

神经干细胞诱导分化及在运动医学研究领域的应用

张可斌¹, 刘瑞莲²

Application of induction and differentiation of neural stem cells in the field of sports medicine

Zhang Ke-bin¹, Liu Rui-lian²

Abstract

BACKGROUND: Neural stem cells (NSCs) with their self-renewal, multi-directional differentiation, proliferation, division, injury and disease on the characteristics of strong reaction with the nervous system for a variety of genetic diseases and acquired diseases have brought new hope.

OBJECTIVE: To summarize NSC differentiation and its mechanisms, and to explore its application to sports medicine research.

METHODS: A computer-based online search was performed in the PubMed database and Chinese journal full-text database for articles published from 1994 to 2010 concerning NSCs and exertional disease.

RESULTS AND CONCLUSION: At present, the role of the NSCs in myocardial ischemia, myocardial infarction, neuronal injury, spinal cord injuries and other related diseases research has achieved some achievements, and the application to sports medicine research has broad prospects. Although the NSCs with the diversity of its potential and have the advantage of self-renewal are extensively used in clinic, there are still many problems to be resolved, such as progenitor cells of NSCs and the NSCs to further differentiate into neurons or glial cells whether it has a specific function; *in vitro* induced NSCs to be transplanted into neural tissue and directional migration, whether they have compatibility of autologous nerve cells in the body and the host, whether they can survive and proliferate for a long term; *in vitro*-induced NSCs play a role in nerve repair in the integration of autologous neural cells in the host. The research of induced differentiation of NSCs in other sports injuries has not yet been solved.

Zhang KB, Liu RL. Application of induction and differentiation of neural stem cells in the field of sports medicine. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2010;14(40):7564-7567. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

¹Department of Physical Education, Qinzhou University, Qinzhou 535000, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China; ²Physical Education Institute, Yichun University, Yichun 336000, Jiangxi Province, China

Zhang Ke-bin, Lecturer, Department of Physical Education, Qinzhou University, Qinzhou 535000, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China huayan331@163.com

Correspondence to: Liu Rui-lian, Master, Lecturer, Physical Education Institute, Yichun University, Yichun 336000, Jiangxi Province, China

Received: 2010-06-09
Accepted: 2010-07-19

¹广西钦州学院体育系, 广西壮族自治区钦州市 535000; ²江西省宜春学院体育学院, 江西省宜春市 336000

张可斌, 男, 1963年生, 广西钦州市人, 汉族, 讲师, 主要从事体育教学与训练研究。 huayan331@163.com

通讯作者: 刘瑞莲, 硕士, 讲师, 江西省宜春学院体育学院, 江西省宜春市 336000

中图分类号: R318
文献标识码: B
文章编号: 1673-8225 (2010)40-07564-04

收稿日期: 2010-06-09
修回日期: 2010-07-19
(20100609015/GW-Q)

摘要

背景: 神经干细胞以其所具有的自我更新、多向分化、增殖分裂、对损伤和疾病反应能力强等特点为多种神经系统遗传性疾病和获得性疾病的治疗带来了新的希望。

目的: 旨在总结神经干细胞的诱导分化及其机制, 探讨其在运动医学研究领域的应用。

方法: 应用计算机检索 1994/2010 PubMed 数据库、中国期刊全文数据库有关神经干细胞、运动性疾病等有关的文献。

结果与结论: 目前有关神经干细胞作用于心肌细胞缺血、心肌梗死、神经元损伤、脊髓损伤等相关疾病的研究已经取得了一定的成果, 而在运动医学研究领域的应用还有广阔的前景。虽然神经干细胞以其所具有的多样化潜能和自我更新的优势被临床广泛应用, 但仍有诸多问题需要进一步解决, 如在体外定向诱导分化的神经干细胞及由神经干细胞进一步分化成的神经元或胶质细胞, 是否具有特定的功能; 体外诱导的神经干细胞如何顺利植入神经组织和定向迁移, 在体内它们能否与宿主自体的神经细胞相容并存, 能否长期存活和增殖; 体外诱导的神经干细胞能否与宿主自体神经细胞整合发挥神经修复作用, 以及神经干细胞诱导分化作用于其他运动性伤病修复等方面的研究尚未得到很好的解决。

关键词: 神经干细胞; 诱导分化; 基因调控; 运动医学; 干细胞

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2010.40.035

张可斌, 刘瑞莲. 神经干细胞诱导分化及在运动医学研究领域的应用 [J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(40):7564-7567. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

0 引言

干细胞是一类既具有自我更新能力, 又有向多向分化潜能的细胞, 自 20 世纪 90 年代以来, 对其开展的研究证实了其在生物医学领域的重要作用, 在科技发展的今天, 干细胞诱导分化及其调控业已成为了国内外学者关注的热门和前沿课题。而神经干细胞的出现, 以其所具有的自我更新、多向分化、增殖分裂、对损伤和疾病反应能力强等特点为多种神经系统遗传性疾病和获得性疾病的治疗带来了新的希望。本文旨在通过分析神经干细胞诱导分化的特性及

其机制, 探讨其在运动医学研究领域的应用, 为治疗运动性疾病和功能康复提供科学依据。

1 资料和方法

1.1 检索方法 应用计算机检索 1994/2010 PubMed 数据库、中国期刊全文数据库中与神经干细胞、运动性疾病等有关的文献, 英文检索词为 “Neural stem cells, Differentiation, Ggene regulation, Sports medicine, Functional rehabilitation”, 中文检索词为 “神经干细胞, 诱导分化, 基因调控, 运动医学, 功能康复”。

1.2 纳入及排除标准

入选标准: 文章所述内容与神经干细胞诱导分化、运动性疾病及功能康复等的研究密切相关, 且选择同一领域研究中近期发表或在权威刊物上发表的文章。

排除标准: 陈旧及重复性研究。

1.3 资料提取与文献质量评价 文献筛选和质量评价由2位作者独立进行并交叉核对, 纳入的文献主要涉及到神经干细胞的生物特性及其基因调控、外源性信号调控等诱导分化机制, 还涉及了神经干细胞诱导分化在运动性损伤的修复和功能康复的作用。共检索得到文献资料126篇, 包括中文76篇, 英文50篇。按照排除标准排除与本文无关的31篇, 内容重复的38篇, 陈旧性研究32篇, 共保留25篇。

2 结果

2.1 神经干细胞的生物学特性 近年来越来越多的研究证实, 神经干细胞在胚胎或成年中枢神经系统内分布广泛, 存在于胚胎脑的端脑、小脑、海马、纹状体、大脑皮质、脑室/脑室下区、室管膜/室管膜下区、脊髓和成年脑的脑室下区、纹状体、海马齿状回、脊髓等处^[1]。神经干细胞来源于神经组织或能分化为神经组织, 具有自我更新和多向分化潜能两个基本特性外, 还有以下生物学特性: ①转分化性(可塑性), 即成体神经干细胞可以产生其他组织分化的细胞类型, 在适宜环境下, 骨髓基质干细胞不仅可分化为中胚层的间质组织, 还保持有内、外胚层组织的分化潜能, 可分化为神经细胞, 肝脏、肺脏、上皮、血管等。但在其分化的问题上, 应当注意对干细胞如何建立定向分化, 其多向分化能力的机制尚未确定, 仍需进行大量的实验予以研究^[2]。②能无限增殖分裂。③具有对称分裂和不对称分裂两种方式, 能通过不对称分裂产生除其自身以外的其他细胞, 如一个干细胞和一个祖细胞; 对称性细胞分裂可产生两个子代干细胞和两个祖细胞。④损伤或疾病能刺激其增殖分化^[3]。⑤迁移能力, 神经干细胞的迁移方式有一定的倾向性, 即沿着神经投射或脑内细胞增生活跃区域迁移, Dirks^[4]综述了神经干细胞可沿着脑胶质瘤细胞浸润生长方向迁移。神经干细胞的这种迁移能力为脑肿瘤基因治疗提供了较为理想的载体。⑥低免疫原性, 神经干细胞是未分化的原始细胞, 不表达成熟细胞抗原, 与组织有良好的整合性, 通过建立突触联系, 重建功能。

神经干细胞处于分化的非终末状态, 可进一步分化为双潜能或单潜能干细胞, 因目前尚无特异性标志物对三者进行鉴别、区分, 神经干细胞被笼统概括包含以上三种神经前体细胞。有研究发现, 神经干细胞可特异性表达巢蛋白、波形蛋白、Musashil蛋白及RC1抗原等^[5-6]。

2.2 神经干细胞的诱导分化 目前已证实胚胎脑和成年

脑内均存在有自我更新和多分化潜能特性的神经干细胞, 大量实验已证实哺乳动物中枢神经系统神经元再生能力有限的原因并非是由于缺乏足够的神经干细胞, 而是缺乏刺激神经干细胞分化所必需的神神经因子。如果在今后的研究中探索到刺激神经干细胞诱导分化的神经因子, 则将为神经干细胞的应用提供更为广阔的前景。也有许多学者尝试在神经系统损伤局部诱导内源性的神经干细胞, 从而完成对损伤的修复^[7]。

中枢神经系统损伤后, 首先反应的是胶质细胞, 在某些因子的作用下快速分裂增殖, 形成胶质瘤, 而在这个过程中也有干细胞的参与, 但是大多数干细胞增殖后分化为胶质细胞, 什么机制控制着细胞的分化, 确切的分化机制是什么等相关问题尚未明了^[8]。但随着人们对神经干细胞发育机制认识的不断加深和新的细胞因子、化学信号的不断发现, 必将推动神经干细胞研究的进一步深入。当然随着该机制的明了, 也将对中枢神经系统损伤修复起到一个重大的突破, 这不仅可以避免移植造成的不必要损伤, 更为重要的是可以避免排斥反应^[9]。

然而, 对神经干细胞的研究仍有许多方面尚未解决, 比如干细胞的来源、营养因子、操纵神经干细胞分化方向等。相信随着对神经干细胞特性、分化、移植等方面研究的不断深入, 神经干细胞在神经疾病治疗方面将具有广阔的前景。

2.3 神经干细胞的诱导分化机制 神经干细胞的诱导分化是神经干细胞研究的热点问题, 目前的研究已表明决定神经干细胞定向诱导分化的机制有两种, 一种是细胞自身基因调控, 另一种是以各类细胞因子为主的外来信号调控。

基因调控: 自身基因调控是指神经干细胞自身的转录因子及其他功能蛋白对其发育的调控, 许多转录因子参与了神经干细胞的增殖、分化过程。基因调控对神经干细胞的增殖分化至关重要, 特别是不同发育分化阶段主要调控基因决定着神经干细胞向所需功能的神经细胞分化。基因的表达受到其自身固有分子程序的调控和周围环境的影响。其途径主要有体外与体内研究, 体外研究主要是在各种外环境条件诱导刺激下研究基因对神经干细胞增殖和分化的影响, 而体内研究主要通过基因转导与基因敲除, 检测基因在神经干细胞分化方向上的作用。如有研究 Hes 基因调控神经干细胞的增殖分化和中枢神经系统的发育, 使大脑细胞具有正确的数目、形态和排列。Hes 可作为编码 bHLH 转录因子家族中的负调控因子, 只在神经干细胞中表达, 可抑制 Mash-1 活性与表达^[10]。另有研究表明增加神经干细胞中 Hes-1 的表达, 可抑制神经干细胞分化为神经元, 而基因突变导致 Hes-1 可通过抑制 bHLH 家族正调控基因表达上调引起的神经元早熟性分化的发生, 防止神经干细胞没有足够增殖而过早用尽^[11]。Shimojo 等^[12]通过研究发现神经

干细胞中 Hes-1 蛋白质以两三周为周期反复增减, 神经干细胞也随之自我复制, 向神经细胞转化。亦有学者利用 Psl 基因缺陷鼠观察 Notch 信号通路是否具有维持神经干细胞自我更新能力的研究时发现, 14.5 d 胚胎鼠脊髓神经干细胞在体外培养时需要 Notch 信号基因以剂量敏感的方式来维持其扩张性对称性分化, 而在成体则需要 Notch 信号调节细胞分裂周期时间以保持脑源性脊髓神经干细胞自我更新的特性^[13]。最近也有实验表现在 ATRA 诱导前的神经干细胞中 Notch-1 表达量最高, 提示神经干细胞间相互接触可使 Notch 信号激活, 是维持神经干细胞未分化状态的重要途径。同时随着神经干细胞向神经元分化的过程中主要起负调控作用^[14]。Lie 等^[15]在体内和体外研究发现, 成年海马干细胞或者前体细胞均表达 Wnt 蛋白受体和相关信号通路的调制分子, Wnt-3 可通过激活 Wnt/ β -catenin 信号通路促进海马神经前体细胞向神经元的分化; 若 Wnt 信号通路被阻断, 海马神经前体细胞的分化则会相应受到抑制。这些研究显示神经干细胞具有接受 Wnt 信号调控的物质基础, 推测 Wnt 基因与海马神经元功能的形成有一定联系。Suh 等^[16]研究显示在转染了 Sox-2 基因的小鼠海马区, Sox-2 阳性细胞可分化为神经元并具有替代原来神经元及星形胶质细胞的潜能, 同时 Sox-2 在该过程中持续表达, 表明 Sox-2 在神经前体细胞的分化过程中发挥重要作用。同样也有研究表明在神经干细胞分化过程中 REST/NRSF 一般是低表达, 重组转录因子 RESR-VP16 可与 REST/NRSF 靶基因结合, 并激活基因转录, 启动神经干细胞向神经元方向分化过程, 由此研究者推测直接激活分化过程终末阶段的基因就能引起神经干细胞向神经元的分化。

外源性信号调控: 外源性信号调控是指神经干细胞所处的微环境对其发育过程的调控, 包括细胞因子、微环境等多方面。其中细胞因子主要包括表皮生长因子、碱性成纤维细胞生长因子、脑源性神经营养因子、神经营养因子以及神经细胞黏附因子等, 它们均参与神经干细胞的诱导分化。目前普遍认为表皮生长因子和碱性成纤维细胞生长因子等丝裂原信号在神经干细胞的增殖和分化中起重要作用, 可维持神经干细胞的自我更新能力, 它们可以维持神经干细胞的特性并在单独或联合运用时对神经干细胞的分化发挥不同的作用; 脑源性神经营养因子能增加碱性成纤维细胞生长因子依赖的神经干细胞分化为 γ -氨基丁酸神经元的数量; 神经细胞黏附因子具有诱导神经干细胞向神经元方向分化的能力; 神经营养因子 3 则增加其分化为谷氨酸能神经元的数量。微环境是指能对神经干细胞分化产生影响的周围结构成分, 它包括附近的神经细胞、胶质细胞和细胞外基质等。外源性信号调控对神经干细胞的发育同样重要, 同一来源神经干细胞在不同微环境下可发育为不同的神经细胞,

甚至发生横向分化, 且干细胞所处的微环境也随着时间、空间变化时刻在发生变化^[17]。

由此可见, 基因调控和外源性信号调控不断相互作用, 共同完成对干细胞的控制。这些研究表明各种细胞因子和微环境在神经干细胞的诱导分化中均发挥重要作用, 但目前神经干细胞诱导分化研究还没有形成一个完全可靠的系统, 仅仅只是就某一个信号途径或细胞因子等的研究, 尚未发现存在单独一种细胞因子可以在体外将神经干细胞全部诱导分化为所需的功能神经细胞。

2.4 神经干细胞诱导分化在运动医学领域中的应用

神经干细胞诱导分化防治运动功能障碍: 干细胞移植技术可以作为基因治疗载体向宿主神经干细胞传送神经递质及神经营养因子等物质。Svendsen 等^[18]用神经干细胞作为转导酪氨酸羟化酶基因载体治疗以典型的运动功能失调如僵直、颤抖和运动不能为特征的帕金森病取得了一定的成果。在运动与神经干细胞领域研究的重点是如何将神经干细胞诱导成所需要的细胞类型进行分离纯化, 用于防治一些常见的运动功能障碍性疾病, 诸如上述的由于中脑的神经细胞变性引起神经递质多巴胺减少, 导致运动功能发生障碍的帕金森病, 还有影响运动功能的运动性心脑血管疾病等^[19]。

神经干细胞诱导分化促进运动功能恢复: 目前利用神经干细胞作为治疗脊髓损伤已经成近年来研究的热点之一。从桑兰事故的发生, 不难体会到在竞技体操、杂技等项目中, 由于保护或者应急措施不当及比赛强度安排不合理等发生的意外, 运动员往往会发生脊髓损伤的事故^[20]。移植干细胞技术对于运动引起脊髓损伤的治疗修复中枢神经系统是行之有效的途径。如郭家松等^[21]报道对横断脊髓造成后肢完全瘫痪的大鼠, 然后再起横断处移植神经干细胞, 结果发现移植的神经干细胞能在宿主体内存活并向前后方向迁移到脊髓内, 部分神经干细胞分化为 GFAD, NF-200 和 GAD-43 阳性细胞。结果证实神经干细胞移植入损伤脊髓后能分化为神经元和神经胶质细胞, 能减轻脊髓的继发性损伤, 保护受损伤的神经元, 促进运动功能的恢复。

贺晓玉等^[22]研究发现移植神经干细胞可以在大鼠脊髓损伤处存活、迁移, 分化为神经元、星形胶质细胞和少突胶质细胞, 并能使脊髓损伤大鼠的后肢运动功能得到部分恢复, 他们认为其机制可以与神经干细胞填充损伤区, 补充损伤后缺失的神经元和神经胶质细胞有关, 神经干细胞可分泌有益于宿主脊髓的多种神经营养因子, 改善脊髓局部微环境, 促进轴突的功能再生, 它还可提供化学或物理的引导, 刺激脊髓神经生长, 引导损伤神经再生通过损伤区域, 且其内源性神经性干细胞的快速增殖为损伤脊髓可能存在的自我修复提供了理论基础^[23-24]。

神经干细胞治疗运动神经元病的应用: 运动神经元病是

以选择性侵犯脊髓前角细胞、脑干运动神经元、大脑皮质锥体细胞和锥体束为主的一组慢性进行性变性疾病, 病因及发病机制复杂, 从其发病原因可分为肌萎缩侧索硬化、原发性侧索硬化和进行性脊肌萎缩等, 是运动神经元选择性变性导致进行性肌无力和死亡的主要病理变化, 而临床上最常见的是肌萎缩侧索硬化病变, 目前有关对其治疗的可能方法是用细胞移植的方法恢复其功能, 包括基于人类神经干细胞的细胞替代治疗策略^[25]。神经干细胞以其具有的自我更新和多分化潜能属性, 在哺乳动物胚胎和成体中枢神经系统均存在, 它可以促进神经系统功能改善, 促进髓鞘再生, 对于治疗神经系统基本是一种更好的选择。

3 讨论

目前有关神经干细胞作用于心肌细胞缺血、心肌梗死、神经元损伤、脊髓损伤等相关疾病的研究已经取得了一定的成果, 而在运动医学研究领域的应用还有广阔的前景。虽然神经干细胞以其所具有的多样化潜能和自我更新的优势被临床广泛应用, 但仍有诸多问题需要进一步解决, 如在体外定向诱导分化的神经干细胞及由神经干细胞进一步分化成的神经元或胶质细胞, 是否具有特定的功能; 体外诱导的神经干细胞如何顺利植入神经组织和定向迁移, 在体内它们能否与宿主自体的神经细胞相容并存, 能否长期存活和增殖; 体外诱导的神经干细胞能否与宿主自体神经细胞整合发挥神经修复作用, 以及神经干细胞诱导分化作用于其他运动性伤病的修复等方面的研究尚未得到很好的解决。随着神经干细胞诱导分化机制研究的逐渐深入, 必将为其在运动医学研究领域上的应用开阔新的前景。

4 参考文献

- [1] Gage FH. Mammalian neural stem cell. Science. 2000; 287(5457): 1433-1438.
- [2] 高俊玮, 方加胜. 干细胞的可塑性及其在中枢神经系统的研究进展[J]. 国外医学: 神经病学神经外科学分册, 2004, 31(5): 433-436.
- [3] 陈刚. 神经干细胞移植研究应用进展[J]. 华南国防医学杂志, 2006, 20(1): 37-40.
- [4] Dirka PB. Glioma migration: clues from the biology of neural progenitor cells and embryonic CNS cell migration. J Neurooncol. 2001; 53(2): 203-212.
- [5] Englund U, Bjorklund A, Wictorin K, et al. Grafted neural stem cells develop into functional pyramidal neurons and integrate into host cortical circuitry. Proc Natl Acad Sci USA. 2002; 99(26): 17089-17094.
- [6] Kanemura Y, Mori K, Sakakibara S, et al. Musashil, an evolutionarily conserved neural RNA-binding protein, is a versatile marker of human glioma cells in determining their cellular origin, malignancy, and proliferative activity. Differentiation. 2001; 68(2-3): 141-152.

- [7] 过七根, 甘金莲, 张炳火, 等. 神经干细胞应用前景及展望[J]. 九江学院学报: 自然科学版, 2006, 21(3): 83-85.
- [8] 江山, 李玲, 袁华, 等. 行为学训练对大鼠海马梗死后齿状回区神经干细胞迁移能力的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2006, 28(8): 510-514.
- [9] 屈红林, 彭瑞. 神经干细胞研究现状及在运动医学领域中的应用[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(25): 4941-4944.
- [10] 彭六生, 李鹭鹭, 武振华, 等. 神经干细胞分化为神经元的基因调控研究进展[J]. 重庆医学, 2009, 38(12): 1533-1535.
- [11] Baek JH, Hatakeyama J, Sakamoto S, et al. Persistent and high levels of Hesi expression regulate boundary formation in the developing central nervous system. Development. 2006; 133(13): 2467.
- [12] Shimajo H, Ohtsuka T, Kageyama R. Oscillations in notch signaling regulate maintenance of neural progenitors. Neuron. 2008; 58(1): 52.
- [13] Alexson TO, Hitoshi S, Coles BL, et al. Notch signaling is required to maintain all neural stem cell populations—irrespective of spatial or temporal niche. Dev Neurosci. 2006; 28(1-2): 34.
- [14] Kleber M, Sommer L. Wnt signalling and the regulation of stem cell function. Curr Opin Cell Biol. 2004; 16(6): 681-687.
- [15] Lie DC, Colamarino SA, Song HJ, et al. Wnt signalling regulates adult hippocampal neurogenesis. Nature. 2005; 437(7063): 1370.
- [16] Suh H, Consiglio A, Ray J, et al. In vivo fate analysis reveals the multipotent and self-renewal capacities of Sox2+ neural stem cells in the adult hippocampus. Cell Stem Cell. 2007; 1(5): 515.
- [17] 王娜, 刘砚星, 连易水, 等. 神经干细胞研究进展[J]. 生物学杂志, 2009, 26(1): 55-58.
- [18] Svendsen CN, Caldwell MA, Shen J. Long-term survival of human central nervous system progenitor cells transplanted into a rat model of parkinson's disease. Exp Neurol. 1997; 148: 135-146.
- [19] 王巍巍, 白玉春. 神经干细胞的研究进展[J]. 中国煤炭工业医学杂志, 2008, 11(11): 1814-1816.
- [20] 田振军, 王友华. 干细胞技术及其在运动医学领域中的应用与展望[J]. 北京体育大学学报, 2005, 28(4): 503-506.
- [21] 郭家松, 曾圆山, 李海标, 等. 移植神经干细胞促进脊髓全横断大鼠结构功能恢复的研究[J]. 解剖学报, 2003, 34(2): 1-3.
- [22] 贺晓玉, 沈慧勇, 项鹏, 等. 人神经干细胞移植对脊髓损伤大鼠后肢运动功能恢复的影响[J]. 中国运动医学杂志, 2010, 29(2): 208-211.
- [23] Nakamura M, Okano H, Toyama Y, et al. Transplantation of embryonic spinal cord-derived neurospheres support growth of supraspinal projections and functional recovery after spinal cord injury in the neonatal rat. Neurosci Res. 2005; 51(4): 457-468.
- [24] Obermair FJ, Schröter A, Thalhammer M. Endogenous neural progenitor cells as therapeutic target after spinal cord injury. Physiology. 2008; 23(5): 296-304.
- [25] 方鑫, 王芙蓉, 姜亚平. 神经干细胞治疗运动神经元病的研究进展[J]. 脑与神经疾病杂志, 2008, 16(4): 566-568.

关于作者: 文章资料的收集、成文为第一、二作者, 由第一作者对文章负责。

利益冲突: 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

伦理批准: 不存在与伦理道德冲突的内容。

此问题的已知信息: 神经干细胞的生物学特性及其诱导分化的特性等已被证实。将神经干细胞作用于心肌损伤、神经元损伤及脊髓损伤等已取得一定成果, 而运动性损伤及其所引起的功能障碍在一定程度上影响了运动机体的活动。

本综述增加的新信息: 通过诱导分化神经干细胞促进运动性疾病的修复和功能康复。

临床应用的意义: 神经干细胞诱导分化技术对临床上出现的运动性疾病和功能障碍的预防和治疗具有积极的作用, 从研究结果来看, 神经干细胞诱导分化必将为其在运动医学研究领域上的应用开阔新的应用前景。