

· 专题 · 神经电生理监测在小儿神经外科的应用 ·

神经电生理监测技术在儿童脑干胶质瘤手术中的应用



全文二维码

王勇强¹ 王杭州¹ 韩勇¹ 向永军¹ 苑斌¹ 赵崇舜¹ 王谦² 吴嘉伟² 陈民¹¹ 苏州大学附属儿童医院神经外科, 苏州 215025; ² 苏州大学附属儿童医院麻醉科, 苏州 215025

通信作者: 王杭州, Email: wanghangzhoudr@126.com

【摘要】 目的 探讨神经电生理监测技术在儿童脑干胶质瘤手术中的应用价值。 **方法** 回顾性分析苏州大学附属儿童医院神经外科 2016 年 1 月至 2021 年 9 月期间行术中神经电生理监测下肿瘤切除术的 18 例儿童脑干胶质瘤临床资料。患儿年龄 1 ~ 14 岁, 术中实施监测项目包括脑干图(mapping)、体感诱发电位(somatosensory evoked potential, SSEP)、运动诱发电位(motor evoked potential, MEP)、脑干听觉诱发电位(brainstem auditory evoked potential, BAEP)和肌电图(electromyography, EMG)等。观察围手术期并发症及术后 6 个月至 6 年的随访情况, 记录肿瘤的影像学变化及患儿神经功能变化。 **结果** 18 例患儿在术中神经电生理监测技术下成功实施手术, 无一例围手术期死亡病例。术后偏瘫加重 2 例, 经 1 个月康复治疗恢复至术前水平。Karnofsky 功能状态评分(KPS)由术前的(73.89 ± 21.46)分提升至术后 1 个月(放化疗前)的(86.11 ± 9.79)分, 差异有统计学意义($t=3.96, P<0.01$)。

结论 儿童脑干胶质瘤手术中辅助神经电生理监测技术具有较好的可行性和稳定性。术中神经电生理监测可有效提高脑干胶质瘤手术的安全性, 有利于改善患儿长期预后。

【关键词】 神经电生理监测; 脑干胶质瘤; 神经外科手术; 治疗结果; 儿童**基金项目:** 苏州市姑苏卫生人才计划(GSWS2020051)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202204053-008

Application of intraoperative neuroelectrophysiological monitoring during operations for pediatric brainstem gliomaWang Yongqiang¹, Wang Hangzhou¹, Han Yong¹, Xiang Yongjun¹, Yuan Bin¹, Zhao Chongshun¹, Wang Qian², Wu Jiawei², Chen Min¹¹ Department of Neurosurgery, Affiliated Children's Hospital, Soochow University, Suzhou 215025, China; ² Department of Anesthesiology, Affiliated Children's Hospital, Soochow University, Suzhou 215025, China

Corresponding author: Wang Hangzhou, Email: wanghangzhoudr@126.com

【Abstract】 Objective To explore the application of intraoperative neuroelectrophysiological monitoring during operations for pediatric brainstem glioma. **Methods** From January 2016 to September 2021, clinical data were retrospectively reviewed for 18 children with brainstem glioma undergoing operations with intraoperative neuroelectrophysiological monitoring. The age range was 1 to 14 years. The contents of intraoperative monitoring included mapping, somatosensory evoked potential (SSEP), motor evoked potential (MEP), brainstem auditory evoked potential (BAEP) and electromyography (EMG). Perioperative complications were recorded during a follow-up period of 0.5 ~ 6 years. And the changes of tumor imaging and neurological functions were analyzed.

Results No perioperative mortality occurred in this series. Deteriorating lateral limb function was observed in 2 cases after operation which recovered to preoperative level with the help of rehabilitation treatment 1 month later. At one month follow-up study before radiation therapy or chemotherapy, average Karnofsky performance score was 86.11 ± 9.79 which was significantly higher ($t=3.96, P<0.01$) than that before surgery 73.89 ± 21.46.

Conclusion Intraoperative neuroelectrophysiological monitoring is both feasible and stable for operations of pediatric brainstem glioma. It can effectively enhance surgical safety and improve long-term prognosis.

【Key words】 Neurophysiological Monitoring; Brain Stem Glioma; Neurosurgical Procedures; Treatment

Outcome; Child

Fund program: Gusu Health Talent Plan of Suzhou Municipality (GSWS2020051)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202204053-008

儿童脑干肿瘤是一组异质性疾病,占儿童颅内肿瘤的 10%~20%,是儿童颅内肿瘤患者死亡的重要原因^[1]。儿童脑干胶质瘤(brain stem glioma, BSG)占脑干肿瘤的 85% 以上。儿童 BSG 患者中 10%~15% 为低级别胶质瘤,生长缓慢,预后较好^[2]。儿童弥漫内生型脑桥胶质瘤(diffuse intrinsic pontine glioma, DIPG)占儿童 BSG 的 80% 左右,病理结果多为高级别胶质瘤,预后极差^[3];BSG 患儿因年龄小、手术部位特殊,而具有较高的手术风险,例如术后呼吸麻痹、球麻痹、偏瘫、面瘫等。如何降低手术风险,减少术后神经功能并发症,提高患儿术后生活质量以及后续综合治疗的耐受性是日前儿童 BSG 手术治疗的关注点。术中神经电生理监测可以在手术中监测并评估患儿神经功能,指导手术操作,提高手术的安全性。

材料与方法

一、临床资料

回顾性分析苏州大学附属儿童医院 2016 年 1 月至 2021 年 9 月期间收治的 18 例儿童脑干胶质瘤患儿临床资料,均于神经电生理监测下完成肿瘤切除术。其中男 12 例,女 6 例;年龄(6.33 ± 3.16)岁,见表 1。以脑干神经核团症状、锥体束长束征和脑积水颅内压升高为主要临床表现群。18 例患儿中表现为头痛 7 例,呕吐 6 例,肢体无力 9 例,吞咽困难、呛咳 4 例,眼震 2 例,面部抽动 1 例,无症状脑外伤后意外发现 1 例。患儿术前均行头颅 MRI 检查, MRI 显示肿瘤主体位于中脑 3 例,桥脑 5 例,延髓 10 例。按照 Choux 等^[4]BSG 分类:局灶内生型 5 例,外生型 7 例,弥漫内生型 2 例,延颈髓型 4 例。

病例纳入标准:①脑干肿瘤较大,存在明显占位效应;②存在肿瘤相关临床症状;③随访过程中肿瘤进行性增大;④存在脑积水表现;⑤术前无严重颅神经障碍,尤其无后组颅神经障碍或脑干功能衰竭表现;⑥既往无癫痫病史。符合①~④项中任意一项或多项,并包括⑤和⑥项的患儿符合术中电生理监测研究入组条件,并行电生理监测下肿瘤切除手术。

二、神经电生理监测内容

包括脑干图(mapping),体感诱发电位(somato-

sensory evoked potential, SSEP),运动诱发电位(motor evoked potential, MEP),脑干听觉诱发电位(brainstem auditory evoked potential, BAEP)和肌电图(electromyography, EMG)等。

三、手术及麻醉方法

手术采用神经电生理监测及导航辅助下脑干肿瘤切除术。手术前与麻醉医生沟通神经电生理监测注意事项,自气管内插管及调整手术体位后即采用全静脉麻醉,术中避免使用吸入麻醉药和肌肉松弛药,以减少对监测项目的干扰。方案如下:麻醉诱导使用丙泊酚 2~3 mg/kg、芬太尼 2~4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 和罗库溴铵 0.6~1 mg/kg,酌情使用少量吸入麻醉药。术中采用丙泊酚 4~10 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 、瑞芬太尼 0.1~0.4 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 持续静脉泵入维持麻醉,维持阶段不使用任何肌肉松弛药^[5]。手术开始后保持患儿体温和血压平稳,颅骨骨瓣打开后取 BAEP、SSEP、MEP 基线,作为术中监测对照标准,评估术中脑干神经传导束的完整性;使用脑干直接电刺激 Mapping 确定脑干核团功能;使用肌电图监测手术对颅神经的牵拉情况。手术在神经电生理持续监测下,尽可能减少对脑干核团、颅神经及传导束的牵拉和损伤。

四、术后治疗及随访方案

术后均需重症监护,观察围手术期神经功能变化及并发症情况。患儿均行术后 72 h 内头颅 MRI 平扫和增强扫描,以评价手术切除情况。基于目前对于 BSG 的切除程度尚未达成共识,不主张以牺牲神经功能来提高肿瘤切除率^[6-7]。我们通过磁共振研判把本组患儿术后肿瘤切除程度暂时分为 >80%, 50%~80% 以及 <50% 三个级别来进行分析。按照术后病理情况、切除范围采取单纯化疗或联合放疗。术后 3~6 个月临床复查及头颅 MRI 复查评估术后神经功能及肿瘤复发或残余肿瘤生长情况。采用 Karnofsky 功能状态评分(KPS 评分)评估患儿术前和术后 1 个月(放化疗前)的神经功能情况。

五、统计学处理

采用 SPSS 18.0 进行统计学分析。计数资料采用频数分析;手术前后 KPS 等计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用配对 t 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

表 1 18 例儿童脑干胶质瘤患儿基本情况

Table 1 Basic profiles of 18 BSG children

病例	性别	年龄(岁)	肿瘤部位	病理	神经电生理监测项目
1	女	9	桥脑	毛细胞型星形细胞瘤	SSEP、MEP、BAEP、EMG
2	女	5	延颈髓	毛细胞型星形细胞瘤	SSEP、MEP、BAEP、EMG、Mapping
3	女	6	桥脑	毛细胞型星形细胞瘤	SSEP、MEP、BAEP、EMG
4	男	14	桥脑	毛细胞型星形细胞瘤	SSEP、MEP、BAEP、EMG、Mapping
5	男	4	延髓	毛细胞型星形细胞瘤	SSEP、MEP、BAEP、EMG、Mapping
6	女	6	中脑	毛细胞型星形细胞瘤	SSEP、MEP、BAEP、EMG
7	男	3	延颈髓	毛细胞型星形细胞瘤	SSEP、MEP、BAEP、EMG、Mapping
8	男	4	延颈髓	毛细胞型星形细胞瘤	SSEP、MEP、BAEP、EMG、Mapping
9	男	10	中脑	节细胞胶质瘤	SSEP、MEP、BAEP、EMG
10	男	10	延颈髓	节细胞胶质瘤	SSEP、MEP、BAEP、EMG、Mapping
11	女	4	延髓	弥漫低级别星型细胞瘤	SSEP、MEP、BAEP、EMG、Mapping
12	男	7	延髓	间变星形细胞瘤	SSEP、MEP、BAEP、EMG
13	女	1	延颈髓	弥漫性星型细胞瘤	SSEP、MEP、BAEP、EMG
14	男	6	中脑	儿童型弥漫性高级别胶质瘤	SSEP、MEP、BAEP、EMG
15	男	5	桥脑	弥漫性中线胶质瘤	SSEP、MEP、BAEP、EMG、Mapping
16	男	5	桥脑	弥漫性中线胶质瘤	SSEP、MEP、BAEP、EMG、Mapping
17	男	10	延髓	弥漫性中线胶质瘤	SSEP、MEP、BAEP、EMG、Mapping
18	男	5	延髓	弥漫性中线胶质瘤	SSEP、MEP、BAEP、EMG、Mapping

注 SSEP:体感诱发电位; MEP:运动诱发电位; BAEP:脑干听觉诱发电位; EMG:肌电图; Mapping:脑干图

结 果

一、病理学结果及肿瘤切除情况

术后均经病理学检查证实为 BSG, 根据世界卫生组织组织肿瘤分级, I 级 10 例(其中毛细胞型星形细胞瘤 8 例、节细胞胶质瘤 2 例), II 级 2 例(均为弥漫性星型细胞胶质瘤), III 级 1 例(为间变型星形细胞瘤), IV 级 5 例(均为弥漫性中线胶质瘤)。

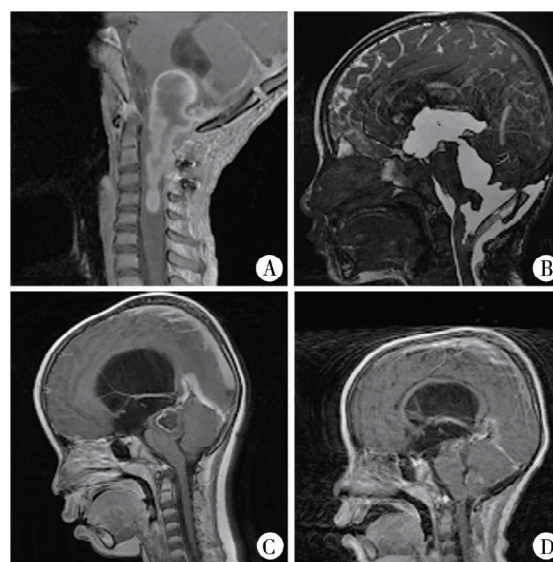
术后头颅 MRI 检查显示, 切除程度 > 80% 15 例(15/18), 为切除 > 80% 组; 切除程度 50%~80% 3 例(3/18), 为切除 50%~80% 组。见图 1。

二、神经电生理监测结果

常规监测包括 BAEP、SSEP、MEP 等。17 例术中及术后波形无改变, 1 例 MEP 显示波幅下降超过 50%, 但 MEP 电位持续存在而未消失。15 例术中持续监测动眼神经、三叉神经、面神经、迷走神经、副神经以及舌下神经支配肌肉的肌电图。11 例术中使用了 Mapping 技术确定脑干核团, 术中监测核团功能稳定, 7 例未使用 Mapping 监测(3 例为中脑肿瘤, 4 例为早期病例)。

三、并发症

本研究无一例发生呼吸衰竭、球麻痹以及应激



注 A、B: 切除 80%; C、D: 切除 50%~80%

图 1 儿童脑干胶质瘤术后头颅 MRI 检查显示切除程度

Fig. 1 Different degrees of resection of children BSG

性溃疡等严重并发症, 无围手术期死亡病例。术后神经功能障碍短暂加重 2 例(偏瘫), 经康复治疗, 于术后 1 个月恢复至术前水平。

四、术前和术后 1 个月(放化疗前)神经功能评分情况

18 例术前 KPS 评分为(86.11 ± 9.79)分。术后 1 个月(放化疗前)KPS 评分为(73.89 ± 21.46)

分,差异有统计学意义($t=3.96, P<0.01$)。

讨 论

BSG 是一组起源于中脑、桥脑和延髓的胶质瘤。20 世纪 80 年代以前 BSG 曾被认为是一组均质性疾病。近 30 年来,随着神经影像学技术、分子生物学、肿瘤基因组学的发展,人们逐渐认识到 BSG 是一组具有高度异质性的疾病,突出表现为不同年龄组和不同部位的肿瘤具有不同的发病机制、生长特点及预后^[7]。Liu 等^[8]对儿童低级别 BSG 进行分析发现,儿童和成人 BSG 在肿瘤大小、侵犯程度和临床预后上有明显差异,表现为儿童低级别 BSG 的预后明显好于成人。Green 等^[9]和 Fisher 等^[10]报道,约 80% 的儿童 BSG 起源于桥脑,约 20% 起源于中脑、延髓和延髓-颈髓交界处;发生在桥脑的 BSG 常见为弥漫内生型,而起源于桥脑以外的 BSG 常为局灶型低级别胶质瘤。儿童 BSG 中 DIPG 的比例高,但适合手术切除的病例极少。本组 18 例 BSG 手术患儿中仅 2 例为 DIPG。儿童局灶型 BSG 多为低级别肿瘤,以毛细胞型星形细胞瘤等低级别星形细胞瘤为主,手术治疗预后较好^[11]。多数学者认为局灶型 BSG 是脑干 BSG 的手术突破口。

随着神经外科手术技术、神经影像技术、神经导航技术和神经电生理技术的发展,BSG 的手术安全性和切除程度已取得了显著进步,但脑干仍然是中枢神经系统手术风险最高的部位^[7]。如何保护并降低儿童 BSG 手术并发症以利患儿后续放疗、化疗的顺利进行,提高患儿术后长期生存质量是目前研究亟待解决的问题。

一、儿童 BSG 分型与神经电生理监测

BSG 的影像学可以提示肿瘤部位以及对神经核团和传导束的影响,因此影像学分型对术前规划神经电生理监测的内容有指导意义。Choux 等^[4]分析肿瘤的生长方式结合生长部位将儿童 BSG 分为弥漫型、局灶内生型、局灶外生型以及延颈髓型四大类。术中经神经电生理监测分析肿瘤在脑干的部位及对传导束的影响后采取个性化组合手术治疗。弥漫型 BSG 大多位于桥脑,在监测诱发电位 SSEP、MEP 和 BAEP 的同时,还需关注动眼神经、三叉神经、面神经核团反应,而术前已经出现的核团症状提示核团功能减退。局灶内生型 BSG 在选择脑干切开部位时,神经电生理监测脑干图 Mapping 技术可以提示核团及传导束被推挤情况,减轻切开

部位对核团的影响。局灶外生型 BSG 同样需考虑肿瘤基底部位而选择重点监测核团,此型胶质瘤本身对传导束的影响可能较小。延颈髓型 BSG 术中重点监测 SSEP、MEP 和迷走神经、副神经以及舌下神经核团,BAEP 则作为辅助监测手段。

因 BSG 分型的差异,手术入路的选择会影响神经电生理监测时电极的放置,术前需要做好规划,避免在手术区放置电极而影响手术操作。

二、儿童 BSG 监测内容

儿童 BSG 术中神经电生理监测可以有效评估脑干功能的完整性。Deletis 等^[12]报道了术中监测脑干功能完整性的三组电生理项目:①脑干图 Mapping 和肌电图技术,通过手持神经探头的电刺激提供对神经核团的快速解剖识别;②诱发电位监测,可以评估神经传导通路(长束纤维)的完整性;③脑干反射监测技术,包括瞬目反射和咬肌反射等。Mapping 技术和诱发电位监测是脑干肿瘤监测的必需项目,可以评估皮质脊髓束(corticospinal tract, CST)和脑干神经核团(cranial nerve motor nuclei, CMN);而脑干反射监测技术因其更易受到麻醉药物的影响而变得更具挑战,其中瞬目反射可能是一个良好的监测项目,咬肌反射目前正在研究中。

本研究中充分使用了 Mapping 技术、肌电图和诱发电位监测技术。术者采用 Mapping 技术于术中通过手持刺激器主动刺激脑干背侧,在颅神经相应支配肌肉进行信号记录,Mapping 和肌电图技术可以监测动眼神经、三叉神经、面神经、迷走神经、副神经及舌下神经中的运动核团。其中面神经和舌下神经易被 Mapping 标注,术中选择距离神经核团更远的位置切开脑干,可减少术中核团损伤,降低术后神经麻痹,手术切除完毕后再次使用 Mapping 标注原核团核心部位,评估手术操作对核团功能的影响。本组病例中 11 例使用了 Mapping,术中及术后波形稳定,术后无颅神经和核团症状;在术中持续监测责任肌肉的肌电图,评估手术操作对核团及颅神经的影响,避免持续肌电爆发。单个爆发的肌肉收缩反应通常与直接的神经受刺激有关,连续爆发的肌肉收缩反应通常与连续牵拉或压迫有关,手术中发现这两种肌肉收缩反应尤其是后者时要及时查找原因^[13]。Prell 等^[14]认为术中一种特异的肌电反应“A-train”,可以预测术后面神经麻痹的发生,在后来的研究中发现这种特异的肌电反应存在假阳性,原因是中间神经可产生额外的“A-train”^[15]。本研究也发现术中过度牵拉、压迫等操作可以诱发持

续肌电爆发,此时停止牵拉或减轻牵拉力量,可有效降低肌电反应。但如何评价肌电爆发和术后神经功能障碍的关联仍需进一步研究。

本组病例中诱发电位监测技术包括 SSEP、MEP 和 BAEP。SSEP 指刺激周围神经在大脑皮质区记录到的电位,它在一定程度上反应了特异性躯体感觉传入通路、脑干网状结构及大脑皮质的机能状态;BAEP 主要由音频刺激在大脑皮层记录到的诱发电位,检测内容包括了完整的听觉神经传导通路,即听神经的传入神经、脑干以及大脑皮层的状态。

MEP 指术中经过电刺激或磁刺激运动皮质产生的下行电反应,经过皮质脊髓束,最后以复合肌肉运动电位的形式记录的电生理信号^[13]。本组 18 例患儿均记录了 SSEP、MEP 和 BAEP,18 例患儿中存在个别项目记录不佳情况,考虑为肿瘤本身侵犯传导束或电生理刺激点或记录点位置不佳的可能。单独一种术中诱发电位监测在实际操作中很难起到有效保护作用^[16]。目前神经电生理监测采用多模式联合监测,可以很大程度上减轻技术偏差或疾病本身的影响。如 BAEP 和 SSEP 联合监测用于颅底手术中脑干功能的监护^[17]。本组病例中 17 例患儿诱发电位保持平稳,1 例 MEP 发生变化,波形下降达 90%,但增加刺激频率和刺激电压后可持续诱发,术后肢体肌力无明显下降。另外有 2 例术中各诱发电位平稳,但术后出现短暂肌力下降,1 个月后随访恢复至术前水平,分析可能与术区水肿有关。这种情况下如果我们术中增加电生理监测频次,并延迟监测时间可能会发现电生理异常。尽管 MEP 对评价皮质脊髓束功能状态和脑干缺血性损伤有重要意义,但 MEP 主要监测肢体肌肉复合运动电位,其易受麻醉药物影响,波幅和潜伏期变异较大,与运动功能预后之间无线性相关关系^[18-19]。而 MEP 的预警标准也存在较大差异,在幕上手术中的预警标准是波幅降低 50%,而脊髓手术中波幅消失才需高度警惕,因此,对于脑干肿瘤手术而言,其在实际操作中缺乏预警标准^[20]。陶晓蓉等^[21]于 2020 报道了术中直接电刺激运动诱发电位联合常规电生理监测可实现对脑干运动功能的保护作用。值得注意的是刺激点的选择尤为重要。Prabhu 等^[22]发现,刺激电极距离皮质脊髓束 <5 mm 时,可加重神经功能障碍。

BSG 手术后常见咳嗽反射、吞咽反射以及其他复杂反射的减退。因此,另外一个值得注意的监测

项目是脑干反射监测技术。但一个突出的问题是,大多数脑干反射在麻醉过程中会消失,因此很难甚至不可能诱发它们^[12]。Deletis 等^[23]报道了一种记录瞬目反射中 R1 波形的办法,可以在常规麻醉下使用,有效反映了三叉神经传入后经脑干和核团自面神经传出的反射通路。而记录咬肌 H 反射的监测模式仍在研究之中^[12]。本研究未能实施瞬目反射监测,有待后续研究。

三、术中神经电生理监测的影响因素

影响神经电生理监测结果的因素较多,其中最主要的是麻醉因素。应尽量保证患儿生理指标在正常范围,减少非手术操作因素对电生理监测结果的影响^[13]。儿童年龄小,体重轻,术中体温变化较大,我们于术中使用暖风毯调节体温稳定,同时减少创面暴露,使用温盐水冲洗。使用静脉全身麻醉并维持稳定的麻醉深度,除了在患儿气管插管及体位放置过程中使用少量吸入麻醉药及肌肉松弛药外,所有患儿采用全静脉无肌松无吸入麻醉。同时采用脑电双频指数(bispectral index, BIS)监测麻醉深度。另外,一些手术室内电磁设备、声音可能存在监测干扰,在手术室神经电生理检测仪摆位时应尽量远离导航、超声吸引装置等设备。

本研究证实,儿童 BSG 手术中采取术中电生理监测技术具有可行性和稳定性,术中神经电生理监测采用多模式联合监测可有效提高 BSG 手术的安全性。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 文献检索为王勇强、韩勇、赵崇舜,论文调查设计为王勇强、王杭州,数据收集为向永军、韩勇、苑斌,论文结果撰写为王勇强、王杭州,论文讨论分析为王勇强、王杭州、陈民、吴嘉伟、王谦

参 考 文 献

- [1] Kwon JW, Kim IO, Cheon JE, et al. Paediatric brain-stem gliomas: MRI, FDG-PET and histological grading correlation [J]. *Pediatr Radiol*, 2006, 36(9): 959-964. DOI: 10. 1007/s00247-006-0256-5.
- [2] 葛明, 杨伟, 李少武, 等. 儿童脑干胶质瘤的临床特点及预后分析[J]. *中华神经外科杂志*, 2021, 37(7): 679-683. DOI: 10. 3760/cma. j. cn112050-20200706-00381.
- [3] Ge M, Yang W, Li SW, et al. Clinical features and surgical outcomes in children with brain stem glioma[J]. *Chinese Journal of Neurosurgery*, 2021, 37(7): 679-683. DOI: 10. 3760/cma. j. cn112050-20200706-00381.
- [4] 毛颖, 蔡加君, 姚瑜. 脑干胶质瘤的现状 & 展望[J]. *中华神经外科疾病研究杂志*, 2015, 14(2): 97-100.
- [5] Mao Y, Cai JJ, Yao Y. Present status and future prospects of brainstem glioma[J]. *Chin J Neurosurg Dis Res*, 2015, 14(2): 97-100.

- [4] Choux M, Di Rocco C, Hockley A, et al. Pediatric Neurosurgery [M]. New York: Churchill Livingstone, 2000, 471-491.
- [5] 王勇强, 陈民, 王杭州. 肌电图监测在儿童脊髓栓系松解术中的应用[J]. 临床小儿外科杂志, 2018, 17(12): 922-926. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2018.12.010.
Wang YQ, Chen M, Wang HZ. Application of electromyogram monitoring during spinal cord loosening for tethered cord syndrome in children[J]. J Clin Ped Sur, 2018, 17(12): 922-926. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2018.12.010.
- [6] 王俊华, 张玉琪, 陈拓宇, 等. 儿童脑干胶质瘤的临床诊治及预后分析[J]. 中华神经外科杂志, 2021, 37(7): 684-689. DOI: 10.3760/cma.j.cn112050-20200620-00362.
Wang JH, Zhang YQ, Chen TY, et al. Clinical diagnosis, treatment and prognosis of brainstem glioma in children[J]. Chin J Neurosurg, 2021, 37(7): 684-689. DOI: 10.3760/cma.j.cn112050-20200620-00362.
- [7] 中华医学会神经外科学分会肿瘤学组, 脑干胶质瘤综合诊疗中国专家共识编写委员会. 脑干胶质瘤综合诊疗中国专家共识[J]. 中华神经外科杂志, 2017, 33(3): 217-229. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2017.03.001.
Group of Oncology, Society of Neurosurgery, Chinese Medical Association. Chinese Expert Consensus on Comprehensive Diagnosis and Treatment of Brainstem Glioma[J]. Chinese Journal of Neurosurgery, 2017, 33(3): 217-229. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2017.03.001.
- [8] Liu Z, Feng S, Li J, et al. The epidemiological characteristics and prognostic factors of low-grade brainstem glioma: a real-world study of pediatric and adult patients[J]. Front Oncol, 2020, 10: 391. DOI: 10.3389/fonc.2020.00391.
- [9] Green AL, Kieran MW. Pediatric brainstem gliomas: new understanding leads to potential new treatments for two very different tumors[J]. Curr Oncol Rep, 2015, 17(3): 436. DOI: 10.1007/s11912-014-0436-7.
- [10] Fisher PG, Breiter SN, Carson BS, et al. A clinicopathologic reappraisal of brain stem tumor classification. Identification of pilocytic astrocytoma and fibrillary astrocytoma as distinct entities[J]. Cancer, 2000, 89(7): 1569-1576. DOI: 10.1002/1097-0142(20001001)89:7<1569::aid-cnrc22>3.0.co;2-0.
- [11] 孙涛, 刘玉含, 泮长存, 等. 多模态技术辅助手术切除儿童局灶型脑干胶质瘤[J]. 中华神经外科杂志, 2017, 33(12): 1204-1208. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2017.12.004.
Sun T, Liu YH, Pan CC, et al. Surgical treatment of localized brainstem gliomas in children with multimodality techniques[J]. Chin J Neurosurg, 2017, 33(12): 1204-1208. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2017.12.004.
- [12] Deletis V, Fernández-Conejero I. Intraoperative monitoring and mapping of the functional integrity of the brainstem[J]. J Clin Neurol, 2016, 12(3): 262-273. DOI: 10.3988/jcn.2016.12.3.262.
- [13] 中国医师协会神经外科分会神经电生理监测专家委员会. 中国神经外科术中电生理监测规范(2017版)[J]. 中华医学杂志, 2018, 98(17): 1283-1293. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.17.002.
Neurophysiological Monitoring Expert Committee, Neurosurgery Branch of Chinese Medical Doctor Association. Chinese Specifications for intraoperative neurophysiological monitoring in Neurosurgery (2017 Edition)[J]. National Medical Journal of China, 2018, 98(17): 1283-1293. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.17.002.
- [14] Prell J, Rampp S, Romstöck J, et al. Train time as a quantitative electromyographic parameter for facial nerve function in patients undergoing surgery for vestibular schwannoma[J]. J Neurosurg, 2007, 106(5): 826-832. DOI: 10.3171/jns.2007.106.5.826.
- [15] Prell J, Strauss C, Rachinger J, et al. The intermedius nerve as a confounding variable for monitoring of the free-running electromyogram[J]. Clin Neurophysiol, 2015, 126(9): 1833-1839. DOI: 10.1016/j.clinph.2014.11.028.
- [16] 姜伊昆, 钱俊, 张磊, 等. 术中神经电生理监测在颅底外科中的应用进展[J]. 现代生物医学进展, 2014, 14(34): 6755-6757, 6761. DOI: 10.13241/j.cnki.pmb.2014.34.040.
Jiang YK, Qian J, Zhang L, et al. Application advances of intraoperative neurophysiological monitoring during skull base surgery[J]. Progress in Modern Biomedicine, 2014, 14(34): 6755-6757, 6761. DOI: 10.13241/j.cnki.pmb.2014.34.040.
- [17] Gentili F, Loughheed WM, Yamashiro K, et al. Monitoring of sensory evoked potentials during surgery of skull base tumours[J]. Can J Neurol Sci, 1985, 12(4): 336-340. DOI: 10.1017/s0317167100035484.
- [18] Samthein J, Bozinov O, Melone AG, et al. Motor-evoked potentials (MEP) during brainstem surgery to preserve corticospinal function[J]. Acta Neurochir (Wien), 2011, 153(9): 1753-1759. DOI: 10.1007/s00701-011-1065-7.
- [19] Kombos T, Kopetsch O, Suess O, et al. Does preoperative paresis influence intraoperative monitoring of the motor cortex? [J]. J Clin Neurophysiol, 2003, 20(2): 129-134. DOI: 10.1097/00004691-200304000-00007.
- [20] MacDonald DB. Overview on criteria for MEP monitoring[J]. J Clin Neurophysiol, 2017, 34(1): 4-11. DOI: 10.1097/WNP.0000000000000302.
- [21] 陶晓蓉, 王明然, 王荣, 等. 术中直接电刺激运动诱发电位对脑干运动功能保护作用初探[J]. 中国现代神经疾病杂志, 2020, 20(11): 949-954. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6731.2020.11.004.
Tao XR, Wang MR, Wang R, et al. Preliminary study on protective effect of intraoperative direct electrical stimulation motor-evoked potential on brainstem motor function[J]. Chinese Journal of Contemporary Neurology and Neurosurgery, 2020, 20(11): 949-954. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6731.2020.11.004.
- [22] Prabhu SS, Gasco J, Tummala S, et al. Intraoperative magnetic resonance imaging-guided tractography with integrated monopolar subcortical functional mapping for resection of brain tumors. Clinical article[J]. J Neurosurg, 2011, 114(3): 719-726. DOI: 10.3171/2010.9.JNS10481.
- [23] Deletis V, Urriza J, Ulkatan S, et al. The feasibility of recording blink reflexes under general anesthesia[J]. Muscle Nerve, 2009, 39(5): 642-646. DOI: 10.1002/mus.21257.

(收稿日期: 2022-04-15)

本文引用格式: 王勇强, 王杭州, 韩勇, 等. 神经电生理监测技术在儿童脑干胶质瘤手术中的应用[J]. 临床小儿外科杂志, 2022, 21(10): 941-946. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202204053-008.

Citing this article as: Wang YQ, Wang HZ, Han Y, et al. Application of intraoperative neuroelectrophysiological monitoring during operations for pediatric brainstem glioma[J]. J Clin Ped Sur, 2022, 21(10): 941-946. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202204053-008.