

# 功能磁刺激在临床医学中的应用

孔瑛 张长杰\*

[关键词] 功能磁刺激;脊髓损伤;综述

中图分类号:R454.1 文献标识码:A 文章编号:1006-9771(2003)07-0392-02

自从1945年Kolin等从青蛙的肌肉神经标本中证实,用磁片包裹坐骨神经会使其产生搏动,并可在肌肉处记录出收缩<sup>[1]</sup>以来,各国学者们就磁刺激(magnetic stimulation, MS)对神经肌肉和脑电活动进行了大量的研究。Barker等对大脑皮层神经中枢进行了有效的刺激<sup>[2,3]</sup>,Amassian等<sup>[4]</sup>,Cohen等<sup>[5]</sup>分别用实验证明,不同方向放置的磁刺激线圈作用于大脑皮层引起不同手指活动。近几年来,人们认识到MS作为一种兴奋神经系统和肌肉组织的无创治疗方法具有极大的临床应用价值。用于预防肌肉萎缩,促进神经系统及身体各器官生理功能恢复的MS被称为功能磁刺激(functional magnetic stimulation, FMS)。

## 1 磁刺激的基本原理

法拉第电磁场感应原理显示,一个随时间变化的磁场可以感应出电场,而与该空间的电导率无关。MS是根据这一原理设计的。当磁场改变时,能够产生一种感应电场,而这种电场反过来阻碍磁场的变化,其产生的涡旋电流能刺激神经或肌肉。因此,从某种意义上讲,磁刺激和电刺激的原理是一样的,当感应电流值超过组织的兴奋阈值时,组织就会兴奋,达到象电刺激一样的效果。MS应用范围广,可以刺激肌肉、心肌等可兴奋组织,还可用来刺激大脑、脊髓和外周神经,以治疗各种神经原性疾病。

## 2 FMS在临床上的应用

### 2.1 对肺功能的影响

Harwinder等在12名健康人的胸腰段进行FMS发现,他们的最大呼气压力(max-

imal expiratory pressure, MEP)和补呼气量(expiratory reserve volume, ERV)分别有所增加,证明在下胸腰段(T<sub>8</sub>-L<sub>5</sub>)使用FMS能很好地促进肺的呼吸功能和咳嗽功能的恢复,尤以刺激T<sub>9</sub>水平效果最为明显<sup>[6]</sup>。Lin等对脊髓损伤(spinal cord injury, SCI)患者进行的类似实验也得出了相同结论,他认为下胸段脊神经的FMS可以使SCI患者的呼吸功能得到显著改善,在颈区使用FMS可使膈神经和上肋间神经受到刺激产生吸气功能,胸腰区FMS导致下肋间肌和腹肌启动,产生显著的呼气功能和咳嗽功能<sup>[7]</sup>。他们都认为FMS可以降低呼吸系统并发症的发生。

### 2.2 对直肠和膀胱功能的影响

膀胱和直肠的排空问题一直是影响SCI和其他神经系统疾病患者生活质量的一个重要因素。国外学者经过研究发现,FMS是一种无痛、易操作、有效的治疗方法。Lin等将“8”字形的磁线圈放在大鼠的腹侧颈区,通过磁刺激器进行刺激,结果发现有明显促进结肠排空作用,认为这是因为大鼠结肠由迷走神经支配,通过FMS刺激迷走神经,引起了结肠肌肉的更多生理活动<sup>[8]</sup>。Shafik等将磁刺激器放在双侧骨盆神经节切除术后的狗骶神经根处进行间断性磁刺激,结果发现膀胱内压、直肠内压均有增加,且膀胱和直肠排空在磁刺激后2—3 min内完成<sup>[9]</sup>。Lin等对狗、正常人和SCI患者进行类似实验,他发现将磁线圈放置在骶神经根处和耻骨上区都得到促进膀胱和直肠排空的结果,且以骶神经根处的效果较为明显<sup>[10,11]</sup>。此外患者反映还有肠道功能增强,人为排便需要减少及肠道蠕动频率增加等功效。Lin等认为这是因为对骶神经根处进行磁刺激可引起骶神经兴奋,从而使肌肉收缩引起排尿、排便。磁场具有不衰退、能穿透骨、头皮、脂肪等高阻力组织的特性,是一种很有发展潜力的促进膀胱和直肠排空的技术。

作者单位:410011 湖南长沙市,中南大学湘雅二医院康复科。作者简介:孔瑛(1978-),女,湖南长沙市人,在读硕士,主要研究方向:骨关节损伤康复。\*通讯作者:张长杰(1962-),男,湖南常德市人,博士,副教授,主要研究方向:骨关节损伤康复,磁场生物学效应。

**2.3 对脊髓神经组织损伤恢复的影响** MS 能兴奋深部的外周神经组织及大脑和脊髓神经,并可通过调节其频率、强度、刺激间歇及持续时间来影响中枢神经系统的兴奋性,因而对外周及中枢神经系统损伤疾病有潜在的治疗作用<sup>[12]</sup>。郭风劲等人用大鼠进行的研究表明,脊髓损伤早期磁刺激的干预能增加损伤脊髓组织的  $Mg^{2+}$  浓度,降低  $Ca^{2+}$  浓度,有助于改善离子失衡的状态<sup>[12]</sup>。在有 MS 作用的脊髓损伤大鼠的白质内可见大量均匀的神纤维着色点,提示神经生长良好<sup>[13]</sup>。

**2.4 促进纤维蛋白的溶解** Vernon 等对 20 名健康人进行分组实验,让受试者处于俯卧位,将水冷式蝶形磁圈置于腰窝区,发现实施 FMS 的受试者比没有实施者的全血凝块溶解时间显著下降<sup>[14]</sup>。他们认为这可能是 FMS 引起腿部大群肌肉同时发生收缩所致,并认为 FMS 可作为预防深静脉血栓形成的一种好方法,用于不能随意锻炼,手术后静脉血栓形成危险性较高的患者,其优点是能穿透骨、脂肪组织、衣物、石膏绷带管型,可用于骨折、石膏绷带固定、感染、溃疡等其他物理疗法不能治疗的患者。

**2.5 促胃排空** Lin 等人研究发现,将磁线圈放置在  $T_9$  处,以强度为 60%,频率 20 Hz,刺激时间 2s 实施 FMS,可以使半胃排空时间(gastric empty half-time)缩短,尤以 SCI 患者的效果最为明显<sup>[15]</sup>。Lin 等刺激大鼠的胸腰段,同样也发现 FMS 可以促进胃排空和缩短肠胃输出液体的时间<sup>[16]</sup>。

**2.6 镇痛作用** Lin 等人用高强度的 FMS 刺激 Sprague-Dawley 鼠腰骶部的疼痛部位 5 min 可以有长达 30—40 min 的镇痛作用,总有效率为 80%—90%<sup>[17]</sup>。

FMS 是一种无创伤、相对无痛、易于使用的技术,临床上已被证明能有效缩短神经原性肠道的结肠排空时间;改善 SCI 患者呼吸功能,增强咳嗽能力;能提高神经原性膀胱的膀胱压,助于排尿;FMS 还有促进胃排空、镇痛,以及促纤维蛋白溶解的作用,是一种很有潜力的治疗技术。

#### [参考文献]

[1] Kolin A, Bril NO, Broberg PJ. Stimulation of irritable tissues by means of alternating magnetic field[J]. Pro Soc Exp Biol, 1953, 102(1): 251—253.  
[2] Barker AT, Jalinous R, Freeston IL. Non-invasive stimulation of the human motor cortex[J]. Lancet, 1985, 1: 1106—1107.

[3] Barker AT, Freeston IL, Jalinous R, et al. Magnetic stimulation of the human brain[J]. J Physiol, 1985, 369: 3.  
[4] Amassian V, Cadwell J, Roth J, et al. Focal central and peripheral nerve stimulation in man with the magnetic coil[J]. J Physiol, 1987, 390: 24.  
[5] Cohn LG, Bradley J, Roth JN, et al. Effects of coil design on delivery of focal magnetic stimulation: technical considerations[J]. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 1990, 75: 350—357.  
[6] Harwinder S, Matthew M, Tamara B, et al. Expiratory muscle activation by functional magnetic stimulation of thoracic and lumbar spinal nerves[J]. Crit Care Med, 1999, 2201—2205.  
[7] Lin VW, Hsiao IN, Zhu E, et al. Functional magnetic stimulation for conditioning of expiratory muscles in patients with spinal cord injury[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2001, 82(2): 162—166.  
[8] Lin VW, Hsiao IN, Zhu E, et al. Functional magnetic stimulation facilitates colonic transit in rats[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2001, 82(7): 969—972.  
[9] Shafik A. Magnetic Stimulation: A novel method for inducing vacuation of the neuropathic rectum and urinary bladder in a canine model[J]. Urology, 1999, 54: 368—372.  
[10] Lin VW, Wolf EV, Frost FS. Micturition by functional magnetic stimulation[J]. J Spinal Cord Med, 1997, 20(2): 218—226.  
[11] Lin VW, Hsiao I, Perkash I. Micturition by functional magnetic stimulation in dog: a preliminary report[J]. Neurourol Urodyn, 1997, 16(4): 305—313; discussion 313—314.  
[12] 郭风劲, 李新志, 许涛, 等. 磁刺激对脊神经组织损伤的早期保护作用[J]. 中国康复, 2001, 16(1): 4—6.  
[13] 李新志, 郭风劲, 陈安民等. 磁刺激对脊髓损伤后神经再生的影响[J]. 中国康复, 2001, 16(3): 129—131.  
[14] Lin VW, Perkash A. Functional magnetic stimulation: a new modality for enhancing systemic fibrinolysis[J]. Arch Phys Med Rehabil, 1999, 80(5): 545—550.  
[15] Lin VW, Kim KH, Hsiao I, et al. Functional magnetic stimulation facilitates gastric emptying[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2002, 83(6): 806—810.  
[16] Lin VW, Hsiao I, Xu H. Functional magnetic stimulation facilitates gastrointestinal transit of liquid in rats[J]. Muscle Nerve, 2000, 23: 919.  
[17] Lin VW, Hsiao I, Kingery WS. High intensity magnetic stimulation over the lumbosacral spine evokes antinociception in rats[J]. Clin Neurophys, 2002, 113(7): 1006—1012.