

- [32] HACKETT M L, PICKLES K. Part I: frequency of depression after stroke: an updated systematic review and meta-analysis of observational studies [J]. *Int J Stroke*, 2014, 9 (8): 1017-1025.
- [33] AFTYKA J, STASZEWSKI J, DEBIEC A, et al. Heart rate variability as a predictor of stroke course, functional outcome, and medical complications: A systematic review [J]. *Front Physiol*, 2023, 9 (14): 1115164.
- [34] QU Y, YANG Y, SUN X, et al. Heart Rate Variability in Patients with Spontaneous Intracerebral Hemorrhage and its Relationship with Clinical Outcomes [J]. *Neurocritical Care*, 2023, 29: 1-12.
- [35] HE L, WANG J, ZHANG L, et al. Admission Heart Rate Variability Is Associated With Post-stroke Depression in Patients With Acute Mild-Moderate Ischemic Stroke [J]. *Frontiers in psychiatry*, 2020, 11: 696.
- [36] LEE Y, WALSH R J, FONG M W M, et al. Heart rate variability as a biomarker of functional outcomes in persons with acquired brain injury: Systematic review and meta-analysis [J]. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2021, 131: 737-754.
- [37] 李宇航. 针刺本神穴透头临泣穴对卒中后抑郁患者心率变异性的影响 [D]. 哈尔滨: 黑龙江中医药大学, 2023.
- [38] SHI J T, CAO W Y, ZHANG X N, et al. Local analgesia of electroacupuncture is mediated by the recruitment of neutrophils and released β -endorphins [J]. *Pain*, 2023, 164 (9): 1965-1975.
- [39] DÍAZ-TORAL L G, BANDERAS-DORANTES T R, RIVAS-VILCHIS J F, et al. Impact of Electroacupuncture Treatment Quality of Life and Heart Rate Variability in Fibromyalgia Patients [J]. *J Evid Based Complementary Altern Med*, 2017, 22 (2): 216-222.
- [40] 蔡光先, 廖亮英, 宁泽璞, 等. 类风湿性关节炎 [J]. *湖南中医杂志*, 2011 (3): 120-122.
- [41] 唐晨, 姜志坚, 彭丽岚. 细银质针疗法对类风湿性关节炎患者的临床疗效及心率变异性和自主神经功能的影响 [J]. *中国疗养医学*, 2018, 27 (1): 33-34.
- [42] 戴跃龙, 李方洁, 杨阳. 气阴两虚证(冠心病、糖尿病)心率变异性时域指标研究 [J]. *黑龙江中医药*, 2009, 38 (6): 4-5.
- [43] 宋燕娟, 梁凤霞, 王华, 等. 针灸关元、足三里对气虚证心率变异性即时效应的影响 [J]. *中国针灸*, 2020, 40 (10): 1047-1051.
- [44] 李桐, 王华, 吴松, 等. 针刺足三里、关元对气虚证患者心率变异性的影响 [J]. *中医杂志*, 2022, 63 (12): 1149-1154.

[文章编号] 1007-0893(2023)20-0132-05

DOI: 10.16458/j.cnki.1007-0893.2023.20.040

电针促进周围神经损伤再生机制的研究进展

张丽美 潘力孜 李一明*

(深圳市第二人民医院, 广东 深圳 518000)

[摘要] 作为再生能力最差的组织之一, 神经损伤后的修复是目前临床上治疗的重大难题。大量的试验和临床研究表明, 电针对于周围神经损伤后运动和感觉功能的恢复有比较满意的疗效。本研究通过查阅大量文献, 回顾近几年国内外关于电针治疗周围神经损伤(PNI)的机制研究, 发现电针主要是通过促进施旺细胞再生分化、促进血管重建、抑制失神经的肌肉萎缩以及减轻炎症反应等方面来达到促进神经再生的目的。

[关键词] 周围神经损伤; 电针; 再生机制

[中图分类号] R 651.3 [文献标识码] A

[收稿日期] 2023-08-12

[基金项目] 深圳市科技计划项目(JCYJ20190806162205278); 2022年全国名老中医药专家传承工作室建设项目(1041029)

[作者简介] 张丽美, 女, 副主任医师, 主要从事针灸临床工作。

[*通信作者] 李一明 (E-mail: lymm8888@126.com; Tel: 13923722118)

Progress Research on the Mechanism of Electroacupuncture Promoting Regeneration of Peripheral Nerve Injury

ZHANG Limei, PAN Litao, LI Yiming*

(Shenzhen Second People's Hospital, Guangdong Shenzhen 518000)

[Abstract] As one of the tissues with the worst regeneration ability, the repair after nerve injury is a major problem in clinical. A large number of experimental and clinical studies have shown that electroacupuncture has a satisfactory effect on the recovery of motor and sensory functions after peripheral nerve damage. By consulting a large number of literatures, this paper reviews the research on the mechanism of electroacupuncture in the treatment of peripheral nerve injury (PNI) in recent years. It is found that electroacupuncture mainly promotes nerve regeneration by promoting Schwann cell regeneration and differentiation, promoting vascular reconstruction, inhibiting denervated muscle atrophy and reducing inflammatory response.

[Keywords] Peripheral nerve injury; Electroacupuncture; Mechanism of regeneration

周围神经损伤(peripheral nerve injury, PNI)是因为各种直接、间接的原因导致周围神经的主干或者是分支受损,从而出现躯干或是肢体的运动、感觉或者自主神经功能异常的一种临床病症。临床中多见于外伤、分娩和不当运动等造成的切割伤、挤压伤和牵拉伤等。在多发损伤的患者中,PNI的发生率约占0.8%,其中臂丛神经受累最多见,可以达到5%^[1]。严重的PNI可以出现运动或者感觉的功能障碍,使患者的生活和工作质量受到严重影响,而且因外伤导致的神经损伤是目前青壮年最常见的致残原因。随着我国经济的快速发展,交通、生产事故等意外性创伤促使PNI患者的数量逐年增加。在我国,大约有1000万群体遭受着PNI所带来的病痛,更为严重的是,PNI患者的数量以每年200万人口在增加^[2]。

与中枢神经系统相比,周围神经具有一定的再生和修复能力。然而,由于再生的神经很容易被周围损伤疤痕阻断,使得再生的轴突分散形成神经瘤,从而影响了周围神经的修复,所以周围神经的再生效能比较低。因此,如何尽快修复受损的神经功能,防止失神经支配组织的肌肉萎缩,恢复身体的运动和感觉功能,是目前国内外研究的热点和前沿。PNI患者再生和修复的关键是使运动、感觉和自主神经纤维和支配的肌肉、组织和感受器等相关的靶器官重新产生链接^[3]。然而,目前神经修复的相关技术还不能完全恢复损伤神经的功能,同时会出现神经缺损的现象,这些都是治疗PNI的技术难点。目前自体神经移植、神经吻合术和神经套管显微外科手术,种子细胞移植,神经生长因子等药物已在临床中大量使用,然而这些对于神经功能的恢复仍不太理想^[4]。神经修复是一个漫长而复杂的过程,上述的疗法的并发症较多,神经往往还没有和支配的肌肉建立连接就已经出现了肌肉不同程度的萎缩,对患肢功能的恢复极其不利^[5]。

针刺治疗疾病是通过刺激人体的经络、腧穴从而发挥调节气血的治疗作用。目前,世界卫生组织认可的

针灸的适应证已经由50年代的200多种,上升到300多种。PNI是针灸疾病谱中的第三大适应证^[6]。电针疗法是中医用来防治疾病的最常见疗法之一。将毫针刺入人体腧穴,使之得气,在针柄上连接脉冲生物微电流,将电流刺激和针刺刺激进行结合,以达到激发人体正气的作用。和常规针刺比较,电针疗法刺激强度均匀、操作简单可控、持续时间较长,在临床和科研工作中得到了比较广泛的应用。对于PNI患者而言,电针治疗能改善损伤的神经支配区域的肌力,促进肢体功能的恢复。电针治疗作为PNI的替代疗法之一,其治疗后的皮质重塑作用已经被证实^[7]。但是对于电针有效的机制目前尚无统一的定论。笔者通过查阅文献,特将电针促进PNI修复的机制进行综述,以期为以后的研究提供相应的依据。

1 电针促进神经损伤后雪旺细胞的增殖和分化

雪旺细胞是一种特有的存在于周围神经的神经胶质细胞。雪旺细胞沿着神经元的突起分布,而且包绕着神经轴突,因此又被称为神经膜细胞。PNI后,其远端会发生华勒变性,神经的修复和轴突的成功再生以及生长的微环境密切相关,而雪旺氏细胞的增殖和分化在神经的损伤修复中起着非常重要的作用^[8]。雪旺细胞膜上的钙黏蛋白1(cadherin1, CDH1)作为黏附蛋白可以协调多个通路来共同完成这个过程。而电针可以通过调控CDH1相关机械传导途径,直接激活河马信号通路(hippo signal pathway, HIPPO)、RAS相关蛋白1(RAS-associated protein 1, RAP1)信号通路,促使雪旺细胞表达抗凋亡以及促增殖的基因,从而增强雪旺细胞的增殖、迁移和分化^[9]。何青璇等^[10]以坐骨神经损伤大鼠为模型,观察电针治疗对大鼠L4~L5脊神经节神经细胞黏附因子(neural cell adhesion molecule, NCAM)和睫状神经营养因子(ciliary neurotrophic factor, CNTF)表达的影响。采用2 Hz电针针刺环跳穴和委中穴,结果显示,电针治疗可以有效地促进损伤区域雪旺细胞的增殖和分化,促进CNTF、NCAM的表达,有助于神经轴突的再生和修复。

雪旺细胞已被证明可以通过分泌神经营养因子并产生细胞外基质和细胞黏附分子来诱导、刺激和调节轴突再生和髓鞘的形成^[11]。再生过程中,雪旺氏细胞迅速向远端转移,只有部分雪旺氏细胞表达S100阳性。而S100蛋白在损伤远端形成的雪旺细胞中大部分呈阳性表达。电针可以促进坐骨神经损伤大鼠的S100蛋白的表达和神经生长因子的分泌,促进损伤神经的再生。且把从电针干预的大鼠坐骨神经损伤模型中分离出的血清作用到体外培养的雪旺细胞中,可以促进雪旺细胞的增殖^[12]。而雪旺细胞的增殖分化和神经生长因子的分泌可能是电针促进神经再生的机制之一^[13]。张微等^[14]也采用电针治疗来观察面神经损伤大鼠的功能修复情况,发现电针不仅可以促进雪旺细胞的数量上的增加,同时还可以改善损伤后雪旺细胞的超微结构。电针治疗后由雪旺细胞构成的髓鞘较损伤时结构完整,雪旺细胞的形态逐渐恢复正常,含有丰富的细胞器。LIU等^[15]发现,在坐骨神经损伤大鼠模型中,电针可增强miR-21的表达,促进雪旺细胞分泌外泌体,而过度表达的外泌体具有促进神经功能恢复的能力。同时电针还能促进髓鞘碱性蛋白(myelin basic protein, MBP)基因的转录和表达,增加MBP合成,从而增强髓鞘的再生能力^[16]。

2 电针促进损伤神经周围侧支循环的再生和血管重建

神经损伤后,局部血液循环的好坏对神经的再生有着非常重要的意义。早在胚胎的发育阶段,神经和血管的再生同时进行分化生长,导向靶器官。神经内的血管能够为周围神经提供营养物质和氧气的支持,有助于其神经功能的支持和损伤后的再生。良好的血运情况可以为神经修复提供一个稳定的微环境,例如各种营养物质和神经再生因子等^[17]。目前发现,血管的再生和许多细胞因子相关,包括碱性成纤维细胞生长因子(fibroblast growth factor, FGF)、血管内皮生长因子(vascular endothelial growth factor, VEGF)、血管生成素、脑源性神经营养因子(brain-derived neurotrophic factor, BDNF),活性氧(reactive oxygen, ROS)、神经生长因子(nerve growth factor, NGF)等^[18]。VEGF既可以使缺血性损伤后的血管再生,还可以改善损伤组织的缺氧情况,调节神经组织的血流量,同时可以和相关受体直接起到神经保护的功能。目前发现,VEGF有多种形式,广泛在多种组织中表达,如神经、皮肤、内皮等^[19]。无论是在生理还是病理状态下,VEGF对于调节微血管的通透性都起着重要作用^[20]。电针在控制性卵巢过度刺激(ovarian hyperstimulation, COH)的研究^[21]中发现,电针可以促进血管内皮生长因子受体(vascular endothelial

growth factor receptor, VEGFR)、磷脂酰肌醇3-激酶(phosphatidylinositol 3-kinase, PI3K)、磷酸化AKT蛋白(phosphorylated AKT protein, p-AKT)和磷酸化细胞外信号调节激酶(phosphorylated extracellular signal-regulated kinases, p-ERK)蛋白表达水平、胚胎数量和子宫内膜微血管密度均显著降低。电针可通过激活VEGFR/PI3K/AKT和VEGFR/ERK信号通路促进COH大鼠胚胎着床,而VEGFR/PI3K/AKT和VEGFR/ERK信号通路与子宫内膜血管生成呈正相关。电针可有效促进脑梗死大鼠模型梗死侧和非梗死侧局部脑血流量,增加梗死灶凝血集素和血管数量,上调血管性血友病因子和细胞增殖标志物Ki67表达,降低神经严重程度评分^[22]。谢宸宸^[23]认为电针之所以可以促进大脑皮质缺血区域的血管再生修复,可能是激活了骨髓PI3K/AKT通路,增加AKT的磷酸化程度,促进骨髓p-AKT的表达,同时下调骨髓中重组人基质细胞衍生因子-1 α (stromal cell-derived factor-1 alpha, SDF-1 α)表达,但使外周血、大脑皮质缺血区SDF-1 α 表达上调,促进CD34+VEGFR+内皮祖细胞(endothelial progenitor cells, EPCs)、CD34+EPCs从骨髓动员到外周血,以增加骨髓、外周血CD34+VEGFR+EPCs、CD34+EPCs的数量,从而促进大脑皮质缺血区CD34和VEGFR的表达及上调CD34+VEGFR+血管数量。

3 电针抑制失神经支配的肌肉萎缩,改善感觉和运动功能

PNI后,局部的雪旺细胞被激活,分泌多种内分泌因子,促进神经轴突的再生,重新和靶器官形成链接。而损伤局部出现的炎症反应、微循环障碍会延迟再生神经纤维与靶器官肌肉组织建立突触联系的时间,导致不可逆性的肌萎缩,从而丧失运动功能^[24]。所以,周围神经损伤再生和修复的关键是使再生的运动、感觉及自主神经纤维与支配的肌肉、组织及感受器等相应靶器官重新形成链接^[3]。佟帅等^[25]采用电针治疗坐骨神经损伤大鼠模型,观察电针对于PNI大鼠运动终板的影响,研究表明,电针可以改善坐骨神经损伤后运动终板的微观结构和促进突触后膜形态的恢复,从而促进周围神经的再生和改善运动功能。LI等^[26]观察电针联合甲基强的松龙(methylprednisolone, MP)是否促进脊髓损伤(spinal cord injury, SCI)大鼠神经纤维再生和功能恢复。通过免疫荧光染色计算神经纤维的数量来评估神经再生情况,Berg平衡量表(berg balance scale, BBS)评分和神经电生理检测评估运动功能,结果显示电针可以更好地促进神经的再生和运动功能的恢复,且这种运动是持续的。除了促进神经支配区域的运动功能外,电

针同时可以改善神经损伤后的感觉障碍,包括疼痛、麻木、感觉过敏等异常^[27]。霍金等^[28]观察温针联合电针齐刺环跳穴治疗干性坐骨神经痛的疗效,结果显示电针治疗效果良好,而且具有迅速镇痛、无明显不良反应的优势,患者的生活质量得到明显改善。赵丹丹等^[29]采用电针“足三里”“阳陵泉”穴治疗失神经支配肌肉萎缩的大鼠,2周后,电针组大鼠术侧的腓肠肌肌纤维横截面积和直径较模型组均增高,说明电针可以有效的抑制失神经支配的肌肉萎缩速度。3周后,两组大鼠术侧腓肠肌中的Myod1、Myog的mRNA的表达均明显升高,而电针组显著高于对照组,说明电针可能是通过调控Myod1、Myog的表达来实现抑制坐骨神经损伤后的肌萎缩。

4 电针抑制损伤区域的炎症反应

电针作为一种非侵入性的治疗,已经被证实对多种疾病都有明显的抗炎作用^[30-31]。炎症反应在脊髓损伤的众多病理机制研究中起着核心作用,被认为是导致继发性神经损伤的主要原因^[32]。在炎症的微环境中,损伤区域内的胶质细胞大量聚集,同时大量分泌细胞炎症反应基质,形成瘢痕,使神经元再生及神经功能恢复受阻。因此在神经损伤早期,抑制炎症反应是神经恢复的关键^[33]。电针可以有效的抑制神经损伤区域的炎症反应,减少炎症因子的释放,促进神经损伤后的修复^[34]。核因子 κ B (nuclear factor kappa-B, NF- κ B)是一种可以调控多种致炎细胞因子及炎症介质表达的转录因子。核转录因子 κ B的转录调节序列对诱导疾病的炎症反应、免疫反应发挥着重要作用。在众多疾病中,炎症反应都发挥着重要的作用,而电针可以通过下调NF- κ B转录因子的表达来达到治疗疾病的作用。HE等^[35]采用不同频率电针针刺环跳穴来观察电针对于坐骨神经损伤大鼠模型的治疗作用。结果提示,和空白组相比,电针可以有效的改善坐骨神经损伤大鼠模型的坐骨神经功能指数,促进神经恢复,并可以有效的抑制NF- κ B蛋白的表达,减少炎症因子重组人白细胞介素-1 β (IL-1 beta protein, IL-1 β)、IL-8、肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor- α , TNF- α)的释放。和100 Hz电针相比,2 Hz电针的疗效更加,炎症因子的表达下调更明显。顺铂化疗可导致周围神经病变(peripheral neuropathy, CIPN),引起麻木和疼痛症状。神经元G蛋白偶联受体激酶2 (neuronal G protein-coupled receptor kinase 2, GRK2)在多种疼痛模型中发挥重要作用。研究表明,电针可以促进神经元GRK2表达,而GRK2过表达可以显著抑制顺铂诱导的促炎细胞因子IL-1 β 、IL-6、诱导型一氧化氮合酶(inducible nitric oxide synthase, iNOS)和M1小胶质细胞分化标记簇CD16的mRNA上调,抑制炎症反应,改善疼痛和麻木

症状。说明脊髓神经元GRK2参与了电针对CIPN的预防作用。神经元GRK2可能是CIPN干预的潜在靶点^[36]。

5 总结

电针对PNI有独特疗效,能明显促进雪旺细胞的增殖分化以及分泌相关的神经因子,促进损伤区域的血管再生、改善血液循环,抑制局部炎症反应,阻止失神经支配区域肌肉的萎缩而改善PNI引起的疼痛和肢体运动障碍等症状,促进周围神经的修复与再生。PNI的治疗效果和多种因素相关,包括损伤部位、损伤程度、损伤种类等,要更好的提高PNI的临床疗效,就需要弄清楚PNI发生的机制和可能起作用的治疗靶点。希望以后能够有更多的研究可以弄清电针治疗PNI的机制,从而提高临床疗效,更好的促进神经损伤的修复,改善患者的生活质量。

[参考文献]

- [1] NOBLE J, MUNRO C A, PRASAD V S, et al. Analysis of upper and lower extremity peripheral nerve injuries in a population of patients with multiple injuries [J]. J Trauma, 1998, 45 (1): 116-122.
- [2] ZHANG P X, YIN X F, KOU Y H, et al. Neural regeneration after peripheral nerve injury repair is a system remodelling process of interaction between nerves and terminal effector [J]. Neural Regeneration Research, 2015, 10 (1): 52.
- [3] HOPKINS T M, LITTLE K J, VENNEMEYER J J, et al. Short and long gap peripheral nerve repair with magnesium metal filaments [J]. J Biomed Mater Res A, 2017, 105 (11): 3148-3158.
- [4] LURIA S, WAITAYAWINYU T, CONNIFF J, et al. Glatiramer acetate immune system augmentation for peripheral nerve regeneration in rat crushed sciatic nerve model [J]. J Bone Joint Surg Am, 2010, 92 (2): 396-403.
- [5] 张升波, 刘海飞, 陈峰, 等. 周围神经损伤修复和治疗研究进展 [J]. 中华显微外科杂志, 2016, 39 (2): 204-208.
- [6] 李希贤, 徐彦龙. 现代针灸疾病谱的研究现状分析 [J]. 上海针灸杂志, 2022, 42 (6): 653-657.
- [7] WU J J, LU Y C, HUA X Y, et al. Cortical remodeling after electroacupuncture therapy in peripheral nerve repairing model [J]. Brain Research, 2018, 16 (90): 61-73.
- [8] 郭英, 范艳茹, 周慧芳, 等. 雪旺细胞对周围神经损伤修复的研究进展 [J]. 继续医学教育, 2019, 33 (1): 113-115.
- [9] 赵阳, 马铁明. 基于雪旺细胞机械生物学探讨针刺在神经修复中的作用机制 [J]. 中医药临床杂志, 2022, 34 (1): 11-15.
- [10] 何青璇, 赵硕, 陈怡然, 等. 针刺环跳和委中对坐骨神经损伤大鼠L4-L5脊神经节雪旺细胞、NCAM及CNTF表达的影响 [J]. 中华中医药杂志, 2021, 36 (8): 4947-

- 4950.
- [11] MADDURI S, GANDER B. Schwann cell delivery of neurotrophic factors for peripheral nerve regeneration [J]. *J Peripher Nerv Syst*, 2010, 15 (2): 93-103
- [12] 邵水金, 单宝枝, 张建华, 等. 电针血清对雪旺细胞增殖的影响 [J]. *上海针灸杂志*, 2000 (S1): 58-60, 92.
- [13] HULN, TIAN J X, Gao W, et al. Electroacupuncture and moxibustion promote regeneration of injured sciatic nerve through Schwann cell proliferation and nerve growth factor secretion [J]. *Neural Regeneration Research*, 2018, 13 (3): 477-483.
- [14] 张微, 孙运花, 史庆卫, 等. 电针对面神经损伤兔面神经超微结构的影响 [J]. *针刺研究*, 2012, 37 (4): 296-301.
- [15] LIU Y P, YANG Y D, MOU F F, et al. Exosome-Mediated miR-21 Was Involved in the Promotion of Structural and Functional Recovery Effect Produced by Electroacupuncture in Sciatic Nerve Injury [J]. *Oxid Med Cell Longev*, 2022, 29: 7530102.
- [16] 刘玉璞, 杨溢铎, 赵恬田, 等. 基于调节外泌体释放电针对大鼠坐骨神经损伤后功能恢复的影响 [J]. *中国中医药信息杂志*, 2021, 28 (2): 49-53.
- [17] 袁一鸣. 夹脊电针结合神经松动术对坐骨神经损伤后 VEGF、CD34 表达及血神经屏障的影响 [D]. 哈尔滨: 黑龙江中医药大学, 2020.
- [18] 张娟, 赵路清, 胡风云, 等. 脑梗死血管再生相关指标研究进展 [J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2019, 17 (22): 3537-3540.
- [19] BATES D O. Vascular endothelial growth factors and vascular permeability [J]. *Cardiovasc Res*, 2010, 87 (2): 262-271.
- [20] BAIREY O, ZIMRAY, SHAKLAI M, et al. Bcl-2 expression correlates positively with serum basic fibroblast growth factor (bFGF) and negatively with cellular vascular endothelial growth factor (VEGF) in patients with chronic lymphocytic leukaemia [J]. *Br J Haematol*, 2001, 113 (2): 400-406.
- [21] CHEN W, CHEN J, XU M H, et al. Electroacupuncture facilitates implantation by enhancing endometrial angiogenesis in a rat model of ovarian hyperstimulation [J]. *Biol Reprod*, 2019, 100 (1): 268-280.
- [22] CAI L, YAO Z Y, YANG L, et al. Mechanism of Electroacupuncture Against Cerebral Ischemia-Reperfusion Injury: Reducing Inflammatory Response and Cell Pyroptosis by Inhibiting NLRP3 and Caspase-1 [J]. *Front Mol Neurosci*, 2022, 15: 822088.
- [23] 谢宸宸. 电针动员局灶脑缺血 / 再灌注大鼠髓内皮祖细胞归巢并参与脑内血管再生的机制研究 [D]. 重庆: 重庆医科大学, 2014.
- [24] 钟声, 章明星, 刘建卫, 等. 电针治疗失神经肌萎缩机制研究进展 [J]. *中国中医药现代远程教育*, 2018, 16 (19): 146-147.
- [25] 佟帅, 王胜, 孙忠人, 等. 针刺疗法对大鼠坐骨神经损伤后运动终板的影响 [J]. *中国康复医学杂志*, 2007, 22 (6): 533-534, 479.
- [26] LI Y F, LI T, ZHANG D W, et al. The Comprehensive Therapy of Electroacupuncture Promotes Regeneration of Nerve Fibers and Motor Function Recovery in Rats after Spinal Cord Injury [J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2018, 2018: 7568697.
- [27] 杜振峰, 李蕊. 运动疗法联合电针治疗对桡神经损伤修复术后功能康复的效果观察 [J]. *感染、炎症、修复*, 2020, 21 (3): 187-188.
- [28] 霍金, 赵同琪. 温针结合电针齐刺环跳穴为主治疗干性坐骨神经痛临床观察 [J]. *中国针灸*, 2021, 41 (3): 275-278.
- [29] 赵丹丹, 唐成林, 黄思琴, 等. 电针干预对失神经肌萎缩大鼠肌卫星细胞分化及肌纤维类型转化的影响 [J]. *针刺研究*, 2019, 44 (1): 37-42.
- [30] SALAZAR T E, RICHARDSON M R, BELI E, et al. Electroacupuncture Promotes Central Nervous System-Dependent Release of Mesenchymal Stem Cells [J]. *Stem Cells*, 2017, 35 (5): 1303-1315.
- [31] ZHAN J, QIN W Y, ZHANG Y, et al. Upregulation of neuronal zinc finger protein A20 expression is required for electroacupuncture to attenuate the cerebral inflammatory injury mediated by the nuclear factor-kB signaling pathway in cerebral ischemia/reperfusion rats [J]. *J Neuroinflammation*, 2016, 13 (1): 258.
- [32] ANWAR M A, AL SHEHABI T S, EID A H. Inflammogenesis of Secondary Spinal Cord Injury [J]. *Front Cell Neurosci*, 2016, 10 (1): 1-24.
- [33] 杨新利, 栾春红, 汪永华. 电针联合 BMSCs 移植对脊髓损伤大鼠模型炎症反应和损伤组织神经营养因子表达水平的影响 [J]. *四川中医*, 2018, 36 (11): 51-55.
- [34] CHAM H, BAI S J, LEE K H, et al. Acute electroacupuncture inhibits nitric oxide synthase expression in the spinal cord of neuropathic rats [J]. *Neurological research*, 2010, 32 (Suppl 1): 96-100.
- [35] HE Q X, PAN S T, CHEN Y R, et al. Lower frequency electroacupuncture is better in promoting recovery of limb locomotion in rats with sciatic nerve injury by reducing local inflammatory reaction [J]. *Acupuncture Research*, 2019, 44 (8): 571-576.
- [36] MA X, CHEN Y, LI X C, et al. Spinal Neuronal GRK2 Contributes to Preventive Effect by Electroacupuncture on Cisplatin-Induced Peripheral Neuropathy in Mice [J]. *Anesth Analg*, 2022, 134 (1): 204-215.