

· 基础研究 ·

电针联合康复训练对脊髓损伤大鼠脑源性神经营养因子及其受体酪氨酸激酶 B 表达的影响

李丽 周霞 杨军 姚丽华 马丽虹 邱振刚

【摘要】 目的 观察电针联合康复训练对脊髓损伤 (SCI) 大鼠脑源性神经营养因子 (BDNF) 及其受体酪氨酸激酶 B (TrkB) 表达的影响。**方法** 选取 96 只成年 SD 雌性大鼠, 采用脊髓切割损伤法制作右侧脊髓半横断损伤模型。将制模成功大鼠随机分为电针组、康复训练组、联合治疗组及模型组。于制模后第 3 天各组大鼠按既定方案给予相应干预, 其中电针组、康复训练组分别给予电针督脉穴位或康复训练, 联合治疗组于康复训练后辅以电针刺激。每周均对各组大鼠进行 BBB 运动功能评分; 于制模后第 4 周及第 8 周时每组分别取 12 只大鼠处死, 采用免疫组化法、PCR 及 RT-PCR 技术检测各组大鼠受损脊髓 BDNF 及 TrkB 表达情况。**结果** 各组大鼠 BBB 评分、BDNF 及其受体 TrkB 表达均随时间延长逐渐增加, 其中电针组、康复训练组及联合治疗组上述指标在制模后第 4 周、第 8 周时均明显优于模型组 ($P < 0.05$), 同时联合治疗组也显著优于电针组及康复训练组 ($P < 0.05$); 电针组及康复训练组的上述指标组间差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。**结论** 电针督脉穴位联合康复训练治疗 SCI 大鼠具有协同疗效, 能进一步加速大鼠运动功能恢复, 其治疗机制可能与上调受损脊髓 BDNF 及其受体 TrkB 表达有关。

【关键词】 脊髓损伤; 脑源性神经营养因子; 电针疗法; 康复训练

Effects of electroacupuncture combined with rehabilitation training on expression of brain derived neurotrophic factor and its receptor tyrosine kinase B in rats with hemitranssectional spinal cord injury Li Li*, ZHOU Xia, YANG Jun, YAO Li-hua, MA Li-hong, QIU Zhen-gang. * The Second Affiliated Hospital of Shandong University of TCM, Jinan 250001, China

【Abstract】 Objective To observe the changes of expressions of brain-derived neurotrophic factor (BDNF) and its receptor tyrosine kinase B (TrkB) and in rats with hemitranssectional spinal cord injury (SCI) after electroacupuncture on Du Meridian and rehabilitation training. **Methods** The animal model of acute hemitranssectional lesion at the right half of T11 spinal cord was established in 96 adult female rats, which were then divided randomly into an electroacupuncture group, a rehabilitation training group, an electroacupuncture combined with rehabilitation training group and a control group. All the groups received treatment on the 3rd d after operation. The electroacupuncture group and rehabilitation training group were given electroacupuncture on points of Du Meridian and rehabilitation training, respectively, and the combined group was given Du Meridian electroacupuncture in addition to rehabilitation training. Basso-Beattie-Bresnahan (BBB) scale was used to evaluate motor function every week. Twelve rats of each group were sacrificed 4 and 8 weeks after operation, respectively, and their spinal cord tissues were extracted. The polymerase chain reaction (PCR), reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR) and immunohistochemical techniques were used to detect the expressions of BDNF and TrkB. **Results** BBB grade increased gradually as time went on. There were significant differences between control group and other groups at the same time point ($P < 0.05$). The scores increased obviously in electroacupuncture combined with rehabilitation training group compared with electroacupuncture group and rehabilitation training group ($P < 0.05$). The result of immunohistochemical observation and RT-PCR also showed that there were significant differences of expressions of BDNF and TrkB among control group and other groups at the same time ($P < 0.05$). The effects in electroacupuncture combined with rehabilitation training group were much more obvious than those in electroacupuncture group and rehabilitation training group ($P < 0.05$), but there was no significant difference between electroacupuncture group and rehabilitation training group ($P > 0.05$). **Conclusions** Electroacupuncture on Du Meridian combined with rehabilitation training had

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2011.012.003

基金项目:山东省中医药科技发展计划项目(2009-118)

作者单位:250001 济南, 山东中医药大学第二附属医院康复医学科(李丽、周霞); 山东省中医院康复医学科(杨军); 山东中医药大学(马丽虹、邱振刚); 北京大学医学部(姚丽华)

synergic effect on rat's SCI, and could obviously improve the restoration of rat's motor function; the mechanism maybe related to the upregulation of expressions of BDNF and TrkB.

【Key words】 Spinal cord injury; Brain-derived neurotrophic factor; Tyrosine kinase B; Electroacupuncture; Rehabilitation training

脊髓是中枢神经的低级部位,与脑组织一样具有可塑性;脊髓可塑性一般表现为未受伤神经元轴突侧支出芽,以增加其在去传入靶区的投射密度,随后与靶细胞建立突触性联系。相关研究发现,不同形式的步行训练均能在一定程度上改善脊髓损伤(spinal cord injury, SCI)患者步行能力,其治疗机制可能与加速脊髓可塑性有关^[1-4];针刺可促进脑源性神经营养因子(brain derived neurotrophic factor, BDNF)在受损脊髓中的表达^[5],对加速神经受损功能恢复具有重要作用。本研究联合采用电针及康复训练治疗 SCI 大鼠,并观察受损脊髓 BDNF 及其受体酪氨酸激酶 B(tyrosine kinase receptor B, TrkB)表达的变化情况,旨在探讨其促进大鼠神经功能恢复的相关机制。

材料与方法

一、实验动物及主要试剂

选取成年健康雌性 Sprague-Dawley (SD) 大鼠 96 只,体重 190 ~ 210 g,由山东中医药大学实验动物中心提供,清洁级,采用标准饲料喂养,饲养室内保持恒温(20 ~ 25 ℃)。主要实验试剂:柠檬酸钠(北京化学试剂公司)、乙二醇四乙酸(济南朋远生物技术有限公司)、氯胺酮(江苏恒瑞医药股份有限公司)、实时定量试剂盒、反转录试剂盒(济南格因生物工程有限公司)、抗-BDNF(anti-BDNF)、抗-TrkB(北京北方仪涛商贸有限公司)、Trizol 裂解液(上海生工生物工程有限公司)等。

二、模型制作与分组处理

将大鼠制成脊髓半横断损伤模型,采用氯胺酮(100 mg/kg 体重)、安定(2.5 mg/kg 体重)对大鼠进行腹腔注射麻醉,待麻醉剂生效后将其腹位(俯卧位)固定于手术台上,以 T₁₁ 胸椎棘突为中心,剪除上 4 cm 及下 4 cm 区域胸腰段背部皮毛,沿中线切开皮肤、钝性分离浅筋膜后用血管钳固定;剪开棘突两侧的深筋膜及肌肉组织,暴露棘上韧带,用血管钳咬去 T₁₁ 胸椎棘突并暴露椎弓板,然后用血管钳将 T₁₁ 椎弓板切除并暴露脊髓,采用温热生理盐水冲洗伤口,于 T₁₂ 节段用虹膜刀沿脊髓中线垂直插入椎管腹侧壁,并向右切断脊髓,重复 3 次,保证大鼠右侧半脊髓完全横断,随后用冰冻生理盐水反复冲洗,术后将大鼠置于 25.5 ℃ 温室内待检。

采用随机数字表法将制模成功大鼠分为电针组、康复训练组、联合治疗组及模型组四组,每组 24 只大鼠。电针组于制模后第 3 天给予穴位针刺治疗,参照《实验针灸学》^[6] 选择穴位,第 1 组为 2 个督脉阿是穴,第 2 组为督脉腰俞穴和长强穴,通过借助针刺固定器对大鼠上述穴位进行针刺,进针深度为穿皮后再进针约 2 mm,留针时间 30 min;随后接通 SDZ-II 型电针仪进行电针治疗,电刺激频率为 4 ~ 16 Hz,波型为间断疏密波,电刺激强度从 1 V 开始,每 10 min 增加 1 V,最终强度为 3 V,持续刺激 30 min。上述治疗每天 1 次,每周治疗 5 d。康复训练组于制模后第 3 天给予运动训练,保持大鼠躯干距离训练器旋转平台 2.5 cm,大鼠右后肢脚掌与旋转平台接触,通过旋转平台促使大鼠右后肢做直径 4 cm 的环转运动,旋转平台转速为 18 r/min,每次训练 30 min,每天训练 1 次,每周训练 5 d。联合治疗组大鼠于制模后第 3 天首先给予康复训练,30 min 后再辅以督脉电针治疗,具体治疗方法及疗程同上。模型组大鼠制模后未给予特殊处理。

三、实验观察指标

1. 大鼠肢体运动功能评分:采用 BBB(Basso, Beattie and Bresnahan)评分法^[7],于制模当天及制模后第 4 周、第 8 周(评定时间统一为早上 8:00-9:00 期间)时对各组大鼠肢体运动功能进行评定,完全瘫痪计 0 分,肢体活动功能正常计 21 分,每只大鼠均先后评定 3 次,取其平均值纳入分析。

2. 脊髓标本制作:于制模后第 4 周、第 8 周时各组分别取 12 只大鼠经氯胺酮(100 mg/kg 体重)、安定(2.5 mg/kg 体重)进行腹腔麻醉,随后将其腹位固定于手术台上,沿中线切开皮肤、钝性分离浅筋膜,用血管钳去除 T₁₀₋₁₂ 椎弓板、暴露脊髓,取脊髓标本置于盛有生理盐水的培养皿中,并将其剪成两段,一段置于 4% 多聚甲醛中固定,另一段置于 -80 ℃ 冰箱中保存。

3. 免疫组化检测:脊髓标本经脱水、透明、浸蜡、包埋后进行连续冠状切片,片厚约 5 μm。切片经脱蜡、水化组织切片、65 ℃ 烘烤 1 h 后,按以下顺序依次浸泡,二甲苯 15 min、100% 乙醇 5 min、95% 乙醇 5 min、85% 乙醇 5 min、水 5 min,然后置于 500 ml 柠檬酸钠溶液中,用微波炉高火烘烤 6 min 直至煮沸,然后低火作用 15 min,最后室温自然冷却;置于水槽上 3%

去离子孵育 10 ~ 20 min, 以阻断内源性过氧化物酶; 采用磷酸盐缓冲液 (phosphate buffered saline, PBS) 冲洗 2 min × 3 次; 滴加一抗, 于室温或 37 °C 环境下孵育 1 ~ 2 h 或 4 °C 过夜, PBS 液冲洗 2 min × 3 次; 滴加试剂 1, 室温或 37 °C 环境下孵育 10 ~ 20 min, PBS 液冲洗 2 min × 3 次; 加试剂 2, 室温或 37 °C 环境下孵育 10 ~ 20 min, PBS 液冲洗 2 min × 3 次; 最后应用 DAB 溶液显色。选用 Olympus 光学显微镜观察每只大鼠 3 张切片, 每张切片均随机选取 10 个高倍镜视野 (×400 倍), 利用 Image Professional Plus (IPP) 图像分析系统计数 BDNF 及 TrkB 阳性细胞数量。

4. PCR 检测: 取 -80 °C 冻存的脊髓标本, 按每 30 ~ 50 mg 组织加入 1 ml Trizol 裂解液, 经匀浆器匀浆处理后, 将裂解后的样品或匀浆在室温下放置 5 ~ 10 min, 使核蛋白与核酸完全分离; 加入 0.2 ml 氯仿, 剧烈震荡 15 s 后室温放置 3 min; 以 12 000 转/min 离心 (4 °C 环境下) 10 min; 吸取上层水相并转移至干净离心管中, 加入等体积异丙醇混匀, 室温放置 20 min; 12 000 转/min 离心 (4 °C 环境下) 10 min 弃上清; 加入 1 ml 75% 乙醇洗涤沉淀, 12 000 转/min 离心 (4 °C 环境下) 3 min, 弃上清; 室温干燥 5 ~ 10 min; 加入 30 ~ 50 μl ddH₂O 充分溶解 RNA, 将所得 RNA 逆转录成 cDNA 后置于 -20 °C 环境下待用。BDNF 上游引物序列为: 5'-GTGACAGTAGTAGCGAGTGGG-3', 下游引物序列为: 5'-TATCCTTATGAACCGCCAGCA-3'; TrkB 上游引物序列为: 5'-TGCCTTGTTGTATTCCTACCT-3', 下游引物序列为 5'-TGTGTCTCACTCCTGCTGTCT-3'; 于 PCR 反应结束后采用凝胶成像仪鉴别各组标本琼脂糖凝胶电泳结果。

5. RT-PCR 检测: 向 0.5 ml PCR 管中顺序加入蒸馏水 6.4 μl, SYBRR Green 荧光染料 10 μl, 上游引物 (BDNF、TrkB、β-actin) 0.8 μl, 下游引物 (BDNF、TrkB、β-actin) 0.8 μl, 样品溶液 2 μl。RT-PCR 反应条件如下: 95 °C 处理 30 s, 95 °C 变性 5 s, 55 °C 退火 10 s, 72 °C 延伸 15 s, 共 40 个循环; 72 °C 总延伸 10 min。待反应结束后先进行溶解曲线分析, 然后对所得数据进行统计比较。

四、统计学分析

本研究所得数据均以 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 选用 SPSS 13.0 版统计学软件包进行数据分析, 多个样本均数比较采用单因素方差分析、*q* 检验以及 *t* 检验, $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

结 果

一、制模后不同时间点各组大鼠肢体运动功能比较

随着制模后时间延长, 各组大鼠 BBB 评分均逐渐增高; 通过组间比较发现, 电针组、康复训练组及联合治疗组 BBB 评分在制模后第 4 周、第 8 周时均较模型组显著增加, 组间差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 并且以联合治疗组的改善幅度相对较显著, 在上述时间点亦显著优于电针组和康复训练组 ($P < 0.05$); 电针组及康复训练组 BBB 评分在上述时间点组间差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 具体数据详见表 1。

表 1 制模后第 4 周及第 8 周时各组大鼠肢体 BBB 运动功能评分比较 (分, $\bar{x} \pm s$)

组 别	只数	制模后第 4 周	制模后第 8 周
电针组	24	14.25 ± 1.22 ^{ab}	16.42 ± 1.62 ^{ab}
康复训练组	24	15.25 ± 1.14 ^{ab}	16.42 ± 1.44 ^{ab}
联合治疗组	24	17.92 ± 1.38 ^a	18.75 ± 0.97 ^a
模型组	24	8.17 ± 1.53	11.33 ± 1.72

注: 与模型组同时时间点比较, ^a $P < 0.05$; 与联合治疗组同时时间点比较, ^b $P < 0.05$

二、制模后不同时间点各组大鼠 BDNF 及受体 TrkB 表达比较

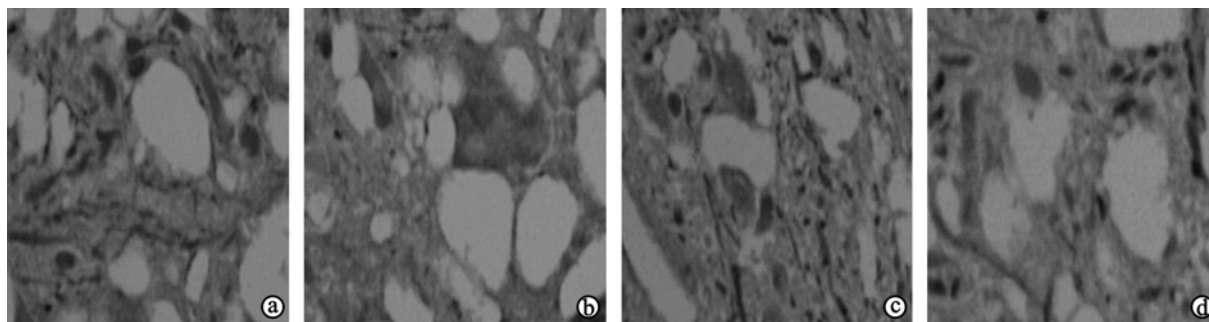
对各组大鼠 BDNF 及其受体 TrkB 免疫组化结果分析后发现, 与模型组比较, 电针组、康复训练组、联合治疗组在制模后第 4 周及第 8 周时其 BDNF 及受体 TrkB 蛋白表达均显著增加 ($P < 0.05$); 且联合治疗组 BDNF 及受体 TrkB 蛋白表达增加幅度尤为显著, 在上述时间点亦显著强于电针组及康复训练组 ($P < 0.05$); 电针组及康复训练组 BDNF 及受体 TrkB 蛋白表达水平在上述时间点组间差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 详见表 2 及图 1 ~ 4。

表 2 制模后不同时间点各组大鼠免疫组化阳性结果比较 (个/每高倍镜视野, $\bar{x} \pm s$)

组 别	只数	BDNF 阳性细胞计数		TrkB 阳性细胞计数	
		制模后第 4 周时	制模后第 8 周时	制模后第 4 周时	制模后第 8 周时
电针组	24	48.08 ± 2.31 ^{ab}	52.67 ± 2.19 ^{ab}	39.00 ± 2.13 ^{ab}	43.27 ± 1.68 ^{ab}
康复训练组	24	50.17 ± 2.72 ^{ab}	52.50 ± 2.39 ^{ab}	39.75 ± 2.53 ^{ab}	44.00 ± 2.04 ^{ab}
联合治疗组	24	54.17 ± 1.75 ^a	55.58 ± 2.43 ^a	46.00 ± 2.26 ^a	51.50 ± 3.00 ^a
模型组	24	32.67 ± 3.31	36.90 ± 2.71	19.25 ± 2.42	25.33 ± 3.47

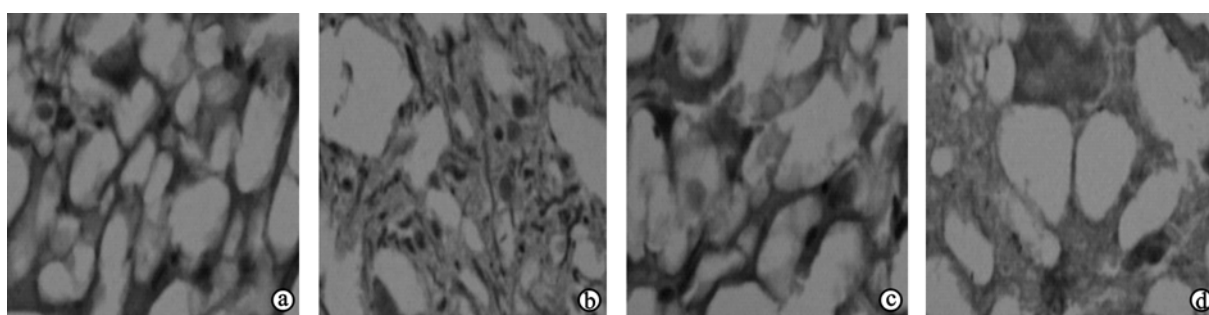
注: 与模型组比较, ^a $P < 0.05$; 与联合治疗组比较, ^b $P < 0.05$

各组大鼠 PCR 定性分析结果详见图 5, RT-PCR 相对定量分析结果详见图 6 ~ 7, 与模型组比较, 电针组、康复训练组及联合治疗组 BDNF 及其受体 TrkB 基因表达在制模后第 4 周、第 8 周时均显著增加 ($P < 0.05$); 其中以联合治疗组 BDNF 及其受体 TrkB 基因表达增加幅度尤为显著, 在上述时间点均强于电针组及康复训练组 ($P < 0.05$); 电针组与康复训练组 BDNF 及其受体 TrkB 基因表达在上述时间点组间差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。



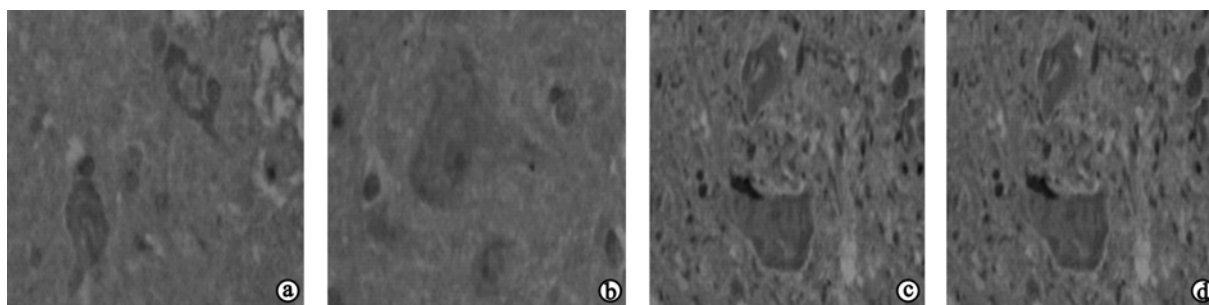
注:a 为电针组,b 为康复训练组,c 为联合治疗组,d 为模型组

图 1 制模后第 4 周时各组大鼠 BDNF 免疫组化染色 (×400)



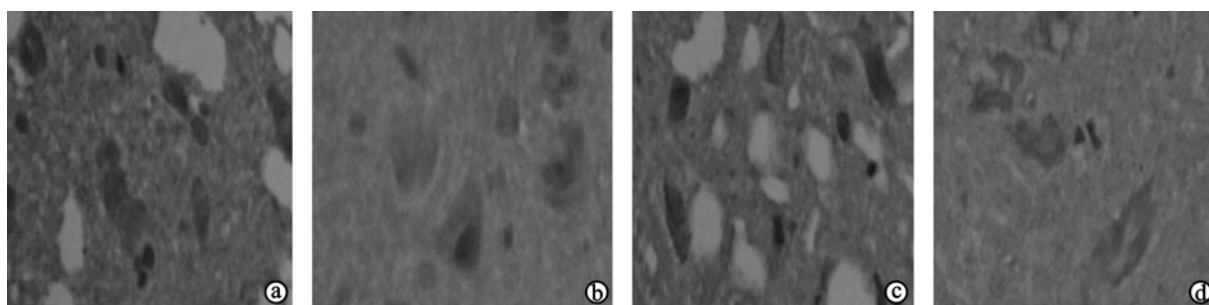
注:a 为电针组,b 为康复训练组,c 为联合治疗组,d 为模型组

图 2 制模后第 8 周时各组大鼠 BDNF 免疫组化染色 (×400)



注:a 为电针组,b 为康复训练组,c 为联合治疗组,d 为模型组

图 3 制模后第 4 周时各组大鼠 TrkB 免疫组化染色 (×400)



注:a 为电针组,b 为康复训练组,c 为联合治疗组,d 为模型组

图 4 制模后第 8 周时各组大鼠 TrkB 免疫组化染色 (×400)

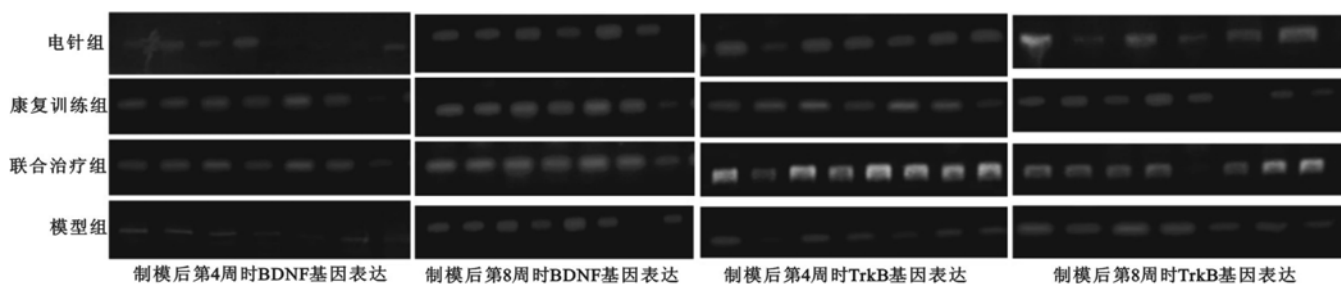
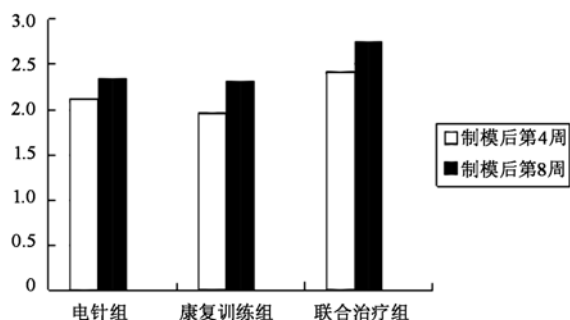
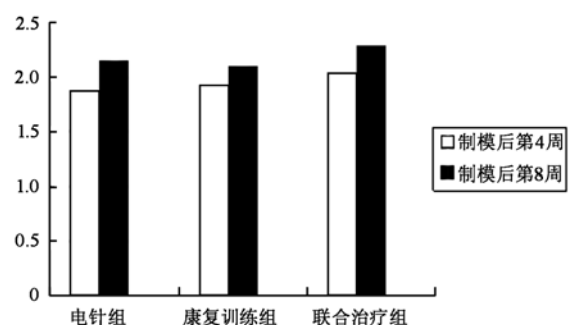


图5 制模后不同时间点各组大鼠 BDNF 及 TrkB 基因表达比较



注:图中纵坐标数值为与模型组的比值,模型组设为 1

图6 制模后不同时间点各组大鼠 BDNF 基因相对定量比较



注:图中纵坐标数值为与模型组的比值,模型组设为 1

图7 制模后不同时间点各组大鼠 TrkB 基因相对定量比较

讨 论

大量研究发现,SCI 后神经营养因子 (neurotrophins, NTFs) 在一定条件下可促进未受损神经细胞长出新的突起,加速神经回路重建,在体内、离体实验中均发现有维持受损脊髓神经细胞存活及轴突延伸的功能。有学者分别向 SCI 大鼠模型蛛网膜下腔置管注射 100 ng 外源性 BDNF、神经生长因子 (nerve growth factor, NGF)、睫状神经营养因子 (ciliary neurotrophic factor, CNTF) 等,发现上述因子均有助于维持损伤部位神经细胞存活及引导神经纤维再生,并且以外源性 BDNF 对受损神经元的修复作用相对较显著^[8,9]。

相关文献报道,BDNF 不仅在发育中的脊髓组织中有表达,而且随着脊髓发育进展,其阳性细胞数量不断增多;通过对 SCI 模型观察后发现,脊髓受损刺

激能迅速加强机体神经元可塑性,在 NTFs 等多种细胞因子作用下,通过生长出轴突、树突等保护神经细胞,帮助神经细胞修复及再生^[10]。本研究也观察到类似结果,如模型组大鼠制模后虽然未给予特殊处理,但其 BBB 评分、BDNF 及受体 TrkB 阳性表达均随时间进展而逐渐增加,推测这可能是机体对 SCI 刺激作出的应答反应,同时也是机体神经系统的一种自我保护机制;但机体的这种自然恢复功能作用有限,尚不能使大量受损神经细胞存活、修复、再生^[11],因此临床迫切需要某种外界因素来充分激发机体这种保护机制,以尽可能促进受损神经功能恢复。

康复训练是提高机体 BDNF 表达、促进肢体功能恢复的有效方法之一。有研究发现大鼠遭脊髓半横断损伤后,其损伤病灶部位 BDNF 水平较正常组明显降低,若给予大鼠转轮运动训练后,则能有效抑制 BDNF 下降,使损伤病灶部位 BDNF 水平显著高于对照组^[12];同时运动训练还有助于 SCI 大鼠神经元反应结合蛋白 (cAMP-response element binding protein, CREB) 及突触蛋白 I 表达水平正常化,对促进大鼠神经功能恢复具有重要意义^[13]。本实验结果表明,康复训练组大鼠 BDNF、TrkB 阳性表达及 BBB 评分均显著优于模型组 ($P < 0.05$),与上述研究结果类似,进一步证明康复训练能激发 SCI 大鼠 BDNF 及 TrkB 表达,从而促进神经运动功能改善。

目前有大量学者研究后发现,针刺能有效抑制 SCI 后早期脊髓血流量下降,改善脊髓微循环,促进 SCI 后神经功能恢复^[14]。电针督脉具有针刺和电场双重作用,可改善损伤局部血液微循环、促进脑脊液流动,减轻 SCI 后水肿及血肿压迫、粘连,从而抑制脊髓继发性损伤,相关作用机制包括:①电针通过刺激大量神经细胞及上下行神经纤维,使残留的处于抑制状态的神经组织解除抑制,恢复正常功能,同时还能加速尚未完全变性的受损神经元恢复;②电针能调节脊髓植物神经功能,改善局部组织血液循环及营养代谢,促进脑脊液流动,减轻病灶部位粘连、水肿;③电针能激活细胞线粒体酶活性,恢复神经内外电压梯度,诱导神经轴突生长^[15]。本研究结果表明,电针组

大鼠肢体 BBB 评分明显优于模型组,且随着时间进展,其神经功能呈进行性改善,与之前报道结果基本一致^[14-17]。

为进一步提高疗效,本研究联合治疗组大鼠同时辅以电针督脉及康复训练,发现制模后第 4 周及第 8 周时该组大鼠肢体运动功能、BDNF 及受体 TrkB 阳性表达均显著优于电针组及康复训练组,提示电针联合康复训练对 SCI 大鼠神经功能恢复具有协同作用,推测大鼠神经功能恢复可能与上调 BDNF 及其受体 TrkB 阳性表达有关。至于上述疗法通过何种方式激活保护性神经营养因子 BDNF 及其受体 TrkB 表达、迁徙、整合,如何促进神经再生及受损神经功能恢复,均有待后续研究进一步探讨。

参 考 文 献

- [1] Edgerton VR, Roy RR. Robotic training and spinal cord plasticity. *Brain Res Bull*, 2009, 78:4-12.
- [2] Ditunno J, Scivoletto G. Clinical relevance of gait research applied to clinical trials in spinal cord injury. *Brain Res Bull*, 2009, 78:35-42.
- [3] Dobkin B, Apple D, Barbeau H, et al. Weight supported treadmill vs over-ground training for walking after acute incomplete SCI. *Neurology*, 2006, 66:484-493.
- [4] 叶超群, 孙天胜, 蔡艳华, 等. 步行训练对不完全性脊髓损伤大鼠损伤部位周围组织可塑性的影响. *中华物理医学与康复杂志*, 2010, 32:645-648.
- [5] 李力燕, 戴萍, 王延, 等. 针刺对脊髓全横断 SD 大鼠 BDNF 基因表达的影响. *四川解剖学杂志*, 2007, 15:1-3.
- [6] 李忠仁. 实验针灸学. 北京: 中国中医药出版社, 2007:186-191.
- [7] Basso DM, Beattie MS, Bresnahan JC. A sensitive and reliable locomotor rating scale for open field testing in rats. *J Neurotrauma*, 1995, 12:1-21.
- [8] Barbacid M. The trk family of neurotrophin receptors. *Neurobiology*, 1994, 25:1386.
- [9] 张强, 廖维宏, 伍亚民, 等. 神经营养因子对大鼠损伤脊髓神经元的影响. *创伤外科杂志*, 2000, 2:45-47.
- [10] 王廷华, 冯忠堂, 邹晓莉, 等. BDNF 和 NT3 在鸡胚脊髓发育中的表达-免疫组织化学研究. *中国组织化学与细胞化学杂志*, 2000, 9:210.
- [11] Bregman BS, Coumans JV, Dai HN, et al. Transplants and neurotrophic factors increase regeneration and recovery of function after spinal cord injury. *Prog Brain Res*, 2002, 137:257-273.
- [12] Ying Z, Roy RR, Edgerton VR, et al. Exercise restores levels of neurotrophins and synaptic plasticity following spinal cord injury. *Exp Neurol*, 2005, 193:411-419.
- [13] Ying Z, Roy RR, Zhong H, et al. Brain-derived neurotrophic factor-exercise interactions in the recovery of symmetrical stepping after a cervical hemisection in rats. *Neuroscience*, 2008, 155:1070-1078.
- [14] 吴永刚, 孙忠人, 李晓艳, 等. 针刺对大鼠脊髓损伤血流量变化影响的研究. *中国中医药科技*, 1995, 2:14.
- [15] Dougherty KD, Dreyfus CF, Black IB. Brain-derived neurotrophic factor in astrocytes, oligodendrocytes, and microglia/macrophages after spinal cord injury. *Neurobiol Dis*, 2000, 7:574-585.
- [16] 邓娜, 高敏. 电针治疗脊髓损伤的基础理论研究. *甘肃中医*, 2009, 22:11-12.
- [17] Lovely RG, Gorgor RG, Roy RR, et al. Weight-bearing hind-limb stepping in treadmill-exercised adult spinal cats. *Brain Res*, 1990, 514:206-218.

(修回日期:2011-10-26)

(本文编辑:易 浩)

· 消息 ·

《中华物理医学与康复杂志》2012 年征订启事

《中华物理医学与康复杂志》是中华医学会主办的物理医学与康复(康复医学)专业的高水平学术期刊。本刊严格贯彻党和国家的卫生工作方针政策,本着理论与实践相结合、提高与普及相结合的原则,积极倡导百花齐放、百家争鸣;全面介绍物理治疗、物理医学与康复领域内领先的科研成果和新理论、新技术、新方法、新经验以及对物理因子治疗、康复临床、疗养等有指导作用,且与康复医学密切相关的基础理论研究,及时反映我国康复治疗、物理医学与康复、康复医学的重大进展;同时密切关注国际康复医学发展的新动向,促进国内外物理治疗、物理医学与康复的学术交流。

《中华物理医学与康复杂志》为月刊,大 16 开,内芯 80 页码,中国标准刊号:ISSN 0254-1424 CN 42-1666/R,邮发代号:38-391,每月 25 日出版;每册定价 15 元,全年 180 元整。热忱欢迎国内外物理治疗、物理医学与康复、康复医学领域以及神经内科、神经外科、骨科等相关科室的各级医务工作者踊跃订阅、投稿。订购办法:①邮局订阅:按照邮发代号 38-391,到全国各地邮局办理订阅手续。②直接订阅:通过邮局汇款至《中华物理医学与康复杂志》编辑部订购,各类订户汇款时务请注明所需的杂志名称及年、卷、期、册数等。编辑部地址:430030 武汉市解放大道 1095 号同济医院内《中华物理医学与康复杂志》编辑部;电话:(027)83662874;传真:(027)83663264;E-mail:cjpmr@tjh.tjmu.edu.cn;杂志投稿网址:www.cjpmr.cn。