

教程

神经电生理监测在脊柱外科的应用现状

The current application of neurological monitoring in spine surgery

邱 勇, 刘兴勇

(南京大学附属鼓楼医院脊柱外科 210008 南京市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2015.07.20

中图分类号: R741.044, R687.3 文献标识码: C 文章编号: 1004-406X(2015)-07-0670-03

在脊柱外科的手术中, 神经并发症是临床医师不可回避的问题。各种神经电生理监测技术的引入及成熟, 可明显降低包括脊髓、马尾及神经根损害的发生率。由于每种神经电生理监测技术都有一定的适用范围, 而脊柱外科手术要求对脊髓及神经根的完整功能进行有效的监测, 笔者将着重介绍脊柱外科常用的神经电生理监测技术及术中多模式神经电生理监测的应用现状。

1 常用的神经电生理监测技术

1.1 体感诱发电位(somatosensory evoked potentials, SEP)

SEP 是应用于临床神经电生理监测最早和最广泛的技术^[1-3], 能有效地评估脊髓后柱上行的感觉传导通路。SEP 的预警标准为波幅下降超过 50% 和(或)潜伏期延长超过 10%^[4]。手术操作造成脊髓的机械性损伤或缺血性损伤都会引起 SEP 的改变, 一些其他的因素也会引起同样的改变, 包括术中血容量严重不足、血细胞压积明显下降、低体温及各种麻醉药物的应用。

SEP 监测的优点: Nuwer^[5]对 51263 例患者脊柱侧凸矫形手术的 SEP 研究显示, SEP 的敏感性为 92%, 特异性为 98%; 波形较容易获得; 无明显应用禁忌证; 对技术性错误、低体温、低血压引起的信号改变意义重大^[6]; 可以联合其他的监测手段。

SEP 监测的缺点: 只能监测感觉传导通路, 对脊髓前索的运动功能不能有效监测^[7]; 受吸入麻醉剂影响较大; 不能即时观察, 需根据手术室电磁干扰情况进行叠加平均。至少需要持续 5min 来观察信号改变^[8]。

SEP 常规记录患者皮层的感觉传导信号, 但皮层电位易受麻醉深度的影响。这时皮层下电位, 尤其是颈电位(记录来自 C2~C5 的感觉传导信号)就尤为重要, 因为颈电位不易受麻醉深度的影响。由于脑电图能客观反映患者术中的麻醉深度, 可以同时监测脑电图来及时了解麻醉深度。

1.2 运动诱发电位(motor evoked potentials, MEP)

MEP 能有效监测从运动中枢到末梢肌肉的整个运动传导通路。MEP 能有选择性地监测运动传导通路, 较 SEP 警告信息平均早 5min^[9], 而且 MEP 对脊髓局部缺血更敏感^[10], 当体温下降及灌注不足时不会减弱^[11]。同时 MEP 能准确地反映脊柱肿瘤切除术中患者的运动功能状态^[12]。

但 MEP 监测需要术前对患者运动功能进行详细评估, 且需要术前的数据。癫痫、皮质病变、颅骨缺损(凶门、颅骨切除术后)、体内有心脏起搏器者为其禁忌证^[13]。其对肌肉松弛剂非常敏感, 波幅变化较大。但在低龄儿童, 特别是低于 6 岁的儿童较难引出^[14-18]。可能在术中会出现与 MEP 监测有关的并发症, 包括唇舌的咬伤、下颌骨骨折、心律不齐、癫痫发作、头皮灼伤及术中知晓等^[19]。而且对感觉功能及单独神经根监测不敏感, 仍需其他监测方法(如 SEP、肌电图)来联合监测。

由于 MEP 易受肌肉松弛剂的影响, 四联刺激肌肉收缩试验(train of four twitch test, TOF)能客观地评估神经肌肉接头处神经递质乙酰胆碱因肌肉松弛剂应用后的耗竭程度, MEP 联合 TOF 监测能及时了解肌肉松弛剂对 MEP 监测的影响。

1.3 D 波(direct waves)监测

D 波能监测从皮层运动中枢到手术节段远端脊髓的运动传导通路。它只需平均叠加 5~10 次, 约 10s 就会出现波形。最重要的一点是其不会受到肌肉松弛剂的影响。由于其能快速得到结果, 对运动传导通路的特异性及对运动功能的良好预见性而广受关注。但由于其电极放置的复杂性, 左右侧较难区分及低龄儿童不可用等缺点, 临床应用较少。

1.4 椎弓根螺钉实验(pedicle screw testing)

椎弓根螺钉刺激技术致力于提高脊柱外科手术置入椎弓根螺钉的准确性和安全性。在椎弓根螺钉处给予刺激, 在下肢的胫前肌或腓背伸肌处记录电信号。如果椎弓根螺钉位置良好, 椎弓根螺钉周围皮质骨包裹, 阻抗值很高, 相应的刺激量不会在下肢肌肉记录到刺激波; 若椎弓根皮质破裂, 阻抗值降低, 相应的刺激量就会在下肢肌肉记录到刺激波。这个刺激量常规界定为 10mA。椎弓根螺钉

第一作者简介: 男(1960-), 主任医师, 教授, 博士生导师, 研究方向: 脊柱外科

电话: (025)83304616-61012 E-mail: scoliosis2002@sina.com

刺激技术对腰椎置钉过程很有帮助,但对胸椎的监测效果远没有腰椎好。

1.5 肌电图(electromyography, EMG)

EMG 能监测可能受到损伤的神经根的功能状态。如果手术操作牵拉压迫到神经根,神经根支配的相应肌肉就会出现刺激波,此时应警告术者手术操作可能对神经根的刺激过大,通过轻柔操作或停止手术操作来避免患者术后出现相应的神经症状。

2 临床应用现状

在临床手术中,不可能靠单一的监测技术来完成对神经功能的监测。多模式的术中神经电生理监测技术是综合运用 SEP、MEP 及 EMG 等多种监测技术来评估脊髓、神经根功能完整性的神经电生理监测技术^[20]。

多模式的术中神经电生理监测可同时评估上行和下行神经传导通路^[21],同时提供一定的缓冲区,因为多种手术中发生的损伤将会使感觉通路和运动通路都受危害^[22]。缓冲区非常有价值,尤其当技术因素,如电干扰、麻醉药物限制使监测模式效力减小时更有意义^[23]。Sutter 等^[24]认为多模式的术中神经电生理监测是脊柱手术中监测脊髓功能完整性的一个有效方法,能有效减少神经损伤并改善术后结果。

Sutter 等^[24]报道,对 1017 例脊柱手术进行连续的以 SEP、MEP 及 EMG 为主的多模式术中神经电生理监测,灵敏性为 89%,特异性为 99%;其中脊柱畸形 217 例,脊柱畸形矫正手术中多模式的术中神经电生理监测的敏感性为 92.3%,特异性为 98.5%,超出了以往任何一种监测技术;颈椎手术患者 246 例,敏感性为 83.3%,特异性为 99.2%;腰椎手术 409 例,敏感性为 90%,特异性为 99.7%;脊柱肿瘤手术 109 例,敏感性为 92%,特异性为 99%。他们认为以 SEP、MEP 及 EMG 为主的多模式术中神经电生理监测是目前最有效监测脊髓、神经功能完整性的手段,可明显减少脊柱外科手术中脊髓、神经功能损伤,并可有效提高患者手术疗效。

近期 SRS 回顾性分析了从 2004 年至 2007 年的 108419 例脊柱外科手术,发现神经并发症的发生率为 1%,包括脊髓、马尾、脊神经根损害^[25]。神经电生理监测的敏感性较低,在神经根损害中为 11%,在马尾损害中为 8%,在脊髓损害中也仅为 40%^[25]。Schwartz 等^[26]报道 1121 例脊柱侧凸矫形术中应用 SEP 联合 MEP 的多模式术中神经电生理监测,发现其敏感性为 100%。

由于目前各种直接应用电生理监测技术整合的手术器械的广泛应用,未来可能不会需要专业的神经电生理监测人员^[26-28]。但通过器械进行的神经电生理监测效果远不如由专业人员进行的神经电生理监测效果好。

综上所述,多模式的术中神经电生理监测是最有效监测脊髓、神经功能完整性的手段;专业的电生理监测人员对于监测结果的综合判断分析明显优于各种器械的应

用,专业的电生理监测人员是脊柱手术安全顺利进行不可或缺的一部分。

3 参考文献

1. Croft TJ, Brodkey JS, Nulsen FE. Reversible spinal cord trauma: a model for electrical monitoring of spinal cord function [J]. J Neurosurg, 1972, 36(4): 402-406.
2. Tamaki T, Kubota S. History of the development of intraoperative spinal cord monitoring[J]. Eur Spine J, 2007, 16(Suppl 2): S140-S146.
3. Deletis V, Sala F. Intraoperative neurophysiological monitoring of the spinal cord during spinal cord and spine surgery: a review focus on the corticospinal tracts[J]. Clin Neurophysiol, 2008, 119(2): 248-264.
4. Devlin VJ, Anderson PA, Schwartz DM, et al. Intraoperative neurophysiologic monitoring: focus on cervical myelopathy and related issues[J]. Spine J, 2006, 6(6 Suppl): 212S-224S.
5. Nuwer MR, Dawson EG, Carlson LG, et al. Somatosensory evoked potential spinal cord monitoring reduces neurologic deficits after scoliosis surgery: results of a large multicenter survey[J]. Electroencephalogr Clin Neurophysiol, 1995, 96(1): 6-11.
6. Fabemwski LW, Black S, Trankina MF, et al. Somatosensory evoked potentials during aortic coarctation repair[J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 1999, 13(5): 538-543.
7. Ginsburg HH, Shetter AG, Raudzens PA. Postoperative paraplegia with preserved intraoperative somatosensory evoked potentials: case report[J]. J Neurosurg, 1985, 63(2): 296-300.
8. Schwartz DM, Auerbach JD, Dormans JP, et al. Neurophysiological detection of impending spinal cord injury during scoliosis surgery[J]. J Bone Joint Surg Am, 2007, 89(11): 2440-2449.
9. MacDonald DB, Al Zayed Z, Khoudair I, et al. Monitoring scoliosis surgery with combined multiple pulse transcranial electric motor and cortical somatosensory-evoked potentials from the lower and upper extremities[J]. Spine, 2003, 28(2): 194-203.
10. Costa P, Bruno A, Bomanino M, et al. Somatosensory and motor evoked potential monitoring during spine and spinal cord surgery[J]. Spine Cord, 2007, 45(1): 86-91.
11. Shine TS, Harrison BA, De Ruyter ML, et al. Motor and somatosensory evoked potentials: their role in predicting spinal cord ischemia in patients undergoing thoracoabdominal aortic aneurysm repair with regional lumbar epidural cooling [J]. Anesthesiology, 2008, 108(4): 580-587.
12. Kothbauer KF, Deletis V, Epstein FJ. Motor-evoked potential monitoring for intramedullary spinal cord tumor surgery: correction of clinical and neurophysiological data in a series of 100 consecutive procedures[J]. Neurosurg Focus, 1998, 4(5): e1.
13. Macdonald DB. Intraoperative motor evoked potential moni-

- toring: overview and update[J]. *J Clin Monit Comput*, 2006, 20(5): 347-377.
14. Chen X, Sterio D, Ming X, et al. Success rate of motor evoked potentials for intraoperative neurophysiologic monitoring: effects of age, lesion location, and preoperative neurologic deficits[J]. *J Clin Neurophysiol*, 2007, 24(3): 281-285.
15. Drake J, Zeller R, Kulkarni AV, et al. Intraoperative neurophysiological monitoring during complex spinal deformity cases in pediatric patients: methodology, utility, prognostication, and outcome[J]. *Childs Nerv Syst*, 2010, 26(4): 523-544.
16. Frei FJ, Ryhult SE, Duitmann E, et al. Intraoperative monitoring of motor evoked potentials in children undergoing spinal surgery[J]. *Spine*, 2007, 32(8): 911-917.
17. Lieberman JA, Lyon R, Feiner J, et al. The effect of age on motor evoked potentials in children under propofol/isoflurane anesthesia[J]. *Anesth Analg*, 2006, 103(2): 316-321.
18. Nezu A, Kimura S, Uehara S, et al. Magnetic stimulation of motor cortex in children: maturity of corticospinal pathway and problem of clinical application[J]. *Brain Dev*, 1997, 19(3): 176-180.
19. MacDonald DB. Safety of intraoperative transcranial electrical stimulation motor evoked potential monitoring[J]. *J Clin Neurophysiol*, 2002, 19(5): 416-429.
20. Sloan TB, Janik D, Jameson L. Multimodality monitoring of the central nervous system using motor-evoked potentials [J]. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2008, 21(5): 560-564.
21. Sala F, Bricolo A, Faccioli F, et al. Surgery for intramedullary spinal cord tumors: the role of intraoperative(neurophysiological) monitoring[J]. *Eur Spine J*, 2007, 16(Suppl 2): S130-S139.
22. Weinzierl MR, Reinauer P, Gilsbach JM, et al. Combined motor and somatosensory evoked potentials for intraoperative monitoring: intra- and postoperative data in a series of 69 operations[J]. *Neurosurg Rev*, 2007, 30(2): 109-116.
23. Mendiratta A, Emerson RG. Neurophysiologic intraoperative monitoring of scoliosis surgery[J]. *J Clin Neurophysiol*, 2009, 26(2): 62-69.
24. Sutter M, Eggspuehler A, Muller A, et al. Multimodal intraoperative monitoring: an overview and proposal of methodology based on 1017 cases[J]. *Eur Spine J*, 2007, 16(Suppl 2): S153-S161.
25. Hamilton DK, Smith JS, Sansur CA, et al. Rates of new neurological deficit associated with spine surgery based on 108,419 procedures: a report of the scoliosis research society morbidity and mortality committee[J]. *Spine*, 2011, 36(15): 1218-1228.
26. Schwartz DM, Auerbach JD, Dormans JP, et al. Neurophysiological detection of impending spinal cord injury during scoliosis surgery[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2007, 89(11): 2440-2449.
27. Ecker M. Intraoperative neurophysiologic monitoring: are we really that bad [J]. *J Clin Neurophysiol*, 2012, 29(2): 157-159.
28. Nuwer MR. A new multicenter survey of neurologic deficit-safer spinal deformity surgery: are new models of intraoperative neurophysiologic monitoring less accurate[J]. *J Clin Neurophysiol*, 2011, 28(6): 602-604.

(收稿日期:2015-05-11 修回日期:2015-06-02)

(本文编辑 李伟霞)