	2.366	0.021	0.187	0.057~0.622
相对舒张期灌注百分比(RDP) (%)	4.109	0.000	0.182	0.052~0.604
不良事件发生率(ADR) (%)	-0.617	0.000	1.542	1.051~2.269
α 变异分级	20.497	0.000	0.219	0.082~0.665
舒张末期血流速度(Vd) (cm/s)	-2.611	0.011	0.224	0.094~0.670
收缩期峰值血流速度(Vs) (cm/s)	-6.499	0.000	0.205	0.079~0.637
平均血流速度(Vm) (cm/s)	-7.384	0.000	2.550	1.457~14.703
搏动指数(PI)	-6.263	0.000	0.210	0.079~0.661

3.5. 检查效能

DCI 预测中, QEEG (ADR) 预测与 TCD (Vm) 预测 AUC 值无显著差异($P > 0.05$), “QEEG + TCD” 联合预测 AUC 值 $>$ QEEG (ADR)、TCD (Vm) 预测, 差异显著($P < 0.05$)。见表 5。

Table 5. ROC curve and predictive performance of different tests
表 5. ROC 曲线与不同检测预测效能

组别	AUC	95% CI	P 值 [与 QEEG (ADR)比较]	P 值 [与 TCD (Vm)比较]	P 值[与 QEEG + TCD 联合比较]
定量脑电图(不良事件 发生率) [QEEG (ADR)]	0.839	0.720~0.908	-	0.317	0.012

续表

经颅多普勒超声(平均血流速度) [TCD (Vm)]	0.766	0.631~0.915	0.317	-	0.005
定量脑电图联合经颅多普勒超声(QEEG + TCD)	0.951	0.892~1.000	0.012	0.005	-

4. 讨论

迟发性脑缺血(DCI)是指局灶性新发神经功能缺陷，常见类型包括视力、肢体、语言功能障碍，通常伴随颅内压增高、头痛、呕吐、持续加重的意识障碍等，影像学检查时，部分患者检出脑血管痉挛[4]。DCI 与脑血管痉挛以及多种复杂机制有关，微血栓、神经炎症、脑血管痉挛以及皮质扩散性去极化等因素均为 DCI 常见诱发因素，因此预测难度较高。DCI 无固定发病时间，通常在 aSAH 后(3~5) d 开始发生，(7~10) d 比较严重，2 周后通常症状减轻。加强实时、动态监测可以指导精准医疗。定量脑电图(QEEG)、经颅多普勒超声(TCD)联合预后评估，有利于提高动脉瘤性蛛网膜下腔出血(aSAH)后 DCI 预测可靠性。

该研究中，DCI 发生率为 29.33%。分析 DCI 患者资料与未 DCI 者差异，结果显示 DCI 组改良 Fisher 分级中Ⅲ级、Ⅳ级占比较高，提示在 aSAH 患者预后评估中，可以重点监测改良 Fisher 分级较高患者，该类患者预后不良风险可能较高。血流速度与血管痉挛程度正相关，但是血管痉挛并非影响血流速度的唯一因素。随着年龄增长，机体血流速度通常逐渐降低。机体衰老导致血管弹性降低，脑灌注压降低时，血管弹性不足导致血管自我调节功能较差，在上述机制影响下，当老年与非老年受检者血流速度均无显著异常时，老年受检者高症状性脑血管痉挛风险通常相对较高。糖尿病、高血压等多种疾病可能影响血管弹性，因此部分研究者认为该类基础疾病会增加 DCI 风险。女性患者绝经后雌激素降低，也会引起血管弹性下降，对预后产生不良影响，导致 DCI 风险升高。但该研究关于两组基线资料的统计结果表明，两组基础疾病、吸烟与饮酒史等常见影响预后的因素在组间并无显著差异，因此该研究认为该类因素不适合作为预测 DCI 的独立因子。

脑电图分析显示，DCI 患者 RTP、ABDTR 与未 DCI 者无显著差异，但是 DCI 患者 RAP、RBP、ADR、 α 变异分级等均显著高于未 DCI 者。超声分析显示，DCI 患者在 TCD 检查中 Vd、Vs、Vm、PI 与未 DCI 者相比均显著增高。但是经过多因素分析验证，ADR、Vm 为 DCI 预测的独立预测因子，其他脑电图指标、超声指标独立预测价值较低。

检查效能方面，TCD (Vm)与 QEEG (ADR)在辅助 DCI 预测方面均具有一定价值，但是联合实施两种检测，综合预测 DCI 具有较好效果，显著提高 AUC 值。经过分析认为，QEEG、TCD 作为 aSAH 后 DCI 预测手段时，具有不同优势，也存在各自的局限性。联合检测有利于互补缺陷，对患者病情发展趋势进行综合预测评估，从而更有效地发现潜在危险因素，指导医师加强前瞻性管理，促进并发症防治和精准医疗。

TCD 属于非侵入性无创检查方法，支持床旁操作。在检查时结合 TCD 显示的血管直径变化可以对大脑血管痉挛进行识别。TCD 动态呈现血流状态与频谱形态变化等信息，可以辅助计算搏动指数。颅内动脉痉挛导致管腔狭窄，进而引起血流加速，TCD 基于该原理预测血管痉挛。在 TCD 检查中，血管痉挛越严重通常血管流速越快，通常流速 > 120 cm/s 时表明发生血管痉挛，流速超过 200 cm/s 时为重度血管痉挛。通过 TCD 检测观察血液流速等关键指标，可以辅助评估 DCI 风险。TCD 的局限性在于，性别、年龄、颅内压等均可能影响 TCD 检查效能，而且该检查主要通过识别脑血管痉挛监测 DCI。在实际应用 TCD 时，近端大血管痉挛敏感度较高，用于检测远端大血管痉挛效果相对较差。联合其他检查方式进行综合评估，对于提高预测准确度具有积极意义。采用 TCD 单一手段预测症状性脑血管痉挛预测时，在排

除血管痉挛方面通常具有较高特异度，但是假阴性风险通常较高，为了进一步准确监测病情变化，需要联合其他检查方式，弥补 TCD 检查的不足。

QEEG 具有脑缺血敏感性，可以评估脑血流量、脑代谢耦合影响，一旦发生 DCI，QEEG 通常显示慢波、局限性低平波等，结合相对 α 变异分级等变化，可以评估 DCI 风险。连续脑电图监测在 aSAH 后 DCI 预测中效果较好。在 QEEG 检测中，当患者脑电图出现新发局灶性慢波，或者 ADR 值趋势变化、相对 α 变异降低、节律性或者周期性新发痫样波，或者任意缺血性变化时，通常表明 DCI 发生[5]。脑缺血导致局部出现慢波，总功率、相对 α 变异分级、脑对称指数降低，利用 QEEG 可以提高 DCI 预测、识别能力。与传统脑电图相比，QEEG 可以提供更加直观的检查结果，支持床旁观察。QEEG 的局限性在于，在实际操作中，脑电数据复杂，需要大量投入人力物力，耗时较长。QEEG 采用强大的微处理器，支持床旁连续性实时监测，辅助医师量化评估脑电图，科学预测疾病趋势。该检查方式需要操作者具有专业技术和经验，准确去除伪迹，获取可靠的原始脑电波信息，准确度较易受到个人技术水平的影响，操作不当可能导致误诊。与 TCD 联用，有利于优势互补，提高检查结果可靠性。

该研究的创新性在于，为动脉瘤蛛网膜下腔出血患者治疗中迟发性脑缺血科学预测提供了依据，探讨了经颅多普勒超声与定量脑电图协同应用于预后评估的方法和作用。明确 ADR、Vm 等指标与 aSAH 后 DCI 的相关性，丰富了脑血管疾病患者床旁监测和并发症预防方面的参考数据。

该研究的局限性在于观察周期限制为 2 周，并且未针对 DCI 具体发生时间、持续时间等进行观察和探讨，未来研究中将针对该类问题深化研究。该研究采用回顾研究形式，取样时可能存在偏移，影响结果可靠性。未来研究中，需要丰富研究形式，扩充样本来源、延长观察周期，对样本进行多层次、长周期、深入观察，进一步深化研究。

综上所述，在动脉瘤蛛网膜下腔出血患者临床治疗中，为提高迟发性脑缺血预测质量，可以采用定量脑电图、经颅多普勒超声联合预测方案。联合检测与 DCI 的发生密切相关，并显示出较高的预测潜力，可作为一种有前景的无创监测工具。蛛网膜下腔出血分级较高患者预后风险较高，需要针对性加强病情监测。

伦理声明

该研究已获得患者的知情同意。

参考文献

- [1] 齐丽霞, 李自如, 姚远, 等. 定量脑电图联合经颅多普勒超声对动脉瘤蛛网膜下腔出血后迟发性脑缺血的预测价值研究[J]. 实用心脑肺血管病杂志, 2022, 30(4): 99-103.
- [2] 雷华, 曾国利, 朱木林. 经颅多普勒超声和动态脑电图评估重症急性脑梗死患者短期预后的价值[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2023, 26(8): 947-952.
- [3] 徐跃桥, 石广志, 魏俊吉, 等. 重症动脉瘤性蛛网膜下腔出血管理专家共识(2023) [J]. 中国脑血管病杂志, 2023, 20(2): 126-145.
- [4] 杨怡霖, 赵媛, 朱晓玲, 等. 预测动脉瘤性蛛网膜下腔出血患者生存率列线图模型构建[J]. 中国卒中杂志, 2025, 20(8): 958-967.
- [5] 项云萍, 吴水生, 王兰, 等. 脑电图在缺血性脑血管疾病诊断中的诊断价值及其灵敏度、特异度与准确度分析[J]. 中国医疗器械信息, 2023, 29(20): 128-130.