

几种常用载银抗菌材料改性方式的研究现状**

杨里娜, 吕 俏, 郭 巍, 李庆艳, 郑新颖, 高 宁

Research status of modification methods for some silver-carrying antibacterial agents

Yang Li-na, Lü Qiao, Guo Wei, Li Qing-yan, Zheng Xin-ying, Gao Ning

Abstract

BACKGROUND: Silver-carrying antibacterial agent has become a research hotspot in inorganic antibacterial agents for oral cavity, because of high biosafety, super antibacterial activity and no drug tolerance.

OBJECTIVE: To summarize the structure and silver-carrying principle of some common anti-bacterial agent as well as their modification way (silver-carrying approach, silver-carrying environment) on the anti-bacterial effect, improving the defects of raw materials.

METHODS: A computer-based online search of CNKI and OVID database from 2000 to 2010 was performed for articles about the silver-carrying anti-bacterial agents and their carriers.

RESULTS AND CONCLUSION: No matter traditional zeolite, phosphate and other carriers, or new nano-silver, people are continuously modifying the self characteristics and silver-carrying of the materials so as to obtain a silver-carrying antibacterial agent, through the modification, we hope that the dosage can be reduced and the antibacterial activity can be increased beside their shortage. The expectant silver-carrying antibacterial agent can not only depend on the nanotechnology, but also the combine material, sustained-release and becoming an accessory.

Yang LN, Lü Q, Guo W, Li QY, Zheng XY, Gao N. Research status of modification methods for some silver-carrying antibacterial agents. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2011;15(12): 2245-2248. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 银系抗菌剂具有生物安全性高, 抗菌谱广, 不产生耐药性等特点, 是口腔无机抗菌剂中研究的热点。

目的: 围绕几种常用银系无机抗菌剂载体结构、载银原理及对其载银方式、载银环境等改性增强其抗菌效果和改善原材料缺陷的研究现状作以综述。

方法: 应用计算机检索 CNKI 数据库、OVID 数据库 2000/2010 有关银系抗菌剂及其载体的相关文章。

结果与结论: 无论是传统的沸石、磷酸盐等载体, 还是新型的纳米载银方式, 人们都从材料本身特征及其载银特质方面不断改性, 以期得到用量更少, 抑菌性能更优及克服了变色等性能缺陷的优质载银抗菌剂。以后载银无机抗菌材料的开发, 除了可以更进一步地利用纳米载银以外, 还可以往复合抑菌, 缓释抑菌以及将抑菌作为其他材料的添加辅助性能等方面发展。

关键词: 银系抗菌剂; 载体; 改性; 抗菌材料; 口腔生物材料

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2011.12.038

杨里娜, 吕俏, 郭巍, 李庆艳, 郑新颖, 高宁. 几种常用载银抗菌材料改性方式的研究现状[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(12):2245-2248. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

0 引言

应用于口腔的抗菌材料分为有机和无机两大类。有机抗菌剂的主要作用机制是通过和微生物细胞膜表面阴离子结合组逐渐进入细胞, 或与细胞表面的巯基等基团反应, 破坏蛋白质和细胞膜的合成系统, 抑制微生物的繁殖。无机抗菌剂是指通过物理吸附或离子交换吸附作用等方法, 将银、铜、锌等抗菌金属离子负载于沸石、硅胶、羟基磷灰石等无机物的载体中, 并通过抗菌金属离子的缓释而产生抗菌作用的一类抗菌材料^[1]。

通过抑菌实验证明, 在各种具有抗菌性能的无机金属离子当中银离子具有较高的抗菌性

能^[2-3]。银系抗菌剂具有生物安全性高, 抗菌谱广, 不产生耐药性等特点, 是口腔无机抗菌剂中研究的热点。

银型无机抗菌剂的抗菌机制主要有两种解释: 其一为Ag⁺缓释机制, 其二为活性氧抗菌机制^[4]。银离子与细菌接触反应, 造成细菌固有成分被破坏或产生功能障碍从而导致细菌死亡。在光的作用下, 银离子激活水分子和空气中的氧, 产生·OH和O^{2·-}, 能在短时间内破坏细菌的增殖能力, 致使细胞死亡。银系无机抗菌剂在口腔材料中的应用极为广泛, 在复合树脂充填材料、印模材料、树脂基托材料、组织衬垫材料、根充材料以及种植体表面喷涂材料等方面, 都显示着其不可或缺的作用。但不能忽视的是, 银系无机抗菌剂也存在着许多缺陷, 例

Department of Prosthodontics, West China College of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, Sichuan Province, China

Yang Li-na★, Studying for master's degree, Department of Prosthodontics, West China College of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, Sichuan Province, China
eleanor1896@126.com

Correspondence to: Gao Ning, Doctor, Professor, Department of Prosthodontics, West China College of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, Sichuan Province, China
Mr.gao-ning@163.com

Supported by: a grant by Sichuan Province Science and Technology Bureau, No.2008SG023*

Received: 2010-09-20
Accepted: 2010-11-03

四川大学华西口腔医学院修复科, 四川省成都市610041

杨里娜★, 女, 1986年生, 汉族, 四川省雅安市人, 四川大学华西医学院在读硕士, 主要从事口腔修复学方面的研究。
eleanor1896@126.com

通讯作者: 高宁, 博士, 教授, 四川大学华西口腔医学院修复科, 四川省成都市610041
Mr.gao-ning@163.com

中图分类号: R318
文献标识码: A
文章编号: 1673-8225 (2011)12-02245-04

收稿日期: 2010-09-20
修回日期: 2010-11-03
(20100912001/GW·Y)

如价格相对较高、易氧化变色、制备工艺复杂以及有的需要光触媒等^[5]。针对上述情况,人们仍在不断致力于研究各种载银抗菌材料的改性,并取得了一定的成果,为其应用提供了方法和依据。常用的银离子载体有沸石、磷酸盐、羟基磷灰石、SiO₂/TiO₂、海泡石、纳米载银等。口腔作为人体消化系统的第一道门户,具有与外界直接接触和微生态环境较为复杂的特点。因此,针对口腔所做的一切操作和治疗,抑菌成了一大重点与难点。

本文将围绕银系无机抗菌剂几种常用载体的结构、载银原理及其载银方式、载银环境等的改性以增强其抗菌效果和改善原材料缺陷的研究现状作以综述,让读者对目前载银抗菌剂的研究情况及方向有一大致了解,为进一步深入研究和临床应用提供理论基础。

1 资料和方法

1.1 文献检索

检索人及检索时间:由第一作者于2010-03检索。

检索文献时限:英文资料的检索时间范围为2000/2010,中文资料的检索时间范围为2000/2010。

检索数据库:CNKI数据库,网址<http://www.cnki.net/>。OVID数据库,网址<http://ovidsp.ts.ovid.com/>。

检索关键词:英文关键词“silver antimicrobial material, carrier; modification, oral biomaterial”。中文关键词“银系抗菌剂,载体,改性,口腔生物材料”。

1.2 检索方法

纳入标准:①文章所述内容银系抗菌剂及其载体研究密切相关。②同一领域选择近期发表或权威杂志上发表的文章。

排除标准:①重复性研究。②内容、数据意义不大者。

1.3 资料提取 计算机初检得到中文文献91篇,英文文献35篇,保留其中的33篇归纳总结。

1.4 文献质量评价 纳入的文献33篇中,文献[1-5]探讨了载银无机抗菌剂的研究现状及其在口腔中的应用,文献[6-18]探讨了沸石的结构及改性方式的研究,文献[19-25]探讨了磷酸盐的载银机制及改性方式的研究,文献[26-32]探讨了纳米载银机制及改性方式的研究,文献[33]探讨了其他改性方式。

2 结果

2.1 沸石 沸石是一族含Na等碱金属或碱土金属的硅铝酸盐晶体,骨架结构由硅氧四面体和铝氧四面体构成,它对Ag⁺等离子具有较强的亲和能力,能够在其结构内静电吸附大约40%的此类离子。沸石无疑是银型无机抗菌剂使用较多的载体之一,在有氧或无氧的情况下都能发挥功效^[6-7]。为此,大家对其改性也做了大量的实验研

究。

酸处理改性:采用无机酸处理沸石的目的主要有:①清除沸石孔穴和孔道的SiO₂、Fe₂O₃、有机物质等杂质,从而使孔穴和孔道得到疏通。②半径小的H⁺置换半径大的Ca²⁺、Mg²⁺等阳离子,使孔道的有效空间拓宽^[8]。唐启祥^[9]应用7%的稀硫酸溶液浸渍水洗天然沸石矿2 h,再用蒸馏水清洗,在NaOH调pH值至7后,烘干,冷却至室温制的样品除磷率明显提高约6倍。酸处理有效地溶解了SiO₂、Fe₂O₃等溶于酸的杂质,又有H⁺参与的置换反应,显著提高了沸石的吸附性能。李海鹏等^[10]用HNO₃、H₂SO₄、H₃PO₄溶液对天然沸石进行改性,并对改性沸石吸附去除水中氨氮的效果进行了研究。结果表明无机酸改性沸石对水中氨氮的去除率受到pH值和无机酸种类的影响,其中用H₃PO₄改性效果最为显著。Zhang等^[11]也用酸处理沸石以提高其在低浓度下对氨和磷的去除率。

碱处理改性:沸石的交换性能与结构和性能有关,主要体现在不同结构的沸石具有不同的硅铝比,硅铝比高,置换硅离子的铝离子数量就少,为平衡电荷而进入沸石孔道中的阳离子少,离子交换量就小^[11]。而碱处理恰好能够改变其的硅铝比。安红梅等^[12]将天然沸石放入NaOH溶液中,浸泡24 h。然后冲洗,在105 ℃下烘干,备用。经低浓度碱改性后的沸石对氨氮的去除率提高了10%。在碱处理的过程中,处理液的浓度控制是很关键的,处理液浓度过高,反而会降低沸石的性能。孙兴滨等^[13]将天然沸石经1 mol/L氢氧化钠浸泡1 h后又经20%氯化镁浸泡2 d,然后在500 ℃下焙烧,改性后沸石除磷能力有较大提高。

盐处理改性:盐处理通常采用钠离子、氯离子等置换沸石中的Ca²⁺、Mg²⁺等。丁仕琼等^[14]用0.3 mol/L的NaCl溶液在100 ℃下对沸石进行改性,氨氮去除率可提高到87.9%。

热处理改性:热处理可以改变沸石的晶体结构。李殿超等^[15]通过研究得知热处理有利于控制载银沸石银离子的溶出,300 ℃下得到最大的银离子溶出量。适宜温度处理可以提高载银沸石银离子的溶出量,而过高的温度处理则会使沸石的晶体结构被破坏,性能反而下降。

除了以上常用改性方法之外,微波处理,添加活性剂处理,母粒化等,也是行之有效的办法^[16-18]。

2.2 磷酸盐 载银磷酸盐类包括磷酸锆、磷酸铝、磷酸钙、磷酸钛等多种类型,现以磷酸锆为代表介绍此类载体。有学者在1964年首先合成并报道了磷酸锆晶体的结构和化学组成,其化学式为α-Zr(HPO₄)₂·H₂O,为层状结构^[19]。磷酸锆既有较高的热稳定性、化学稳定性又有较强的耐酸碱性能。磷酸锆载银主要是以离子交换的形式^[20],载银磷酸锆的抑菌性已通过微生物试验得到证实^[21]。

晶体结构方面的改性:材料学家期待通过合成具有新型晶体结构的磷酸锆,提高其离子交换性能。瞿介明等^[22-23]研究了锆磷比为1:2和2:3的两种晶型的磷酸锆对银离

子的交换量, 得知后者即六面体的磷酸锆对银离子具有更高的交换容量。薛艳等^[24]研究了层状和具有分子筛结构的磷酸锆化合物的几种合成方式, 其对银离子交换的不同性能有待于进一步关注。

表面改性: 载银磷酸锆具有高表面能, 呈亲水性, 而树脂材料等为低表面能, 亲油性, 两者混合易发生团聚。刘倩等^[25]采用高剪切分散乳化法向硅橡胶中添加载银磷酸锆, SEM观察到该方法能够使载银磷酸锆均匀分散。邱凡珠等^[26]分别用硅烷、硼酸酯、铝酸酯3种偶联剂对载银磷酸锆粉体进行表面改性, 明显提高了其疏水性和分散性, 其中用硼酸酯改性的粉体其疏水性和分散性最好。可见, 只要能增加载银磷酸锆表面疏水性的改性剂, 皆能减小其与材料混合后的团聚, 达到更好的抑菌效果。

2.3 纳米载银 纳米载银抗菌剂是目前抗菌剂研究的热点, Nanotechnology—纳米技术就是指尽可能减小小物体体积致纳米级以增加其比表面积的技术^[26]。载银无机抗菌剂是银与纳米无机载体的复合体, 它是利用纳米载体粒子较高的表面活性和较大的比表面积, 采用物理吸附、离子交换等方法将银固定的纳米载体上而获得的^[27]。纳米载银抗菌剂与传统的载银抗菌剂相比, 有很多的优势。

纳米载银TiO₂无机抗菌剂: 纳米TiO₂杀菌需要紫外光的催化, 明显限制了它的应用。Ag⁺加入纳米TiO₂使其不需要光照即具有较强的抗菌能力。其原理有两个: 一方面Ag⁺降低了TiO₂光生电子跃迁的禁带宽度, 使在自然光下也能被催化; 另一方面Ag⁺对细菌的吸附作用^[28]。于此同时, Ag⁺进入TiO₂微孔使其本身的析出量减少, 减少了该材料的氧化变色。黄岳元等^[30]以工业级普通二氧化钛和硝酸银为原料制成TiO₂/Ag纳米抗菌材料并对其在无光照时的抗菌性能进行测试, 得知在≥40 min振荡接触时间后, 无光照与有光照的抗菌效率相同。

分散剂: 在考虑银/聚合物纳米复合材料的性能方面, 纳米银的均匀分布是有很大影响的。以前常用超声波分散和机械搅拌分散, 现在多用添加分散剂的方式。安静等^[31]在纳米银/聚合物中加入反絮凝剂和表面活性剂都取得了较好的效果。

复合抗菌剂: 将几种无机金属离子或者有机和无机抗菌剂复合在一起完成协同抗菌的作用。仪建华等^[32]研究了一种以银、钛、锡为组分的新纳米无机复合抗菌剂, 对真菌作用效果也较佳, 不易变色和团聚。华明扬等^[33]采用溶胶凝胶法在载银气相二氧化硅表面包覆二氧化钛, 抗菌率可达99.9%。复合抗菌剂的研制不仅可以提高材料的性能, 还能降低成本, 有很大的研究潜力。

2.4 其他

抑制氧化变色: 抑制抗菌剂的变色的方式除了上面讲的应用纳米材料的方法之外, 还可以用煅烧法和添加变色抑制剂的方法。煅烧法的原理主要是使载银抗菌剂的结晶更加完全, 但这样有可能会使其的抑菌性能降低。

目前常用的变色抑制剂为甲基苯并三唑和甲基苯并三唑钾^[33]。对变色抑制剂的基本要求是其在加入之后不影响抗菌材料的物理和化学性能。

喷涂法: 喷涂法是指将载银抗菌剂以喷涂的方式在材料表面, 这样做可以减少载银抗菌剂的用量, 降低成本。常见的是将载银羟基磷灰石喷涂在种植体表面, 这样反而能使种植体与骨的结合能力增强。

3 讨论

载银抗菌材料作为一种新型安全有效的抗菌材料, 人们还在致力于对它不断的研究当中。希望通过对新型载银抗菌剂的推出和已存在的载银抗菌剂的改性, 使其更好地为人们的生产和生活服务。以后对载银无机抗菌材料的开发, 除了可以更进一步地利用纳米载银以外, 还可以往复合抑菌, 缓释抑菌以及将抑菌作为其他材料的添加辅助性能等方面发展。

4 参考文献

- [1] 杨淮, 杜莉. 银系无机抗菌剂在口腔材料中应用及研究进展[J]. 中华老年口腔医学杂志, 2007, 5(4): 233-235.
- [2] Jung WK, Koo HC, Kim KW, et al. Antibacterial activity and mechanism of action of the silver ion in *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *App Microbiol Biotechnol*.2008; 74(7): 2171-2178.
- [3] Li WR, Xie XB, Shi QS, et al. Antibacterial activity and mechanism of silver nanoparticles on *Escherichia coli*. *App Microbiol Biotechnol*.2010; 85(4):1115-1122.
- [4] 韩秀秀, 何文, 田修营, 等. 银系无机抗菌材料抗菌机理及应用[J]. 山东工业学院学报, 2010, 24(1): 25-27.
- [5] 周祚万, 楚珑晟, 段小飞. 无机抗菌剂材料的产业化现状[J]. 新材料产业, 2003, 5(6): 20-23.
- [6] Kawahara K, Tsuruda, Morishita M, et al. Antibacterial effect of silver-zeolite on oral K1 bacterial under anaerobic conditions. *Dental Material*.2000; 16:452-455.
- [7] Zhang Y, Zhong S, Zhang M, et al. Antibacterial activity of silver-loaded zeolite on prepared by a fast microwave-loading method. *Mater Sci*.2009;44:457-462.
- [8] 汤泉, 陈南春. 沸石抗菌剂的研究现状与展望[J]. 中国非金属矿工业导刊, 2009, 30(4): 15-18.
- [9] 唐启祥. 天然沸石的改性及除磷性能的实验研究[J]. 陕西师范大学学报, 2007, 35(S2): 82-85.
- [10] 李海鹏, 王志芳, 武其学. 不同酸改性沸石吸附水中氨氮的试验研究[J]. 山东建筑大学学报, 2009, 24(3):195-202.
- [11] Zhang BH, Wu DY, Wang C, et al. Simultaneous removal of ammonium and phosphate by zeolite synthesized from coal fly ash as influenced by acid treatment. *J Environ Sci (China)*. 2007; 19(5):540-545.
- [12] 安红梅, 吴立波, 岳尚超, 等. 斜发沸石对城市污水处理厂二级出水中氨氮的处理效果研究[J]. 环境工程学报, 2010, 4(5): 1111-1115.
- [13] 孙兴滨, 韩金柱, 潘华崑. 沸石的改性及除磷性能研究[J]. 哈尔滨商业大学学报, 2010, 26(2): 161-164.
- [14] 丁仕琼, 王东田, 黄梦琼, 等. 沸石的改性及其去除水中氨氮的研究[J]. 苏州科技学院学报, 2010, 27(2): 33-36.
- [15] 李殿超, 蒋珊珊, 姚爱华, 等. 载银沸石的抗菌性能及热稳定性研究[J]. 非金属矿, 2003, 26(3): 8-28.
- [16] 张瑛洁, 马军, 柳旭升, 等. 微波改性沸石/类芬顿技术的脱色效果[J]. 中国给水排水, 2009, 25(13): 83-85.
- [17] 方火明, 邓慧萍, 商冉, 等. 二氧化锰改性沸石去除水中铅的研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(15): 7156-7161.
- [18] 梁文婷, 颜丽, 郝长红, 等. 氧化镁改性沸石处理猪场废水的研究[J]. 中国给水排水, 2009, 25(11): 73-75.
- [19] Jha VK, Hayashi S. Modification on natural clinoptilolite zeolite for its NH₄⁺ retention capacity. *J Hazard Mater*.2009; 169(1-3): 29-35.
- [20] 曾仁权, 傅相楷. 磷酸锆及其衍生物的离子交换性能[J]. 化学进展, 2009, 21(12): 2536-2541.
- [21] Pan B, Zhang Q, Du W, et al. Selective heavy metals removal from waters by amorphous zirconium phosphate: behavior and mechanism. *Water Res*.2007; 41(14):3103-3111.

[22] 朱梓园, 张富强, 李鸣宇, 等. 磷酸锆载银抗菌剂对种植体周炎致病菌抗菌效能研究[J]. 上海第二医科大学学报, 25(4): 356-358.

[23] 瞿介明, 陶志清, 顾海斌, 等. 对两种不同晶型磷酸锆载银工艺探索[J]. 化工新型材料, 2010, 38(2): 59-97.

[24] 薛艳, 田进军. 磷酸锆化合物合成研究进展[J]. 化工中间体, 2007, 7(9): 33-36.

[25] 刘倩, 隋磊, 李长义. 载银磷酸锆在软衬材料中的分散及改性作用[J]. 口腔颌面修复学杂志, 2009, 10(5): 301-305.

[26] 邱凡珠, 张华集, 张雯, 等. 含载银磷酸锆的抗菌EVA发泡材料的研究[J]. 合成树脂及材料, 2007, 24(6): 18-22.

[27] Nanotechnology: small science, big deal[R]. Reviews, 2005: 544

[28] 陈娜丽, 冯辉霞, 王毅, 等. 纳米载银无机抗菌剂的研究进展[J]. 应用化工, 2009, 38(5): 717-720.

[29] 陶振华, 赵华, 张海丽, 等. 纳米二氧化钛载银无机抗菌剂的研究进展[J]. 化工中间体, 2007, 7(4): 22-25.

[30] 黄岳元, 米钰, 郭人民, 等. iO2/Ag纳米抗菌材料[J]. 西北大学学报, 2003, 33(5): 566-571.

[31] 安静, 王德松, 罗青枝, 等. 银/聚合物纳米复合材料[J]. 化学进展, 2008, 20(6): 859-868.

[32] 仪建华, 黄岳元, 谢建榕, 等. 多步沉淀法制备纳米无机复合抗菌粉体[J]. 西北大学学报, 2007, 37(2): 235-238.

[33] 华明扬, 翁永珍, 梅成国, 等. 新型纳米银系列抗菌剂的制备及性能研究[J]. 安徽化工, 2008, 34(5): 29-31.

基金资助: 四川省科技厅支持项目(2008SG0023).

关于作者: 第一作者和通讯作者构思并设计本综述, 分析并解析数据, 所有作者共同起草, 经通讯作者审核, 第一作者对本文负责。

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: 未涉及与伦理冲突的内容。

此问题的已知信息: 银离子的抑菌地位。沸石、磷酸盐及纳米载银等载体及其结构和载银机制。

本综述增加的新信息: 同种载体的不同改性方式及不同载体的多种改性方式。

临床应用的意义: 让读者对目前载银抗菌剂的研究情况及方向有一大致了解, 为进一步深入研究和临床应用提供理论基础。

纳米复合生物材料与组织工程相关文章摘要: 本刊学术部

主题: 纳米材料在组织工程中的应用研究

作者: 陈钟, 吴振宇, 姚康德.

关键词: 纳米材料; 组织工程; 应用

基金: 中国博士后科学基金资助项目; 江苏省卫生厅2002年重大项目基金资助项目(H200215)

发表时间: 2004.27(05): 278-280

摘要: 组织工程研究领域中, 支架材料与细胞的相互作用是主要的研究课题。支架材料表面的微观结构对细胞的生物调控作用更为重要。纳米材料因具有一些独特的效应, 如体积效应和表面效应, 有利于细胞的粘附、增殖和功能的增强, 因而作为组织工程支架有良好的应用前景。目前用于组织工程研究的纳米材料主要有无机纳米材料、高分子纳米材料、复合纳米材料, 仿生纳米材料的研究和利用将极大地促进组织工程学的发展。本文就近年来纳米材料的制备方法以及其在组织工程中的应用研究现状进行了综述。

主题: 纳米组织工程骨与兔骨髓基质干细胞体外生物相容性的实验研究

作者: 王明海, 董有海, 冯庆玲等.

关键词: 纳米组织工程骨; 骨髓基质干细胞; 生物相容性

基金: 纳米组织工程骨; 骨髓基质干细胞; 生物相容性

发表时间: 2008.23(09): 745-747

摘要: 目的探讨纳米组织工程骨(NHAC)与兔骨髓基质干细胞(RMSCs)体外生物相容性, 为应用组织工程方法修复骨缺损提供依据。方法将RMSCs与NHAC体外复合培养, 进行形态学和功能测定。结果骨髓基质干细胞能在纳米组织工程骨上良好地粘附、增殖、生长。细胞的活性和碱性磷酸酶活性未受到纳米组织工程骨的影响。结论NHAC具有良好的生物相容性, 可作为骨组织工程理想的生物材料。

主题: 纳米纤维组织工程支架及其纳米效应研究进展

作者: 王海宁, 万怡灶, 李建等.

关键词: 纳米纤维; 支架; 组织工程; 生物纳米效应

基金: 国家自然科学基金资助项目(50673076)

主题: 可注射性纳米组织工程骨应用于牵拉成骨的实验研究

作者: 张锡庆, 王明海, 冯庆玲.

关键词: 干细胞; 骨生成; 纳米组织工程骨

基金: 苏州大学医学发展基金资助(编号:EE131031); 江苏省卫生厅135工程课题资助(编号:38RC2002038)

主题: 肝脏组织工程纳米纤维支架材料的比较研究

作者: 褚薛慧, 施晓雷, 冯章启等.

关键词: 组织工程; 纳米支架; 海藻酸钠; 壳聚糖; PLGA

基金: 国家自然科学基金资助项目(30772129); 南京市卫生局重点项目(ZKX06015)

主题: 骨组织工程纳米复合支架及其生物学评价

作者: 郑琪, 奚廷斐, 陈艳梅等.

关键词: 骨组织工程; 支架材料; 纳米; 安全性评价

基金: 国家973基础计划(2007CB936101); 国家863计划项目(2007AA021901)