

运动诱发电位在脊髓中传导通路及应用价值^①

万 勇 李佛保 陈裕光 何爱珊 盛璞义

(中山医科大学附属第一医院骨科; 广州, 510080)

摘要 目的: 研究经颅磁刺激(transcranial magnetic stimulation, TMS)运动诱发电位(motor evoked potential, MEP)在脊髓中的传导通路。方法: 采用兔的脊髓部分切断伤模型进行 TMS-MEP 监测, 并与体感诱发电位相比较。结果: 脊髓前索损伤时 MEP 消失, 侧索损伤时 MEP 消失或潜伏期延长, 后索损伤时潜伏期轻度延长。结论: TMS-MEP 可准确的监测脊髓的前侧索损伤并可间接反映脊髓后索损伤, 是一种良好的监测脊髓损伤的工具。

主题词 诱发电位/生理学; 脊髓损伤; 电磁场/方法

中图分类号 R 651.2

THE EXPERIMENTAL STUDY OF CONDUCTION PATHWAY AND THE SIGNIFICANCE OF MEP IN SPINAL CORD

Wan Yong Li Fobao Chen Yuguang He Aishan Sheng Puyi

(Department of Orthopedic Surgery, First Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University of Medical Sciences, Guangzhou, 510080)

Abstract Objective: To study the conduction pathway of transcranial magnetic stimulation motor evoked potential (TMS-MEP) in spinal cord and its clinical significance by experimental method. **Methods:** TMS-MEP was used in experimental study to monitor spinal cord function of partly cut spinal cord and to compare with sensory evoked potential(SEP). **Results:** TMS-MEPs was absent after the injury of anterior columns of spinal cord, absent or delayed after the injury of lateral columns of spinal cord. **Conclusions:** TMS-MEPs was conducted through anterior and lateral columns of spinal cord while SEP through posterior column of spinal cord. TMS-MEP was an effective method to monitor spinal cord injury.

Subject headings evoked potential/physiology; spinal cord injury; electromagnetic field/methods

经颅磁刺激运动诱发电位(transcranial magnetic stimulation motor evoked potential, TMS-MEP)具有无创, 检查时病人除有轻微的振动感之外无其他不适, 容易为病人接受, 无明显副作用的优点, 已在临床大量运用^[1], 但对其在脊髓损伤中的机制却研究很少, 本研究 MEP 在脊髓中的传导, 通过与体感诱发电位(sensory evoked potential SEP)对比, 对 MEP 在脊髓中的传导通路作一初步的探讨。

1 材料和方法

1.1 MEP和SEP测定

MEP测定用 Magstim 200 型磁刺激仪, 刺激线圈直径为 6 cm, 刺激头顶运动皮质区。记录电极置于后肢的股四头肌中, 正负电极相距 1 cm, 参考电极用针电极置于颈部。测记仪器为 Madsen ERA-2 250 诱发电位仪, 记录单次磁

刺激所诱发的 MEP, 测定其起始潜伏期(onset latency, OL)及峰间波幅(interpeak amplitude, IPA)。SEP 测定用矩形电刺激, 脉冲波宽 0.1~0.2 ms 电流强度为 1~3 mA, 最大可增至 6 mA。刺激电极间距 2 cm, 刺激坐骨神经或胫后神经。记录仪器同 MEP 记录仪。参照国际 10~20 系统电极配位法^[2], 记录点取 CZ' 点, 参考电极取 FPZ 点。滤波道频宽 30~1 500 Hz 自动增益 94~136 dB, 叠加次数 100~200 次。记录测定 SEP 的 OL 和 IPA。

1.2 实验步骤

成年健康新西兰大白兔 15 只, 雌雄不限。体重 2.0~3.5 kg, 平均 2.6 kg, 中山医科大学实验动物中心提供。随机分为 3 组, 每组 5 只, 分别行脊髓腹侧、背侧及外侧部分切断。1.5% 的戊巴比妥钠耳缘静脉注射麻醉, 剂量 30~40 mg/kg。麻醉后 30 min 测 MEP 和 SEP。无菌操作切开第 10、11 胸椎椎板、硬膜, 暴露脊髓。切开硬膜后记录

MEP 和 SEP, 如与手术前相似, 可进行下一步操作, 如术后 MEP 和 SEP 明显改变, 则暂停实验, 待恢复后才进行下一步实验。按分组将兔脊髓部分切断, 切断后 30 min, 待动物稳定后测定伤后 MEP 和 SEP。

1.3 统计分析

MEP 和 SEP 都测量 OL 和 P₁N₁ 波间的 IPA, 比较损伤前后诱发电位的变化。统计分析采用方差分析, 若有显著性, 再用两组间的配对 *t* 检验。资料中如出现诱发电位缺失时, 采用秩和检验, OL 正常范围下限为 $\bar{x} - 1.96s$, 上限 $\bar{x} + 2.58s$ 。

2 结果

表 1 外侧切断后 MEP 的变化

Table 1 The changes of MEP after lateral column cut ($\bar{x} \pm s$)

| | Before cut (60%) | | Cut (60%) | | Cut (80%) | |
|---------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|------------------|
| | OL (ms) | IPA (μ V) | OL (ms) | IPA (μ V) | OL (ms) | IPA (μ V) |
| Cut | 11.40 \pm 0.73 | 28.64 \pm 8.10 | ∞ | 0 ¹⁾ | 28.76 \pm 5.03 ²⁾ | 25.44 \pm 7.02 |
| Not cut | 11.36 \pm 0.61 | 30.77 \pm 7.56 | 12.0 \pm 0.88 | 26.4 \pm 7.5 | 11.60 \pm 0.58 | 23.84 \pm 8.64 |

1), 2) $P < 0.05$

表 2 外侧切断后 SEP 的变化

Table 2 The changes of SEP after lateral column cut ($\bar{x} \pm s$)

| | Before cut (3 mA) | | Cut (3 mA) | | Cut (3 mA) | |
|--------|-------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-------------------------------|
| | OL (ms) | IPA (μ V) | OL (ms) | IPA (μ V) | OL (ms) | IPA (μ V) |
| Cut | 10.30 \pm 0.51 | 1.84 \pm 0.57 | 10.68 \pm 0.48 | 1.2 \pm 0.26 | 10.48 \pm 0.58 | 1.5 \pm 0.38 |
| No cut | 10.25 \pm 0.56 | 1.88 \pm 0.43 | ∞ | 0 ¹⁾ | 14.16 \pm 2.31 | 0.58 \pm 0.13 ²⁾ |

1) $P < 0.01$; 2) $P < 0.05$

2.2 脊髓腹侧切断后 MEP 和 SEP 改变

伤后 MEP 完全消失, 刺激时未看见肌肉收缩, 增大刺

激量时也不能引出 MEP。此时 SEP 基本正常, 波幅和潜伏期均无明显变化(表 3)。

表 3 腹侧切断后 MEP 和 SEP 的变化

Table 3 The changes of MEP and SEP after front column cut ($\bar{x} \pm s$)

| | Before cut | | Cut | |
|-----------|------------------|------------------|------------------------|-----------------|
| | OL (ms) | IPA (μ V) | OL (ms) | IPA (μ V) |
| MEP Left | 10.60 \pm 0.55 | 30.40 \pm 6.35 | ∞ ¹⁾ | 0 ²⁾ |
| MEP Right | 10.78 \pm 0.67 | 28.35 \pm 7.28 | ∞ ³⁾ | 0 ⁴⁾ |
| SEP Left | 10.25 \pm 0.42 | 1.75 \pm 0.37 | 10.36 \pm 0.62 | 1.64 \pm 0.47 |
| SEP Right | 10.33 \pm 0.51 | 1.82 \pm 0.48 | 10.60 \pm 0.76 | 1.68 \pm 0.50 |

1), 2), 3), 4) $P < 0.05$

2.3 脊髓的背侧切断后 MEP 和 SEP 改变

MEP 的潜伏期有延长, 波幅改变不明显。而 SEP 完全消失, 增大刺激量也不能引出(表 4)。

2.4 病理结果

病理切片示脊髓腹侧切断时, 主要损伤脊髓的前索及脊髓的外侧索前半的小部分, 脊髓背侧切断时主要损伤脊

髓的后索及脊髓侧索的背侧小部分, 脊髓外侧切断时, 脊髓侧索的大部分被切断。

表 4 背侧切断后 MEP 和 SEP 的变化

Table 4 The changes of MEP and SEP after posterior column cut

| | | Before cut | | Cut | |
|-----|-------|------------------|------------------|--------------------------------|-----------------|
| | | OL(ms) | IPA(μ V) | OL(ms) | IPA(μ V) |
| MEP | Left | 10.56 \pm 0.64 | 27.32 \pm 6.47 | 14.92 \pm 1.5 ¹⁾ | 20.0 \pm 9.30 |
| | Right | 10.70 \pm 0.53 | 28.38 \pm 8.51 | 16.81 \pm 1.90 ²⁾ | 21.0 \pm 7.78 |
| SEP | Left | 10.33 \pm 0.46 | 1.91 \pm 0.49 | ∞ | 0 ³⁾ |
| | Right | 10.50 \pm 0.39 | 1.88 \pm 0.41 | ∞ | 0 ⁴⁾ |

1), 2), 3), 4) $P < 0.05$

3 讨论

以往对电刺激 MEP 的研究认为主要经锥体束传导, 可用于临床监测脊髓的运动传导系统的损伤^[3], 对 TMS-MEP 在脊髓中的传导通路, 很少见文献报道。本研究通过脊髓的部分切断伤模型的 TMS-MEP 测定, 对其传导通路进行初步的探讨。

脊髓背侧切断后, 磁刺激 MEP 潜伏期轻度延长, 但不消失; 而 SEP 明显减弱或消失, 说明 SEP 主要经后索传导, 而后索切断后 MEP 只有轻度的潜伏期延长, 说明 TMS-MEP 只能间接反映脊髓的后索损伤。

脊髓侧索切断后, 同侧的 MEP 和对侧 SEP 均消失, 增大刺激量后两者又都可再出现, 但表现又不尽相同。SEP 再出现以波幅减小为主, 伴潜伏期延长。MEP 主要表现为潜伏期延长为主, 波幅的改变不明显。运动和感觉诱发电位在增大刺激量后再出现的原因可能是由于脊髓内有小部分运动传导纤维在切断部位以下才交叉, 小部分感觉传导纤维在切断部位以上再交叉, 由于这部分纤维相对来说数量少, 诱发电位所需的阈值大, 故而记录不到, 当增大刺激量达到其阈值后, 才能记录到 SEP 和 MEP。

脊髓前方切断后, 磁刺激 MEP 完全消失, 增大刺激量也不能诱发出来, 而 SEP 对此损伤只是受到轻度的影响。这说明 SEP 只对后索的损伤敏感。MEP 的主要传导路径是侧索的皮质脊髓束, 但前索的损伤却使 MEP 引不出。Levy 等^[4]认为 MEP 的 I 波(indirect wave)是由位于脊髓前索的锥体外系向下传导的, 但对于脊髓前索损伤的后果并未作说明。Thompson 等^[5]认为 MEP 的缺失并不一定表示皮质脊髓束的运动通路的完全中断, 而可能是由于对大脑运动皮质的刺激不足以激活脊髓前角的运动神经元。从本实验的结果来看, 前索的完整对磁刺激 MEP 具有重要作用, 原因在于锥体外系是维持整个脊髓的觉醒状态的重要

部分^[6]。Kiers 等^[7]已经证实被刺激的个体所处的清醒和警觉状态不同时, 对运动诱发电位的潜伏期及波幅均有影响, 当脊髓的觉醒状态不能维持时, 由大脑皮质下传的冲动就不能激活脊髓的前角运动神经元, 因而使 MEP 不能引出。

MEP 的传导与脊髓的侧索和前索的完整有关, MEP 对脊髓后索的损伤不敏感。而 SEP 对脊髓的后索损伤敏感, 将 SEP 和 MEP 结合起来, 可以完整而敏感的监测整个脊髓功能状况。

参 考 文 献

- Haug B A, Kukowski B. Latency and duration of the muscle silent period following transcranial magnetic stimulation in multiple sclerosis, cerebral ischemia, and other upper motoneuron lesions. *Neurology*, 1994, 44(5): 936
- 潘福主编. 临床诱发电位学. 北京: 人民卫生出版社, 1987. 157~159
- 孙天胜, 胥少汀. 实验性脊髓损伤的运动诱发电位检测价值. *中华外科杂志*, 1991, 29: 472
- Kraus K H, Guglielmo L D, Levy W J, et al. The use of a cap-shaped coil for transcranial magnetic stimulation of the motor cortex. *J Clin Neurophysiol*, 1993, 10(30): 353
- Thompson P D, Day B L, Rothwell J C. The interpretation of electromyographic responses to electrical stimulation of the motor cortex in diseases of the upper motor neurone. *J Neurol Sci*, 1987, 80: 91
- 张培林主编. 神经解剖学. 北京: 人民卫生出版社, 1987. 202~207
- Kiers L, Cros D, Chiappa K H, et al. Variability of motor potential evoked by transcranial magnetic stimulation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 1993, 89(6): 415

(1997-12-09 收稿 1998-05-19 修回)