

麻醉意识深度指数在儿童射频消融术中应用的临床研究



全文二维码



开放科学码

李立晶 张建敏 胡璟 任艺 高佳 王芳

【摘要】 目的 分析麻醉意识深度指数 (cerebral state index, CSI) 与脑电双频指数 (bispectral index, BIS) 在监测儿童射频消融术中反映麻醉深度的相关性, 评价 CSI 用于儿科监测的可行性。 **方法**

选择全麻下行心律失常射频消融手术的患儿 36 例, 年龄 7 ~ 15 岁, ASA I ~ II 级, 给予丙泊酚 2.5 mg/kg, 顺式阿曲库铵 0.1 mg/kg, 芬太尼 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 诱导后气管插管。麻醉维持期, 设定 BIS 目标区间为 60 ~ 70, 采取闭环模式机器自动调整丙泊酚注药速度, 瑞芬太尼 0.25 ~ 0.33 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 持续泵注。记录患儿入室时 (T_1)、诱导完成时 (T_2)、手术开始时 (T_3)、手术 30 min (T_4)、手术 60 min (T_5)、手术 90 min (T_6)、停药时 (T_7)、拔除气管插管时 (T_8)、出室前 (T_9) 的 CSI 和 BIS, 并记录 $T_7 \sim T_9$ 时的改良清醒镇静评分 (modified observers assessment of alertness/sedation scale, MOAA/S)。**结果** $T_1 \sim T_2$ 诱导期、 $T_3 \sim T_6$ 维持期、 $T_7 \sim T_9$ 复苏期 CSI 与 BIS 的 Spearman 相关系数分别为 0.87、0.84 和 0.69 ($P < 0.05$)。 T_1 、 $T_3 \sim T_5$ 时 CSI 低于 BIS ($P < 0.05$), $T_8 \sim T_9$ 时 CSI 高于 BIS ($P < 0.05$), T_2 、 T_6 、 T_7 时, CSI、BIS 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。 $T_7 \sim T_9$ 复苏期, CSI 与 MOAA/S 的 Spearman 相关系数为 0.77 ($P < 0.05$); BIS 与 MOAA/S 的 Spearman 相关系数为 0.75 ($P < 0.05$)。**结论** 在儿童静脉麻醉状态下, CSI 与 BIS 具有良好的相关性, CSI 可以用于监测麻醉深度。

【关键词】 麻醉, 静脉; 意识; 导管消融术; 儿童

【中图分类号】 R614.2 + 4 R541.7

Clinical application of cerebral state index during radiofrequency ablation in children. Li Lijing, Zhang Jianmin, Hu Jing, Ren Yi, Gao Jia, Wang Fang. Department of Anesthesiology, Affiliated Beijing Children's Hospital, Capital Medical University & National Center for Children's Health, Beijing 100045, China. Corresponding author: Zhang Jianmin, Email: zjm428@sina.com

【Abstract】 Objective To explore the correlation between cerebral state index (CSI) and bispectral index (BIS) in the monitoring of radiofrequency ablation anesthesia in children and evaluate the feasibility of CSI for pediatric monitoring. **Methods** Thirty-six children aged 7 to 15 years, ASA I to II, were scheduled for arrhythmic radiofrequency ablation under general anesthesia. Propofol 2.5 mg/kg, cis-atracurium 0.1 mg/kg and fentanyl 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ were administered for induction. For anesthetic maintenance, a continuous intravenous infusion of propofol was used for maintaining a BIS level of 60 to 70 by a closed-loop mode machine. Remifentanyl was continuously infused at a rate of 0.25 to 0.33 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ for maintaining stable hemodynamics. CSI and BIS were recorded at the timepoints of entering operating room (T_1), completing tracheal induction (T_2), operation starting (T_3), 30 min (T_4), 60 min (T_5), 90 min (T_6), intravenous infusion stopping (T_7), extubation (T_8) and leaving operating room (T_9). The modified awake sedation scores (MOAA/S) were recorded at T_7 to T_9 . **Results** The Spearman's correlation coefficients of CSI and BIS were 0.87, 0.84 and 0.69 respectively for T_1 to T_2 induction period, T_3 to T_6 maintenance period and T_7 to T_9 recovery period ($P < 0.05$). CSI was lower than BIS at T_1 , T_3 to T_5 ($P < 0.05$) and was higher than BIS at T_8 to T_9 ($P < 0.05$). No significant difference existed in CSI and BIS at T_2 , T_6 and T_7 ($P > 0.05$). From T_7 to T_9 , the Spearman's correlation coefficient of CSI and MOAA/S and BIS and MOAA/S were 0.77 and 0.75 respectively ($P < 0.05$). **Conclusion**

DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2020.06.013

作者单位: 国家儿童医学中心, 首都医科大学附属北京儿童医院麻醉科 (北京市, 100045)

通信作者: 张建敏, Email: zjm428@sina.com

CSI and BIS have an excellent correlation. And CSI may be used for monitoring the depth of anesthesia during intravenous anesthesia in children.

【Key words】 Anesthesia, Intravenous; Consciousness; Catheter Ablation; Child

小儿快速型心律失常是小儿心脏内科常见疾病,包括预激综合征、房室结折返性心动过速、房性及室性早搏等,经导管射频消融术是目前最可靠的根治手段。儿童往往需要全身麻醉下进行此类手术,而全身麻醉药物和麻醉深度可能影响患儿的心脏电生理活动。因此,选择合适的药物及控制适宜的麻醉深度,维持心律失常发作或可诱发性,是此类手术麻醉管理的关键。目前临床上使用的多种监测麻醉深度的产品均根据成人脑电信号开发研制,其中大部分在儿科领域的适用性尚需评估。脑电双频指数(bispectral index, BIS)从1996年被美国食品与药品管理局批准作为监测麻醉深度和镇静水平的指标。目前在儿科领域是研究最深入、应用最广泛的脑电监测指标。有研究证明, BIS 对于1岁以上儿童的麻醉镇静具有同样指导意义^[1]。麻醉意识深度指数(cerebral state index, CSI)是近年来出现的一种新型监测指标,是基于模糊逻辑理论的等级结构系统,通过对脑电图(electroencephalogram, EEG)的频率容量进行分析而得出一个无量纲的变量,其标度范围同样为0~100,数值越大,镇静深度越低,数值越小,镇静深度越高。CSI与BIS工作原理不同,但CSI电极片具有抗干扰性能较好,价格较低的特点^[2]。目前在儿科麻醉中,有关CSI的研究甚少,本研究旨在评价麻醉深度监测在儿童射频消融术中的应用效果,并为CSI用于儿童麻醉监测的可行性提供参考依据。

材料与方法

一、一般资料

本研究选择2019年9月至2019年12月在首都医科大学附属北京儿童医院行心脏射频消融手术的患儿36例,年龄7~15岁,平均 (9.7 ± 2.4) 岁, ASA I或II级。患儿术前均未使用药物,无器质性心脏病,排除神经系统疾病及精神类药物用药史。本研究已获得本院医学伦理委员会批准(编号:2020-K-017),患儿家属均签署知情同意书。

二、方法

由一名麻醉医师实施麻醉,另一位医师负责数据收集。患儿术前在病房开放静脉通路,入室后连

接PHILIPS监护仪监测HR、MAP、SpO₂、体温。清洁额头皮肤后,在同方向粘贴CSI(一次性无创脑电传感器,广西威力方舟技术有限公司)和BIS(一次性脑电传感器,儿童型, Covidien LLC)电极片,采用Drager麻醉机实施麻醉。使用ASPECT公司BIS-VISTA监测仪连续监测BIS,全凭静脉三通静脉监控自动注射系统(广西威力方舟技术有限公司)行CSI和肌松监测(四个成串刺激比率, TOFr)并输注丙泊酚(批号:16ND3865, FreseniusKabi公司,奥地利)和瑞芬太尼(批号:90A08031,宜昌人福药业,中国)。诱导阶段静脉注射丙泊酚2.5 mg/kg,苯磺顺阿曲库铵(批号:190426AK,江苏恒瑞公司,中国)0.1 mg/kg,芬太尼(批号:91D03131,宜昌人福药业,中国)1 μg/kg,患儿意识消失, TOFr <5%后行气管插管术,连接呼吸机行机械通气。呼吸参数为VT 8~10 mL/kg, RR 16~24次/min,吸呼比1:1.5,维持P_{ET}CO₂在35~45 mmHg。诱导结束后,采用闭环全凭静脉麻醉, Paedfusor模型,设定BIS目标区间为60~70,计算机根据BIS值反馈调控输注丙泊酚速度。同时,恒速泵输注瑞芬太尼,速度为0.25~0.33 μg·kg⁻¹·min⁻¹,术中负责实施麻醉的医师根据患儿血流动力学变化调整瑞芬太尼输注速率。术毕调高BIS目标区间为65~75,瑞芬太尼输入速度不变。术毕撤出消融导管,按压穿刺点满5 min,止血完成后,停止输注丙泊酚及瑞芬太尼。术中采用体表体温监测,理想范围为36℃~37.2℃,低于36℃会使用Bair Hugger升温系统进行保温处理;高于37.2℃会进行物理降温。围术期发生严重并发症者,或90 min内结束手术者退出本研究。

三、观察指标

记录患儿入室时(T₁)、诱导完成时(T₂)、手术开始时(T₃)、手术30 min(T₄)、手术60 min(T₅)、手术90 min(T₆)、停药时(T₇)、拔除气管插管时(T₈)、出室前(T₉)的CSI、BIS,并记录T₇~T₉的改良清醒镇静评分(Modified Observers Assessment of Alertness/Sedation scale, MOAA/S)(表1)。同时记录患儿药物过敏、反流、误吸、气道痉挛、术中知晓、术后躁动等术中、术后不良事件及处理方法。

表 1 改良清醒镇静评分

Table 1 Modified observers assessment of alertness/sedation score

级别	定义
5	正常语调呼唤姓名,反应快速
4	正常语调呼唤姓名,犹如睡眠中反应
3	对反复大声呼唤姓名有应答反应,或睫毛反射存在
2	睫毛反射消失
1	对轻微疼痛(如外周静脉穿刺)无反应

四、统计学处理

采用 SPSS21.0 统计学软件进行数据的整理与分析。符合正态分布资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,不符合呈正态分布的计量资料以中位数和四分位间距表示[$M(P_{25}, P_{75})$]。计数资料采用例数和百分比(%)表示。相同时间点正态分布资料的比较采用配对样本 t 检验,非正态资料比较采用符号秩和检验。对双变量呈非正态分布的计量资料,采用 Spearman 相关。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

所有患儿中,只有 1 例室性早搏患儿术中未能成功诱发心律失常,手术开始后 45 min 终止手术,未能完成观察被排除,有效样本量共 35 例。入组患儿中男童 19 例,女童 16 例;平均身高(143.5 ± 16.0)cm;平均体质量(37.5 ± 15.7)kg。术后有 1 例在病房出现头痛,自诉视物不清,行头颅相关辅助检查后未见异常,对症处理,第 2 天不适感消失,其余患儿围术期未出现严重并发症,随访均无术中知晓。

T_1 时点所有患儿 MOAA/S 评分为 5 分, $T_2 \sim T_6$ 时间段内所有患儿评分为 1 分, T_7 时点停药进入复苏阶段,此时 MOAA/S 评分为 1 分的患儿占比为 100%; T_8 时点,3 分的患儿占 43% (15/35),4 分的

患儿占 54% (19/35),5 分的患儿占 3% (1/35); T_9 时点,4 分的患儿占 34% (12/35),5 分的患儿占 66% (23/35),见表 2。

表 2 不同时间点 MOAA/S 评分比较[$n(\%)$]

Table 2 Comparison of MOAA/S at different timepoints[$n(\%)$]

MOAA/S	T7	T8	T9
1	35(100.00)	0(0.00)	0(0.00)
2	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)
3	0(0.00)	15(43.00)	0(0.00)
4	0(0.00)	19(54.00)	12(34.00)
5	0(0.00)	1(3.00)	23(66.00)

$T_1 \sim T_2$ 诱导期与 $T_3 \sim T_6$ 维持期,CSI 与 BIS 的 Spearman 相关系数分别为 0.87 和 0.84 ($P < 0.05$),呈高度相关; $T_7 \sim T_9$ 复苏期 CSI 与 BIS 的 Spearman 相关系数为 0.69 ($P < 0.05$),呈中度相关,见图 1 至图 3。

T_1 、 $T_3 \sim T_5$ 时 CSI 低于 BIS ($P < 0.05$), $T_8 \sim T_9$ 时 CSI 高于 BIS ($P < 0.05$), T_2 、 T_6 和 T_7 时,CSI、BIS 差异无统计学意义 ($P > 0.05$),见表 3。

表 3 不同时间点 BIS 和 CSI($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Values of BIS and CSI at different timepoints($\bar{x} \pm s$)

时间点	BIS	CSI	t/z 值	P 值
T_1	98.00[97.00,98.00] *	86.66 ± 6.92	-4.63	<0.001
T_2	52.37 ± 10.13	51.25 ± 10.78	1.06	0.30
T_3	52.89 ± 7.81	48.69 ± 9.24	4.04	<0.001
T_4	63.40 ± 3.34	60.43 ± 8.14	2.91	0.01
T_5	63.91 ± 2.70	60.49 ± 7.53	3.63	<0.001
T_6	64.31 ± 2.60	63.06 ± 6.53	1.39	0.17
T_7	65.80 ± 4.98	67.49 ± 9.04	-1.47	0.15
T_8	75.74 ± 3.84	89.80 ± 7.31	-11.36	<0.001
T_9	80.54 ± 5.73	92.94 ± 4.01	-10.56	<0.001

注 * 数据为非正态分布,表中数值为 $M[P_{25}, P_{75}]$

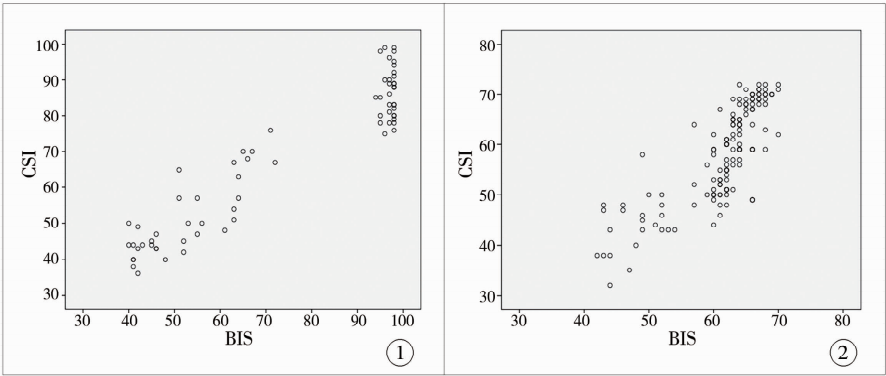


图 1 诱导期 CSI 与 BIS 相关性分析的散点图 图 2 维持期 CSI 与 BIS 相关性分析的散点图
Fig.1 Scatter plot of correlation analysis between CSI and BIS during induction Fig.2 Scatter plot of correlation analysis between CSI and BIS during maintenance

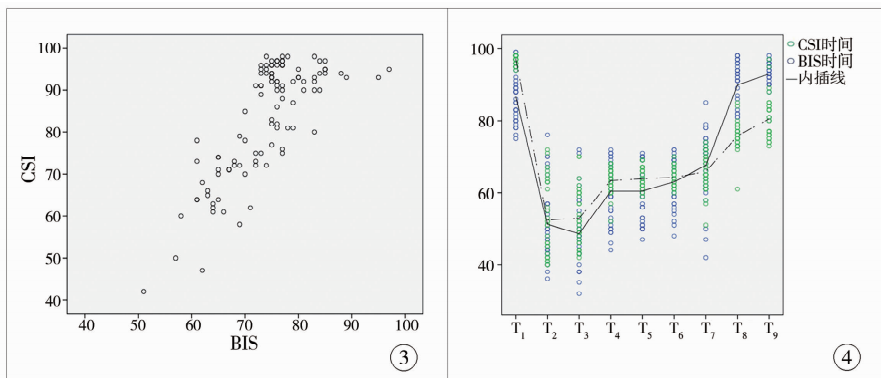


图3 复苏期 CSI 与 BIS 相关性分析的散点图

Fig. 3 Scatter plot of correlation analysis between CSI and BIS during recovery

trends of CSI and BIS at different timepoints

图4 各时间点 CSI、BIS 散点趋势图

Fig. 4 Scatter

trends of CSI and BIS at different timepoints

$T_7 \sim T_9$ 复苏期时, CSI 与 MOAA/S 的 Spearman 相关系数为 0.77, 呈中度相关 ($P < 0.05$); BIS 与 MOAA/S 的 Spearman 相关系数为 0.75, 呈中度相关 ($P < 0.05$)。从整体趋势图看, CSI 在复苏期上扬幅度大于 BIS, 见图 4。

讨论

小儿快速型心律失常是心内科常见疾病, 若药物控制效果不良, 频繁发作可致心脏扩大, 严重者可引起心功能衰竭, 经导管射频消融术是目前唯一的根治手段。射频消融术一般先行心脏电生理检查, 即经深静脉放置电极并送至心脏冠状窦、希氏束和右心室等部位, 通过电刺激以标测异常激动点或者折返环的位置, 然后输入一定电流, 损毁心律失常病灶或阻断折返途径, 从而达到治疗的目的。这类手术需要很高的精确性, 要求患儿有很好的配合度, 因此儿童往往需要在全麻下行手术治疗。作者经过前期大量手术观察, 发现麻醉过深易导致心律失常消失或难以诱发, 与张菊等^[3]观点一致。同时, 此类手术具有对患儿疼痛等刺激较轻, 对肌肉松弛等无过多要求的特点。本研究以 BIS 目标区间为 60~70, 目标值为 65, 由靶控泵根据 BIS 反馈值自动调控注药速度, 避免麻醉过深及丙泊酚血浆浓度的过高导致波动。此 BIS 目标值与王嵘等^[4]在评价 BIS 监测在导管室小儿射频消融术中应用的范围类似。在射频消融手术中控制合适的麻醉深度至关重要, 因此选择适宜的麻醉深度监测方法也一直是研究热点。

随着医疗技术和麻醉技术的不断发展, 麻醉深度的监测手段越来越多, 也越来越成熟。BIS 在临床应用 20 余年, 通过不断的研究, 已经成为现今临

床运用最广泛的脑电监测指标之一, 是目前被大多数成人、儿科麻醉医师认可的麻醉深度监测指标^[5]。尽管如此, BIS 尚存在一定的问题, 并不能称为麻醉深度监测的金标准。例如 BIS 值计算需要获取脑电信号的整体特征, 不能及时反映即刻变化, 有研究认为 BIS 在预测体动方面缺乏优势^[6]。由于麻醉、镇静下的脑电动态特性尚未得到很好的研究, 大脑皮层不同部位激活速度不同, 从而不同监测产品在监测过程中会不可避免地出现不够准确、滞后等现象^[7]。CSI 是一种较新型的麻醉深度、镇静程度监测指数, 其算法与 BIS 不同。它具有从脑电图的时域分析(突发比率)和频域分析(α 比率、 β 比率和 β - α 比率)得出的四个子参数^[8]。CSI 将子参数作为一种自适应神经模糊推理系统输入。这种推理系统的优点是, 它不是假定一种潜在的数字函数来推断 EEG 值和患儿的临床状态之间的联系。CSI 在成人的静脉麻醉或吸入麻醉研究中普遍被认为其作为麻醉深度的监测手段之一, 效果确切。Jensen 等^[9]进行了成人丙泊酚麻醉下, CSI 与丙泊酚效应室靶浓度和患儿的警觉镇静评分的关系研究, 认为 CSI 可以很好地反映出丙泊酚麻醉深度。Cho 等^[8]在成人地氟醚麻醉中, 观察研究了 CSI 与 BIS 在麻醉过程中不同吸入浓度下的监测数值, 认为 CSI 可以作为 BIS 的良好替代品。

CSI 与其他监测产品一样, 是基于成人脑电研究的结果, 在儿童领域应用的相关研究较少, 文献能检索到七氟醚麻醉下 BIS 与 CSI 两种监测方法的比较研究^[2,10]。牛学功等^[2]通过对 3~12 岁儿童行不同七氟醚麻醉浓度下的麻醉深度监测, 发现 CSI 能准确反映 3 岁以上儿童七氟醚麻醉深度, 为临床提供一种有效的监测麻醉深度的方法。在静脉麻醉方面, 还没有在儿科中对 BIS 和 CSI 麻醉过程中

不同阶段的相关性进行研究。本研究中,使用了静脉麻醉,并分析不同麻醉阶段 BIS 与 CSI 相关性。患儿使用了阿片类药物包括诱导阶段的少量芬太尼和维持阶段常规剂量的瑞芬太尼。关于阿片类药物对麻醉深度监测的影响,有很多研究认为阿片类药物不会引起明显的脑电抑制现象,丙泊酚与常用镇痛剂量阿片类药物合用时,丙泊酚仍对中枢神经系统镇静起主导作用,其镇静作用仍可通过麻醉深度监测设备如 BIS 来体现,高剂量阿片才会出现较明显的脑电抑制^[11]。肌松药对 BIS 值的影响有一些研究,但仍以成人为主。肌松药对 CSI 的影响尚缺乏研究。Sanavia 等^[12]开展了在儿童中使用肌松药对 BIS 影响的临床研究,认为持续输注肌松药会对 BIS 值产生轻微影响,但不干扰其对患儿的意识监测。本研究中,因为此类手术对肌肉松弛没有要求,所以只在诱导时给予单次诱导量肌松药,手术过程中都不需要追加。观察到在给予肌松药后 75 min 以内,所有患儿的 TOF 都能恢复到 90% 以上。本研究观察到在患儿清醒时,CSI 明显低于 BIS,在此阶段评判患儿意识状态的效果不如 BIS,这与 Fuentes 等^[10]观察结果一致;麻醉诱导过程中,从散点趋势图可以观察到,CSI 与 BIS 下降趋势相同,但 CSI 下降幅度更大,诱导完成后短时间内,CSI 仍有一段下降;麻醉维持过程中,CSI 与 BIS 走形趋势相同,麻醉维持期时间点数值多数低于 BIS,如果在儿童静脉麻醉中单纯使用 CSI 监测,应考虑使用不同的参数范围作为维持指标;麻醉苏醒阶段,从趋势图可以看出,CSI 的上升速度要比 BIS 快,上升幅度也更高,从 CSI、BIS 分别与 MOAA/S 的相关系数及散点图可以看出,CSI 反映意识状态恢复的灵敏度优于 BIS。

对于儿童来讲,神经系统仍在不断发育和完善中,近年对于全身麻醉药物对发育中的大脑是否具有毒性的争议也一直未间断^[13,14]。选择准确的麻醉深度监测量化指标,能够减少麻醉药物用量,降低潜在神经系统损伤风险。CSI 对于浅麻醉的及时、准确反应在临床工作中具有很重要的意义。如本次研究的射频消融术,是否能够将麻醉深度控制在一个较浅的水平,是异常心脏起搏能否被诱发,进一步进行消融操作的重要影响因素之一。但如果控制不当,麻醉过浅会造成患儿术中知晓,遗留心理创伤和精神疾病,或术中出现体动反应造成患儿身体损害^[15]。在此种手术中进行麻醉深度监测显得尤为重要,不仅能够协助麻醉医师调

控适宜的麻醉深度,对于随时可能出现的麻醉过浅,CSI 还能够及时反应做出提示,便于麻醉医师立即作出判断、调整用药,避免出现不良事件。除此以外,其他很多手术,例如儿童脊柱侧凸矫治术中,虽然为避免术中脊髓损伤,已经普遍应用神经电生理监测,但在儿童领域应用的监测失败率高于成人,或监测结果出现严重异常时,仍要通过传统术中唤醒方式明确是否存在脊髓受损^[16]。从作者既往多年的术中唤醒经验看,BIS 对于唤醒阶段的预测效果欠佳,很多患儿在唤醒时刻与麻醉状态下 BIS 数值相差不大,CSI 的及时反应就能够为唤醒提供有效的参考。

在麻醉监测领域,各种监测方法各有优势,但也存在不足。在儿童领域中,使用最多的还是 BIS。本研究通过 CSI 与 BIS 的观察比较发现,尽管二者的算法存在较大差异,但在学龄儿童,这两种监测方法在丙泊酚、瑞芬太尼静脉麻醉过程中总体走向趋势一致,能够很好反映麻醉深度的变化。在患儿清醒阶段,CSI 数值普遍低于 BIS,但在预测苏醒方面,CSI 更具有优势。需要注意的是,现有的任何一种麻醉深度监测方法,在儿科使用过程中都需考虑年龄、药物等因素。关于 CSI 在儿科麻醉中的应用,还有不同年龄阶段的适用性以及不同药物的影响等问题需要进一步研究。

综上所述,在儿童静脉麻醉状态下,CSI 与 BIS 具有良好的相关性,应用于心脏射频消融手术中,能够协助调控适宜的麻醉深度,利于心律失常诱发。CSI 在预测苏醒阶段更具优势,有良好的应用前景。

参考文献

- 1 Jeleazcov C, Schmidt J, Schmitz B, et al. EEG variables as measures of arousal during propofol anaesthesia for general surgery in children: rational selection and age dependence [J]. Br J Anaesth, 2007, 99 (6): 845-854. DOI: 10.1093/bja/aem275.
- 2 牛学功,李天佐. BIS 与 CSI 在小儿七氟醚麻醉中的临床观察[J]. 北京医学, 2010, 32 (8): 627-629. DOI: 10.15932/j.0253-9713.2010.08.036.
Niu XG, Li TZ. Clinical observation of BIS and CSI on pediatric patients during sevoflurane anesthesia[J]. Beijing Medical Journal, 2010, 32 (8): 627-629. DOI: 10.15932/j.0253-9713.2010.08.036.
- 3 张菊,张东亚. 小儿快速型心律失常行射频消融术的麻醉

- 现状[J]. 河北医科大学学报, 2015, 36(2): 246–248. DOI:10.3969/j.issn.1007-3205.2015.02.046.
- Zhang J, Zhang DY. Current status of anesthesia for radio frequency ablation in children with rapid-type arrhythmias[J]. Journal of Hebei Medical University, 2015, 36(2): 246–248. DOI:10.3969/j.issn.1007-3205.2015.02.046.
- 4 王嵘, 卿恩明, 丁雪峰, 等. 脑电双频指数监测在小儿射频消融术中的应用[J]. 中华全科医师杂志, 2009, 8(3): 187–188. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7368.2009.03.020.
- Wang R, Qing EM, Ding XF, et al. The application of bispectral index in pediatric radio frequency catheter ablation[J]. Chinese Journal of General Practitioners, 2009, 8(3): 187–188. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-7368.2009.03.020.
- 5 Wang F, Zhang J, Yu J, et al. Variation of bispectral index in children aged 1–12 years under propofol anesthesia; an observational study[J]. BMC Anesthesiology, 2019, 19(1), 145. DOI:10.1186/s12871-019-0815-6.
- 6 Niu J, Wang SJ, Zhang MZ, et al. The peak bispectral index time cannot predict early phase propofol pharmacodynamics with effect site-controlled infusion algorithm[J]. Indian J Pharmacol, 2012, 44(1): 41–45. DOI: 10.4103/0253-7613.91865.
- 7 Xi C, Sun S, Pan C, et al. Different effects of propofol and dexmedetomidine sedation on electroencephalogram patterns: Wakefulness, moderate sedation, deep sedation and recovery[J]. PLoS One, 2018, 13(6): e0199120. DOI: 10.1371/journal.pone.0199120. eCollection 2018.
- 8 Cho SH, Kim SS, Hyun DM, et al. Comparison between cerebral state index and bispectral index during desflurane anesthesia[J]. Korean J Anesthesiol, 2018, 71(6): 447–452. DOI:10.4097/kja.d.17.00084.
- 9 Jensen EW, Litvan H, Revuelta M, et al. Cerebral state index during propofol anesthesia; a comparison with the bispectral index and the A-line ARX index[J]. Anesthesiology, 2006, 105(1): 28–36. DOI: 10.1097/00000542-200607000-00009.
- 10 Fuentes R, Cortínez LI, Struys MM, et al. The dynamic relationship between end-tidal sevoflurane concentrations, bispectral index, and cerebral state index in children[J]. Anesth Analg, 2008, 107(5): 1573–1578. DOI:10.1213/ane.0b013e318181ef88.
- 11 黄悦, 陈煌, 杭燕南, 等. 小儿麻醉诱导期舒芬太尼对丙泊酚镇静作用的影响[J]. 临床麻醉学杂志, 2008, 24(9): 741–743.
- Huang Y, Chen H, Hang YN. Effects of sufentanil and propofol on sedation during induction in children[J]. J Clin Anesthesiol, 2008, 24(9): 741–743.
- 12 Sanavia E, García M, Del Castillo J, et al. Effect of neuromuscular blockade on the bispectral index in critically ill patients[J]. An Pediatr (Barc), 2020. DOI: 10.1016/j.anpedi.2019.07.010.
- 13 宋兴荣. 全麻药对发育期大脑神经毒性的研究进展[J]. 中山大学学报, 2019, 40(4): 493–502. DOI:10.13471/j.cnki.j.sun.yat-sen.univ(med.sci).2019.0070.
- Song XR. Research advances of developmental neurotoxicity induced by general anesthetics[J]. Journal of Sun Yat-sen University (Medical Sciences), 2019, 40(4): 493–502. DOI:10.13471/j.cnki.j.sun.yat-sen.univ(med.sci).2019.0070.
- 14 Warner DO, Zaccariello MJ, Katusic SK, et al. Neuropsychological and behavioral outcomes after exposure of young children to procedures requiring general anesthesia: The mayo anesthesia safety in kids (mask) study[J]. Anesthesiology, 2018, 129(1): 89–105. DOI: 10.1097/ALN.0000000000002232.
- 15 Deis AS, Schnetz MP, Ibinson JW, et al. Retrospective analysis of cases of intraoperative awareness in a large multihospital health system reported in the early postoperative period[J]. BMC Anesthesiol, 2020, 20(6): 873–882. DOI: 10.1186/s12871-020-00974-3.
- 16 冯磊, 张学军. 儿童脊柱侧凸矫正手术中神经电生理监测方案的选择及技术难点[J]. 临床小儿外科杂志, 2020, 19(2): 93–97. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2020.02.001.
- Feng L, Zhang XJ. Protocol selecting and technical dilemmas of intraoperative neurophysiological monitoring during corrective procedures for pediatric scoliosis[J]. J Clin Ped Sur, 2020, 19(2): 93–97. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2020.02.001.

(收稿日期: 2020-03-20)

本文引用格式: 李立晶, 张建敏, 胡璟, 等. 麻醉意识深度指数在儿童射频消融术中应用的临床研究[J]. 临床小儿外科杂志, 2020, 19(6): 528–533. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2020.06.013.

Citing this article as: Li LJ, Zhang JM, Hu J, et al. Clinical application of cerebral state index during radiofrequency ablation in children[J]. J Clin Ped Sur, 2020, 19(6): 528–533. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2020.06.013.