

减重步行训练结合督脉电针对脊髓损伤大鼠运动功能和脑源性神经营养因子的影响*

卢虎英^{1,2} 徐基民^{1,2,3} 刘兰群^{1,2} 陈洪雷^{1,2} 李惠兰^{1,2} 陈之罡^{1,2}

摘要

目的:研究减重步行训练、督脉电针及两者联合治疗对横断性脊髓损伤大鼠运动功能及脑源性神经营养因子(BDNF)表达的影响。

方法:对72只成年SD大鼠建立胸10脊髓横断损伤模型,随机分为对照组、减重步行训练组(BWSTT)、督脉电针组(电针组,EA)和训练+电针(联合组,BWSTT+EA)各18只,每组再分为8d、15d和30d 3个小组(n=6)。对各组大鼠进行BBB评分并用免疫组织化学法测定脊髓损伤尾端组织中BDNF的表达。

结果:单纯减重步行训练或/和督脉电针均能使不同时间点脊髓损伤大鼠BBB评分、脊髓组织BDNF表达水平提高($P<0.05$);减重步行训练和督脉电针对BBB评分、脊髓组织BDNF表达存在交互作用($P<0.05$),提示减重步行训练和督脉电针联合干预对促进脊髓损伤的康复效果更佳。各治疗组随着干预时间的增加表现出不同程度的BBB评分、脊髓组织BDNF表达水平提高($P<0.01$);尽量长时间的应用减重步行训练和督脉电针的联合治疗对促进横断脊髓损伤大鼠运动功能恢复的疗效最佳。

结论:减重步行训练结合督脉电针可以促进横断性脊髓损伤大鼠的运动功能恢复,干预时间越长疗效越佳,且3者间存在协同作用,这种运动功能恢复可能与脊髓组织中BDNF的增加有关。

关键词 减重步行训练;督脉;电针;脊髓损伤;脑源性神经营养因子

中图分类号:R245, R651.2 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2013)-06-0553-05

Effects of body weight support treadmill training combined with Du Meridian electroacupuncture on locomotion function and expression of brain-derived neurotrophic factor in rats with spinal cord transection/ LU Huiying, XU Jimin, LIU Lanqun, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2013, 28(6): 553—557

Abstract

Objective: To study the effects of body weight support treadmill training(BWSTT) or Du Meridian electroacupuncture (EA) or BWSTT+ EA (combination therapy) on locomotion function and expression of brain-derived neurotrophic factor(BDNF) in rats with spinal cord transection.

Method: A total of 72 adult SD rats were divided into control group, BWSTT group, EA group and BWSTT+ EA group, with 18 rats in each group, and 3 subgroups(n=6) for 8d,15d and 30d respectively. Spinal cord transections were performed at T10 level. Their motor function were assessed with Bosso-Beattie-Bresnahan locomotor rating scale (BBB scale) for open field and the expressions of BDNF in spinal cord tissues to the injury caudal ends were measured with immunohistochemistry.

Result: The scores of BBB scales and levels of BDNF increased after BWSTT or/and EA therapy in different time point respectively;and there was interaction between BWSTT and EA for the increases of scores of BBB scales and levels of BDNF,The combination therapy of BWSTT and EA was better in promoting restoration of

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2013.06.014

*基金项目:财政部中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目(2007CZ-11);中国康复研究中心科研基金资助项目(2009-4)

1 中国康复研究中心北京博爱医院中医康复科,北京,100068; 2 首都医科大学康复医学院; 3 通讯作者

作者简介:卢虎英,男,主治医师; 收稿日期:2012-07-14

motor function for spinal cord injury(SCI) rats. And the BBB scales and expressions of BDNF in each therapy group increased with longer duration of therapy($P < 0.01$);Applications of combination therapy of BWSTT and EA as long duration as possible obtained the best effect on locomotion recovery in the transected SCI rats.

Conclusion:The combination therapy of BWSTT and EA for longer duration have synergistic effect on SCI rats locomotion recovery which may associate with the increases of BDNF in injured spinal cord.

Author's address Department of TCM, Beijing Charity Hospital,China Rehabilitation Research Center,Capital Medical University School of Rehabilitation Medicine, Beijing,100068

Key word body weight support treadmill training;Du Meridian;electroacupuncture; spinal cord injury; brain-derived neurotrophic factor

脊髓损伤(spinal cord injury, SCI)是一种严重致残性疾病,发病率呈逐年增加之势^[1],但目前临床尚无有效措施实现脊髓功能的完全恢复,中西医结合康复治疗被认为是一种符合中国特色的脊髓损伤康复之路^[2],特别是近年来减重步行训练(body weight support treadmill training, BWSTT)广泛应用于脊髓损伤患者的步行功能恢复^[3-4];许多研究也表明督脉电针(electroacupuncture, EA)能够治疗脊髓损伤、促进功能康复和重建^[5-6]。两者的结合在临床和基础研究中均少有报道^[7-8]。因此,采用脊髓损伤实验动物进行相关研究,了解减重步行训练和督脉电针对脊髓损伤运动功能的作用及机制,以及二者是否有协同作用对指导临床治疗具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 实验动物

健康成年雌性SD大鼠72只,体重(190±20)g,由中国军事医学科学院实验动物中心提供。分笼饲养,环境温度20—25℃。随机分为4组:脊髓损伤对照组、减重步行训练组(训练组, BWSTT)、督脉电针组(电针组, EA)和训练+电针联合治疗组(联合组, BWSTT+EA),每组18只大鼠,各组再分成造模后8d、15d、30d三个小组,每小组6只。

1.2 动物模型

制备脊髓损伤大鼠模型均用1.0%戊巴比妥钠45mg/kg腹腔注射麻醉。背部剃毛,常规消毒。以胸10为中心,纵行切开皮肤及皮下组织,剥离椎旁肌肉并暴露棘突与椎板,咬除胸9—11椎板,暴露并于脊髓胸10节段,用尖锐刀片自背侧至腹侧快速横断脊髓,看见动物后肢出现快速收缩跳动,尾巴不自主痉挛性抽动,表明造模成功,再抬起脊髓两断端确认横断的完全性后放回椎管内原处而不予处理。压

迫止血后,逐层缝合伤口,手术全程严格执行无菌操作。术后小心护理,独笼饲养;协助大鼠排尿,每日早晚各1次至排尿反射恢复;每日1次腹腔注射青霉素80000U+生理盐水2ml以抗菌和补充体液,维持5d。注意观察皮肤有无压疮或感染,下肢、尾巴有无溃烂、自噬。

1.3 减重平板步行训练

训练组和联合组于脊髓横断损伤第4天开始行减重步行训练,方法同张缨等^[9]作者的研究,每天1次,每次30min。开始减重量为大鼠体重的50%,跑台速度设为7—10.5m/min,以后减重量和速度依大鼠的步行能力进行调整。8d、15d和30d组在取材前分别行减重步行训练治疗4、11、26次。

1.4 督脉电针治疗

电针组和联合组大鼠行脊髓横断手术后第4天开始进行督脉电针治疗,方法如下:动物俯卧位捆绑固定,在胸8和胸12棘突下方各用1根长25mm直径0.35mm的汉医牌一次性针灸针沿棘突间隙刺入,深度为穿透皮肤后再进针4mm。上下2针分别接G6805-2B低频电子脉冲治疗仪(上海华谊医用仪器有限公司)的正、负电极通电,上针接正极,下针接负极,选择2Hz、疏密波,电流强度以大鼠后肢出现颤动为度,20min/次,每日1次。8d、15d和30d组在取材前分别行督脉电针治疗4、11、26次。

1.5 行为学检测

分别于术前和术后第7天、第14天和第29天(分别是取材的前一天)晚间由双人在单盲下根据BBB(Basso, Beattie, Bresnahan)开放空间运动评分对各组动物进行行为学评定^[10-11],以两人的平均分作为大鼠的最终BBB评分。评定前排空大鼠膀胱。

1.6 取材及切片

各组大鼠均于术后第8天、第15天和第30天进

行脊髓取材,每个时间点每组6只大鼠。用过量的1.0%戊巴比妥钠麻醉大鼠,自左心室插管后剪开右心耳,灌注加入肝素钠的生理盐水直到有澄清液从右心耳流出,再灌注4%多聚甲醛1h。打开椎弓板暴露胸段脊髓取材,置入4%多聚甲醛固定。取材结束后,经脱水,运用组织芯片包埋脊髓损伤尾端脊髓,切片(5 μ m),摊片,烤片,备用。采用BDNF试剂盒(武汉博士德生物工程有限公司)行免疫组织化学染色。10 $\times$ 40倍放大,随机选4个视野,应用Image-Pro Plus 6.0彩色病理图文分析系统(Olympus公司)测定BDNF阳性细胞数和阳性产物的平均积分光密度值。

1.7 统计学分析

数据以均数 $\pm$ 标准差表示。根据研究目的,确定为2 $\times$ 2 $\times$ 3析因设计,取A、B、T3个因素,A因素为实施减重步行训练,分为2个水平(使用与不使用);B因素为实施督脉电针治疗,分为2个水平(使用与不使用);T因素为干预的不同时间,分为3个时间点(第8天、第15天和第30天)。根据SAS软件的要求,将原始数据录入计算机建立数据库。编辑SAS程序并运行,观察指标均为连续性变量,经检验各组数据均服从正态分布,组间方差齐,分别输出各因素各水平的描述性指标:样本量、均数和标准差。析因设计的方差分析检验A、B、T主效应和各因素间的交互作用,当存在交互作用时,进一步做简单(单独)效应分析。 $P<0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果

2.1 一般情况

对照组、训练组、电针组和联合组各死亡2只大鼠,死亡均发生于造模前3天内,死亡原因可能为麻醉意外、泌尿系感染和腹胀等,均在死亡后及时补充大鼠完成实验。

2.2 BBB评分、免疫组织化学法测定脊髓损伤大鼠损伤尾端脊髓BDNF阳性细胞数和BDNF平均积分光密度值。

各组脊髓损伤大鼠BBB评分,在各时间点位上,均以联合组BBB评分为最高,其次为电针组及训练组,对照组最低。脊髓损伤第8、15或30天时单纯使用减重步行训练或者督脉电针BBB评分较对照组提高明显,但二者与联合组比较,后者增高更显著,

差异均有显著性意义($P<0.01$,见表1,5)。表1还可见各干预组BBB评分都呈现出随着时间延长而增高的趋势。提示各种干预对脊髓损伤大鼠运动功能恢复均有积极的治疗作用,不同时间点作用由大到小的排列顺序是:联合 $>$ 电针 $>$ 训练 $>$ 对照。

脊髓损伤大鼠损伤脊髓尾端BDNF阳性细胞数,在各时间点位上,均以联合组阳性细胞数最多,其次为电针组及训练组,以对照组最低。在第8天时只有联合组比训练组阳性细胞数显著增加($P<0.05$,数据结果见表2,统计学结果见表5的中间部分,下同),且随着干预时间的延长,各组BDNF阳性细胞数呈增加趋势,至第15天时,除了电针组和联合组间阳性细胞数差异无显著性意义($P>0.05$)外,其他各组差异均有显著性意义($P<0.01$);至第30天时,训练组或者电针组BDNF阳性细胞数较对照组增加明显,但二者与联合治疗组比较,后者增加更明显,差异均有显著性意义($P<0.01$)。提示各种干预治疗可以增加脊髓损伤大鼠脊髓局部的BDNF阳性细胞数,不同时间点升高BDNF阳性细胞数作用由大到小的排列顺序与改善BBB评分结果一致。

脊髓损伤大鼠损伤脊髓尾端BDNF平均积分光密度值变化趋势与BDNF阳性细胞数变化趋势基本一致,但8d时各组BDNF平均积分光密度值差异均无显著性意义($P>0.05$,结果见表3,5),随着干预时间的延长,各组BDNF平均积分光密度值呈上升趋势,至第15天时,除了训练组、电针组分别与联合组间差异无显著性意义($P>0.05$)外,其他两组差异均有显著性意义($P<0.01$);至第30天时,训练组或者电针组BDNF平均积分光密度值较对照组增加明显,但二者与联合组比较,后者增加更显著,差异均有显著性意义($P<0.01$)。提示干预治疗在增加脊髓损伤大鼠脊髓局部BDNF阳性细胞数的同时,还增加BDNF平均积分光密度值。

2.3 不同治疗措施与时间联合干预作用的分析

单纯使用减重步行训练或督脉电针或干预时间延长均能使模型鼠运动BBB评分提高、BDNF阳性细胞数与BDNF平均积分光密度值增加;减重步行训练、督脉电针和干预时间对BBB评分、BDNF阳性细胞数与BDNF平均积分光密度值存在交互作用,由各组均值水平高低可知该交互作用为正向协

表1 不同组脊髓损伤大鼠BBB评分 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	第8天	第15天	第30天
对照组	6	0	0.81 ± 0.66	1.01 ± 0.66
训练组	6	1.50 ± 0.51	1.69 ± 0.70	3.38 ± 0.50
电针组	6	1.56 ± 0.51	2.69 ± 0.79	6.13 ± 0.72
联合组	6	3.38 ± 0.89	4.81 ± 1.22	8.50 ± 1.15

表2 不同组脊髓损伤大鼠损伤尾端脊髓BDNF阳性细胞数 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	第8天	第15天	第30天
对照组	6	27.53 ± 4.41	27.44 ± 5.11	28.25 ± 3.97
训练组	6	27.70 ± 4.08	52.19 ± 12.89	76.06 ± 10.10
电针组	6	28.56 ± 4.75	67.43 ± 15.33	85.63 ± 9.34
联合组	6	31.56 ± 4.31	77.56 ± 12.80	110.13 ± 9.72

表3 不同组脊髓损伤大鼠损伤尾端脊髓BDNF平均积分光密度值 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	第8天	第15天	第30天
对照组	6	253.45 ± 36.13	258.12 ± 37.71	267.49 ± 30.22
训练组	6	259.62 ± 26.70	348.17 ± 72.86	380.36 ± 32.62
电针组	6	269.80 ± 43.29	386.20 ± 57.60	442.45 ± 32.68
联合组	6	275.11 ± 27.23	392.34 ± 68.47	538.09 ± 54.11

表5 不同处理措施对脊髓损伤大鼠BBB评分、BDNF阳性细胞数和BDNF平均积分光密度值影响的简单效应分析

因素/固定水平/组别	BBB评分			BDNF阳性细胞数			BDNF平均积分光密度值		
	第8天	第15天	第30天	第8天	第15天	第30天	第8天	第15天	第30天
不用训练									
对照 vs 电针	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.550	<0.0001	<0.0001	0.249	<0.0001	<0.0001
用训练									
训练 vs 联合	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.016	<0.0001	<0.0001	0.116	0.087	<0.0001
不用电针									
训练 vs 对照	<0.0001	0.001	<0.0001	0.945	<0.0001	<0.0001	0.579	0.0002	<0.0001
用电针									
电针 vs 联合	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.052	0.0518	<0.0001	0.692	0.785	<0.0001

3 讨论

康复训练^[4]和电针^[5-6]可增强脊髓的可塑性,这是脊髓损伤神经功能恢复的基础。BDNF主要在神经元内合成,于中枢神经系统表达,通过特异性受体作用于靶组织发挥作用。BDNF被认为是介导电针和康复训练促进脊髓可塑性的机制之一^[8]。

本研究 and 既往同类研究表明^[9],随着时间延长,胸髓完全横断后未接受任何干预措施的SCI组大鼠也存在着后肢运动功能自发恢复的征象,本研究显示对照组大鼠 BBB 评分提高,但脊髓损伤尾端BDNF 阳性细胞数和平均积分光密度值无明显变化。目前认为^[12],脊髓损伤大鼠这种自发恢复的机

制与大鼠的皮质脊髓束向腰段脊髓灰质内再生及损伤部位以下腰骶段脊髓内保留的步行低级控制中枢的中枢模式发生器(central pattern generator, CPG)有关^[13];也有研究认为^[14]:横断脊髓损伤大鼠后肢运动功能自行恢复与 BDNF 表达有关,提示包括 BDNF 在内的神经生长因子在脊髓损伤横断后动物运动功能恢复中扮演重要角色;但也有人认为^[15],半横断脊髓损伤大鼠后肢运动功能自发恢复与突触的数量增加有关,而与 BDNF 表达无关,本研究未发现对照组 BDNF 阳性细胞数和平均积分光密度值的明显变化,结果与后者相仿。

对交互作用有显著性意义的 BBB 评分、BDNF 阳性细胞数与 BDNF 平均积分光密度值分别做简单效应分析,结果表明:从各时间点位上均表现出减重步行训练与督脉电针联合干预组的 BBB 评分、BDNF 阳性细胞数与 BDNF 平均积分光密度值指标优于其他组,分别在第 8、15 或者 30 天的不同时间点,联合治疗组 BBB 评分明显提高、BDNF 阳性细胞数增加或者 BDNF 平均积分光密度值增高。见表 5。

表4 脊髓损伤大鼠BBB评分、BDNF阳性细胞数、平均积分光密度值析因分析

变异来源	BBB评分		BDNF阳性细胞数		BDNF平均积分光密度值	
	F值	P值	F值	P值	F值	P值
电针	798.70	<0.0001	336.21	<0.0001	140.59	<0.0001
时间	287.61	<0.0001	420.33	<0.0001	138.60	<0.0001
训练	279.89	<0.0001	146.48	<0.0001	73.84	<0.0001
时间×训练	5.98	0.0031	38.16	<0.0001	24.22	<0.0001
时间×电针	87.38	<0.0001	70.96	<0.0001	26.94	<0.0001
训练×电针	5.58	0.0192	8.97	<0.0001	1.04	0.3087
时间×训练×电针	2.90	0.0574	4.11	0.0002	7.86	0.0005

制与大鼠的皮质脊髓束向腰段脊髓灰质内再生及损伤部位以下腰骶段脊髓内保留的步行低级控制中枢的中枢模式发生器(central pattern generator, CPG)有关^[13];也有研究认为^[14]:横断脊髓损伤大鼠后肢运动功能自行恢复与 BDNF 表达有关,提示包括 BDNF 在内的神经生长因子在脊髓损伤横断后动物运动功能恢复中扮演重要角色;但也有人认为^[15],半横断脊髓损伤大鼠后肢运动功能自发恢复与突触的数量增加有关,而与 BDNF 表达无关,本研究未发现对照组 BDNF 阳性细胞数和平均积分光密度值的明显变化,结果与后者相仿。

减重步行训练是近几十年兴起的、正广泛用于

促进包括脊髓损伤患者步行功能恢复的康复训练方法^[16]。本研究表明,BWSTT能使大鼠脊髓损伤尾端BDNF阳性细胞数和平均积分光密度值在损伤后30d内逐渐增加,并伴有SCI后运动功能的恢复。目前研究^[13,17-19]表明,BWSTT促进大鼠运动功能恢复的原因可能在于步行训练能促进脊髓内步行CPG神经元的自我调整和轴突出芽,增强损伤部位以下未受损脊髓环路训练依赖性的神经可塑性,并能通过调节脊髓内的轴突导向分子、神经递质和包括BDNF在内的神经营养因子表达、分泌,促进其重组,从而产生治疗效果。BDNF被认为在康复训练促进脊髓损伤大鼠运动功能恢复中扮演重要角色^[19]。

督脉电针近20余年应用于SCI的康复临床上^[21],是对传统针刺治疗方法的继承和发展,并由大量学者进行了广泛的基础研究探讨其作用机制^[5]:电针可以上调脊髓损伤大鼠损伤区的BDNF、NGF等神经营养因子的表达,从而促进轴突再生,利于脊髓损伤的修复。在本研究中,督脉电针也显示了能改善横断脊髓损伤大鼠损伤区BDNF的表达,并提高了大鼠的BBB评分。督脉电针组BBB评分和BDNF阳性细胞数在15d和30d组均较减重步行训练组大鼠明显升高,BDNF平均积分光密度值在30d时较减重步行训练组大鼠明显升高,说明督脉电针比减重步行训练对横断脊髓损伤大鼠的运动功能恢复和BDNF的上调作用强。

康复训练+针灸治疗是常见的中西医结合改善脊髓损伤运动功能的方法,取得了临床疗效并得到基础研究的支持^[2,8]。为了更好地了解两种疗法的效果以及两者间有无协同作用,本研究特设置减重步行训练+督脉电针联合组,并进行了析因分析,结果显示:联合组较任何单一疗法组或者对照组在改善运动功能方面在第8、15和30天各时间点差异均有显著性意义,而在上调BDNF表达方面在第15和30天时差异有显著性意义;对BBB评分和BDNF表达的作用在训练、电针和干预时间三者间存在交互作用,联合治疗优于单一治疗,电针优于训练,单一治疗优于对照;在30d内干预时间越长疗效越好。也就是说,对横断脊髓损伤大鼠运动功能恢复的最佳治疗方案是尽量长时间的应用减重步行训练配合督脉电针的联合治疗。

参考文献

- [1] Li J, Liu G, Zheng Y, et al. The epidemiological survey of acute traumatic spinal cord injury (ATSCI) of 2002 in Beijing municipality[J]. Spinal Cord, 2011, 49(7): 777—782.
- [2] 王志红, 王玉龙. 电针督脉结合综合康复治疗外伤性脊髓损伤[J]. 中国康复, 2006, 21(01): 41.
- [3] 张纭, 纪树荣, 彭晓霞, 等. 慢性脊髓损伤患者步行训练有效性的Meta分析[J]. 中国康复医学杂志, 2009, 24(02): 153—157.
- [4] 丁晓晶, 王红星, 王彤. 脊髓损伤大鼠运动训练方式的研究进展[J]. 中国康复医学杂志, 2010, 25(06): 589—591.
- [5] 杨拯, 何彦芳, 陈建敏, 等. 电针在脊髓损伤功能康复中的研究[J]. 时珍国医国药, 2011, 22(01): 249—250.
- [6] 陈虹, 李俊岑, 党彦丽, 等. 电刺激对大鼠脊髓损伤后神经生长因子表达的影响[J]. 中国康复理论与实践, 2012, 18(01): 33—36.
- [7] 马春华. 电针配合减重步行训练对脊髓损伤患者步行功能的影响[J]. 中国临床康复, 2005, 9(17): 186.
- [8] 刘帅, 邢艳丽, 孟巍. 减重步行训练结合电针对脊髓损伤大鼠损伤组织脑源性神经营养因子的影响[J]. 中国康复理论与实践, 2012, 18(5): 420—422.
- [9] 张纭, 纪树荣, 范晓华, 等. 半定量和定性方法评价截瘫大鼠后肢运动功能恢复的比较[J]. 中国康复理论与实践, 2006, 12(11): 957—959.
- [10] Basso DM, Beattie MS, Bresnahan JC. A sensitive and reliable locomotor rating scale for open field testing in rats[J]. J Neurotrauma, 1995, 12(1): 1—21.
- [11] Basso DM, Beattie MS, Bresnahan JC, et al. MASCIS evaluation of open field locomotor scores: effects of experience and teamwork on reliability. Multicenter Animal Spinal Cord Injury Study[J]. J Neurotrauma, 1996, 13(7): 343—359.
- [12] Tsai EC, Krassioukov AV, Tator CH. Corticospinal regeneration into lumbar grey matter correlates with locomotor recovery after complete spinal cord transection and repair with peripheral nerve grafts, fibroblast growth factor 1, fibrin glue, and spinal fusion[J]. J Neuropathol Exp Neurol, 2005, 64(3): 230—244.
- [13] Dietz V. Spinal cord pattern generators for locomotion[J]. Clin Neurophysiol, 2003, 114(8): 1379—1389.
- [14] Li XL, Zhang W, Zhou X, et al. Temporal changes in the expression of some neurotrophins in spinal cord transected adult rats[J]. Neuropeptides, 2007, 41(3): 135—143.
- [15] Gulino R, Dimartino M, Casabona A, et al. Synaptic plasticity modulates the spontaneous recovery of locomotion after spinal cord hemisection[J]. Neurosci Res, 2007, 57(1): 148—156.
- [16] 霍速, 纪树荣. 减重步行训练的临床应用[J]. 中国康复理论与实践, 2003, 9(02): 55—58.
- [17] Marder E, Rehm KJ. Development of central pattern generating circuits[J]. Curr Opin Neurobiol, 2005, 15(1): 86—93.
- [18] Beaumont E, Kaloustian S, Rousseau G, et al. Training improves the electrophysiological properties of lumbar neurons and locomotion after thoracic spinal cord injury in rats[J]. Neurosci Res, 2008, 62(3): 147—154.
- [19] 孙申田, 孙远征, 阎成海, 等. 督脉电针治疗脊髓病82例临床报告[J]. 针灸学报, 1989, 5(2): 3—4.