

髋或膝关节置换术患者术后苏醒期谵妄的前额脑电特征

李珺 叶晨玄 钱景 方攀攀 刘学胜

【摘要】 目的 分析髋或膝关节置换术后发生苏醒期谵妄(ED)患者的前额脑电特征。方法 选择择期行髋或膝关节置换术的患者 64 例,男 12 例,女 52 例,年龄 ≥ 60 岁,BMI 18.5~30.0 kg/m²,ASA II 或 III 级。术后麻醉苏醒期间,采用重症监护室意识模糊评估方法(CAM-ICU)和 Richmond 躁动-镇静评分(RASS)量表判断 ED 发生。根据苏醒期是否发生谵妄将患者分为两组:苏醒期谵妄组(ED 组)和苏醒期非谵妄组(非 ED 组)。收集脑电监测仪中患者苏醒期原始脑电图数据,并截取苏醒前(停药后 5~10 min)和完全苏醒后(拔喉罩后 15~20 min)两个时间段的数据进行频谱分析。**结果** 有 28 例(44%)患者发生 ED。两组苏醒前与完全苏醒时脑电变化一致:频谱边缘频率(SEF)上升, β 、 γ 波功率升高, α 波峰值频率降低。与苏醒前比较,非 ED 组完全苏醒时 θ 波、 α 波功率明显降低($P < 0.05$), α 波峰值功率明显降低($P < 0.05$),ED 组完全清醒时 α 波功率和 α 波峰值功率差异无统计学意义。与非 ED 组比较,ED 组苏醒前和完全苏醒时样本熵与排列熵均明显升高($P < 0.05$)。**结论** 非 ED 患者在麻醉苏醒期间 θ 波、 α 波功率及 α 波峰值功率均明显降低,而 ED 患者在麻醉苏醒期间 α 波功率及 α 波峰值功率均无明显变化,同时伴有样本熵与排列熵的升高。

【关键词】 膝关节置换术;髋关节置换术;苏醒期谵妄;脑电图

Prefrontal electroencephalographic characteristics in patients with emergence delirium period after hip or knee arthroplasty LI Jun, YE Chenxuan, QIAN Jing, FANG Panpan, LIU Xuesheng. Department of Anesthesiology, the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230022, China Corresponding author: LIU Xuesheng, Email: liuxuesheng@ahmu.edu.cn

【Abstract】 Objective To analyze the prefrontal electroencephalogram characteristics of patients with emergence delirium (ED) after hip or knee arthroplasty. **Methods** Sixty-four patients undergoing elective hip or knee arthroplasty were selected, 12 males and 52 females, aged ≥ 60 years, BMI 18.5–30.0 kg/m², ASA physical status II or III. The confusion assessment method-intensive care unit (CAM-ICU) and the Richmond agitation-sedation scale (RASS) were used to determine the occurrence of ED during postoperative anesthesia. The patients were divided into two groups according to whether delirium occurred during emergence from anesthesia: the emergence delirium group (ED group) and the non-emergence delirium group (non-ED group). The patients' raw EEG data during the emergence phase were recorded by the EEG monitor, and the data from before (5–10 minutes after discontinuation of the drug) and after emergence (15–20 minutes after removal of the laryngeal mask) were intercepted and spectrally analyzed. **Results** Twenty-eight patients (44%) developed ED. EEG changes during emergence from anesthesia were consistent in both groups: the spectral edge frequency (SEF) was increased, the β and γ wave power was increased, and the peak α wave frequency was decreased. Compared with the pre-emergence state, the θ and α wave power were significantly lower and the peak α wave power was significantly lower in the non-ED group during full awakening ($P < 0.05$), and the difference between the α wave power and the peak α wave power was not statistically significant in the ED group during full awakening. Sample entropy and alignment entropy of patients in the ED group before emergence and in full awakening were significantly higher than those in the non-ED group ($P < 0.05$). **Conclusion** The θ wave power, α wave power, and peak α wave power were significantly lower during emergence from anaesthesia in patients with no delirium. In patients who developed ED, there was no significant change in α wave power or peak α wave power during emergence from anesthesia, but there was an increase in sample entropy and alignment entropy.

【Key words】 Knee arthroplasty; Hip arthroplasty; Emergence delirium; Electroencephalogram

DOI:10.12089/jca.2024.06.009

基金项目:国家自然科学基金(82171192)

作者单位:230022 合肥市,安徽医科大学第一附属医院麻醉科

通信作者:刘学胜,Email: liuxuesheng@ahmu.edu.cn

谵妄是老年患者术后常见的并发症,可伴有多种不良临床结局^[1],根据发病时间可分为苏醒期谵妄(emergence delirium, ED)和术后谵妄(postoperative delirium, POD)。ED 被定义为在全身麻醉苏醒时恢复阶段或苏醒后出现的精神障碍^[2],是麻醉恢复期间一种常见的多因素临床综合征,通常可逆,其特征是以精神状态改变为主,具有急性混乱的特征,患者表现为对周围环境的注意力和知觉减弱。ED 通常持续时间较短(一般约 30 min 左右),在麻醉或镇静后即刻发生,没有症状波动或清醒间隔^[3]。ED 是 POD 风险增加、长期认知能力下降和住院时间延长的诱因^[1]。评估患者 ED 的发生情况可为术后神经认知障碍的诊断提供参考^[4]。脑电图(electroencephalogram, EEG)可反映患者的意识状态。目前儿童 ED 脑电特征相关的研究较常见,但是关于成人 ED 的研究较少。在七氟醚麻醉期间,发生 ED 的患儿与未发生 ED 的患儿额叶 α 和 δ 波活动存在差异^[5-6]。麻醉苏醒时,ED 患者的额叶和全脑 EEG 与非 ED 患者有显著差异,ED 患者的 α 波功率较低,额顶叶 α 相干性降低,了解额叶和整体 EEG α 带特征有助于识别 ED 患者^[7]。EEG 从麻醉诱导的无意识状态到清醒状态的多种轨迹已经被描述^[8]。本研究探讨麻醉苏醒期间的特定 EEG 特征,以期为临床提供参考。

资料与方法

一般资料 本研究经医院伦理委员会批准(PJ2021-14-16),患者或家属签署知情同意书。选择 2021 年 11 月至 2022 年 5 月择期行髌或膝关节置换手术的患者,性别不限,年龄 ≥ 60 岁, BMI 18.5~30.0 kg/m², ASA II 或 III 级。排除标准:拒绝参加研究,术前诊断为精神疾病,术前认知障碍(Mini-Cog 认知评价量表评分 ≤ 2 分)、语言障碍或无法沟通,术前有慢性疼痛或阿片类药物滥用史,术前合并帕金森病,术前有脑血管疾病或单侧偏瘫史,术前有脑卒中或脑肿瘤病史,不能完成神经心理测试,麻醉苏醒过程中脑电数据采集不完整或干扰较多。

麻醉方法 术前禁食 8 h,禁饮 4 h。入室后开放上肢静脉通道,监测 ECG、BP、SpO₂ 和 EEG。麻醉诱导:依次静脉注射依托咪酯 0.2 mg/kg、舒芬太尼 0.2~0.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、顺式阿曲库铵 0.2~0.3 mg/kg。肌松完全后置入喉罩。行术侧下肢神经阻滞。麻醉维持:持续泵注丙泊酚 50~100 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 、瑞芬

太尼 0.1~1.0 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,术中根据经验调节输注速率,维持 A_i 指数 40~60,按需求间断追加顺式阿曲库铵维持肌松。术中采用小 V_T 通气策略, V_T 6~8 ml/kg,调整 RR 维持 $P_{ET}\text{CO}_2$ 35~45 mmHg。术中若患者血压升高幅度超过基础值的 20%,给予尼卡地平 0.4 mg 注射,5 min 后可重复;若患者血压降低幅度超过基础值的 20%时,排除血管内容量因素后,若 HR>50 次/分时,给予去氧肾上腺素 40 μg ;若 HR<50 次/分时,给予麻黄碱 5 mg。若 HR 减慢幅度大于基础值的 20%时,给予阿托品 0.3~0.5 mg。若 HR>100 次/分,排除容量不足、疼痛等原因后静注艾司洛尔 20 mg。停止麻醉药物后接受标准麻醉复苏方案,待患者自主呼吸、肌张力与意识恢复后,生命体征平稳予以拔除喉罩。

数据收集 分别在入 PACU 后 10、30 min 采用意识模糊评估方法(confusion assessment method-intensive care unit, CAM-ICU)量表评估 ED 的发生情况^[9]。CAM-ICU 量表能检测到谵妄的四个特征,即(1)急性发作的精神状态改变或波动过程,(2)注意力不集中,(3)思维混乱,(4)意识水平改变。要诊断为谵妄,患者必须表现出特征(1)和特征(2),或者表现出特征(3)或特征(4)^[10]。在 ED 评估前采用 Richmond 躁动-镇静量表(richmond agitation and sedation scale, RASS)评估 PACU 内镇静/躁动发生情况^[11]。RASS 评分标准:-5 分,无法唤醒;0 分,警觉和冷静; ≥ 1 分,躁动;4 分,好斗^[12]。如果患者处于深度镇静或无法唤醒(RASS 为 -4 分或 -5 分),则停止谵妄评估,并记录为昏迷。分别在入 PACU 后 10、30 min 采用视觉模拟量表(visual analogue scale, VAS)评估疼痛情况。根据麻醉苏醒期间是否发生 ED 将患者分为两组:苏醒期谵妄组(ED 组)和非苏醒期谵妄组(非 ED 组)。

EEG 采集和分析 EEG 的采集使用脑功能监护仪,记录麻醉诱导前至麻醉苏醒期的 EEG 数据。使用酒精清洁前额皮肤后,将电极放置在患者的前额。采样速率为 250 Hz,每个通道阻抗要求小于 5 k Ω 。提取监护仪中停止全麻药至出 PACU 的原始 EEG 数据,并截取苏醒前(停药后 5~10 min)和完全清醒(拔喉罩后 15~20 min)两个时间段连续的、无干扰无爆发抑制 EEG 的数据进行频谱分析。若在相应时间段内无符合要求的 EEG 数据,则将该患者剔除。采用 MATLAB 软件(R2020a 版本)分析 EEG 数据。对原始脑电数据进行零相位滤波,截止频率为 0.5~45 Hz,带通为 50 Hz。使用 Welch 频谱

计算方法,将滤波后脑电信号进行频谱计算。其中选择计算的窗口长度 $t=1$ s,数据重叠为 0.5 s,窗口函数=hann 窗,进行快速傅里叶变换的数据点数量为 1 024。对 Welch 方法得到的频谱按以下 5 个不同频段: δ 波(1~4 Hz)、 θ 波(4~8 Hz)、 α 波(8~13 Hz)、 β 波(13~30 Hz)、 γ 波(30~45 Hz),分别计算各个频段的功率。同时计算频谱边缘频率(spectral edge frequency, SEF)、 α 波峰值功率、 α 波峰值频率。

统计分析 采用 SPSS 22.0 和 GraphPad Prism 9.0 进行统计分析。正态分布计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用独立样本 t 检验。非正态分布计量资料以中位数和四分位数间距 [M (IQR)]表示,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料以例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。采用 bootstrap 程序计算组间功率谱差异的 95% 可信区间(confidence interval, CI)(bootstrap 样本=5 000)。 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

本研究共纳入患者 64 例,其中 ED 组 28 例,非 ED 组 36 例。两组患者性别、年龄、BMI、ASA 分级、

查尔森合并症指数(Charlson comorbidity index, CCI)、手术方式、手术时间、麻醉时间、术中输液量、拔管时间、PACU 停留时间、麻醉恢复期 VAS 疼痛评分差异无统计学意义(表 1)。

两组苏醒前与完全苏醒时脑电变化一致:SEF 上升, β 、 γ 波功率升高, α 波峰值频率降低。与苏醒前比较,非 ED 组完全苏醒时 θ 波、 α 波功率明显降低($P<0.05$), α 波峰值功率明显降低($P<0.05$),ED 组完全苏醒时 α 波功率和 α 波峰值功率差异无统计学意义(图 1、表 2)。

两组分别具有代表性的患者 EEG 频谱见图 2。

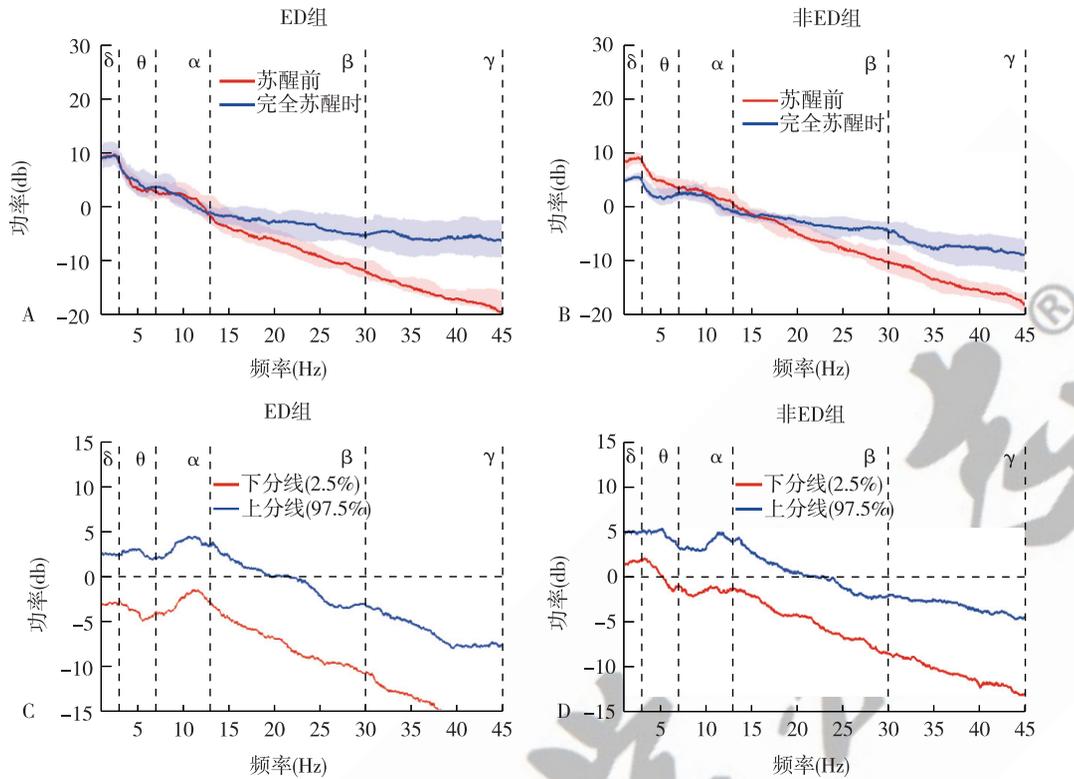
与非 ED 组比较,ED 组苏醒前和完全苏醒时样本熵与排列熵明显升高($P<0.05$)(表 3)。

讨 论

ED 是外科手术后新发的以损害注意力和认知功能为主要特点的神经精神综合征,是老年患者术后最常见的严重并发症之一。ED 与术后住院期间发生 POD 以及出院时认知功能下降的风险增加有关^[14]。目前,关于成人 ED 的研究较少,命名不一致,定义的时间不同,诊断标准不统一^[15]。我国麻醉科医师和麻醉科护士对 ED 的重要性有较高的认识,然而需要在常规谵妄评估、麻醉深度监测和标

表 1 两组患者一般情况与围术期指标的比较

指标	ED 组($n=28$)	非 ED 组($n=36$)	P 值
男/女(例)	4/24	8/28	0.420
年龄(岁)	69.5(66.0~75.0)	68.0(65.3~72.8)	0.485
BMI(kg/m^2)	23.8 \pm 3.5	24.4 \pm 4.2	0.533
ASA II/III 级(例)	10/18	21/15	0.072
CCI 指数	0(0~1.8)	0(0~1.0)	0.283
手术方式[例(%)]			0.164
膝关节置换	23(82)	24(67)	
髋关节置换	5(18)	12(33)	
手术时间(min)	93.2 \pm 27.5	91.9 \pm 22.3	0.839
麻醉时间(min)	111.8 \pm 25.4	111.7 \pm 22.1	0.984
拔管时间(min)	10.0(10.0~15.0)	11.5(10.0~16.5)	0.356
PACU 停留时间(min)	35.0(30.0~45.0)	40.0(30.0~48.8)	0.453
输液量(ml)	1 100.0(1 000.0~1 100.0)	1 100.0(700.0~1 100.0)	0.084
麻醉恢复期 VAS 疼痛评分(分)	1.0(0~2.8)	1.0(0~2.0)	0.363



注:A、B图分别为ED组和非ED组苏醒前和完全清醒时的中位谱(实线表示中位数,阴影部分代表95%CI)。C、D图分别计算了ED组和非ED组在苏醒前和完全清醒时两个阶段的中位功率的差值,通过bootstrap采样之后绘图的结果^[13]。

图1 两组患者麻醉苏醒过程的功率频谱变化

表2 两组患者苏醒前和完全清醒时脑电变化的比较

指标	组别	例数	苏醒前	完全苏醒时
95%脑电边缘频率(Hz)	ED组	28	18.96±8.93	29.13±12.63 ^a
	非ED组	36	20.72±9.28	28.84±10.23 ^a
α波峰值频率(Hz)	ED组	28	10.18(9.99~10.40)	10.01(9.82~10.13) ^a
	非ED组	36	10.21(9.95~10.66)	9.91(9.72~10.20) ^a
α波峰值功率(dB)	ED组	28	18.55(16.96~20.47)	20.40(18.24~23.13)
	非ED组	36	10.78(8.45~18.09)	10.28(7.06~12.87) ^a
总功率(dB)	ED组	28	18.55(16.96~20.47)	20.40(18.24~23.13)
	非ED组	36	19.46(17.23~23.65)	18.97(17.08~20.58)
δ波功率(dB)	ED组	28	15.42(13.98~16.19)	16.84(12.71~18.30)
	非ED组	36	14.76(13.69~17.00)	14.66(12.79~16.94)
θ波功率(dB)	ED组	28	9.54(7.42~11.43)	10.37(7.26~13.74)
	非ED组	36	10.91(7.22~12.92)	8.94(6.38~10.98) ^a
α波功率(dB)	ED组	28	9.90(6.95~14.67)	9.74(6.48~12.95)
	非ED组	36	10.94(8.64~14.04)	10.49(7.27~11.66) ^a
β波功率(dB)	ED组	28	6.21(3.85~8.99)	10.16(6.11~13.94) ^a
	非ED组	36	7.99(5.02~11.00)	10.43(8.51~15.55) ^a
γ波功率(dB)	ED组	28	-2.68(-3.99~3.18)	7.08(3.14~12.20) ^a
	非ED组	36	0.20(-3.25~4.32)	5.77(1.97~12.67) ^a

注:与苏醒前比较,^aP<0.05。

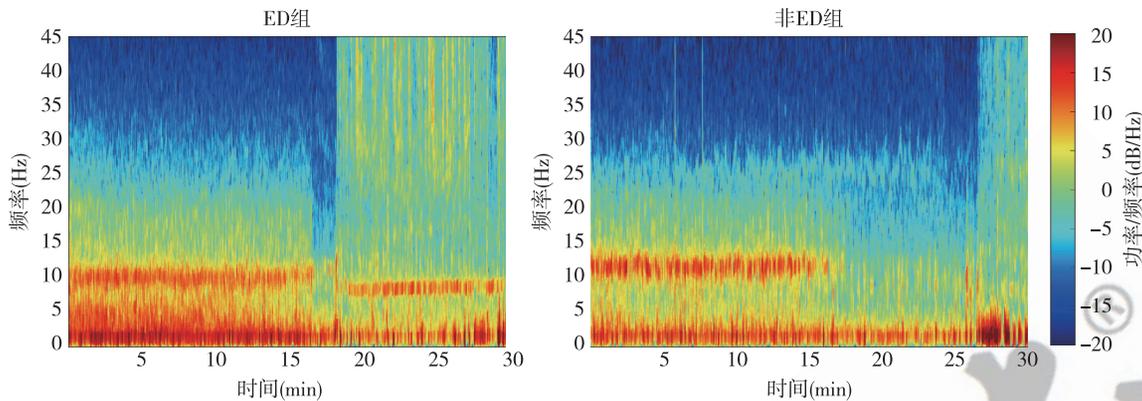


图 2 两组分别具有代表性的患者 EEG 频谱

表 3 两组患者苏醒前与完全苏醒时样本熵与排列熵均值的比较 ($\bar{x} \pm s$)

指标	组别	例数	苏醒前	完全苏醒时
样本熵	ED 组	28	1.32±0.09 ^a	1.66±0.14 ^a
	非 ED 组	36	0.71±0.03	0.80±0.03
排列熵	ED 组	28	0.77±0.02 ^a	0.86±0.03 ^a
	非 ED 组	36	0.71±0.03	0.80±0.03

注:与非 ED 组比较,^a $P < 0.05$ 。

准化治疗等方面进行具体实践,以改善对于 ED 的管理^[16]。

青年和老年患者恢复期 EEG 存在多个类别,不同的 EEG 类别代表个体从麻醉中的恢复能力^[17]。该研究指出一种独特的类别(β 波和 γ 波出现, θ 波和 α 波消失),这可能代表了一种与全身麻醉恢复良好相关的脑电模式。本研究中未出现 ED 的患者 β 波、 γ 波功率升高,并伴有 θ 波、 α 波功率的明显降低。当患者从无意识状态过渡到有意识状态时,未出现 ED 的患者存在 EEG 频谱(θ 波、 α 波)活动减慢的特征模式,而 ED 患者无此类特征。在丙泊酚麻醉苏醒期间,脑电功率的变化与麻醉诱导期意识消失相反,在意识恢复时,额叶 α 波低频功率下降, γ 波和 β 波功率比值在整个意识恢复期间升高^[18],本研究中未出现 ED 的患者意识恢复特征与之相符,而 ED 患者表现不同。全身麻醉的患者显著的 α 波振荡活动可能反映了充分的麻醉状态,并与较低的围术期认知功能障碍发生相关^[19]。发生术后谵妄的成年患者在麻醉苏醒期间 α 波功率缺乏^[1]。发生 ED 的儿科患者在全身麻醉后出现低频(δ 波)额叶 EEG 活动增加,高频(α 波和 β 波)EEG

活动减少^[20]。术前认知评分较低的患者术中 α 波段功率较低^[21]。而术前认知评分低是术后发生围术期认知功能障碍的危险因素之一^[22],因此 ED 患者麻醉苏醒期间 α 波功率及峰值功率增加并不显著。

人脑活动是非线性的、不规则的,而熵值指数就是应用非线性分析方法量化 EEG 信号,实时动态响应大脑生理变化,从而可以准确测量麻醉深度^[23]。本研究结果显示,ED 患者苏醒期的脑电样本熵与排列熵均高于未发生 ED 的患者。状态和反应熵随着年龄的增长而增加,大脑状态受各种因素的调节,如年龄、身体状况、个人健康状况和外部干预^[24]。两组患者年龄无差异,即 ED 患者麻醉苏醒期间样本熵与排列熵的升高原因不是由于年龄差异而产生的,可能提示是 ED 的特异性脑电信号。

本研究是基于“右美托咪定麻醉下脑电恢复轨迹与苏醒期谵妄的相关研究”(中国临床试验注册中心:ChiCTR2100053491)数据的二次挖掘,不涉及样本量计算,存在统计效能不足的风险,未来将在多中心的前瞻性背景下对该问题进行进一步探索,以提高预测精度,建立可靠的临床应用预测模型。本研究未发现 ED 与非 ED 患者间的苏醒期脑电特征差异,这可能是选择特定时间点所导致的,今后的研究应更加注重苏醒期脑电特征的连续性变化。另外,两组患者未进行术后谵妄情况的脑电追踪监测进而分析两者的相关性,也是本研究的局限性之一。

综上所述,发生苏醒期谵妄的患者在麻醉苏醒期间 α 波功率及 α 波峰值功率均无显著变化,但伴有样本熵与排列熵的升高。脑电图频带功率特征性变化是否可以作为发生苏醒期谵妄的预测指标,有待将来多中心大样本研究的进一步验证。

参 考 文 献

- [1] Hesse S, Kreuzer M, Hight D, et al. Association of electroencephalogram trajectories during emergence from anaesthesia with delirium in the postanesthesia care unit: an early sign of postoperative complications. *Br J Anaesth*, 2019, 122(5): 622-634.
- [2] Sikich N, Lerman J. Development and psychometric evaluation of the pediatric anesthesia emergence delirium scale. *Anesthesiology*, 2004, 100(5): 1138-1145.
- [3] Xarú D, Silva A, Mendonça J, et al. Inadequate emergence after anesthesia; emergence delirium and hypoactive emergence in the postanesthesia care unit. *J Clin Anesth*, 2013, 25(6): 439-446.
- [4] Sharma PT, Sieber FE, Zakriya KJ, et al. Recovery room delirium predicts postoperative delirium after hip-fracture repair. *Anesth Analg*, 2005, 101(4): 1215-1220.
- [5] Kim J, Lee HC, Byun SH, et al. Frontal electroencephalogram activity during emergence from general anaesthesia in children with and without emergence delirium. *Br J Anaesth*, 2021, 126(1): 293-303.
- [6] Martin JC, Liley DT, Harvey AS, et al. Alterations in the functional connectivity of frontal lobe networks preceding emergence delirium in children. *Anesthesiology*, 2014, 121(4): 740-752.
- [7] Lutz R, Müller C, Dragovic S, et al. The absence of dominant alpha-oscillatory EEG activity during emergence from delta-dominant anesthesia predicts neurocognitive impairment—results from a prospective observational trial. *J Clin Anesth*, 2022, 82: 110949.
- [8] Chander D, García PS, MacColl JN, et al. Electroencephalographic variation during end maintenance and emergence from surgical anesthesia. *PLoS One*, 2014, 9(9): e106291.
- [9] Ely EW, Inouye SK, Bernard GR, et al. Delirium in mechanically ventilated patients; validity and reliability of the confusion assessment method for the intensive care unit (CAM-ICU). *JAMA*, 2001, 286(21): 2703-2710.
- [10] Ely EW, Margolin R, Francis J, et al. Evaluation of delirium in critically ill patients; validation of the confusion assessment method for the intensive care unit (CAM-ICU). *Crit Care Med*, 2001, 29: 1370-1379.
- [11] Zhang Y, He ST, Nie B, et al. Emergence delirium is associated with increased postoperative delirium in elderly: a prospective observational study. *J Anesth*, 2020, 34(5): 675-687.
- [12] Sessler CN, Gosnell MS, Grap MJ, et al. The Richmond Agitation-Sedation Scale; validity and reliability in adult intensive care unit patients. *Am J Respir Crit Care Med*, 2002, 166(10): 1338-1344.
- [13] Cornelissen L, Kim SE, Purdon PL, et al. Age-dependent electroencephalogram (EEG) patterns during sevoflurane general anesthesia in infants. *Elife*, 2015, 4: e06513.
- [14] Neufeld KJ, Leoutsakos JM, Sieber FE, et al. Outcomes of early delirium diagnosis after general anesthesia in the elderly. *Anesth Analg*, 2013, 117(2): 471-478.
- [15] Yang Y, Feng L, Ji C, et al. Inhalational versus propofol-based intravenous maintenance of anesthesia for emergence delirium in adults: a meta-analysis and trial sequential analysis. *J Neurosurg Anesthesiol*, 2023, 35(2): 177-186.
- [16] Yuan Y, Lei B, Li Z, et al. A cross-sectional survey on the clinical management of emergence delirium in adults; knowledge, attitudes, and practice in mainland China. *Brain Sci*, 2022, 12(8): 989.
- [17] 张欣欣, 李傲, 刘焜焜, 等. 七氟醚全麻术后青年和老年患者苏醒期的脑电图类别. *临床麻醉学杂志*, 2023, 39(3): 229-234.
- [18] Purdon PL, Pierce ET, Mukamel EA, et al. Electroencephalogram signatures of loss and recovery of consciousness from propofol. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2013, 110(12): E1142-E1151.
- [19] Gutierrez R, Egaña JI, Saez I, et al. Intraoperative low alpha power in the electroencephalogram is associated with postoperative subsyndromal delirium. *Front Syst Neurosci*, 2019, 13: 56.
- [20] Kim J, Lee HC, Byun SH, et al. Frontal electroencephalogram activity during emergence from general anaesthesia in children with and without emergence delirium. *Br J Anaesth*, 2021, 126(1): 293-303.
- [21] Giattino CM, Gardner JE, Sbahi FM, et al. Intraoperative frontal alpha-band power correlates with preoperative neurocognitive function in older adults. *Front Syst Neurosci*, 2017, 11: 24.
- [22] Rengel KF, Pandharipande PP, Hughes CG. Special considerations for the aging brain and perioperative neurocognitive dysfunction. *Anesthesiol Clin*, 2019, 37(3): 521-536.
- [23] Kim YH, Choi WJ. Effect of preoperative anxiety on spectral entropy during induction with propofol. *Korean J Anesthesiol*, 2013, 65(2): 108-113.
- [24] Pandin P, Estruc I, Van Hecke D, et al. Brain aging and anesthesia. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2019, 33 Suppl 1: S58-S66.

(收稿日期:2023-12-02)