

- [11] Dickstein R, Peterka RJ, Horak FB. Effects of light fingertip touch on postural responses in subjects with diabetic neuropathy[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2003, 74(5): 620—626.
- [12] Jeka JJ, Schoner G, Dijkstra T, et al. Coupling of fingertip somatosensory information to head and body sway [J]. Exp Brain Res, 1997, 113: 475—483.
- [13] Barela JA, Jeka JJ, Clark JE. Postural control in children. Coupling to dynamic somatosensory information[J]. Exp Brain Res, 2003, 150(4): 434—442.
- [14] Mark W, Rogers, Daniel L, Wardman, Stephen R, et al. Passive tactile sensory input improves stability during standing[J]. Exp Brain Res, 2001, 136: 514—522.
- [15] Anne Kavounoudias, Régine Roll, Jean-Pierre Roll. Foot sole and ankle muscle inputs contribute jointly to human erect posture regulation[J]. Journal of Physiology, 2001, 532(3): 869—878.
- [16] Roll R, Kavounoudias A, Roll JP. Cutaneous afferents from human plantar sole contribute to body posture awareness[J]. Neuroreport, 2002, 13(15): 1957—1961.
- [17] Vijaya Krishnamoorthy, Harm Slijper, Mark L. Latash. Effects of different types of light touch on postural sway [J]. Exp Brain Res, 2002, 147: 71—79.
- [18] Andersson G, Hagnebo C, Yardley L. Stress and symptoms of Meniere's disease: a time series analysis[J]. Journal of Psychosomatic Research, 1997, 43: 595—603.
- [19] Lucy Yardley, Mark S. Redfern. Psychological factors influencing recovery from balance disorders [J]. Anxiety Disorders, 2001, 15(1—2): 107—119.
- [20] Redfern MS, Jennings JR. Postural sway and attention[C]. Proceedings of the North American Congress on biomechanics. Waterloo, Ontario, Canada, 1998.
- [21] James R. Lackner, Ely Rabin, Paul DiZio. Stabilization of posture by precision touch of the index finger with rigid and flexible filaments[J]. Exp Brain Res, 2001, 139: 454—464.

· 综述 ·

肌电诱发的神经肌肉电刺激在偏瘫康复治疗中的作用*

郑 萍¹

脑血管疾病是一种常见病、多发病。据报道,在美国每年有 70 万人新患脑血管疾病,其中 75% 存在上肢功能障碍^[1]。众所周知,脑血管病偏瘫的患者腕手不能背伸是比较常见的,丧失这一功能也是手功能恢复的首要障碍,通常训练腕手的背伸功能是训练手抓握功能的第一步。临床工作中,在传统的 PT、OT 训练方法的基础上不断有新的治疗方法产生。如应用神经肌肉电刺激疗法、生物反馈技术等,这些治疗方法在临床上均取得了明显的疗效。

1 神经肌肉电刺激

神经肌肉电刺激 (neuromuscular electrical stimulation, NMES) 是近年来在偏瘫康复治疗中应用较广泛的方法之一。1961 年 Lieberman 等^[2]首先应用表面电极刺激偏瘫患者下肢腓神经,引发患者的踝关节产生背伸、外翻的动作。在临床上,可直接利用神经肌肉电刺激,来刺激患肢体表或与之相对应的周围神经,通过刺激突触前膜对肌梭反射的抑制作用^[3],在早期可维持瘫痪肌肉的收缩能力,在痉挛期可降低偏瘫患者上肢的肌张力^[4],增强瘫痪肢体的肌肉力量^[5],改善患侧肩关节半脱位及肩关节疼痛,扩大肩关节活动范围^[6],提高患者的运动功能和日常生活动作能力^[7]。

在临床上已有许多文献报道。如 Chae J 等^[8]选用 46 例脑卒中患者随机分为两组,治疗组予腕伸肌和手指伸肌的神经肌肉电刺激治疗,对照组予同样部位的安慰性电刺激,1h/d,在治疗开始及 4 周、12 周分别用 FMA、FIM 对上肢运动功能和日常生活动作能力进行评测,试验表明 4 周及 12 周治疗组 FMA 评分有显著提高,而 FIM 评分无明显变化。以上数据表明:神经肌肉电刺激可以促进脑卒中患者上肢功能的恢

复,但是由于样本数量少,所以不能看到在日常生活动作能力方面有显著的提高。

2 生物反馈技术

生物反馈技术 (biofeedback techniques) 是指应用电子仪器,将人们正常情况下意识不到的身体生理活动和生理功能 (如肌电、肌张力、血压等) 变化,转变为可以被人感觉到的信号,如声音、图像等,再让患者根据这些可感觉到的信号学会在一定范围内通过意识调控内脏器官或机体的活动,纠正偏离正常范围机体功能的一种治疗方法^[9]。对于偏瘫患者的治疗来说,在早期,可以提高肌肉的兴奋性;在后期,可降低痉挛肢体的肌张力^[10],增强患肢肌力以及肌肉运动的灵活性^[11]、协调性,改善垂足、肩关节半脱位等症状,提高髋、膝关节的控制能力^[12]。目前在临床上以表面肌电生物反馈在脑卒中后偏瘫中的应用最为成熟^[13-14]。如 Piron L 等^[15]对 24 例发病在 3 个月以内的缺血性脑血管病患者进行了研究,将他们随机分为 2 组,治疗组与对照组各为 12 例。其中治疗组通过计算机应用虚拟环境训练方法训练患者的上肢功能。通过计算机系统,患者可以在屏幕上直接看到所要训练肌肉的肌电值,且能听到扬声器发出的声音信号,根据该值的变化,患者进行收缩、放松等动作的训练,以便使患者逐渐通过反馈信号控制瘫痪肌肉的功能。而对照组 12 例,针对患者上肢应用常规康复训练方法。经过 5—7 周,1 次/天,5 次/周的治疗,发现治

* 审校:纪树荣 (中国康复研究中心, 100068)

1 北京友谊医院物理康复科, 100050

作者简介:郑萍,女,硕士,主治医师

收稿日期:2005-11-24

疗组的 FMA 及 FIM 评分增加较对照组明显。说明应用生物反馈技术有利于脑卒中患者的上肢功能恢复。

3 肌电诱发的神经肌肉电刺激

随着科学技术的发展,将神经肌肉电刺激与肌电生物反馈技术结合,产生了一种新的治疗方法—肌电诱发的神经肌肉电刺激(electromyography-triggered neuromuscular stimulation)。

近年来的研究提示偏瘫患者患肢的肌肉除了收缩时控制能力减弱外,本身的肌力也减弱,特别是收缩速度减慢,它对肢体活动有重要的影响,患者肢体活动能力减弱是肌力减弱与肌肉随意控制力减弱综合作用的结果。同时,神经基础及临床的研究证实,患侧上肢的反复主动运动可促进该肢体的功能恢复^[16-17]。对亚急性脑卒中患者的临床研究也强调了反复主动运动对中枢性瘫痪的手功能的恢复是很重要的。有资料表明,即使是发病在 6 个月以上的患者,“被迫”进行主动活动仍可促进患肢的运动功能的恢复^[18-19]。这对在发病早期,只是强调运动模式的输入和功能代偿的训练,而不是患侧肢体的主动活动的传统康复训练方法提出了挑战。因此,近年来,在 PT 训练中开始强调早期对偏瘫患者患肢进行肌力训练,以争取能够提高肢体的活动能力^[20-21]。

目前,脑卒中后神经肌肉功能恢复的机制并不是很清楚^[2]。有许多不同的机制、学说。

残存功能恢复学说认为,任何自发的上肢功能恢复都发生在发病后 6 个月以内^[23-24]。发病早期在大脑坏损部位,仍有部分残存活动功能的神经细胞有神经冲动发放,但是该冲动不足以引起相应肌肉运动;发病 4—6 周后,由于患侧肢体不进行运动,没有相应的神经冲动传入大脑,导致具有残存功能的大脑细胞凋亡^[25]。因此,在偏瘫治疗中,早期应强调对患者进行反复主动肢体运动的训练,通过肢体训练,不断刺激感觉运动皮质、皮质下核团、小脑等处,唤醒有反应的运动细胞,避免发病早期仍有残存功能的大脑细胞凋亡。

脑的可塑性理论认为,脑卒中后中枢神经损伤,使神经功能在解剖上和生理功能上、代谢过程中都有很大的变化^[26]。一些实验证明,在实验条件的影响下,成年动物的大脑可出现可塑性,包括神经出芽和突触的活化。所谓“出芽”,就是指从一个神经细胞的胞体、树突及轴突长出树突或轴突芽。这些芽是向着某一空白区而生长的。哺乳动物的神经细胞也可能有出芽现象。目前认为,只要神经系统成熟,由于失支配作用而形成的组织空缺可引起明显的出芽反应。突触的活化,则是指潜在性突触在神经系统未受损前执行运动命令的过程中处于未被使用的潜伏状态,当神经系统受损时,这些潜在性突触经过反复的训练,阈值升高而成为活化的突触。有人在成年大鼠的丘脑中切除某个核团,数天至数月后见有神经支配区域的神经发芽进入到切除区域形成新的突触联系。对于脑血管病患者,这种有限程度的可塑性在临床上对功能恢复是有作用的。肌电诱发的神经肌肉电刺激疗法在治疗过程中可视的肌电信号及明确的肌肉关节活动都可激活中枢神经系统中的潜在性突触或帮助出芽形成新的突触,并且最终在激活的突触处建立新的感觉兴奋痕迹,从而促进患侧肢

体的功能恢复。但这种新生的树突或轴突芽若不经常使用,其功能很快消失,因此,在发病早期就应进行肢体的反复主动运动的训练,这是非常重要的。

本体感觉替代学说认为,卒中病灶累及了许多皮质和皮质下结构,导致本体感觉损害或丧失^[27]。这说明在整个感觉运动生物反馈过程中最关键的感觉传入被阻断了^[28]。当患者主动尝试背伸患侧的腕及手指时,由于患者的本体感觉系统受损,不能感觉到相应肌肉的微小活动,因此患者无法确认是否能够完成了这个动作。而在肌电诱发的神经肌肉电刺激的治疗过程中,治疗仪产生的电刺激帮助患者完成整个全关节的腕背伸运动,即将这个动作放大了,以便患者很明确的看到或感觉到,肌肉活动的可视信号特点和有关肌肉收缩的程度、速度等信息的神经冲动编码一一对应,在破坏了的运动调控系统中形成了一个外在的反馈环路,从而加强和恢复了内在环路随意运动模式中感觉与运动的相互作用。因而在一定程度上替代了本体感受器内在性反馈作用,完成了整个感觉运动生物反馈过程。因此,可以说这种治疗方法能够加强或重建本体感觉的生物反馈系统,使相关信号返回到了皮质躯体感觉中枢中,建立了新的感觉运动反馈系统^[28-29],从而代替原来受损的神经元产生的错误信息^[30]。并且,这种新的本体感觉信息的传入在感觉运动皮质可产生长时间的强化作用,并可在随后的皮质功能重建时调整感觉运动神经元的兴奋性^[31-32]。这就是感觉运动反馈理论。Carel 等^[33]在用 fMRI 研究反复本体感觉刺激对脑内感觉运动神经网络的影响时也发现,反复本体感觉刺激的被动运动可明显提高第一感觉运动区和补充运动区(supplementary motor area, SMA)的活动,并且 SMA 的活动还进行了重新分配。在动物实验中,Xerri 等^[34]人报告:对于切除本体感觉传入神经元的猴子来说,当它通过间接视听反馈训练而重新学会了手指的活动时,我们可以观察到在它已轻微受损的躯体感觉运动中中枢有了新的表现,这就是感觉运动信号的物质依据。有人认为这同大脑的可塑性有关^[35],但是研究者们仍在讨论这种脑卒中后的大脑皮质的可塑性同正常大脑学习运动技巧时的改变是否相同^[36]。

通过以上,我们可以看到,肌电诱发的神经肌肉电刺激疗法不同于一般的神经肌肉电刺激,它是将患者主动有意识的肌肉收缩产生的微弱肌电信号放大后再输出,刺激相应肌肉引起明显肌肉收缩运动,从而完成闭环刺激模式和反复主动运动训练。在治疗过程中,患者反复进行主动运动训练,一方面可以唤醒有残存功能的运动细胞,避免出现瘫痪肢体的肌力降低,另一方面,可激活中枢神经系统中的潜在性突触或帮助出芽形成新的突触,或者可促使其周围未受损的皮质神经元发生功能重建,从而促进患侧肢体的功能恢复。第三,肌电诱发的神经肌肉电刺激疗法通过可视的肌电信号及能感觉到的肌肉关节活动为之提供了相应部位的皮肤本体感觉反馈。通过加强感觉刺激建立正常感觉反馈,为完成肢体正常运动功能提供了有力保证。同时,脑血管病康复训练重视主动性和参与性。该治疗方法为患者提供患肢的肌电信号,通过不断训练,肌电信号不断增强,从而鼓励和促使患者增强训练的信心。

在临床上,1987 年,Field RW 等^[37]首先应用这种治疗方

法,他选用 69 例发病在 4 个月到 14 年不等的脑梗死出院患者,作用于腕/手或足踝部关节,4—5 次/周,每次 30—300 次,治疗前后测量患者的关节活动范围及进行步态分析,结果表明该治疗方法可促进患侧肢体的功能恢复。

Cauraugh 等^[38]选取了 11 例脑卒中 1 年以上的患者,随机分为治疗组(7 例),对照组(4 例),其中治疗组患者进行肌电诱发的神经肌肉电刺激治疗 12 次,每次治疗 30min,对照组进行主动背伸腕关节的练习。分别在治疗前后进行简易手功能检测(拾小木块)和肌肉持续收缩时间的测量,结果治疗组的疗效优于对照组。说明对于脑血管病后期的患者,肌电诱发的神经肌肉电刺激疗法比常规患肢功能练习的效果好。

Francisco 等^[39]观察了 9 例发病在 6 周以内的脑梗死患者,其中治疗组(4 例),在常规康复训练计划的基础上加用肌电诱发的神经肌肉电刺激;对照组(5 例),仅应用常规康复训练计划。Fugl-Meyer 评分(FMA),治疗前两组无明显差异,治疗后治疗组优于对照组,且差异有显著性;FIM(日常生活动作能力)评分值,二者无明显差异。说明对于急性期患者,该治疗方法效果明显。

George 等^[40]的试验对象是 22 例脑血管慢性期患者,随机分为 4 组,1 组进行肌电诱发的神经肌肉电刺激治疗,2 组进行低强度选择性电刺激结合肌肉主动收缩训练治疗,3 组为 PNF 疗法,4 组为对照组,无任何治疗。共进行 3 个月的治疗,分别于治疗前、后、疗后 3 个月、疗后 9 个月进行 FMA 评测,治疗前后 1 组评分提高 42%,2 组评分提高 25%,3 组评分提高 18%,而对照组无明显变化。并且这种区别可持续到 9 个月。这说明肌电诱发的神经肌肉电刺激疗法可促进慢性脑血管病患者的上肢功能恢复,并且可疗效可持续到 9 个月。

Cauraugh^[41]将 25 例脑血管意外患者随机分为:1 组(10 例),双侧肌电诱发的神经肌肉电刺激疗法;2 组(10 例),单侧肌电诱发的神经肌肉电刺激疗法;3 组(5 例),对照组。在两周之内,共完成 6h 的治疗。在治疗前后进行腕、手指的运动功能检测,结果说明进行双侧治疗的患者疗效最好。

Gabr 等^[42]让 4 例发病在 1 年以上的脑梗死患者出院后在家中自行肌电诱发的神经肌肉电刺激的治疗。其中 2 例先做 PT 训练程序,再做肌电诱发的神经肌肉电刺激疗法(35min/d,5 次/周,共 8 周);2 例先做肌电诱发的神经肌肉电刺激疗法(同上),再做 PT 训练程序。这 4 例患者的腕背伸角度在做完 PT 训练程序后无明显变化,而在做完肌电诱发的神经肌肉电刺激疗法后有明显的变化。结论:肌电诱发的神经肌肉电刺激疗法可以在家中由患者自我完成,并且这种疗法可促进腕背伸功能的恢复,并且可以和其他治疗方法同时使用。

有人运用 meta 分析^[43],对从 PubMed 和 Cochran 上搜索到关于肌电诱发的神经肌肉电刺激疗法针对上肢、手的运动功能恢复的文章共 7 篇。选择了避免倾向性,双盲及分析了遗漏患者的共 5 篇文章,总共有 86 例患者,其中治疗组 47 例,对照组 39 例,运用 meta 分析,认为两组差别有显著性意义。结论:肌电诱发的神经肌肉电刺激疗法是脑梗死后训练患者腕背伸的有效方法。

4 小结

对于脑卒中偏瘫患者,在急性期及慢性期,肌电诱发的神经肌肉电刺激疗法都有明显的疗效,这种疗效可持续到 9 个月之后,可以和其他方法联合应用,双侧应用效果比单侧好,而且可以在家中自我训练。

参考文献

- [1] American Heart Association. Heart Disease and Stroke Statistics, 2004, Update.
- [2] Liberson WT, Holmquest HJ, Scot D. Functional electrotherapy: Stimulation of the peroneal nerve synchronized with the swing phase of the gait hemiplegic patients [J]. Arch Phys Med Rehabil, 1961, 18:241.
- [3] Robison AJ, Snyder Mackletr L. Clinical Electrophysiology: electrotherapy and electrophysiology testing [M]. 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1995. 166.
- [4] Levin MF, Hui-Chan CWY. Relief of hemiparetic spasticity by TENS is associated with improvement in reflex and voluntary motor function [J]. Electroencephalogr Clin Neurophysiol, 1992, 85:131.
- [5] Kraft GH, Fitts SS, Hammond MC. Techniques to improve function of the arm and hand in chronic hemiplegia [J]. Arch Phys Med Rehabil, 1992, 73:220.
- [6] Baker LL, Yeh C, Wilson D. Electrical stimulation of wrist and fingers for hemiplegic patients [J]. Phys Ther, 1979, 59:1495.
- [7] Kralj A, Acimovic R, Stanic U. Enhancement of hemiplegic patient rehabilitation by means of functional electrical stimulation [J]. Prosthet Orthot Int, 1993, 17:107.
- [8] Chae J, Bethoux F, Bohine T, et al. Neuromuscular stimulation for upper extremity motor functional recovery in acute hemiplegia [J]. Stroke, 1998, 29:975.
- [9] McGrady A. Good news—bad press: applied psychophysiology in cardiovascular disorders [J]. Biofeedback Self Regul, 1996, 21(4): 335.
- [10] Wolf SL, Binder-MacLeod SA. Electromyographic biofeedback applications to the hemiplegic patients: changes in upper extremity neuromuscular and functional status [J]. Phys Ther, 1983, 63:1393.
- [11] Rathkolb O, Baykoushev S, Baykousheva V. Myobiofeedback in motor reeducation of wrist and fingers after hemispherical stroke [J]. Electromyophysiol Clin Neurophysiol, 1990, 30: 89.
- [12] Hogue RE, McCandless S. Genu recurvatum: auditory biofeedback treatment for adult patients with stroke or head injuries [J]. Arch Phys Med Rehabil, 1983, 64:368.
- [13] Wolf SL. Use of biofeedback in the treatment of stroke patients [J]. Stroke, 1990, 21:11—22.
- [14] Wolf SL. Electromyographic biofeedback applications to stroke patients [J]. Phys Ther, 1983, 63: 1449.
- [15] Piron L, Tonin P, Atzori AM, et al. The augmented—feedback rehabilitation technique facilitates the arm motor recovery in patients after a recent stroke [J]. Stud Health Technol Inform, 2003, 94:265.
- [16] Nudo R, Milliken G. Reorganization of movement representa-

- tions in primary motor cortex following focal ischemic infarcts in adult squirrel monkeys[J]. *J Neurophys*, 1996,75:2144.
- [17] Nudo R, Wise B, SiFuentes F, et al. Neural substrates for the effects of rehabilitative training on motor recovery after ischemic infarct [J]. *Science*, 1996,272:1791.
- [18] Wolf SL, Lecraw DE, Barton LA, et al. Forced use of hemiplegic upper extremities to reverse the effect of learned nonuse among chronic stroke and head injured patients[J]. *Exp Neurol*, 1989,104:125.
- [19] Taub E, Miller NE, Novack TA, et al. Technique to improve chronic motor deficit after stroke [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1993,74:347.
- [20] Canning CG, Ada L, O'Dwyer N. Slowness to develop force contributes to weakness after stroke[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1999,80(1):66.
- [21] Carr LJ, Harrison LM, Evans AL, et al. Patterns of central motor reorganization in hemiplegic cerebral palsy [M]. Oxford University Press, Brain, 1993. 116,1233.
- [22] Stein DG. Brain injury and theories of recovery. In: Goldstein LB, ed. *Restorative Neurology: Advances in Pharmacotherapy for Recovery of After Stroke* [M]. Armonk, NY: Futura Publishing, 1998.1.
- [23] Twitchell TE. The restoration of motor function following hemiplegia in man[J]. *Brain*, 1951,74: 443.
- [24] Parker VM, Wade DT, Langton Hewer R. Loss of arm function after stroke: measurement, frequency, and recovery[J]. *Int Rehabil Med*, 1986,8:69.
- [25] Basmajian JW, Gowland C, Brandstater ME, et al. EMG feedback treatment of upper limb in hemiplegic stroke patients: pilot study[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1982,63:613.
- [26] Jenkins WM, Merzenich MM. Cortical representational plasticity: some implications for the bases of recovery from brain damage. In: von Steinbüchel N, von Cramon D, Poppel E, eds. *Neuropsychological Rehabilitation* [M]. Berlin: Springer-Verlag, 1992.20.
- [27] Lind K. A Synthesis of studies on strike rehabilitation [J]. *J Chron Dis*, 1982,35:133.
- [28] Roby-Brami A, Fuchs S, Mokhtari M, et al. Reaching and grasping strategies in hemiparetic patients [J]. *Motor Control*, 1997,1:72.
- [29] van Vliet P, Sheridan M, Kerwin D, et al. The influence of functional goals on the kinematics of reaching following stroke [J]. *Neurol Rep*, 1995,19:11.
- [30] Ghez C, Gordon J. Contributions of vision and proprioception to accuracy in limb movements. In: Gazzaniga MS, ed. *The Cognitive Neurosciences* [M]. Boston, Mass: Massachusetts Institute of Technology, 1995.549.
- [31] Asanuma H, Keller A. Neuronal mechanisms of motor learning in mammals[J]. *Neuroreport*, 1991,2:217.
- [32] Asanuma H, Keller A. Neurobiological basis of motor learning and memory[J]. *Conc Neurosci*, 1991,2:1.
- [33] Carel C, Loubinoux I, Boulouvar K, et al. Neural substrate for the effects of passive training on sensorimotor cortical representation: a study with functional magnetic resonance imaging in healthy subjects [J]. *J Cereb Blood Flow Metab*, 2000,20(3):478.
- [34] Xerri C, Merzenich MM, Peterson BE, et al. Plasticity of primary somatosensory cortex paralleling sensorimotor skill recovery from stroke in adult monkeys [J]. *J Neurophysiol*, 1998,79:2119.
- [35] Karni A, Meyer G, Jezzard P, et al. Functional MRI evidence for adult motor cortex plasticity during motor skill learning[J]. *Nature*, 1995,377:155.
- [36] Nudo RJ. Role of cortical plasticity in motor recovery after stroke[J]. *Neurol Rep*, 1998,22:61.
- [37] Field RW. Electromyographic triggered electric muscle stimulation for chronic hemiplegia [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1987,68:407.
- [38] Cauraugh J, Light K, Kim S, et al. Chronic motor dysfunction after stroke: recovering wrist and finger extension by electromyography-triggered neuromuscular stimulation [J]. *Stroke*, 2000,31(6):1360.
- [39] Francisco J, Chae J, Chawla H, et al. Electromyogram-triggered neuromuscular stimulation for improving the arm function of acute stroke survivors: a randomized pilot study[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1998,79(5):570.
- [40] George H. Kraft, Fitts SS, Hammond MC. Techniques to improve function of the arm and hand in chronic hemiplegia[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1992,73:220.
- [41] Cauraugh J, Kim S. Two coupled motor recovery protocols are better than one: electromyogram-triggered neuromuscular stimulation and bilateral movements[J]. *Stroke*, 2002,33(6):1589.
- [42] Usama G, Peter L, Stephen P. Poster 265 feasibility, compliance, and efficacy of home-based electromyography-triggered neuromuscular stimulation in chronic stroke: a case series[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2004,85(9):E52.
- [43] Bolton DA, Cauraugh JH, Hausenblas. Electromyogram-triggered neuromuscular stimulation and stroke motor recovery of arm/hand functions: a meta-analysis [J]. *J Neurol Sci*, 2004,223(2):121.