

· 专题 · 神经电生理监测在小儿神经外科的应用 ·

脑电双频指数在单椎板入路选择性神经后根离断术中的应用



全文二维码

王国庆¹ 王君璐² 蒋文彬² 刘珺珺¹¹ 上海市儿童医院,上海交通大学医学院附属儿童医院麻醉科,上海 200062; ² 上海市儿童医院,上海交通大学医学院附属儿童医院神经外科,上海 200062

通信作者:刘珺珺,Email:liujj@shchildren.com.cn

【摘要】 目的 探讨脑电双频指数(bispectral index, BIS)在儿童单椎板入路选择性神经后根离断术(single-level selective dorsal rhizotomy, SL-SDR)中的应用价值。 **方法** 回顾性分析 2019 年 3 月至 2022 年 3 月在上海市儿童医院行 SL-SDR 手术、且全程进行 BIS 监测的痉挛型脑瘫患儿临床资料。根据术中神经电生理监测期间是否发生肌电干扰,将患儿列入肌电干扰组(D 组)和无肌电干扰组(N 组),收集两组患儿性别、年龄、体重、脑瘫类型、术前粗大运动功能分级、静脉麻醉维持方案以及药物剂量、神经根阈值比等;同时收集 D 组患儿自神经电生理刺激开始至首次出现肌电干扰期间的 BIS 值和 N 组患儿自神经电生理刺激开始至刺激结束期间的 BIS 值,并进行对比分析。 **结果** 本研究共纳入 43 例 SL-SDR 患儿,其中 D 组 22 例, N 组 21 例。两组一般情况、脑瘫类型、粗大运动功能分级、麻醉方案及剂量、阈值比等方面比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。D 组 BIS 值(53.4 ± 7.2)明显高于 N 组(46.1 ± 9.4),差异有统计学意义($t = 11.889, P = 0.007$)。Logistic 回归分析结果显示,SL-SDR 术中神经电生理监测期间的 BIS 值是发生肌电干扰的独立风险因素[OR 值 = 1.154, 95% CI (1.035 ~ 1.287), $P = 0.01$]。 **结论** SL-SDR 术中神经电生理监测期间 BIS 值是发生肌电干扰的独立风险因素, BIS 值 ≥ 51 可作为预测发生肌电干扰的指标。

【关键词】 脑电双频指数; 脑性瘫痪; 轻截瘫, 痉挛性; 脊神经根切断术; 神经电生理监测

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202205053-009

Application of bispectral index during single-level selective dorsal rhizotomy

Wang Guoqing¹, Wang Junlu², Jiang Wenbin², Liu Junjun¹¹ Department of Anesthesiology, Shanghai Children's Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200062, China; ² Department of Neurosurgery, Shanghai Children's Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200062, China

Corresponding author: Liu Junjun, Email: liujj@shchildren.com.cn

【Abstract】 Objective To summarize the application of bispectral index (BIS) during single-level selective dorsal rhizotomy (SL-SDR) for children with cerebral palsy (CP). **Methods** From March 2019 to March 2022, retrospective review was performed for 43 CP children undergoing SL-SDR. BIS was monitored during SL-SDR. They were divided into two groups of D (disturbance) and N (normal) according to the presence or absence of electromyographic disturbance. Gender, age, weight, type of CP, gross motor function classification system, mode of intravenous anesthesia, drug dose and dorsal root threshold ratio were recorded. At the same time, BIS values of group D from the beginning of electrophysiological stimulation to initial occurrence of electromyographic disturbance and group N from the beginning to the end of electrophysiological stimulation were compared. **Results** There were electromyographic disturbance ($n = 22$) and non-disturbance ($n = 21$). No significant inter-group differences existed in demographic characteristic, type of cerebral palsy, gross motor function classification system, anesthesia mode dosage or threshold ratio ($P > 0.05$). The mean BIS value of group D (53.4 ± 7.2) was significantly higher than that of group N (46.1 ± 9.4) ($t = 11.889, P = 0.007$). According to the results of Logistic regression analysis, BIS value was an independent risk factor for electromyography disturbance in SL-SDR during intraoperative neurophysiological monitoring [OR = 1.154, 95% CI (1.035 -

1.287), $P=0.01$]. **Conclusion** During SL-SDR neurophysiological monitoring, BIS value is an independent risk factor for electromyographic disturbance. And BIS ≥ 51 may be employed as an indicator for predicting the occurrence of electromyographic disturbance.

【Key words】 Bispectral Index; Cerebral Palsy; Paraparesis, Spastic; Rhizotomy; Neurophysiological Monitoring

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202205053-009

脑性瘫痪(cerebral palsy, CP)发病率约1/500, 表现为复杂多样的姿势和感觉运动功能障碍, 其中痉挛型脑瘫约占80%^[1]。选择性脊神经后根离断术(selective dorsal rhizotomy, SDR)是目前公认的能有效缓解肌群痉挛(特别是双下肢肌群肌张力异常增高)的手术方案^[2]。近年来临床上逐渐开展的单椎板入路 SDR 手术(single-level laminectomy for selective dorsal rhizotomy, SL-SDR)以其创伤小、术后脊柱侧弯等并发症少, 成为目前被许多医院采纳的手术方案^[3]。由于此类手术必须依赖术中神经电生理监测的研判来完成神经前、后根的区分以及目标神经后根的离断^[4]。因此对麻醉深度的维持有较高的要求, 既要避免麻醉过浅, 患儿产生体动、发生肌电干扰, 影响神经电生理指标的研判; 又要防止麻醉过深、麻醉药物对感觉和运动神经根电活动传导的影响。脑电双频指数(bispectral index, BIS)作为一种实时麻醉深度监测工具, 在临床麻醉中的应用日益广泛^[5]。为探索 BIS 监测在 SL-SDR 术中的应用价值以及对手术中患儿安全的临床意义, 本研究收集上海市儿童医院实施 SL-SDR 的相关临床数据, 对神经电生理监测期间发生肌电干扰的风险因素进行分析和探讨。

材料与方法

一、临床资料

收集自2019年3月至2022年3月期间在上海市儿童医院确诊为痉挛型脑瘫, 并全程在 BIS 监测下行 SL-SDR 的患儿临床资料。患儿 SL-SDR 围手术期流程为: 入手术室后连接常规心电图、无创血压、脉搏血氧饱和度以及 BIS 探头监测。麻醉诱导药物为咪达唑仑、舒芬太尼、阿托品、丙泊酚和罗库溴铵或顺式阿曲库铵。气管插管后麻醉维持使用吸入麻醉或静脉吸入复合麻醉。患儿改为俯卧位后, 由神经电生理技师完成相关监测操作。手术开始后停用肌松药并逐渐以静脉麻醉为主。术中麻醉用药: 七氟烷最低肺泡气有效浓度(mini-

mum alveolar concentration, MAC)恒定保持在0.5, 静脉麻醉药物微量泵泵注维持麻醉, 静脉麻醉用药方案包括: 丙泊酚+瑞芬太尼、右美托咪定+瑞芬太尼、丙泊酚+瑞芬太尼+右美托咪定。静脉麻醉药物用量的调整以麻醉深度监测指标 BIS 目标值40~60为依据。术中神经电生理监测提示肌电干扰影响手术进程时, 予以追加静脉麻醉药物直至肌电干扰消失后继续手术。术中体温保持在36℃~37℃。术毕拔除气管插管, 连接镇痛泵, 入麻醉复苏室监护。

二、研究方法

根据患儿病史、手术操作记录、麻醉记录单、BIS 监测仪采集数据, 汇总患儿一般资料、静脉麻醉维持方案及药物剂量、神经根阈值比(感觉根阈值/运动根阈值)、神经电生理监测期间 BIS 数值、标记肌电干扰的发生时间。从 BIS 监测仪(BIS EEG VISTA, Covidien LLC, USA)中导出每分钟 BIS 数值进行统计分析。根据术中是否发生肌电干扰(自由描记肌电图状态下, 有两个及以上监测通道的肌电波幅 $\geq 50 \mu V$), 将研究对象分为肌电干扰组(D组)和无肌电干扰组(N组)。D组中收集自神经电生理刺激开始至首次出现肌电干扰期间所有 BIS 值, N组中收集自神经电生理刺激开始至刺激结束期间的所有 BIS 值。

三、统计学处理

采用 SPSS22.0 进行统计学分析。正态分布或近似正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 符合正态分布的两样本独立变量采用两样本独立 t 检验; 不符合正态分布计量资料采用 $M(Q_1, Q_3)$ 表示, 采用 Mann-Whitney 非参数检验; 计数资料以例数及百分比表示, 采用 Fisher 精确概率法进行统计分析; 风险因素分析采用二元 Logistic 分析, 首先将可能的风险因素进行单独检验, 将 $P < 0.1$ 的风险因素进行多因素分析; 利用受试者操作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC)曲线和约登指数(Yu-den index, YI)最大法制定判断界值。 $P < 0.05$ 说明差异具有统计学意义。

结 果

一、基本情况

本研究共纳入 43 例 SL-SDR 手术。患儿年龄为 5.3 (4.8, 8.2) 岁; 其中男性 34 例 (34/43, 79.1%), 女性 9 例 (9/43, 20.9%); 四肢瘫患儿 9 例 (9/43, 20.9%)、双下肢瘫 32 例 (32/43, 74.4%)、偏瘫 2 例 (2/43, 4.7%); 粗大运动功能分级 (gross motor function classification system, GMFCS) 为 I 级 3 例 (3/43, 7.0%), II 级 13 例 (13/43, 30.2%), III 级 19 例 (19/43, 44.2%), IV 级 8 例 (8/43, 18.6%); 神经电生理监测期间麻醉维持使用丙泊酚联合瑞芬太尼方案为主, 共 35 例 (35/43, 81.4%)。

二、肌电干扰情况

术中出现肌电干扰影响手术进程的病例有 22 例 (51.2%, D 组), 未出现肌电干扰的病例为 21 例 (48.8%, N 组)。两组患儿在年龄、体重、脑瘫类型、运动功能障碍严重程度和所采用的麻醉方案以及电生理监测起始阶段感觉根/运动根的阈值比等方面比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。D 组中从神经电生理刺激开始至首次出现肌电干扰的时间为 (39.0 ± 24.0) min, BIS 值为 53.4 ± 7.2 ; 而 N 组中从神经电生理刺激开始到所有神经根探测结束的 BIS 均值为 46.1 ± 9.4 , D 组 BIS 值均值明显高于 N 组 ($P = 0.007$)。单因素回归分析显示只有两组间 GMFCS 及 BIS 均值的 P 值 < 0.1 , 其他所有参数的 P 值均 > 0.4 (表 1)。

表 1 SL-SDR 患儿临床特点及 Logistic 单因素回归分析

Table 1 Clinical features of patients with SL-SDR and Logistic univariate regression analysis

临床特点	D 组 ($n = 22$)	N 组 ($n = 21$)	组间比较 (P 值)	二项 Logistic 回归 单因素分析 (P 值)
性别 [例 (%)]			0.721	0.651
男	18 (41.9)	16 (37.2)		
女	4 (9.3)	5 (11.6)		
年龄 [$M(Q_1, Q_3)$, 岁]	5.3 (4.9, 8.4)	5.8 (4.6, 8.3)	0.923	0.844
体重 [$M(Q_1, Q_3)$, kg]	19 (17, 27.3)	20 (16.3, 26.5)	0.652	0.588
脑瘫类型 [例 (%)]			0.899	0.712
四肢瘫	4 (9.3)	5 (11.6)		
双下肢瘫	17 (39.5)	15 (34.9)		
偏瘫	1 (2.3)	1 (2.3)		
术前粗大运动功能分级 [例 (%)]			0.307	0.09 **
I	3 (7)	0 (0)		
II	7 (16.3)	6 (14)		
III	9 (20.9)	10 (23.3)		
IV	3 (7)	5 (11.6)		
用药方案 [例 (%)]			0.997	0.945
A (丙泊酚 + 瑞芬太尼)	18 (41.9)	17 (39.5)		
B (右美托咪定 + 瑞芬太尼)	2 (4.7)	2 (4.7)		
C (丙泊酚 + 瑞芬太尼 + 右美托咪定)	2 (4.7)	2 (4.7)		
丙泊酚剂量 ($\bar{x} \pm s$, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	6.4 ± 1.9	6.5 ± 1.6	0.829	0.823
瑞芬太尼剂量 ($\bar{x} \pm s$, $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	0.27 ± 0.09	0.30 ± 0.10	0.409	0.401
右美托咪定剂量 ($\bar{x} \pm s$, $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	0.93 ± 0.30	1.00 ± 0.00	0.65	0.585
阈值比 [例 (%)]			0.994	0.946
< 10	6 (14)	6 (14)		
10 ~ 50	15 (34.9)	14 (32.6)		
51 ~ 100	1 (2.3)	1 (2.3)		
BIS 均值 ($\bar{x} \pm s$)	53.4 ± 7.2	46.1 ± 9.4	0.007 *	0.015 **

注 SL-SDR: 单椎板入路脊神经后根离断术; * 组间比较 P 值 < 0.05 ; ** 单因素 Logistic 回归分析, P 值 < 0.1

三、术中肌电干扰相关因素分析及判断界值

多因素 Logistic 回归分析发现, GMFCS 分级的每个亚型与肌电干扰的发生并无明显相关性。在神经电生理监测期间患儿的 BIS 值是影响肌电干扰发生的独立风险因素, 其 OR 值为 1.154, 95% 可信区间 1.035 ~ 1.287 (表 2)。

由于 BIS 值是影响肌电干扰发生的独立风险因素, 通过 ROC 分析, 可推算出 BIS 的临界值, 图 1 可见 ROC 曲线下面积为 0.732, $P=0.01$, 95% 可信区间为 0.575 ~ 0.889, 预测效能中等。ROC 制定判断界值, 采用 YI 最大法, 经计算最大 YI = 0.436, 对应的 BIS 值为 51, 拟 BIS 值 ≥ 51 作为预测术中神经电生理监测时易发生肌电干扰的指标 (图 1)。

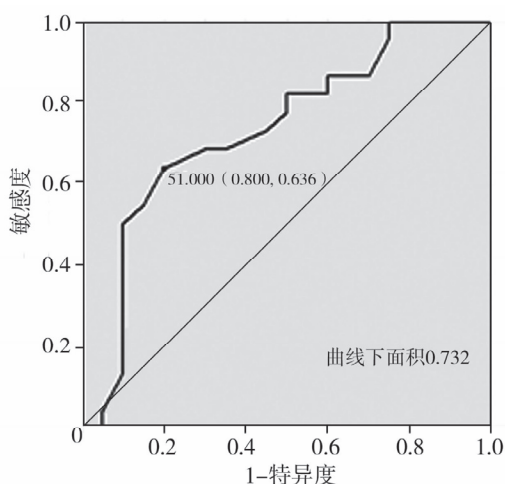


图 1 痉挛型脑瘫患儿脑电双频指数值提示肌电干扰情况的受试者特征曲线

Fig. 1 ROC curve of BIS values and electromyographic disturbance

讨论

近二十年来, 随着神经电生理监测技术在神经外科手术中的开展, 相应的术中麻醉技术及麻醉深

度监测方案逐渐成熟^[6-10]。BIS 监测作为一种常用的实时麻醉深度监测工具, 是反映麻醉深度的一个客观指标, 在临床上应用广泛^[5,11]。Kim 等^[12]的研究表明, 正常儿童和脑性瘫痪患儿在七氟烷麻醉诱导过程中的 BIS 值无差异。本研究也将 BIS 监测作为麻醉深度监测工具用于日常麻醉中, 尤其应用于对麻醉深度要求较高的手术。与成人相同, 小儿 BIS 值维持在 40 ~ 60 是比较适合的麻醉深度^[6]。Jung 等^[13]学者在痉挛型脑性瘫痪患儿行肉毒素注射治疗中进行深度镇静, 发现 BIS 值与镇静评分结果高度相关, 且推算出痉挛型脑性瘫痪患儿充分深度镇静时 BIS 临界值为 61.5。国内有学者提出在选择性脊神经后根部分切断术中, 神经电生理刺激时平均 BIS 值为 65, 指出 BIS 值维持在 60 ~ 75 时, 不会影响神经电生理监测, 但电刺激时患儿易发生体动反应^[14]。本研究发现 BIS 值 ≥ 51 容易发生肌电干扰, 影响手术进程。BIS 值低于上述研究的原因可能和目前 SL-SDR 术中诱发肌电的准确判读对肌电稳定环境要求更高有关。

本研究中患儿在神经电生理监测期间 BIS 值均维持在 40 ~ 60^[5]。虽然麻醉方案及剂量无显著性差异, 但可能因不同患儿脑发育的差异, 对麻醉药物敏感性的不同, 表现出不同的麻醉深度, 术中出现肌电干扰的患儿 BIS 值普遍高于无肌电干扰的患儿, D 组 BIS 值为 53.4 ± 7.2 , 而 N 组 BIS 值为 46.1 ± 9.4 。且在出现肌电干扰前, BIS 值会出现明显升高或波动, 提示麻醉深度相对不足。在出现肌电干扰的患儿中, 从神经电生理监测开始到首次出现肌电干扰之间的时间为 (39.0 ± 24.0) min, 而 BIS 值明显升高后多长时间会出现肌电干扰仍需进一步观察研究。

本研究对 SL-SDR 术中影响神经电生理监测稳定性的众多相关因素进行分析发现, BIS 值是影响

表 2 SL-SDR 术中肌电干扰的多因素 Logistic 回归分析

Table 2 Multivariate Logistic regression analysis of electromyographic disturbance during SL-SDR

研究因素	β	S. E.	Wald	P	OR	95% CI	
						下限	上限
BIS 值	0.144	0.056	6.678	0.010 *	1.154	1.035	1.287
GMFCS I			2.133	0.545			
GMFCS II	22.641	21531.245	0.000	0.999	6805713979	0.000	
GMFCS III	1.143	1.137	1.010	0.315	3.136	0.338	29.133
GMFCS IV	1.775	1.217	2.128	0.145	5.903	0.543	64.123
常数	-8.491	3.349	6.429	0.011	0.000		

注 SL-SDR: 单椎板入路脊神经后根离断术; * 多因素 Logistic 回归分析 P 值 <0.05 , GMFCS: 粗大运动功能分级

该手术中神经电生理稳定性的独立风险因素。在本研究中,自神经电生理监测开始,当 BIS 值 > 51 时,后续出现肌电干扰、影响手术进程的发生率为 73.7%,而 BIS 值稳定在 51 以下时发生率为 32%。这一结果提示 SL-SDR 术中神经电生理监测操作对于术中脊髓神经网络稳定性的影响大,对麻醉深度的控制要求高。

有文献提出在 SDR 手术中根据神经根阈值比(感觉根阈值/运动根阈值)来判断麻醉深度,最佳阈值比应在 51 ~ 100,而 10 ~ 50 为临界区间,需再次评估麻醉深度^[15]。本研究中两组患儿阈值比无显著差异,虽然 BIS 值维持在 60 以下,但多数患儿阈值比在 50 以下,提示麻醉深度对于神经电生理监测强度相对不足,由于麻醉深度不足,可能会导致刺激感觉根后出现过度肌电活动,且肌电活动时间延长^[6]。在麻醉方案维持恒定时,BIS 值不仅可以反映镇静状态的程度,还可反映阿片类药物对伤害性刺激反应的抑制程度,若 BIS 对伤害性刺激的反应突然增加,可能是皮质唤醒反应,提示可能存在镇痛不足的情况,且 BIS 值的改变可提早于血流动力学的变化^[16-17]。本研究中发现随着神经电生理探测对神经根反复电刺激、离断和牵拉操作的变化,BIS 值会出现一过性升高或下降,伴或不伴有血流动力学的变化,常需追加静脉麻醉药物来维持目标 BIS 值。

1992 年有学者提出在 SDR 术中持续泵注丙泊酚不合适,可能与刺激时肌肉痉挛相关,也可能由于丙泊酚减弱了吸入麻醉药的肌松作用^[18],而近年在 SDR 术中使用的麻醉维持药物包括丙泊酚、瑞芬太尼、右美托咪定、异氟烷(MAC 值为 0.7 ~ 0.8)、七氟烷(MAC 值为 0.5)、氧化亚氮^[6-10]。本研究中瑞芬太尼于术中维持的平均剂量与 Konya 等学者在 SDR 手术的麻醉研究中相似,研究提出 0.6% 七氟烷联合 50% 笑气以及瑞芬太尼($0.25 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)的麻醉维持方案,对预防术中过度肌电活动的效果优于 0.5% 异氟烷联合 50% 氧化亚氮与瑞芬太尼的方案^[10]。本研究中出现肌电干扰后,均追加静脉麻醉药物,首选丙泊酚推注,多数患儿肌电干扰可快速停止,若无好转再根据血流动力学的变化适当追加瑞芬太尼或舒芬太尼。Rehberg 和 Duch^[19]的研究证明,丙泊酚的临床药物浓度可阻止钠通道钠离子的内流,这可能解释了丙泊酚是如何阻止肌电干扰的。

本研究作为回顾性研究,存在着一定局限。首

先病例数偏少导致亚组分析受限;其次,本研究重点关注了 SL-SDR 手术中 BIS 值的优化上限,对下限的范围没有进行探讨。但按目前文献报道,BIS 值不低于 40 可提供良好的神经电生理敏感性^[5,15]。最后,由于痉挛型脑性瘫痪患儿配合能力有限,本研究中部分研究对象在麻醉诱导前无法完成 BIS 监测,对其 BIS 值变动情况无法做出标准化校准^[16-17]。但本研究中所有患儿未出现 BIS 值持续异常偏低或偏高,且所有患儿拔除气管插管时 BIS 值均大于 70,与已有的研究结果相似,因此我们认为缺乏诱导前 BIS 值的测定对本研究的结果影响不大^[5]。

综上所述,在痉挛型脑性瘫痪患儿 SL-SDR 手术中,BIS 监测可以作为一种可靠的实时监测麻醉深度、并指导术中麻醉管理的有效工具,术中神经电生理监测期间的 BIS 值是发生肌电干扰的独立风险因素。BIS 值 ≥ 51 可作为预测发生肌电干扰的指标来指导麻醉用药,以减少术中肌电干扰的发生,保证 SL-SDR 手术安全、顺利地顺利完成。但关于设定 SL-SDR 这类特定手术中 BIS 值的最优范围还需后续更大样本的研究来实现。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 文献检索为王国庆,论文研究方法为王国庆、刘珺珺,数据收集与分析为王国庆、王君璐、蒋文彬,论文结果撰写为王国庆,论文讨论分析为王国庆、刘珺珺

参 考 文 献

- [1] Pao LP, Zhu L, Tariq S, et al. Reducing opioid usage: a pilot study comparing postoperative selective dorsal rhizotomy protocols[J]. J Neurosurg Pediatr, 2019; 1-6. DOI: 10.3171/2019.9.PEDS19398.
- [2] Park TS, Gaffney PE, Kaufman BA, et al. Selective lumbosacral dorsal rhizotomy immediately caudal to the conus medullaris for cerebral palsy spasticity[J]. Neurosurgery, 1993, 33(5): 929-934. DOI: 10.1227/00006123-199311000-00026.
- [3] Zhan Q, Yu X, Jiang W, et al. Whether the newly modified rhizotomy protocol is applicable to guide single-level approach SDR to treat spastic quadriplegia and diplegia in pediatric patients with cerebral palsy? [J]. Childs Nerv Syst, 2020, 36(9): 1935-1943. DOI: 10.1007/s00381-019-04368-w.
- [4] Xiao B, Constatntini S, Browd SR, et al. The role of intra-operative neuroelectrophysiological monitoring in single-level approach selective dorsal rhizotomy[J]. Childs Nerv Syst, 2020, 36(9): 1925-1933. DOI: 10.1007/s00381-019-04408-5.
- [5] Avidan MS, Zhang L, Burnside BA, et al. Anesthesia awareness and the bispectral index[J]. N Engl J Med, 2008, 358(11): 1097-1108. DOI: 10.1056/NEJMoa0707361.
- [6] Bales J, Apkon S, Osorio M, et al. Infra-Conus Single-Level Laminectomy for Selective Dorsal Rhizotomy: Technical Advance[J]. Pediatr Neurosurg, 2016, 51(6): 284-291. DOI: 10.1159/0004

- 48046.
- [7] Martinez V, Browd S, Osorio M, et al. Electrophysiology of sensory and motor nerve root fibers in selective dorsal rhizotomies[J]. *Pediatr Neurosurg*, 2020, 55 (1): 17-25. DOI: 10. 1159/000502326.
- [8] Fukuhara T, Nakatsu D, Namba Y, et al. Histological evidence of intraoperative monitoring efficacy in selective dorsal rhizotomy[J]. *Childs Nerv Syst*, 2011, 27 (9): 1453-1458. DOI: 10. 1007/s00381-011-1462-5.
- [9] Jeffery S, Markia B, Pople IK, et al. Surgical outcomes of single-level bilateral selective dorsal rhizotomy for spastic diplegia in 150 consecutive patients[J]. *World Neurosurg*, 2019, 125: e60-e66. DOI: 10. 1016/j. wneu. 2018. 12. 187.
- [10] Konya D, Gercek A, Dagcinar A, et al. Prevention of brisk hyperactive response during selective dorsal rhizotomy in children with spasticity: isoflurane versus sevoflurane maintenance anesthesia[J]. *J Clin Neurosci*, 2009, 16 (2): 241-245. DOI: 10. 1016/j. jocn. 2008. 02. 007.
- [11] Oliveira CR, Bernardo WM, Nunes VM. Benefit of general anesthesia monitored by bispectral index compared with monitoring guided only by clinical parameters. Systematic review and meta-analysis[J]. *Braz J Anesthesiol*, 2017, 67 (1): 72-84. DOI: 10. 1016/j. bjane. 2015. 09. 001.
- [12] Kim NY, Lee IO, Lim BG, et al. Comparison of bispectral index (BIS) and entropy in patients with cerebral palsy during sevoflurane induction[J]. *Korean J Anesthesiol*, 2009, 57 (4): 422-427. DOI: 10. 4097/kjae. 2009. 57. 4. 422.
- [13] Jung SM, Lee E, Park SJ. Validity of bispectral index monitoring during deep sedation in children with spastic cerebral palsy undergoing injection of botulinum toxin[J]. *Korean J Anesthesiol*, 2019, 72 (6): 592-598. DOI: 10. 4097/kja. 19129.
- [14] 李京生, 田肇隆. 右美托咪定用于小儿脑瘫选择性脊神经后根切断术麻醉的研究[J]. *临床小儿外科杂志*, 2014, 13 (3): 246-249. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-6353. 2014. 03. 023.
- Li JS, Tian ZL. Use of dexmedetomidine on children with cerebral palsy during selective dorsal root rhizotomy[J]. *J Clin Ped Sur*, 2014, (3): 246-249. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-6353. 2014. 03. 023.
- [15] Aatif MH. A practical approach to neurophysiologic intraoperative monitoring[M]. New York: Demos, 2008: 169-180.
- [16] Dahaba AA. Different conditions that could result in the bispectral index indicating an incorrect hypnotic state[J]. *Anesth Analg*, 2005, 101 (3): 765-773. DOI: 10. 1213/01. ane. 0000167269. 62966. af.
- [17] Duarte LT, Saraiva RA. When the bispectral index (BIS) can give false results[J]. *Rev Bras Anesthesiol*, 2009, 59 (1): 99-109. DOI: 10. 1590/s0034-70942009000100013.
- [18] Riegler EV, Gunter JB, Lagueruela RG, et al. Anesthesia for selective dorsal rhizotomy in children[J]. *J Neurosurg Anesthesiol*, 1992, 4 (3): 182-187. DOI: 10. 1097/00008506-199207000-00006.
- [19] Rehberg B, Duch DS. Suppression of central nervous system sodium channels by propofol[J]. *Anesthesiology*, 1999, 91 (2): 512-520. DOI: 10. 1097/00000542-199908000-00026.
- (收稿日期: 2022-05-17)
- 本文引用格式:** 王国庆, 王君璐, 蒋文彬, 等. 脑电双频指数在单椎板入路选择性神经后根离断术中的应用[J]. *临床小儿外科杂志*, 2022, 21 (10): 947-952. DOI: 10. 3760/cma. j. cn101785-202205053-009.
- Citing this article as:** Wang GQ, Wang JL, Jiang WB, et al. Application of bispectral index during single-level selective dorsal rhizotomy[J]. *J Clin Ped Sur*, 2022, 21 (10): 947-952. DOI: 10. 3760/cma. j. cn101785-202205053-009.

本刊关于作者署名的书写要求

作者姓名在文题下按顺序排列, 排序应在投稿时写明, 在投稿后编排过程中不得再作更改, 如确需改动时必须出示单位证明以及所有作者亲笔签名的署名无异议书面证明。作者应同时具备以下四项条件: ①参与论文选题和设计, 或参与资料分析与解释; ②起草或修改论文中关键性理论或其他主要内容; ③能按编辑部的修改意见进行核修, 对学术问题进行解答, 并最终同意论文发表; ④除了负责本人的研究贡献外, 同意对研究工作各方面的诚信问题负责。仅参与获得资金或收集资料者不能列为作者, 仅对科研小组进行一般管理也不宜列为作者。请提供中英文作者及作者单位信息。不建议著录同等贡献作者, 同一单位同一科室作者不宜著录同等贡献, 作者申请著录同等贡献时需提供全部作者的贡献声明, 期刊编辑委员会进行核查。

仅有 1 位作者的, 不再标注“通信作者:”, 直接在作者单位下另起一行著录 Email 地址。

示例:

陈楠

上海交通大学医学院附属瑞金医院肾内科, 上海 200025

Email: cnrj100@126.com