

## 经颅磁刺激在神经系统疾病中的应用

刘翱翔, 瞿勇强, 张 桓, 于建云, 赵 兆, 李玉华  
(昆明医科大学法医学院, 云南昆明 650031)

**[摘要]** 经颅磁刺激 (transcranial magnetic stimulation, TMS) 是 20 世纪 80 年代中期发展起来的一项非侵入性、无痛性神经系统检测和治疗技术, 广泛应用于神经科学的基础和临床研究. 近年来, 经颅磁刺激在脑梗死、癫痫、帕金森病等神经系统疾病方面的研究有了很大的进展, 就经颅磁刺激的基本原理及其在神经系统疾病的临床治疗及基础研究应用进行综述.

**[关键词]** 经颅磁刺激; 神经系统疾病; 治疗

**[中图分类号]** R338 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003 - 4706 (2012) 05 - 0154 - 05

## Application of Transcranial Magnetic Stimulation in Nervous System Disease

LIU Ao - xiang, QU Yong - qiang, ZHANG Huan, YU Jian - yun, ZHAO Zhao, LI Yu - hua  
(Forensic Medicine Colloge, Kunming Medical University, Kunming Yunnan 650031, China)

**[Abstract]** Transcranial magnetic stimulation (TMS) is a non-invasive and painless technology developed in the 1980s for diagnosis and treatment of nervous system diseases. Now, TMS has been widely used in basic and clinical researches of nervous system diseases. In recent years, TMS has made great progress in the study of stroke, epilepsy, Parkinson's disease and other nervous system diseases. This paper introduced the basic principle and application of TMS in the treatments and basic researches of nervous system diseases.

**[Key words]** Transcranial magnetic stimulation; Nervous system disease; Therapy

1985 年 Barker 等<sup>[1]</sup>利用磁场刺激健康人的大脑皮层观察到手肌抽动并在附近肌肉上记录到运动皮质诱发电位 (motor evoked potential, MEP), 该方法后来被称为经颅磁刺激术 (transcranial magnetic stimulation, TMS). 如今, 作为一种非侵入性、无痛、无创的颅外刺激方法, TMS 已成为神经科学关注的前沿, 并广泛应用在神经科学的临床治疗、疾病诊治、基础研究等方面.

### 1 TMS 简介

TMS 是借磁刺激器来实现它的神经刺激功能. 磁刺激器的基本结构包括储能电容、固定开关

和线圈. 线圈主要分为环形和 8 字形, 其中 8 字形线圈因聚焦性好更适合进行脑神经刺激. 开启开关, 电容对线圈放电, 使线圈产生高频电流脉冲, 而线圈电流会产生一个时变磁场. 根据麦克斯韦方程中的法拉第电磁感应定律, 时变磁场可感生出电场, 其产生的电流密度与受刺激部位的导电率成正比. 在人体组织中, 神经组织的导电率很大, 肌肉、骨骼的则很小. 因此在肌肉、骨骼中几乎不产生电流而神经组织中的电流密度很大. 故 TMS 治疗时产生的不适感很小, 这也是 TMS 优于电刺激的方面.

TMS 主要有单脉冲 (sTMS)、双脉冲 (pTMS) 和重复经颅磁刺激 (rTMS) 3 种刺激模式, 不同的

**[基金项目]** 国家自然科学基金资助项目 (30560041); 云南省自然科学基金资助项目 (2008CD052)

**[作者简介]** 刘翱翔 (1985~), 男, 山西临汾市人, 在读硕士研究生, 主要从事法医病理及脑损伤实验研究工作.

**[通讯作者]** 于建云. E-mail: [jianyunyu@sina.com](mailto:jianyunyu@sina.com)

刺激模式会产生不同的效应。sTMS 由手动控制无节律脉冲输出, 也可激发多个刺激, 但刺激间隔较长 (例如 10 s), 多用于常规电生理检查, 获取 MEP 以及运动皮质阈值 (motor threshold, MT) 和皮质静息期 (cortical silent period, CSP), 进而反映整个皮质脊髓系统的兴奋性; pTMS 以极短的间隔在同一个刺激部位连续给予 2 个不同强度的刺激, 或者在 2 个不同的部位应用 2 个刺激仪, 多用于研究神经的易化和抑制作用, 以获得皮质兴奋抑制恢复曲线; rTMS 在同一个刺激部位给出慢节律低频或快节奏高频 rTMS, 且在神经元不应期也进行刺激, 兴奋更多水平走向的联接神经元, 产生兴奋性突触后电位总和使皮层之间的兴奋抑制联系失去平衡, 从而改变大脑皮层的兴奋度<sup>[2-3]</sup>。一般来说, 低频 TMS 是频率  $\leq 1$  Hz 的磁刺激, 可以抑制大脑皮质兴奋性, 而高频 TMS 则是指频率  $\geq 5$  Hz 的磁刺激, 用以增加大脑皮质的兴奋性<sup>[4]</sup>。

## 2 TMS 在脑梗死方面的应用

脑梗死又称缺血性脑卒中, 是指局部脑组织因血液循环障碍、缺血、缺氧而发生的软化坏死, 是脑血管疾病中的常见病, 致残率高且极易复发。如何寻找一种治疗方法促进脑梗死后患者运动功能的康复, 已成为人们越来越关注的问题。杨雅琴等<sup>[5]</sup>对 30 例发病后  $(7.7 \pm 4.8)$  d 的脑梗死患者进行 TMS 治疗, 磁感应强度为  $(14 \pm 4)$  mT, 频率为 50 Hz, 每天刺激 20 min, 持续 20 d。治疗完成后发现 TMS 有助于提高急性脑梗死患者的运动功能, 提高日常生活能力, 改善神经功能缺损。金鑫等<sup>[6]</sup>对 163 例脑梗死患者给予磁场强度最大为 1.4 T 的单一刺激每天分别于头、颈部各刺激 2~3 次连续治疗 14 d 后发现 TMS 对脑梗死后的运动功能康复是有效果的, 且尽早进行 TMS 治疗有益于患者的康复。Kim 等<sup>[4]</sup>给予 15 例脑梗死后偏瘫患者频率为 10 Hz 的 TMS 进行治疗, 治疗后发现患者偏瘫一侧手部运动的准确性和速度显著改善。Khedr 等<sup>[7]</sup>对 24 名急性脑梗死患者分别给予频率为 1 Hz 和 3 Hz 连续 5 d TMS 治疗, 发现两者均对脑梗死患者的康复起到积极作用, 且 1 Hz 组在 3 个月时的康复效果更好。上述临床研究表明, TMS 是一项可以用来治疗脑梗死后失语症的安全、有效的辅助手段<sup>[8,9]</sup>。

TMS 对脑梗死患者的康复治疗作用机制尚不明确。Speer 等<sup>[10]</sup>对 10 名药物治疗抑郁症患者应用频率分别为 1 Hz 和 20 Hz 的 rTMS 连续治疗 10 d,

发现 10 例 20 Hz 治疗组的双侧额叶、扣带回、左杏仁核、双侧岛叶、基底节、钩回、海马、副海马、丘脑和小脑出现局部脑血流持续增高。与之相反, 1 Hz 治疗组患者右额叶皮层、左内侧颞叶皮层、左基底节、左侧杏仁核局部脑血流明显减少, 结论是 rTMS 的治疗效果与其频率密切相关。张彩元等<sup>[11]</sup>对脑梗死后大鼠进行 TMS 刺激组强度为 75% 最大输出功率, 频率 1 Hz, 每只大鼠于再灌注后 1 h 立即给予 200 脉冲, TMS 分 2 次完成, 每次给予 100 脉冲, 间隔 1 h。其后 7 d 内在相对固定的时段中每日给予 200 次脉冲 TMS 间隔 1 h。治疗后发现 TMS 可以减轻大鼠脑梗死灶的水肿。黄晓琳等<sup>[12]</sup>对脑梗死后大鼠进行频率为 0.5 Hz, 脉冲磁场强度峰值为 2 T 取最大输出强度的 70% 连续刺激 20 次为 1 组, 每天 2 组, 持续 6 d 的 TMS 治疗。发现大鼠 VEGF164 mRNA 和 CD31 表达增强, 并认为 TMS 可能促使了局部存活细胞合成 VEGF (缺血后脑组织血管内皮生长因子) 从而促进内皮细胞增殖、迁移, 加速新血管的生成, 恢复受损脑组织血流供应, 改善低氧和低糖状态最终达到保护脑组织促进神经功能康复的目的。目前的研究表明 TMS 有可能通过改善脑血流及调节脑内神经因子的表达而对脑梗死的康复产生积极的影响<sup>[13]</sup>。

总而言之, TMS 通过对大脑皮层不同频率的刺激改善局部脑血流, 调节脑内神经因子的表达从而达到保护脑组织、促进神经功能康复的目的, 为脑梗死的临床康复治疗提供了新的借鉴手段。但是其对脑血流影响及调节脑内神经因子表达的确切机制及安全性等诸多问题还需进一步深入研究和讨论。

## 3 TMS 在癫痫方面的应用

癫痫是大脑神经元突发性异常放电导致短暂的大脑功能障碍的一种慢性疾病。目前临床上的抗癫痫药物并不能完全控制癫痫发作, 特别是难治性癫痫。同时药物有较多的不良反应, 手术治疗也只适合一小部分病人。而 TMS 可以调节大脑皮质的兴奋性, 频率  $\geq 5$  Hz 的高频 TMS 可以增加大脑皮质的兴奋性, 频率  $\leq 1$  Hz 的低频 TMS 则可以抑制大脑皮质兴奋从而抑制癫痫的发生<sup>[14]</sup>。Menkes 等<sup>[15]</sup>对皮层发育不良的难治性部分癫痫患者予以频率为 0.5 Hz 的低频磁刺激每 2 周刺激 1 次, 连续刺激 4 个星期。发现患者治疗后当月的癫痫发作频率明显减少且治疗过程中没有癫痫发作。Fregni F 等<sup>[16]</sup>对 8 例伴皮层发育畸形的难治性癫痫患者, 给予频率

为 0.5 Hz 低频 TMS 治疗后发现癫痫的发作明显减少, 故认为 TMS 有明显的抗癫痫作用. 研究还发现 TMS 对癫痫所致的脑损伤有修复作用. 宋毅军等<sup>[17]</sup>对氯化锂-匹罗卡品所致的慢性期颞叶癫痫大鼠动物模型, 给予频率为 0.5 Hz, 磁场强度 0.4 T, 磁刺激时程 0.2 ms, 20 次/d、连续 1 周的 TMS 治疗发现, 与未治疗对照组癫痫大鼠比较, 经 TMS 治疗后的癫痫大鼠, 海马超微结构明显改善, 包括脑组织水肿减轻、凋亡细胞减少等, 提示 TMS 对癫痫所致的脑部损伤有神经保护作用.

TMS 作为检测大脑皮质兴奋性的辅助手段, 可以用来阐明抗癫痫药物的作用机制. 有研究表明使用 TMS 评价钠离子通道阻滞剂治疗癫痫的结果, 发现卡马西平、苯妥英钠、拉莫三嗪均可以通过改变离子通道的电导率来提高运动皮质阈值, 从而产生抑制皮质兴奋性作用, 减少癫痫的发作. 通过 TMS 获取的运动皮质诱发电位 (MEP), 可作为抗癫痫药物效果的敏感指标, 有研究发现抗癫痫药物可以使患者的 MEP 强度曲线下降. TMS 参数还可以帮助我们研究抗癫痫药物的血药浓度以及其他一些未知的作用机制, 乃至于抗癫痫药物的开发<sup>[18,19]</sup>.

另外, TMS 还应用在癫痫外科手术前的大脑运动皮质定位等与癫痫治疗相关的领域. 且 TMS 有非侵入性, 无痛、无创等特点, 在临床应用中所产生的副作用与其他研究方法比较也是相对安全的, 相信随着生物医学技术的发展, TMS 将在癫痫的防治方面做出更大的贡献<sup>[20]</sup>.

#### 4 TMS 在帕金森病方面的应用

帕金森氏病是一慢性疾病, 主要表现为静止性震颤、肌肉僵直、运动迟缓等. 1994 年, Pascual 等首次报道应用 TMS 对帕金森病患者进行治疗, 发现经 TMS 治疗后可明显改善患者的手部功能. Koch 等<sup>[21]</sup>对帕金森病患者进行透过右背外侧前额叶皮质、频率 5 Hz 的 TMS 治疗后发现, 患者的时间感觉有明显改善. Khedr 等<sup>[22]</sup>对 36 名未进行药物治疗的帕金森病患者给予频率为 5 Hz 的阈上 TMS 刺激, 每天 2 000 个脉冲, 连续刺激 10 d 后发现, 患者的联合分级评分、步行速度、自我感觉评分在治疗期间随刺激时间延长有明显改善. 并认为 TMS 对帕金森患者有治疗作用. 目前的临床研究也表明, TMS 对帕金森病的症状有一定的缓解作用<sup>[23,24]</sup>. 孙秀巧等<sup>[25]</sup>对帕金森病大鼠给予频率为 0.5 Hz, 刺激强度为阈上 30%, 每天 20 个刺激, 连续刺激 2 周的 TMS 治疗后发现, 帕金森病大鼠的

行为学异常有明显改善. 同样也证实了 TMS 对帕金森疾病的治疗作用. 董巧云等<sup>[26]</sup>对接受 TMS 频率 1 Hz, 强度为 1 T, 每天给予 25 个脉冲刺激, 连续治疗 2 周后的帕金森病小鼠进行研究发现, TMS 可以提高帕金森病小鼠模型黑质区脑源性神经生长因子 (BDNF) 的表达, 表明 TMS 可能通过促进 BDNF 合成而有效减缓多巴胺能神经元的退行性变化, 从而发挥神经保护作用. 这可能是 TMS 治疗帕金森疾病的机制之一. Yang 等<sup>[27]</sup>对 6-羟基多巴胺诱导的帕金森病大鼠进行 TMS 治疗发现, TMS 可以减轻帕金森病大鼠因阿朴吗啡导致的旋转、减轻大鼠多巴胺能神经元的损伤, 并认为 TMS 对帕金森病大鼠有神经保护作用.

TMS 治疗帕金森疾病的机制可能与调节皮层的兴奋性、神经营养因子的分泌以及通过调节儿茶酚胺的代谢而发挥作用<sup>[25]</sup>. 且 TMS 不仅可以暂时缓解帕金森病患者的临床症状, 在 TMS 治疗完成后的相当一段时间内仍然可以起到保护作用<sup>[28]</sup>. TMS 在帕金森疾病治疗方面显示出极大潜力, 相信随着技术的发展成熟, TMS 一定能为帕金森疾病的防治作出更大贡献.

#### 5 其他

肌张力异常, 研究表明利用低频率 TMS 可以对肌张力异常中表现出的高兴奋性产生抑制. 有学者对书写痉挛的患者给予频率为 1 Hz 的低强度 TMS 治疗, 发现 20 min 后部分患者的皮层兴奋性降低, 书写压力减轻<sup>[29]</sup>.

神经性疼痛, 使用高频阈下 TMS 对运动皮质区进行刺激, 可对慢性疼痛产生一过性的镇痛效应. 另外, 使用单次脉冲或者重复刺激还可以调节急性疼痛. TMS 技术检测发现, 自发性和刺激性疼痛都会导致运动区皮质细胞兴奋性的改变, 提示运动皮质与疼痛有一定的相关性<sup>[30]</sup>.

Belci 等<sup>[31]</sup>对 4 例稳定期的脊髓不完全损伤患者, 给予间隔 10 s 两个频率为 10 Hz 和 0.1 Hz 的, 90% 阈强度的双脉冲 TMS 刺激运动皮质区, 每天 1 次 (共 360 个双脉冲), 连续 5 d, 治疗后患者的运动诱发电位潜伏期、肌电图、脊髓损伤神经功能标准 (ASIA) 运动评分等均有改善, 结论是 TMS 可能通过改善大脑运动皮质兴奋性而促进神经功能恢复. 张新等<sup>[32]</sup>对 T<sub>10</sub> 脊髓损伤大鼠给予经皮 0.5 Hz 的阈上强度 TMS (最大磁场强度 2 T, 实验中磁场输出强度为 70%) 刺激大脑皮质区, 每天 500 个脉冲, 连续刺激 4 周. 结果, 经治疗的脊髓损伤

大鼠 BBB 评分 (大鼠脊髓损伤评分标准) 明显改善, 且生长相关蛋白 43 和 5-羟色胺升高. 提示 TMS 有促进脊髓损伤大鼠运动功能恢复的作用. 但是 TMS 应用在颅脑外伤诸如脑震荡、脑损伤等方面的研究则尚未见有报道.

## 6 TMS 的安全性

TMS 的安全性一直是学者们关注的问题, 虽有报道 TMS 治疗后有头痛、失眠、诱发癫痫等副作用, 但有学者研究数千例经 TMS 治疗病例, 结果只有 6 例出现一过性癫痫发作, 故认为 TMS 是一种安全的技术<sup>[33]</sup>. 王晓明等<sup>[34]</sup>对大鼠分别进行 5 Hz 和 20 Hz 相同刺激强度的 TMS 刺激, 并对 TMS 大鼠的行为、组织病理形态学等进行观察, 发现在刺激过程中未出现异常活动, 无肢体强直、阵挛等, 脑组织形态学改变不明显. 结论是在一定强度和频率内重复经颅磁刺激是比较安全的. 无论是临床试验还是动物实验都证实 TMS 是相对安全的、无创的技术手段. 美国国立卫生研究院于 1998 年发布的 TMS 操作指南认为 TMS 对癫痫患者为相对禁忌证, 但只要在操作中严格控制刺激参数、规范操作也是安全的<sup>[30]</sup>. 因此, 笔者认为只要掌握好适应症, 选择合理的刺激频率、刺激强度及刺激时间, TMS 是一种安全的治疗手段.

综上所述, TMS 作为一种非侵入性、无痛、无创且相对安全的治疗方法, 为神经系统疾病的治疗及研究提供了一种新的技术手段. 而且, TMS 在脑梗死、癫痫、帕金森病等神经系统疾病的临床治疗和实验研究方面已经显示出了很大的应用潜力. 相信随着医学技术的发展, TMS 技术也会逐渐完善, 最终成为我们治疗和研究神经系统疾病的一大助力.

### [参考文献]

- [1] BARKER A T, JALIOUS R, FRESTON L. Noninvasive magnetic stimulation of human motor cortex [J]. *Lancet*, 1985, 1 (8 437): 1 106 - 1 107.
- [2] 吕浩, 唐劲天. 经颅磁刺激技术的研究和进展[J]. *中国医疗器械信息*, 2006, 12 (5): 28 - 32.
- [3] 张军强, 柯莎, 王晓明. 经颅磁刺激技术在癫痫研究中的应用[J]. *实用医院临床杂志*, 2009, 6(3): 34 - 37.
- [4] KIM Y H, YOU S H, KO M H, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation-induced corticomotor excitability and associated motor skill acquisition in chronic stroke [J]. *Stroke*, 2006, 37(11): 1 471 - 1 476.
- [5] 杨雅琴, 刑德利, 赵性泉, 等. 经颅磁刺激对急性脑梗死患者运动功能的影响 [J]. *中国康复理论与实践*, 2005, 11(7): 516 - 517.
- [6] 金鑫, 吴小未, 王俊芳, 等. 经颅磁刺激在脑梗死患者运动功能康复中的效果[J]. *中华医学杂志*, 2002, 82 (8): 534 - 537.
- [7] KHEDR E M, ABDEL-FADEIL M R, FARGHALI A, et al. Role of 1 and 3 Hz repetitive transcranial magnetic stimulation on motor function recovery after acute ischaemic stroke [J]. *Eur J Neurol*, 2009, 16 (12): 1 323 - 1 330.
- [8] KAKUDA W, ABO M, MOMSAKI R, et al. Therapeutic application of 6-Hz-primed low-frequency rTMS combined with intensive speech therapy for post-stroke aphasia [J]. *Japan Brain Inj*, 2009, 16 (12): 1 323 - 1 330.
- [9] WEIDUSCHAT N, THIEL A, RUBI-FESSEN I, et al. Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation in aphasic stroke: a randomized controlled pilot study [J]. *Stroke*, 2011, 42 (2): 409 - 415.
- [10] SPEER A M, KHNBREIT T A, WASSEHANN E M, et al. Opposite effects of high and low frequency rTMS on regional brain activity in depressed patients [J]. *Biol Psychiatry*, 2000, 48 (12): 1 133 - 1 141.
- [11] 张彩元, 沈钧康. 磁共振弥散加权成像评价局灶性脑缺血大鼠经颅磁刺激后的疗效[J]. *中国医学影像技术*, 2009, 25(4): 567 - 570.
- [12] 黄晓琳, 韩肖华. 电针结合经颅磁刺激对脑缺血大鼠 VEGF164 mRNA 和 CD31 表达的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2001, 1(28): 10 - 13.
- [13] 陈静, 钟士江. 经颅磁刺激技术在缺血性脑卒中运动康复中的应用进展 [J]. *武警医学院学报*, 2010, 19 (6): 503 - 505.
- [14] 曹静, 丁成云, 樊永平. 经颅磁刺激在癫痫研究中的应用[J]. *中国临床康复*, 2005, 9(45): 119 - 121.
- [15] MENKESDL, GRUENTHALM. Slow-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation in a patient with focal cortical dysplasia [J]. *Epilepsia*, 2000, 41 (2): 240 - 242.
- [16] FREGNI F, THOME-SOUZA S, BERMPOHL F, et al. Antiepileptic effects of repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with cortical malformations: an EEG and clinical study [J]. *Stereotactic and functional neurosurgery*, 2005, 83 (223): 57 - 62.
- [17] 宋毅军, 田小冰, 田心. 低频经颅磁刺激对颞叶癫痫海马超微结构的影响[J]. *天津医药*, 2010, 38(11): 977 - 979.
- [18] 张军强, 柯莎, 王晓明. 经颅磁刺激技术在癫痫研究中的应用[J]. *实用医院临床杂志*, 2009, 6(3): 34 - 37.
- [19] SOHN Y H, KAE LIN-LANG A, JUNG H Y, et al. Effect of levetiracetam on human corticospinal excitability [J]. *Neurology*, 2001, 57 (5): 858 - 863.

- [20] BAE E H, SCHRADER L M, MACHII K, et al. Safety and tolerability of repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with epilepsy: a review of the literature [J]. *Epilepsy Behav*, 2007, 10 (4): 521 - 528.
- [21] KOCH G, OLIVERI M, BRUSA L, et al. High-frequency rTMS improves time perception in parkinson disease [J]. *Neurology*, 2004, 63(12): 2 405 - 2 406.
- [22] KHEDR E M, FARWEEZ H M, ISLAM H. Therapeutic effect of repetitive transcranial magnetic stimulation on motor function in Parkinson's disease patients [J]. *Eur J Neurol*, 2003, 10: 567 - 572.
- [23] FURUKAWA T, IZUMI S, TOYOKURA M, et al. Effects of low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation in Parkinson's disease [J]. *Tokai J Exp Clin Med*, 2009, 34(3): 63 - 71.
- [24] ARIAS P, VIVAS J, GRIEVE K L, et al. Double-blind, r-randomized, placebo controlled trial on the effect of 10 days low-frequency rTMS over the vertex on sleep in Parkinson's disease [J]. *Sleep Med*, 2010, 11(8): 759 - 765.
- [25] 孙秀巧, 王彦永, 王铭维, 等. 低频重复经颅磁刺激对帕金森病大鼠行为学的影响 [J]. *疑难病杂志*, 2009, 8 (3): 141 - 143.
- [26] 董巧云, 顾平, 王全懂, 等. 经颅磁刺激对帕金森病小鼠黑质区多巴胺能神经元及脑源性神经营养因子表达的影响 [J]. *第二军医大学学报*, 2008, 29(3): 245 - 249.
- [27] YANG X, SONG L, LIU Z. The effect of repetitive transcranial magnetic stimulation on a model rat of Parkinson's disease [J]. *Neuroreport*, 2010, 21 (4): 268 - 272.
- [28] 张鸿, 戴永萍, 苏敏, 等. 重复经颅磁刺激治疗帕金森病的临床研究 [J]. *临床神经病学杂志*, 2005, 18(4): 266 - 269.
- [29] 王晓明, 谢建平. 重复经颅磁刺激技术及其临床应用进展 [J]. *国外医学·物理医学与康复学分册*, 2004, 24 (1): 43 - 45.
- [30] 张新, 李建军. 经颅磁刺激研究及应用进展 [J]. *中国康复理论与实践*, 2006, 12(10): 879 - 822.
- [31] BELCI M, CATLEY M, HUSAIN M, et al. Magnetic brain stimulation can improve clinical outcome in incomplete-spinal cord injured patients [J]. *Spinal Cord*, 2004, 42: 417 - 419.
- [32] 张新, 李建军, 霍小林, 等. 重复经颅磁刺激对脊髓运动功能恢复的影响及其机制的实验研究 [J]. *中国康复理论与实践*, 2008, 14(3): 228 - 230.
- [33] ROSA M A, ODEBRECHT M, RIGONATTI S P, et al. Transcranial magnetic stimulation: review of accidental seizures [J]. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, 2004, 26 (2): 131 - 134.
- [34] 王晓明, 龙存国, 吴碧华, 等. 反复经颅磁刺激安全性的实验研究 [J]. *中国临床康复*, 2003, 7(13): 1 896 - 1 897.

(2012-02-13 收稿)

## 版权声明

本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文, 作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意编辑部上述声明。

《昆明医科大学学报》编辑部