

## · 论 著 ·

神经电生理监测在颅内多发动脉瘤的  
一期手术中的应用

梁玉红 张文芳 陈 锋 周 毅 彭 鹏 胡克琦

【摘要】目的 探讨神经电生理监测(NPM)技术在颅内多发动脉瘤(MIA)一期手术中的应用价值。方法 回顾性分析2018年1月至2022年6月NPM辅助下一期手术治疗的30例MIA的临床资料。术前行颅脑CT平扫、CTA和/或DSA检查确诊,术中动态监测体感诱发电位(SEP)、运动诱发电位(MEP)、脑干听觉诱发电位(BAEP)和脑电图(EEG)。结果 30例共发现69个动脉瘤,其中23例有2个动脉瘤,5例有3个动脉瘤,2例有4个动脉瘤;动脉瘤直径<0.5 cm有11个,0.5~1.5 cm有28个,1.5~2.5 cm有25个,≥2.5 cm有5个。术后复查CTA示69个动脉瘤均完全夹闭,载瘤动脉通畅。25例术中NPM指标正常;5例在临时阻断时指标异常,采取干预措施后,3例监测波形恢复正常,术后肢体功能无异常;2例下肢SEP未恢复至基线水平,术后下肢肌力4级。术后随访3个月,2例术中NPM指标正常者术后存在肢体运动功能障碍,1例左上肢肌力2级、左下肢肌力3级,GOS评分3分;另1例左侧上、下肢肌力均为3级,GOS评分4分;其余28例中,GOS评分3分4例,4分6例,5分18例。结论 一期手术治疗MIA时,术中NPM技术对相关缺血事件具有预警作用,及时处理能够避免和降低手术操作导致的神经功能损伤。

【关键词】颅内多发动脉瘤;神经电生理监测;显微手术;一期手术

【文章编号】1009-153X(2024)01-0016-03

【文献标志码】A

【中国图书资料分类号】R 743.9; R 651.1\*2

## Application neurophysiological monitoring during one-stage surgical clipping for multiple intracranial aneurysms

LIANG Yu-hong, ZHANG Wen-fang, CHEN Feng, ZHOU Yi, PENG Peng, Hu Ke-qi. Department of Neurosurgery, Xiangyang Central Hospital, Affiliated Hospital of Hubei University of Arts and Sciences, Xiangyang 441021, China

【Abstract】Objective To investigate the application value of neuroelectrophysiological monitoring (NPM) in one-stage surgical clipping for patients with multiple intracranial aneurysms (MIA). Methods The clinical data of 30 MIA patients underwent one-stage surgical clipping under guidance NPM from January 2018 to June 2022 were retrospectively analyzed. Preoperative brain CT scan, CTA and/or DSA were performed to confirm the diagnosis. During the operation, somatosensory evoked potential (SEP), motor evoked potential (MEP), brainstem auditory evoked potential (BAEP) and electroencephalogram (EEG) were dynamically monitored. Results A total of 69 aneurysms were found in 30 patients, of whom 23 had 2 aneurysms, 5 had 3 aneurysms, and 2 had 4 aneurysms. There were 11 aneurysms with a diameter <0.5 cm, 28 aneurysms with a diameter of 0.5~1.5 cm, 25 aneurysms with a diameter of 1.5~2.5 cm, and 5 aneurysms with a diameter ≥2.5 cm. Postoperative CTA showed that all aneurysms of 30 patients were completely clipped, and the parent arteries were patency. NPM parameters were normal in 25 patients and abnormal in 5 patients, of whom the NPM parameters returned to normal in 3 patients and did not in 2 after treatment, during the temporary blockade of parent arteries. Three months after operation, 2 patients with normal NPM parameters had limb motor dysfunction with a GOS score of 3 and 4, respectively. Of the other 28 patients, 4 patients had a GOS score of 3, 6 patients of 4, and 18 patients of 5. Conclusions During the one-stage surgical clipping for patients with MIA, the intraoperative NPM technique has an early warning effect on related ischemic events, and timely treatment can avoid and reduce nerve function injury caused by operation.

【Key words】Multiple intracranial aneurysms; Neurophysiological monitoring; Surgical clipping; One-stage surgery

颅内多发动脉瘤(multiple intracranial aneurysms, MIA)占颅内动脉瘤的15%~35%,主要风险是破裂导致蛛网膜下腔出血。影像学技术的进步使MIA的诊断率不断增高,其治疗的风险性和复杂

性均高于颅内单发动脉瘤<sup>[1]</sup>。本文总结在神经电生理监测(neurophysiological monitoring, NPM)下一期开颅手术治疗MIA的经验,为临床提供参考。

## 1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性分析2018年1月至2022年6月一期手术治疗的30例MIA的临床资料,其中男17例,女13例;年龄41~81岁,平均51岁,其中50~70岁27例(90%)。入院时Hunt-Hess分级:Ⅳ级3例,Ⅲ

级 17 例,Ⅱ级 6 例,Ⅰ级 4 例。入院时改良 Fisher 分级:Ⅳ级 4 例,Ⅲ级 4 例,Ⅱ级 10 例,Ⅰ级 7 例,0 级 5 例。本研究方案经襄阳市中心医院审查批准(编号为 2024-015),所纳入的病人都签署知情同意书。

1.2 影像学检查 术前均行头颅 CT、CTA 和/或 DSA 等检查,明确蛛网膜下腔出血的详细情况,确定动脉瘤的位置、形态、数量、大小,判断责任动脉瘤。30 例共发现 69 个动脉瘤,其中 23 例有 2 个动脉瘤,5 例有 3 个动脉瘤,2 例有 4 个动脉瘤。动脉瘤大小:直径<0.5 cm 有 11 个,0.5~1.5 cm 有 28 个,1.5~2.5 cm 有 25 个,≥2.5 cm 有 5 个。

1.3 手术方式 30 例均在 NPM 辅助下行开颅夹闭术。采用翼点入路 20 例,扩大翼点入路 10 例,其中 1 例 4 个动脉瘤中,2 个位于左侧大脑前动脉远端(胼周动脉远端分叉处动脉瘤为责任动脉瘤),一个位于右侧大脑前动脉远端,另一个在左侧大脑中分叉部,采用左侧翼点入路并切口延至中线经纵裂一期手术。

1.4 NPM 方式 采用美国 Natus Xltek 32 通道神经电生理监测系统。术中监测体感诱发电位(somatosensory evoked potential, SEP)、运动诱发电位(motor evoked potentials, MEP)、脑干听觉诱发电位(brain-stem auditory evoked potential, BAEP)和脑电图(electroencephalography, EEG)。麻醉成功后,放置电极,头皮电极的放置以不影响手术操作为度,可适当更改位置。SEP 的报警标准为波幅下降超过基线的 50%或潜伏期延长于基线的 10%以上。MEP 的报警标准为当复合肌肉动作电位波幅下降 20%~30%应密切关注,波幅下降 50%以上,或潜伏期延长 10%以上应立即报警。BAEP 的报警标准为 V 波波幅下降 50%以上,潜伏期延长 1 ms 以上;Ⅰ~V 波波峰间期延长也应警惕。EEG 的警报标准为当脑组织受压缺血时,高频波形减少,随之出现波幅不对称,快波活动减少。

1.5 术中监测过程 术中 NPM 出现预警/异常情况,及时反馈至术者。术中最容易引起 NPM 异常的时期是临时阻断动脉至夹闭动脉瘤阶段,因此在暴露动脉瘤后进行载瘤动脉临时阻断时,应高度关注手术操作和 NPM。阻断开始后,立即计时,SEP、BAEP 随即连续刺激,得到稳定波形后即刻保存,立即行下一次刺激。MEP 因刺激时会引起身体抽动,影响手术操作,故此时不刺激。当其中任意一方波形发生改变时,提高警惕,当波幅降低或波形改变达到预警标准时,及时向术者汇报,可解除载瘤动脉的临时阻

断恢复血流、调整动脉瘤夹位置,麻醉医师也可适当补液、升高血压、检查麻醉的深度或病人体温情况,及时干预,以最大限度地恢复至基线水平。

2 结果

术后复查 CTA 显示 69 个动脉瘤均完全夹闭,而且载瘤动脉通畅。25 例术中 NPM 指标正常;3 例阻断大脑中动脉 M1 段(阻断时间分别为 6、8、10 min)、2 例阻断颈内动脉(阻断时间为 12、15 min)出现指标异常,采取干预措施后,3 例监测波形恢复正常,术后肢体功能无异常;2 例下肢 SEP 未恢复至基线水平,术后下肢肌力 4 级。术后随访 3 个月,2 例术中 NPM 指标正常者术后存在肢体运动功能障碍,1 例左上肢肌力 2 级、左下肢肌力 3 级,GOS 评分 3 分;另 1 例左侧上、下肢肌力均为 3 级,GOS 评分 4 分;其余 28 例中,GOS 评分 3 分 4 例,4 分 6 例,5 分 18 例。

3 讨论

随着影像学诊断技术的发展,MIA 的检出率明显增高。术前既要明确动脉瘤的数量、位置、大小、形状,更要确认责任动脉瘤,以便制定手术方案。在蛛网膜下腔出血的背景下,受颅内压增高、血管痉挛等不利因素的影响,对术中脑血液供应的保障和脑组织的保护提出了更高的要求。术中 NPM 可灵敏地反映脑缺血的变化和脑组织的损伤,及时预警正在或可能发生的脑损伤,提示术者做出相应处理,在术中起到“保驾护航”的作用。

本文 30 例术中 NPM 监测显示,载瘤动脉临时阻断的安全时限在 15 min 以内,在 NPM 波形出现报警时,应及时调整。临时阻断时间过长容易引起神经电生理指标的改变,导致术后缺血性事件的风险明显增加。在动脉瘤夹闭术中,SEP 通常用于监测载瘤动脉及邻近重要血管的误夹及术中血管痉挛等<sup>[2]</sup>。本文 2 例术中 SEP、MEP、BAEP 波形未出现明显异常现象,但术后出现肌力下降,术后 1 年随访肢体运动功能未恢复至术前。有研究表明,开颅动脉瘤夹闭术中 SEP 的监测数值持续阴性的情况下,仍有 4%~25%的病人术后出现轻度的神经功能障碍<sup>[3]</sup>。术中 NPM 在预测脑缺血和脑损伤方面具有高敏感性和高特异性,但易受病人体位、血压、体温、麻醉等因素影响,容易产生假阳性或假阴性。当术中出现电生理监测波形预警时,监测者和术者应及时排查影响因素,避免假阳性及假阴性的结果<sup>[4,5]</sup>。

与单发动脉瘤相比,处理 MIA 时可能延长载瘤

动脉阻断时间或增加阻断次数,解剖范围更广泛,创伤较大;术中强调对穿支血管在直视下的保护;夹闭后,荧光造影有助于发现载瘤动脉狭窄引起的电生理改变,应及时进行调整;术中临时阻断载瘤动脉时间应尽可能短,时间过长可出现SEP低平波形,解除阻断后,SEP波形恢复。

术中MEP监测可能引起病人抽动,监测时可与术者进行沟通或在术者操作的间隙,也可通过显微镜外接影像“见缝插针”进行监测<sup>[6]</sup>。在前循环动脉瘤手术中应用MEP联合SEP监测,可以更好地发现由各种原因导致的皮层、皮层下以及深部等供血区域的缺血性损伤。有研究表明,SEP和MEP联合监测可以精准地预测术后脑缺血的发生<sup>[7]</sup>。

本文病例的治疗效果良好,显示了MIA开颅夹闭术中运用NPM技术,及时提供潜在的脑供血不足和脑组织损伤的信息,促使术者及时采取措施,以避免或减轻神经功能的损害。

【参考文献】

[1] SONG CL, ZHENG XQ, ZHUANG JX, *et al.* Treatment of multiple intracranial aneurysms by one-stage microsurgery [J]. Chin J Clin Neurosurg, 2014, 19(3): 148–150, 152.  
宋朝理,郑小强,庄进学,等. 一期手术治疗颅内多发动脉瘤的临床分析[J]. 中国临床神经外科杂志, 2014, 19(3): 148–150, 152.

[2] OBERNDORFER S. Electrophysiology and intraoperative neurophysiological monitoring [J]. Handb Clin Neurol, 2012, 104(2): 149–161.

[3] TAO XR, QIAO H, WANG S, *et al.* Evaluation of monitoring of

evoked potentials in surgery of anterior circulation aneurysms [J]. Chin J Neurosurg, 2010, 26(12): 1059–1062.

陶晓蓉,乔 慧,王 硕,等. 颅内前循环动脉瘤术中诱发电位监测效果评估[J]. 中华神经外科杂志, 2010, 26(12): 1059–1062.

[4] LI WC, ZHOU WK, ZHAO JL, *et al.* Electrophysiological monitoring during intraoperative occlusion of middle cerebral artery aneurysms [J]. Chin J Clin Neurosurg, 2018, 23(6): 405–406, 415.  
李文超,周文科,赵锦丽,等. 大脑中动脉动脉瘤夹闭术中电生理监测的意义[J]. 中国临床神经外科杂志, 2018, 23(6): 405–406, 415.

[5] WANG FW, YANG JQ, XUE Y. Application of neuroelectrophysiological monitoring in microvascular decompression for primary hemifacial spasm [J]. Chin J Clin Neurosurg, 2019, 24(8): 483–485.  
王凤伟,杨金庆,薛 勇. 神经电生理监测在原发性面肌痉挛微血管减压术中的应用[J]. 中国临床神经外科杂志, 2019, 24(8): 483–485.

[6] XU G, LU JF, YANG Z, *et al.* Application of intraoperative neuroelectrophysiologic monitoring to gliomas resection in eloquent function brain regions [J]. Chin J Clin Neurosurg, 2016, 21(6): 323–326.  
许 耿,路俊锋,杨 忠,等. 神经电生理监测技术在功能区胶质瘤术中的应用[J]. 中国临床神经外科杂志, 2016, 21(6): 323–326.

[7] ZHU F, CHUI J, HERRICK I, *et al.* Intraoperative evoked potential monitoring for detecting cerebral injury during adult aneurysm clipping surgery: a systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy [J]. BMJ Open, 2019, 9(2): e022810.

(2022–10–31 收稿, 2023–09–26 修回)



(上接第 15 页)

[10] LIANG JT, LI MC, CHEN G, *et al.* Microvascular decompression for glossopharyngeal neuralgia with posterior inferior cerebellar artery as offending artery [J]. Chin J Cerebrovasc Dis, 2017, 14(2): 94–97.  
梁建涛,李茗初,陈 革,等. 显微血管减压术治疗责任血管为小脑后下动脉的舌咽神经痛[J]. 中国脑血管病杂志, 2017, 14(2): 94–97.

[11] ZHU GD, ZHAO ZY, MEN XZ, *et al.* Microneurosurgery for glossopharyngeal neuralgia (report of 33 cases) [J]. Chin J Clin Neurosurg, 2016, 21(2): 76–78.  
朱贵东,赵振宇,门学忠,等. 原发性舌咽神经痛的显微手术治疗(附 33 例分析)[J]. 中国临床神经外科杂志, 2016, 21(2): 76–78.

[12] DONG XW, WANG N, WANG XS, *et al.* Clinical influence of excision of vagus nerve rootlets in vagus-glossopharyngeal neuralgia [J].

Chin J Neuromed, 2020, 19(7): 695–699.  
董烜玮,王 宁,王晓松,等. 迷走神经根丝切断术治疗迷走-舌咽神经痛的临床疗效分析 [J]. 中华神经医学杂志, 2020, 19(7): 695–699.

[13] RUI Y, JI W, CHUNCHENG Q, *et al.* Efficacy comparison of microvascular decompression and rhizotomy in the treatment of glossopharyngeal neuralgia: a retrospective analysis of 37 cases [J]. Turk Neurosurg, 2019, 29(4): 493–496.

[14] BERNARD F, MERCIER P, SINDOU M. The tethered effect of the arachnoid in vago-glossopharyngeal neuralgia: a real associated alternative mechanism [J]? Acta Neurochir (Wien), 2018, 160(1): 151–155.

(2023–05–28 收稿, 2023–09–15 修回)