

生长棒撑开术中经颅刺激运动诱发电位和体感诱发电位监测的应用价值

冯 帆, 王树杰, 沈建雄, 仇建国, 赵 宏, 赵 宇, 李 政
(中国医学科学院 北京协和医学院 北京协和医院骨科 100730 北京市)

【摘要】目的:分析生长棒撑开术中经颅刺激运动诱发电位(MEP)和体感诱发电位(SEP)神经功能监测的应用价值。**方法:**回顾性分析 2010 年 10 月~2015 年 1 月我院进行的 65 例 141 次生长棒撑开手术,在生长棒撑开术中,运用 MEP 和 SEP 进行神经功能监测。MEP 监测采用经颅刺激 C3、C4,记录外周肌源性 MEP,SEP 监测采用刺激双侧胫后神经,记录电极采用 Cz-CPz。阳性诊断标准:与基线相比,MEP 波幅下降 75%,SEP 波幅下降 50%或潜伏期延长 10%。**结果:**141 例次撑开手术中成功获得具有监护价值且重复性较好 MEP 139 例次,检出率 98.6%,全程失败 2 例次(占 1.4%);SEP 成功监测 140 例次,检出率 99.3%,失败 1 例(占 0.7%)。所有患者均能成功记录到一种以上的诱发电位。本组 141 例次手术中未出现 MEP 及 SEP 监测阳性。所有患儿术后神经系统检查均无异常发现,神经功能监测结果均为真阴性。**结论:**生长棒撑开术是简单安全的手术操作,但是,运用 MEP 和 SEP 进行术中神经功能监测可以为生长棒撑开术提供客观的安全评估指标。

【关键词】 脊柱侧凸;生长棒技术;运动诱发电位;体感诱发电位

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2015.07.03

中图分类号:R687.3,R741.04 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2015)-07-0585-05

The analysis of necessity of transcranial electric stimulation motor evoked and somatosensory evoked potential monitoring during the growing rod lengthening surgery/FENG Fan, WANG Shujie, SHEN Jianxiong, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2015, 25(7): 585-589

【Abstract】 Objectives: To analyze the necessity of transcranial electric stimulation motion evoked potential (MEP) and somatosensory evoked potential(SEP) during the growing rod lengthening surgery. **Methods:** From October 2010 to January 2015, MEP and SEP monitoring were performed simultaneously during 141 growing rod lengthening surgeries. C3 and C4 (international 10-20 system) were stimulated to elicit MEP and compound muscle action potentials were recorded from distal limbs. The bilateral tibial nerves were stimulated to record SEP. Alterations with MEP wave amplitude decreasing more than 75% and SEP amplitude decreasing more than 50% or latent period extending by 10% were diagnosed as positive changes. **Results:** Combined SEP and MEP monitoring was performed in all 141 growing rod lengthening surgeries. Success rate of MEP and SEP recording was 98.6% and 99.3%, respectively. There were two cases (1.4%) having failed SEP recording and one case in MEP(0.7%). All patients were successfully recorded by at least one kind of monitoring. There were no positive alterations and all recordings were true negative in both MEP and SEP. **Conclusions:** Growing rod lengthening surgery is a kind of simple and safe procedure, but MEP and SEP are used to monitor neurological function can provide the security evaluation index objective for the growing rod lengthening surgery.

【Key words】 Scoliosis; Growing rod technique; Motion evoked potential; Somatosensory evoked potential

【Author's address】 Department of Orthopaedics, Peking Union Medical College Hospital, Chinese Academy of Medical Science and Peking Union Medical College, Beijing, 100730, China

儿童脊柱侧凸的治疗一直是国内外脊柱外科

医生面对的难题。5 岁之前是儿童脊柱生长高峰期,也是肺泡发育的高峰期,8 岁之前发生脊柱侧凸引起的胸廓畸形会影响肺容积,引起肺通气障碍^[1,2]。因此,对低龄儿童出现的脊柱侧凸必须积

第一作者简介:男(1987-),博士,研究方向:脊柱外科

电话:(010)69152800 E-mail:drfengfan@163.com

通讯作者:沈建雄 E-mail:shenjianxiong@medmail.com.cn

极治疗,特别是进展迅速的患儿。支具等保守治疗很难控制侧凸发展,而传统的融合术会导致短躯干并影响胸廓的发育而出现胸廓发育不良综合征。近年来,生长棒技术被证明是治疗儿童脊柱侧凸的有效手段,可以在一定程度上矫正畸形并保留脊柱、胸廓的生长潜力^[3,4]。

术中经颅电刺激运动诱发电位(motor evoked potentials, MEP)以及皮层体感诱发电位(somatosensory evoked potential, SEP)监测在脊柱畸形手术中得到广泛应用,具有可靠的监测敏感性及特异性^[5-7]。生长棒撑开手术是指在儿童骨骼成熟之前,随着脊柱的生长,每间隔 6~12 个月行撑开一次。通常撑开手术的效果与手术的次数及间隔时间有一定的关系。而生长棒撑开手术中脊髓监测的意义到底有多大,目前仍存在争议。本研究回顾性分析了本院 65 例 141 次生长棒撑开手术中利用 MEP 联合 SEP 进行监测的结果,探讨其在生长棒撑开术中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 临床资料

回顾性分析 2010 年 10 月~2015 年 1 月在本院进行的 65 例患者 141 次生长棒撑开手术,因内固定并发症而行生长棒翻修术同时撑开的患者未纳入研究。男 23 例,女 42 例,年龄 4~13 岁,平均 8.5 ± 3.7 岁。先天性脊柱侧凸 49 例,神经肌肉性脊柱侧凸 9 例,神经纤维瘤病脊柱侧凸 5 例,特发性脊柱侧凸 2 例。其中 11 例合并脊髓纵裂,9 例合并脊髓空洞,3 例合并脊髓拴系,1 例合并脊髓脊膜膨出。65 例患者术前脊柱侧凸 Cobb 角平均为 $76.2^\circ \pm 22.9^\circ$,柔韧性为 $(28.1 \pm 10.7)\%$,生长棒置入术初次手术矫正率为 $(47.1 \pm 16.5)\%$ 。初次行生长棒置入术时所有患者均监测成功,无神经电生理异常表现。其中 11 例接受了单侧生长棒矫形术,54 例接受了双侧生长棒矫形术。患者每 6 个月进行随访,生长棒撑开的指征是侧凸 Cobb 角增加超过 15° 或坐高增加超过 2cm。每次撑开操作时患者全身麻醉,取俯卧位。仅暴露位于胸腰段深筋膜下的连接阔,松开螺钉,进行撑开。每次撑开约 1.0~1.5cm。本研究中的所有生长棒撑开手术均在神经功能监测下进行。

1.2 手术及术中监测方法

1.2.1 麻醉方式

所有患者均在全麻下接受手术治疗。麻醉诱导时采用静脉麻醉或吸入麻醉。诱导结束后,麻醉维持采用持续静脉泵入异丙酚($6 \sim 8 \text{ mg/kg} \cdot \text{h}$)及雷米芬太尼($0.15 \sim 2 \mu\text{g/kg} \cdot \text{min}$)。诱导结束后不再给予肌松药治疗。

1.2.2 术中神经功能监测方法 所有患者术中监测均在 Epoch XP(Axon, 美国)术中神经电生理监测工作站中进行。MEP 监测持续到关闭切口为止。电极采用针式单极电极,经颅电刺激器电极置于 C3、C4(国际 10-20 系统)^[8],记录电极置于双下肢腓短展肌(AHB),对照电极置于上肢拇短展肌(APB),记录的电信号为复合肌肉动作电位(CMAP)。MEP 刺激参数为 5~7 个成串方波刺激,每次刺激持续 200~500 μs ,刺激强度 120~400V,带通滤波 30~3000Hz。调节刺激参数时按照能引出最佳波形的最小刺激强度为宜。记录时程为 100ms。诱发电位仪的安放尽量避开各监护仪器并妥善接地,以保证安全并排除干扰。

SEP 监测主要记录下肢的 SEP,外周刺激电极选择表面电极,置于胫后神经。采用方波刺激,强度 30mA,脉宽 0.3ms,频率 2.3Hz,平均叠加 100~200 次。记录电极置于 Cz,参考电极置于 Cz 前方 6cm 处的 FPz(国际 10-20 系统)^[8]。于暴露脊柱后记录 SEP,并作为 SEP 基线,记录术中 P40 波幅的变化。

1.2.3 SEP、MEP 结果判断及处理 术中 MEP 监测以观察 MEP 波幅改变为判断标准。在确保无肌松药影响及麻醉深度不变的条件下,单侧或双侧 MEP 波幅突然消失或较基线下降大于 75%提示存在神经损伤^[9],判断为 MEP 监测阳性。SEP 监测中,当与基线相比,P40 波幅下降大于 50%或潜伏期延长 10%,考虑存在神经功能损伤。当神经监测报警时,立即通知手术医生,减慢或停止可能导致神经损伤的相关手术操作,升高平均动脉压到 65mmHg 以上,观察监测结果有无改善。若无改善,需考虑调整对脊柱的矫形程度,同时按脊髓损伤时甲基泼尼松龙冲击治疗方案给予激素冲击治疗^[7,10]。经过处理后,当 SEP、MEP 恢复到基线的 25%,可认为处理有效,神经功能损伤得到改善^[7]。当神经监测仍无明显改善时,考虑行唤醒试验(wake-up test)观察下肢活动情况。术后随访患者下肢感觉、运动情况,患者术后新发的肌力减弱和(或)感觉障碍考虑为神经功能损伤。

本研究中真阳性(A)定义为术中神经监测结

果阳性,同时合并术中神经功能改变;或神经监测结果阳性,经处理后恢复到 25%的基线水平。假阳性(B)定义为术中神经监测结果阳性,而无明显神经功能改变;或神经监测阳性,未经处理而自行恢复。真阴性(D)定义为术中神经功能监测结果阴性,同时无术中神经功能改变。假阴性(C)定义为术中神经监测结果阴性,或经处理后 SEP、MEP 恢复,而术后出现新的神经功能损伤^[11]。

2 结果

本组 65 例患者共行 141 次生长棒撑开手术,其中 26 例患者撑开了 1 次,16 例患者撑开了 2 次,14 例患者撑开了 3 次,4 例患者撑开了 4 次,5 例患者撑开了 5 次。生长棒撑开时间间隔为 8.6 ± 2.2 个月(4.3~12.8 个月)。每次撑开的手术时间平均为 50.9 ± 19.4 min,出血量平均 23.3 ± 18.4 ml。

141 例次手术中成功获得具有监护价值且重复性较好的 MEP 139 例次,检出率 98.6%,记录失败 2 例次占 1.4%;SEP 成功监测 140 例次,检出率 99.3%,失败 1 例例占 0.7%。MEP 的波幅和潜伏期在不同个体或同一个体的不同时间和左右侧之间均有很大差异,其中又以波幅变化最大;而 SEP 的波幅和潜伏期十分恒定。所有患者均能成功记录到一种以上的诱发电位。本组 141 例次手术中未出现 MEP 及 SEP 监测阳性。所有患儿术后神经系统检查均无异常发现,故神经功能监测结果均为真阴性(表 1、2)。

3 讨论

儿童严重脊柱侧凸是指 10 岁以内出现大于

表 1 不同类型的脊柱侧凸生长棒撑开术中的 MEP、SEP 监测结果

侧凸类型 Scoliosis type	n	MEP		SEP	
		+	-	+	-
先天性 Congenital	49	0	48	0	48
神经肌肉型 Neuromuscular	9	0	8	0	9
神经纤维瘤病 NF-1	5	0	5	0	5
特发性 Idopathic	2	0	2	0	2
共计 Total	65	0	63	0	64

表 2 生长棒撑开术中不同撑开长度的 MEP、SEP 监测结果

Table 2 Results of MEP and SEP during the surgery of growing rod with different lengthening distance

撑开距离 Lengthen distance (cm)	n	MEP		SEP	
		+	-	+	-
≤0.5	9	0	9	0	8
0.6~1.0	31	0	30	0	31
1.1~1.5	68	0	67	0	68
1.6~2.0	33	0	33	0	33
共计 Total	141	0	139	0	140

50°的脊柱侧凸。支具等保守治疗对此类畸形疗效不佳,而传统的融合术会导致躯干干,甚至导致胸廓发育不良综合征^[12]。多项研究证明生长棒技术对于儿童脊柱侧凸,保留了脊柱生长潜力,在治疗特发性脊柱侧凸、神经肌肉型脊柱侧凸等类型的脊柱侧凸时安全而有效,对于先天性脊柱侧凸也可以取得良好的临床疗效,侧凸的矫正率可以达到 28.8%~49.9%^[3,4,13]。脊柱畸形矫形常因脊柱长度的增加,可能引起脊髓的牵拉导致脊髓的血供改变,从而出现神经功能损伤。术中唤醒试验虽可靠,但不能于手术操作中及时发现损伤,具有滞后性,而且不能连续监测,延误采取积极处理的时机。而术中神经功能监测的应用可帮助术者早期发现并纠正可能的神经功能并发症,降低脊柱畸形手术中脊髓损伤的发生率。

SEP 在术中监测脊髓功能方面除具有诱发电位的一般特点外,还具有以下优点:很少受麻醉药物的影响,稳定性强,安全方便^[14,15]。但是单纯应用 SEP 具有局限性,对于运动功能的监测可能出现假阴性情况,近年来已有较多关于 SEP 监测运动功能假阴性的病例报道^[7,16]。MEP 监测是通过刺激运动皮质后观察皮质脊髓束的传导,可较特异地反映运动传导功能。因脊柱侧凸矫形导致的脊髓损伤多为缺血损伤,脊髓前角细胞对缺血更为敏感,因而 MEP 监测在脊柱矫形手术中更为敏感,利于医生及时做出相应处理^[5,7]。但由于不同诊断标准的运用,MEP 监测存在一定假阳性率的问题。因此,理想的术中监护方法应该能对脊髓功能提供最全面的信息,包括上行感觉传导束和下行运动传导束功能。实施 SEP 和 MEP 联合监护已是目前脊柱畸形矫形手术中的常规操作。本组

65 例患者 141 次生长棒撑开术中,均采取了 MEP 联合 SEP 的监测模式,成功检出率分别为 98.6% 和 99.3%,所有患者均能成功记录到一种以上的诱发电位,具有很高的稳定性。

Schwartz 等^[7]报道了 1121 例脊柱侧凸手术中出现诱发电位阳性 38 例,其中 76.3% 与手术操作过程相关:(1)椎弓根钻孔和螺钉置入时,重度脊柱侧凸畸形的顶椎椎弓根空间方向变异、变形和椎体极度旋转以及上胸椎段椎弓根很小,椎弓根螺钉误置可造成严重的脊髓损伤或截瘫;(2)脊柱截骨和截骨面靠拢矫形时,脊柱截骨、靠拢矫形的操作过程具有很高的脊髓损伤风险;(3)内固定器械矫形时,Schwartz 等^[7]的报道中,该原因的相关发生率占阳性病例的 55.2%。有学者^[9]认为,脊髓耐受被拉长的能力是十分有限的,当脊柱侧凸矫形超过脊髓耐受扭曲、牵拉的限度时,可导致脊髓缺血、缺氧,甚至截瘫。本组病例初次行生长棒置入术时所有患者均无神经电生理异常表现而生长棒撑开手术中脊髓监测的意义到底有多大,目前仍存在争议。从本组结果显示,65 例患者 141 次生长棒撑开手术,术中 MEP 及 SEP 监测均为真阴性,没有神经系统并发症的出现。这可能与单纯的生长棒撑开手术手术过程并不复杂有关,仅需小切口暴露位于胸腰段深筋膜下的连接阔,松开螺钉进行撑开。手术本身不涉及截骨、置钉、去旋转矫形等高神经损伤风险的操作。我们进行神经电生理监测主要是担心在生长棒多次的撑开过程中,有可能导致脊髓牵拉伤或缺血性损伤。本组病例中,26 例患者撑开了 1 次,16 例患者撑开了 2 次,14 例患者撑开了 3 次,4 例患者撑开了 4 次,5 例患者撑开了 5 次。而且绝大部分患者撑开长度在 1.0~2.0cm 之间(101 次,71.6%),这说明反复多次的生长棒撑开术在每次少量撑开过程中,并不会引起脊髓过度牵拉,导致脊髓缺血性损伤,这点明显异于融合手术中撑开和压缩操作的风险。因此我们可以认为,生长棒撑开术的安全性较好。但是,本组病例初次行生长棒置入术时所有患者均无神经电生理异常表现,对于生长棒安放时出现电生理监测阳性的患儿,其在之后的生长棒撑开手术中的神经损伤风险是否较高仍不得而知,需要进一步研究。

此外,术中诱发电位的异常改变也与血压、麻醉、体温等非手术因素有关^[5,7]:(1)脊柱畸形矫正

术中常采用控制性低压以减少出血量,低血压可使 SEP 波幅和潜伏期有一定程度的降低。Schwartz 等^[7]认为平均动脉压<65mmHg 时容易出现 MEP 阳性,而不伴有 SEP 的改变。(2)儿童脊柱侧凸矫形术创伤较大,一般常规全身麻醉,而任何一种常用的麻醉药物对 SEP 都有影响,但氯胺酮和异氟醚相对影响最小。麻醉用药 30min 后,SEP 波形基本稳定,可把这时的波形作为基线,术中改变与之对比^[17]。(3)体温对 SEP 有明显影响,有研究^[9]显示,肢体温度在 28~38℃ 之间时,每升高或降低 1℃,周围神经传导速度相应增减 5%。本研究中病例,都是由经验丰富的麻醉团队和经过专业化培训的一名电生理监测技术人员配合。一般再麻醉诱导结束后不再给予肌松药治疗,手术时间短(平均 50.9±19.4min),血压控制平稳,出血量少(平均 23.3±18.4ml)。因此以上非手术因素对脊髓功能监测干扰小,确保了手术的顺利进行以及监测结果的可信度。但另一个方面也说明了脊髓监测的仪器及人员所需的成本仍较高,加之每例患者要多次行撑开,这无疑造成了宝贵的脊髓监测资源浪费,同时增加患者的经济负担。

总之,生长棒撑开术对于脊髓功能是简单安全的手术操作。虽然目前 MEP 和 SEP 在脊柱侧凸矫形手术中已得到常规应用,我们认为在生长棒撑开术中,神经功能监测可能不是必须的。

4 参考文献

1. Campbell R, Smith M, Mayes T, et al. The characteristics of thoracic insufficiency syndrome associated with fused ribs and congenital scoliosis[J]. J Bone Joint Surg Am, 2003, 85(3): 399-408.
2. Muirhead A, Conner A. The assessment of lung function in children with scoliosis[J]. J Bone Joint Surg Br, 1985, 67(5): 699-702.
3. Akbarnia BA, Marks DS, Boachie-Adjei O, et al. Dual growing rod technique for the treatment of progressive early-onset scoliosis: a multicenter study[J]. Spine, 2005, 30(17 Suppl): S46-57.
4. Thompson GH, Akbarnia BA, Kostial P, et al. Comparison of single and dual growing rod techniques followed through definitive surgery: a preliminary study[J]. Spine, 2005, 30(18): 2039-2044.
5. Taniguchi M, Cedzich C, Schramm J. Modification of cortical stimulation for motor evoked potentials under general anesthesia: technical description[J]. Neurosurgery, 1993, 32(2): 219-226.

6. Pelosi L, Lamb J, Grevitt M, et al. Combined monitoring of motor and somatosensory evoked potentials in orthopaedic spinal surgery[J]. Clin Neurophysiol, 2002, 113(7): 1082-1091.
 7. 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.
 8. 汤小芙. 临床肌电图学[M]. 北京:北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社,1995. 50-100.
 9. Vitale MG, Moore DW, Matsumoto H, et al. Risk factors for spinal cord injury during surgery for spinal deformity [J]. J Bone Joint Surg Am, 2010, 92(1): 64-71.
 10. Hilibrand AS, Schwartz DM, Sethuraman V, et al. Comparison of transcranial electric motor and somatosensory evoked potential monitoring during cervical spine surgery[J]. J Bone Joint Surg Am, 2004, 86(6): 1248-1253.
 11. Kundnani VK, Zhu L, Tak H, et al. Multimodal intraoperative neuromonitoring in corrective surgery for adolescent idiopathic scoliosis: evaluation of 354 consecutive cases[J]. Indian J Orthop, 2010, 44(1): 64-72.
 12. Dimeglio A. Growth in pediatric orthopaedics[J]. J Pediatr Orthop, 2001, 21(4): 549-555.
 13. Elsebai HB, Yazici M, Thompson GH, et al. Safety and efficacy of growing rod technique for pediatric congenital spinal deformities[J]. J Pediatr Orthop, 2011, 31(1): 1-5.
 14. Sandra L, Helmers MD, Lionel C, et al. Anterior neck recording of intraoperative somatosensory evoked potentials in children[J]. Spine, 1995, 20(7): 782-786.
 15. 沈慧勇, 刘尚礼, 曹德雄. 三种诱发电位术中监测脊髓功能的实验研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 1998, 8(2): 87-90.
 16. Stecker MM, Robertshaw J. Factors affecting reliability of interpretations of intra-operative evoked potentials[J]. J Clin Monit Comp, 2006, 20(1): 47-55.
 17. 白斌, 王坤正, 刘文科, 等. 儿童脊柱侧凸手术中皮层体感诱发电位监护的临床研究[J]. 中华小儿外科杂志, 2003, 24(5): 427-429.
- (收稿日期:2015-04-30 修回日期:2015-06-19)
(英文编审 付 君/贾丹彤)
(本文编辑 彭向峰)

消息

欢迎订阅 2016 年《中国脊柱脊髓杂志》

《中国脊柱脊髓杂志》是由国家卫生和计划生育委员会主管, 中国康复医学学会与中日友好医院主办, 目前国内唯一以脊柱脊髓为内容的国家级医学核心期刊。及时反映国内外脊柱脊髓领域的科研动态、发展方向、技术水平, 为临床医疗、康复及基础研究工作提供学术交流场所。读者对象为从事脊柱外科、骨科、神经科、康复科、肿瘤科、泌尿科、放射科、基础研究及生物医学工程等及相关学科的专业人员。

本刊为中国科技信息中心“中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)”, 中科院中国科学计量评价研究中心“中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊”, 入选北京大学“中文核心期刊要目总览”, 已分别入编 Chinainfo(中国信息)网络资源系统(万方数据)及以中国学术期刊光盘版为基础的中国期刊网(中国知网), 影响因子名列前茅。

2016 年本刊仍为月刊, 大 16 开, 正文 96 页, 每月 25 日出版。全册铜版纸彩色印刷。每册定价 20 元, 全年 240 元。全国各地邮局均可订阅, 邮发代号 82-457。国外读者订阅请与中国国际图书贸易总公司中文报刊科联系(100044, 北京市车公庄西路 35 号), 代号: BM6688。

本刊经理部可随时为国内外读者代办邮购(免邮寄费)。地址: 北京市朝阳区樱花园东街中日友好医院内, 邮编: 100029。经理部电话: (010)84205510。

编辑部电话: (010)64284923, 84205233; E-mail: cspine@263.net.cn; http: www.cspine.org.cn。

可为相关厂家、商家提供广告园地。广告经营许可证: 京朝工商广字 0148 号。