

移植坐骨神经大鼠相应背根神经节中生长相关蛋白43的表达☆

赵东波, 孙鸿斌, 李强, 崔树森

Expression of growth associated protein 43 at the corresponding dorsal root ganglia following sciatic nerve transplantation in rats

Zhao Dong-bo, Sun Hong-bin, Li Qiang, Cui Shu-sen

Abstract

BACKGROUND: Following peripheral nerve transplantation, the time phases and law of growth associated protein 43 (GAP-43) expression in sensory neuron soma of the corresponding dorsal root ganglia remain unclear.

OBJECTIVE: To investigate the expression of GAP-43 at the corresponding dorsal root ganglia following sciatic nerve transplantation in rats.

METHODS: Adult male Wistar rats were randomly divided into 2 groups: control group (sham-operated group) and experimental group (nerve transplantation group). The rats were killed at 3 days, 1, 2, 4, 6, and 8 weeks after operation and the dorsal root ganglia L₄₋₅ of every rat was taken for observation. The expression of GAP-43 mRNA and protein in the corresponding segments of spinal cord were detected by RT-PCR and Western-blot techniques.

RESULTS AND CONCLUSION: GAP-43 mRNA showed a low level of expression in the control group, which had no obvious changes in different phases. In the experimental group, GAP-43 mRNA expression was observed remarkably in the dorsal root ganglia at the first week, reached a peak at the second week and gradually descended from the sixth week. The GAP-43 protein expression showed the same laws as that of GAP-43 mRNA. The results demonstrated that there exists damage reactivity change in the regeneration ability of neurons.

Zhao DB, Sun HB, Li Q, Cui SS. Expression of growth associated protein 43 at the corresponding dorsal root ganglia following sciatic nerve transplantation in rats. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2010;14(18): 3297-3300. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 周围神经移植后, 相应的背根神经节感觉神经元胞体内生长相关蛋白 43(GAP-43)表达的时程与规律尚未明确。

目的: 观察大鼠坐骨神经移植术后 GAP-43 在相应背根神经节中的表达变化。

方法: 取健康成年雄性 Wistar 大鼠, 随机分为 2 组, 对照组行假手术组; 实验组行坐骨神经移植, 分别于术后 3 d, 1, 2, 4, 6, 8 周 6 个时间点处死后取其手术侧 L₄-L₅ 背根神经节, 应用 RT-PCR 和 Western Blot 技术检测 GAP-43 mRNA 及其蛋白表达。

结果与结论: 对照组大鼠背根神经节中 GAP-43 mRNA 表达量较低, 且随时间无明显改变; 实验组术后 1 周时 GAP-43 mRNA 在相应背根神经节中即有表达增强, 2 周时达到高峰, 6-8 周表达逐渐减弱。两组大鼠背根神经节中 GAP-43 蛋白与 GAP-43 mRNA 表达的变化规律相同。结果表明神经损伤后相应神经元的再生能力存在损伤反应性变化。

关键词: 背根神经节; GAP-43; 周围神经; 损伤; 大鼠; 神经移植

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2010.18.016

赵东波, 孙鸿斌, 李强, 崔树森. 移植坐骨神经大鼠相应背根神经节中生长相关蛋白 43 的表达[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(18):3297-3300. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

0 引言

生长相关蛋白 43(growth associated protein 43, GAP-43) 是一种神经系统特异性的快速轴突转运胞膜磷脂酸蛋白, 是钙激活蛋白家族的一员^[1]。GAP-43 与神经系统的发育, 突触形成, 神经再生及神经的可塑性具有密切的关系^[2-10], 因此许多学者将其作为研究神经生长发育和损伤修复等神经可塑性的首选分子探针^[11-17]。周围神经损伤后, 相应的背根神经节感觉神经元胞体内 GAP-43 表达的时程与规律尚未明确。因此, 实验采用大鼠坐骨神经移植的动物模型, 通过反转录-聚合酶链反应

(reverse transcription-polymerase chain reaction, RT-PCR) 和 Western Blot 法检测 GAP-43 mRNA 及其蛋白在相应背根神经节中的表达变化, 以明确其变化的时程和规律。

1 材料和方法

设计: 随机对照动物实验。

时间及地点: 实验于 2009-06/12 在吉林大学酶工程国家重点实验室完成, 实验室生物安全防护 BSL-3。

材料: 清洁级健康雄性 Wistar 大鼠 60 只, 体质量 250~300 g, 由吉林大学动物实验中心提供, 许可证号: SCXK(吉)2007-0003。将大

Department of Hand Surgery, China-Japan Union Hospital, Jilin University, Changchun 130033, Jilin Province, China

Zhao Dong-bo☆, Studying for doctorate, Department of Hand Surgery, China-Japan Union Hospital, Jilin University, Changchun 130033, Jilin Province, China zdbzhs@126.com

Correspondence to: Cui Shu-sen, Professor, Doctoral supervisor, Department of Hand Surgery, China-Japan Union Hospital, Jilin University, Changchun 130033, Jilin Province, China sscui916@126.com

Received:2010-02-04
Accepted:2010-03-23

吉林大学中日联谊医院手外科, 吉林省长春市 130033

赵东波☆, 男, 1972 年生, 黑龙江省绥化市人, 汉族, 吉林大学中日联谊医院在读博士, 主要从事周围神经损伤与再生研究。zdbzhs@126.com

通信作者: 崔树森, 教授, 博士生导师, 吉林大学中日联谊医院手外科, 吉林省长春市 130033 sscui916@126.com

中图分类号:R617
文献标识码:A
文章编号:1673-8225
(2010)18-03297-04

收稿日期: 2010-02-24
修回日期: 2010-03-23
(20100204028/W·Z)

鼠随机分为对照组和实验组, 每组30只。各组按手术后3 d, 1, 2, 4, 6, 8 周分为6个时间点, 每个时间点每组各5只。实验过程中对动物的处置符合科学技术部2006年发布的《关于善待实验动物的指导性意见的要求》^[18]。

主要试剂及仪器:

主要试剂及仪器	来源
兔抗鼠GAP-43 抗体、驴抗兔IgG、DAB显色试剂盒	Santa Cruz公司
GAPDH、β-actin	Sigma公司
体积分数10%的水合氯醛	长春市军需大学兽医研究所
稳流电泳仪POWER PAC 200型	BIO-RAD公司
T-Gradient Thermoblock PCR仪	Biometra公司

实验方法:

模型制备与取材: 用体积分数为10%的水合氯醛3 mL/kg腹腔麻醉大鼠, 右侧臀部术区常规脱毛消毒, 做斜行切口, 切开皮肤, 钝性分离臀大肌, 显露坐骨神经。对照组暴露坐骨神经后逐层缝合皮肤。实验组分别于梨状肌下缘处及其以远15 mm处切断坐骨神经, 在12倍手术显微镜下, 两处断端用11-0无损伤线行外膜吻合, 制成长15 mm的神经移植模型, 见图1。

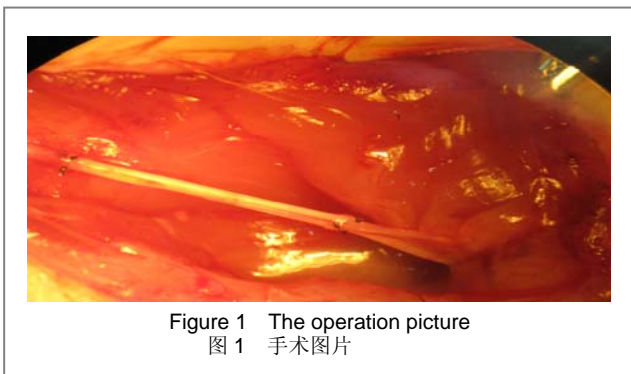


Figure 1 The operation picture
图1 手术图片

术后大鼠常规分笼饲养。分别于术后3 d, 1, 2, 4, 6, 8周6个时间点将每组5只大鼠腹腔麻醉后, 切取手术侧L₄₋₅背根神经节, 置液氮中备用。

RT-PCR法检测GAP-43 mRNA: 首先进行引物的合成, 按GAP-43基因序列, 由上海生物工程研究所合成两个寡核苷酸引物。分别取各时间点的背根神经节组织, 采用Trizol试剂提取总RNA, 以提取的总RNA为模板进行反转录制备cDNA库。以cDNA库为模板, 分别PCR扩增正常及损伤组织的GAP-43, 每个反应体系中均加入GAPDH的一对引物作为PCR扩增的内参, 以1.5%琼脂糖凝胶电泳检测GAP-43扩增产物和GAPDH扩增产物。应用凝胶图像分析系统对RT-PCR产物的电泳条带进行灰度分析。

引物序列:

GAP-43:

引物1: 5'-GCC ATA TGC TGT GCT GTA TGA GA-3'
引物2: 5' - TCA GGC ATG TTC TTG GTC A -3

GAPDH(甘油醛-3-磷酸脱氢酶)作为内参:

引物1: 5' - TCA CCA CCA TGG AGA AGG C-3
引物2: 5' - GCT AAG CAG TTG GTG GTG CA -3

Western blot法检测GAP-43蛋白: 快速将液氮中的组织取出, 放到研钵中研碎, 加入loading buffer后沸水煮样15 min, 离心后取上清液。加入RIPA裂解细胞, 分离提取蛋白。进行10%SDS-PAGE电泳。处理PDVF膜, 浸入兔抗鼠GAP-43抗体(用含1%BSA的PBS稀释1:1 000)中, 4 °C过夜, 0.01 mol/L PBS漂洗5 min×4次, 浸入二抗驴抗兔IgG(1:10 000)中, 室温1 h, 0.01 mol/L PBS漂洗5 min×4次, 按DAB显色试剂盒说明书操作显色, X射线胶片曝光, 然后进行条带扫描和分析。

主要观察指标: 应用RT-PCR技术检测GAP-43 mRNA表达; Western Blot技术检测GAP-43蛋白表达。

设计、实施、评估者: 实验设计实施是第一、四作者, 评估为第一至第四作者, 均经过系统训练, 未使用盲法评估。

统计学分析: 将RT-PCR 和 Western-blot条带扫描和分析, 计算灰度比值。形成的各组计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 采用SPSS 17.0版软件进行统计分析, 组间比较采用t 检验, P < 0.05为差异具有显著性意义。

2 结果

2.1 实验动物数量分析 实验选用大鼠60只, 分为两组, 无脱失, 全部进入结果分析。

2.2 两组大鼠背根神经节组织GAP-43 mRNA表达 RT-PCR的结果显示, 对照组大鼠背根神经节组织中GAP-43 mRNA所有时相均有表达, 但表达量较低, 且随时间无明显变化; 实验组在行坐骨神经移植术后, 其背根神经节中GAP-43 mRNA的表达量术后1周即增加, 至术后第2周时达到高峰, 4~6周仍有较高的表达, 6~8周表达逐渐下调, 见图2。

2.3 两组大鼠背根神经节组织GAP-43蛋白的表达 Western-blot结果显示, 不同时相大鼠背根神经节组织中GAP-43蛋白的表达变化与GAP-43mRNA的变化趋势具有一致性。见图3。

统计学分析表明, 术后1, 2, 4, 6, 8周时两种实验方法中实验组与对照组结果差异有显著性意义 (P < 0.05), 见表1, 表2。

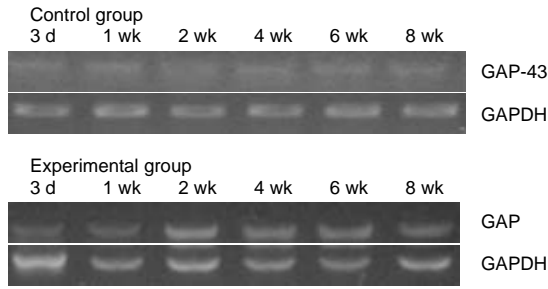


Figure 2 Electrophoretogram of growth associated protein 43 (GAP-43) mRNA in dorsal root ganglion at different time phases

图2 不同时间背根神经节中 GAP-43mRNA 表达的电泳图

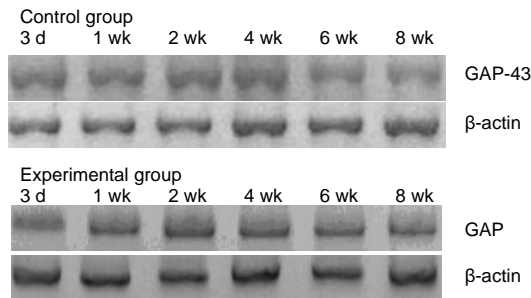


Figure 3 Electrophoretic band diagram of growth associated protein 43 (GAP-43) protein in dorsal root ganglion at different time phases

图3 不同时相背根神经节中 GAP-43 蛋白的电泳条带图

表1 不同时相背根神经节中 GAP-43 mRNA 的灰度比值
Table 1 The ratio of the grey level of growth associated protein 43 mRNA in dorsal root ganglion at different time phases ($\bar{x} \pm s, n = 5$)

Group	3 d	1 wk	2 wk
Control	0.687±0.002	0.684±0.030	0.680±0.011
Experimental	0.693±0.001	0.834±0.040	0.965±0.010
<i>t</i>	-5.376	-54.692 ^a	-59.835 ^a
Group	4 wk	6 wk	8 wk
Control	0.670±0.174	0.685±0.118	0.674±0.152
Experimental	0.935±0.038	0.911±0.076	0.791±0.038
<i>t</i>	-33.277 ^a	-36.124 ^a	-16.774 ^a

^a*P* < 0.05, vs. control group

表2 不同时相背根神经节中 GAP-43 蛋白的灰度比值
Table 2 The ratio of the grey level of growth associated protein 43 protein in dorsal root ganglion at different time phases ($\bar{x} \pm s, n = 5$)

Group	3 d	1 wk	2 wk
Control	0.715±0.002	0.714±0.034	0.689±0.047
Experimental	0.718±0.001	0.822±0.012	0.846±0.051
<i>t</i>	-2.530	-5.541 ^a	-39.460 ^a
Group	4 wk	6 wk	8 wk
Control	0.696±0.137	0.682±0.089	0.677±0.002
Experimental	0.832±0.087	0.767±0.191	0.755±0.003
<i>t</i>	-14.534 ^a	-7.020 ^a	-36.857 ^a

^a*P* < 0.05, vs. control group

3 讨论

神经缺损同手内在肌功能恢复、臂丛神经根性撕脱伤一样是至今尚未有效解决的难题^[19]。自体神经移植仍然是目前临床治疗的首选方法,也是其他研究周围神经缺损治疗方法的“金标准”^[20-21]。周围神经损伤虽位于轴突,但轴突损伤实质上是细胞损伤,必然影响相应的神经元胞体,而神经元的功能状态也必将会影响神经轴突的再生和功能恢复。研究周围神经再生和功能恢复的重点,已从以往单纯重视损伤局部的影响因素,拓展到神经胞体的功能状况、轴突再生的影响因素和效应器的潜能恢复等方面^[22]。因此,神经元胞体的变化对于自体移植促进神经再生具有更为重要的意义。

成熟神经元轴突的生长和突触的可塑性正常时处于抑制状态,当神经元形态结构发生改变时、或神经损伤后轴突再生和反应性突触形成时, GAP-43 的表达明显增加^[23-26]。许多学者在科学研究中都发现了这一现象。Jackman等^[27]报道, GAP-43 mRNA在脊髓背根神经节的发育过程中的表达变化和轴突生长同步。在胚胎第12天,轴突生长较快, GAP-43mRNA表达也强;随着神经元的发育日趋成熟,神经元间突触的广泛建立, GAP-43 mRNA的表达也随之减弱直至消失。Chong^[28]的研究也表明:在神经发生切断和挫裂伤时,脊髓相应节段的神经元及背根神经节中GAP-43 mRNA出现持续强烈表达。

因此,神经系统中GAP-43表达的变化可作为衡量周围神经损伤后再生能力的一项客观指标。本实验以自体神经移植作为对神经的损伤性刺激,采用RT-PCR和Western blot两种方法,分别从RNA及蛋白质水平证实大鼠坐骨神经切断移植后可以明显增强GAP-43在相应背根神经节感觉神经元胞体内的表达,并且该增强效应可以持续至8周以上的的时间。

实验中,作者进一步分析了坐骨神经移植术后背根神经节内GAP-43表达的时程变化规律。发现坐骨神经移植后, GAP-43 mRNA及其蛋白质在背根神经节感觉神经元胞体内的表达出现一次先增高后下降的过程,峰值出现在坐骨神经移植术后2周, 4~6周时仍有较高水平, 6~8周后表达逐渐下降。该结果表明神经受损伤后,处于生长抑制状态的神经轴突的延伸能力重新被激活,但这种能力在伤后6~8周后又逐步下降。Nicole等^[29]认为当再生神经纤维通过移植神经远端吻合口时,神经的再生能力已明显下降,周围的生长环境也对其再生产生较大影响,因此导致再生轴突很难达到靶器官。这与本实验结果所显示的神经损伤后再生能力的变化规律相符合。

目前研究表明GAP-43促进神经元生长的机制与其

磷酸化和去磷酸化密不可分^[30]。GAP-43在神经再生过程中的作用可能是靠改变G蛋白的活性影响轴突的生长。轴突生长锥内G蛋白反应可能导致产生抑制信号,抑制信号可以使轴突终末生长锥的生长停止。GAP-43和G蛋白反应位点具有交叉作用,其与G蛋白反应位点结合后,解除了抑制性信号,从而使神经轴突得以继续生长^[31]。然而,关于GAP-43激活及其发挥作用的确切机制仍需进一步的研究。

4 参考文献

[1] Luan YX,Zhang JT,Fu SL.Zhongguo Laonianxue Zazhi.2009; 29(16): 2129-2133.
栾永昕, 张剑涛, 付双林. 神经系统相关蛋白的研究进展[J]. 中国老年学杂志, 2009, 29(16): 2129-33.

[2] Krueger DD, Nairn AC. Expression of PKC substrate proteins, GAP-43 and neurogranin, is downregulated by cAMP signaling and alterations in synaptic activity. Eur J Neurosci. 2007;26(11): 3043-3053.

[3] Nozumi M, Togano T, Takahashi-Niki K, et al. Identification of functional marker proteins in the mammalian growth cone. Proc Natl Acad Sci U S A. 2009;106(40):17211-17216.

[4] Foscarin S, Gianola S, Carulli D, et al. Overexpression of GAP-43 modifies the distribution of the receptors for myelin-associated growth-inhibitory proteins in injured Purkinje axons. Eur J Neurosci. 2009;30(10):1837-1848.

[5] Sun YC,Li JJ,Gao LM, et al. Zhongguo kangfu Lilun Yu Shijian.2009; 15(6): 524-528.
孙迎春, 李建军, 高莉敏, 等. 不同穴位电针对大鼠脊髓损伤植入脐血干细胞后生长相关蛋白-43、髓磷脂碱性蛋白表达的影响[J]. 中国康复理论与实践, 2009, 15(6): 524-528.

[6] Xie X,Gao JX,Liu KJ, et al. Shangdong Daxue Xuebao(Yixue Ban), 2007, 45(5)474-477.
谢晓, 高建新, 刘敬敏, 等. 大鼠脊髓损伤后坐骨神经电生理学以及损伤脊髓GAP-43蛋白表达的变化[J]. 山东大学学报: 医学版, 2007, 45(5)474-477.

[7] Cheng JJ,Yang B,Li M.Kunming Yixueyuan Xuebao.2009;(1): 10-15.
程建军, 杨波, 李明. 大鼠脊髓挫伤后脊髓和骨骼肌中GAP-43的表达变化[J]. 昆明医学院学报, 2009, (1): 10-15.

[8] Yanagisawa H, Komuta Y, Kawano H, et al. Pleiotrophin induces neurite outgrowth and up-regulates growth-associated protein (GAP)-43 mRNA through the ALK/GSK3beta/beta-catenin signaling in developing mouse neurons. Neurosci Res. 2010; 66(1):111-116.

[9] Nguyen L, He Q, Meiri KF, et al. Regulation of GAP-43 at serine 41 acts as a switch to modulate both intrinsic and extrinsic behaviors of growing neurons, via altered membrane distribution. Mol Cell Neurosci. 2009; 41(1):62-73.

[10] Skene J HP. Axonal growth associated proteins. Annu Rev Neurosci. 1989; 12:127.

[11] Kaneda M, Nagashima M, Nunome T, et al. Changes of phospho-growth-associated protein 43 (phospho-GAP43) in the zebrafish retina after optic nerve injury: a long-term observation. Neurosci Res. 2008; 61(3):281-288.

[12] Sharma N, Marzo SJ, Jones KJ, et al. Electrical stimulation and testosterone differentially enhance expression of regeneration-associated genes. Exp Neurol. 2009 May 7.

[13] Xu JJ, Chen EY, Lu CL, et al. Recombinant ciliary neurotrophic factor promotes nerve regeneration and induces gene expression in silicon tube-bridged transected sciatic nerves in adult rats. J Clin Neurosci. 2009; 16(6):812-817.

[14] An L,Liu YG,Wang YQ. Heilongjiang Yiyao Kexue. 2009; 32(5):50-51.
安丽, 刘远光, 王玉清. 川芎嗪对外伤后视网膜神经节细胞的保护作用及视网膜GAP-43的表达[J]. 黑龙江医药科学, 2009, 32(5)50-51.

[15] Liu GY. Zhonghua Shenjing Waike Jibing Yanjiu Zazhi. 2008; 7(3): 223-226.
刘广义. 大鼠脑缺血再灌注损伤后GAP-43及IGF-1在神经系统中的表达[J]. 中华神经外科疾病研究杂志, 2008, 7(3): 223-226.

[16] Wang JM, Kong KM, Cui HZ, et al. Guangdong Yixue. 2007; 28(1): 40-41.
汪吉明, 孔抗美, 崔华中, 等. 电针对脊髓损伤后神经生长相关蛋白GAP-43表达的影响[J]. 广东医学, 2007, 28(1): 40-41.

[17] Wang SD, Qian ZM. Neimenggu Yixue Zazhi. 2008; 40(4): 406-409.
王山丹, 钱志敏. 睫状神经营养因子对大鼠视神经损伤后视网膜神经节细胞的保护作用[J]. 内蒙古医学杂志, 2008, 40(4): 406-409.

[18] The Ministry of science and Technology of the Peoples Republic of China. Guidance suggestion of caring laboratory animals. 2006-9-30.
中华人民共和国科学技术部. 关于善待实验动物的指导性意见. 2006-9-30.

[19] Lao J. Shiyong Yiyuan Linchuang Zazhi. 2010; 7(1): 6-9.
劳杰. 臂丛神经损伤的治疗进展[J]. 实用医院临床杂志, 2010, 7(1): 6-9.

[20] Zou YG, Xi PF, Jiang DM. Chongqing Yixue. 2007; 36(4): 358-360.
邹永根, 席鹏峰, 蒋电明. 同种异体神经移植免疫排斥反应的研究现状[J]. 重庆医学, 2007, 36(4): 358-360.

[21] Zhang J, Xu BN, Zhou DB, et al. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu Yu Linchuang Kangfu. 2007; 11(16): 3018-3021.
张军, 许百男, 周定标, 等. 活性组织工程神经移植体桥接坐骨神经损伤: 存活时间及功能恢复的量化评估[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2007, 11(16): 3018-3021.

[22] Yang P, Ying DJ, Song L, et al. Disan Junyi Daxue Xuebao. 2006; 26(6): 146-148.
杨萍, 应大君, 宋林, 等. 成年大鼠坐骨神经切断后脊髓运动神经元死亡方式的研究[J]. 第三军医大学学报, 2006, 26(6): 146-148.

[23] Meiri KF, Saffell JL, Walsh FS, et al. Neurite outgrowth stimulated by neural cell adhesion molecules requires growth-associated protein-43 (GAP-43) function and is associated with GAP-43 phosphorylation in growth cones. J Neurosci. 1998; 18(24): 10429-10437.

[24] Duan YP, Shi ZT, Dong JJ, et al. Kunming Yixueyuan Xuebao. 2007; (6): 39-42.
段艳萍, 施志甜, 董俊杰, 等. GAP-43对脊髓全横断损伤后的运动功能的影响[J]. 昆明医学院学报, 2007, (6): 39-42.

[25] Chen LJ, Li F, Liu N, et al. Zhongguo Bingli Shengli Zazhi. 2007; 23(2): 356-360.
陈龙菊, 李峰, 刘娜, 等. 臂丛损伤再生中GAP-43 mRNA及其蛋白的表达[J]. 中国病理生理杂志, 2007, 23(2): 356-360.

[26] Geremia NM, Gordon T, Brushart TM, et al. Electrical stimulation promotes sensory neuron regeneration and growth-associated gene expression. Exp Neurol. 2007; 205(2):347-359.

[27] Jackman A, Fitzgerald M. Development of peripheral hindlimb and central spinal cord innervation by subpopulations of peripheral hindlimb and central spinal cord innervation by subpopulations of dorsal root ganglion cells in the embryonic rat. J Comp Neurol. 2000; 418(3): 281-298.

[28] Chong MS, Woolf CJ, Rewe P, et al. The down-regulation of GAP-43 is not responsible for the failure of regeneration in freeze-killed nerves grafts in the rat. Experimental Neurology. 1994; 129(2): 311-320.

[29] Geremia NM, Gordon T, Brushart TM, et al. Electrical stimulation promotes sensory neuron regeneration and growth-associated gene expression. Experimental Neurology. 2007; 205, 347-359.

[30] Lalli G, Hall A. Ral GTPases regulate neurite branching through GAP-43 and the exocyst complex. J. Cell Biol. 2005; 171: 857-869.

[31] Strittmatter SM, Vartanian T, Fiebman MC. GAP-43 as a plasticity protein in neuronal form and repair. J Neurobiol. 1992; 23(5): 507-520.

来自本文课题的更多信息——

利益冲突: 无利益冲突。

课题的意义: 自体神经移植是神经缺损治疗的首选方法。实验采用 GAP-43 作为探针, 探求移植神经后感觉神经元的表达变化, 为神经移植促进神经再生提供了可靠的实验依据。

课题评估的“金标准”: 实验以应用 RT-PCR 和 Western Blot 技术检测 GAP-43mRNA 及其蛋白表达作为神经损伤后相应神经元的再生能力存在损伤反应性变化的标准。

设计或课题的偏倚与不足: 如果能够在神经缺损后, 不给与移植, 观察其背根神经节中的变化, 以此做另一组对照, 更能深刻研究神经移植对神经再生的影响。

提供临床借鉴的价值: 研究周围神经再生和功能恢复的重点, 已从以往单纯重视损伤局部的影响因素, 拓展到神经胞体的功能状况、轴突再生的影响因素和效应器的潜能恢复等方面^[22]。因此, 神经元胞体的变化对于自体移植促进神经再生具有更为重要的意义。