

运动性关节软骨损伤修复材料的选择及其生物力学特征

王洪博¹, 刘东兴², 任志杰³, 尹树仁¹

Selection and biomechanical features of repair materials for exercise-induced articular cartilage injury

Wang Hong-bo¹, Liu Dong-xing², Ren Zhi-jie³, Yin Shu-ren¹

Abstract

BACKGROUND: Articular cartilage is non-vascular, lymphatic and nerve tissue, cartilage cells usually can not perform mitosis, resulting in limited ability to repair itself. Under physiological load, the articular cartilage often places in stress environments. According to its structure and characteristics of cartilage, it should have good biomechanical properties as an artificial cartilage replacement material.

OBJECTIVE: To summarize the application progress of repair materials for the exercise-induced articular cartilage injury and biomechanical characteristics as an alternative biomaterial.

METHODS: Using "articular cartilage, biomaterials, biomechanics" in Chinese and "tissue engineering, articular cartilage, scaffold material, biomechanics" in English as the key words, a computer-based retrieval of China Academic Journal Full-text database and PubMed database was performed from January 1993 to October 2010. Articles related to exercise-induced articular cartilage injury and repair, currently used biomaterials in the repair of articular cartilage injury and its biomechanical characteristics as an alternative biomaterial; duplicated research or Meta analysis was eliminated. Twenty articles mainly focus on the biomechanical characteristics of repair materials in the repair of exercise-induced articular cartilage defects.

RESULTS AND CONCLUSION: Articular cartilage is an anisotropic, heterogeneous, viscoelastic and permeable material that is filled with liquid, it has unique mechanical properties. The biomechanics of injured articular cartilage are different from the original cartilage, and easy to degenerate. Mechanical properties of osteochondral transplantation are the best for recent period; acellular cartilage matrix and small intestine submucosa matrix have certain mechanical strength; the greatest drawback of ordinary polyvinyl alcohol hydrogel is insufficient mechanical properties; polyvinyl alcohol has good flexibility and high elastic property, and similar mechanical properties with human articular cartilage; n-HA slurry and polyamide 66 composite in a solvent, they are similar to natural bone in terms of chemical composition and mechanical properties. Various alternative materials of articular cartilage have different mechanical properties no matter it is synthetic materials, natural materials, or composite materials, cartilage tissues with similar mechanical properties as natural generated cartilage are not currently recycled.

Wang HB, Liu DX, Ren ZJ, Yin SR. Selection and biomechanical features of repair materials for exercise-induced articular cartilage injury. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2011;15(12):2237-2240.
[http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 关节软骨是无血管、淋巴管和神经的组织, 通常情况下软骨细胞不能进行有丝分裂, 这导致自身修复能力有限。生理负荷下, 关节软骨经常处在应力环境中。根据软骨自身的结构和特点, 作为人工软骨的替代材料应具有良好的生物力学性能。

目的: 总结运动性关节软骨损伤修复材料的应用进展及其生物替代材料的生物力学特征。

方法: 以“关节软骨, 生物材料, 生物力学”为中文关键词, 以“tissue engineering, articular cartilage, scaffold material, biomechanics”为英文关键词, 采用计算机检索中国期刊全文数据库、PubMed 数据库 1993-01/2010-10 相关文章。纳入与运动有关的关节软骨损伤修复、目前常用于修复关节软骨损伤的生物材料以及生物替代材料的生物力学特征研究文章; 排除重复研究或 Meta 分析类文章。以 20 篇文献为主重点对运动性关节软骨缺损修复材料的生物力学特征进行讨论。

结果与结论: 关节软骨是一种各向异性、非均质、具有黏弹性并充满液体的可渗透物质, 具有独特的力学性能。损伤的关节软骨在生物力学方面均与原来的软骨不同, 且极易退变。骨软骨柱移植力学性能近期效果最佳; 脱细胞软骨基质、小肠黏膜下基质具有一定的力学强度; 普通聚乙烯醇水凝胶的最大缺陷是力学性能的不足; 聚乙烯醇材料其良好的柔韧性和高弹性, 具有与人关节软骨相似的力学性能; n-HA 浆料与聚酰胺 66 在溶剂中复合, 无论在力学性能还是化学组成上都与自然骨相似。提示在众多关节软骨替代材料中, 无论是人工合成材料、天然材料、复合材料其生物力学性能各有不同, 且目前还无法再造与天然生成的软骨具有相同力学性能的软骨组织。

关键词: 关节软骨; 软骨损伤; 生物力学; 生物材料; 替代材料

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2011.12.036

王洪博, 刘东兴, 任志杰, 尹树仁. 运动性关节软骨损伤修复材料的选择及其生物力学特征[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(12):2237-2240. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

¹Euro-American College, Hebei Normal University of Science & Technology, Qinhuangdao 066004, Hebei Province, China;
²Department of Physical Education, Qinhuangdao Vocational College, Qinhuangdao 066100, Hebei Province, China;
³Yanshan University, Qinhuangdao 066004, Hebei Province, China

Wang Hong-bo, Lecturer, Euro-American College, Hebei Normal University of Science & Technology, Qinhuangdao 066004, Hebei Province, China capslock889@163.com

Received: 2010-11-23
Accepted: 2011-01-04

¹ 河北科技师范学院欧美学院, 河北省秦皇岛市 066004;
² 秦皇岛职业技术学院体育部, 河北省秦皇岛市 066100;
³ 燕山大学, 河北省秦皇岛市 066004

王洪博, 女, 1981年生, 河北省秦皇岛市人, 汉族, 2003年齐齐哈尔大学体育学院毕业, 讲师, 主要从事体育教学与运动训练研究。
capslock889@163.com

中图分类号: R318
文献标识码: B
文章编号: 1673-8225 (2011)12-02237-04

收稿日期: 2010-11-23
修回日期: 2011-01-04
(20110104026/G·Y)

0 引言

运动性关节软骨损伤其主要原因是由于运动训练安排不当、长期大运动量、关节强负荷等引起的。关节软骨损伤往往与关节周围软组织损伤同时发生, 其治疗时间长, 关节功能恢复慢, 因而对运动员训练影响较大, 甚至导致运动员中止训练。

由于关节软骨是无血管、淋巴管和神经的组织, 通常情况下软骨细胞不能进行有丝分裂, 这导致自身修复能力有限。因此, 促进关节软骨损伤的修复, 长期以来都是运动医学领域研究的重点方向之一。关节软骨位于骨骼与骨骼之间, 其主要功能之一是对骨骼之间的挤压负荷进行传导和缓冲。生理负荷下, 关节软骨经常处在应力环境中。根据软骨自身的结构和特点, 作为人工软骨的替代材料应具有良好的生物力学性能。

软骨组织工程的基本原理是从机体获取少量活组织, 将功能细胞从组织中分离出来, 并在体外进行培养、扩增, 然后与可降解吸收的支架材料按一定比例混合, 植入病损部位, 生物材料在体内逐渐降解和吸收, 植入细胞在体内增殖和分泌细胞外基质, 最后形成所需的组织或器官, 以达到创伤修复和功能重建的目的。

目前软骨组织工程的研究内容主要集中在以下几个方面: ①种子细胞。②支架材料。③细胞因子。④基因修饰。本文将关节软骨修复材料的选择及其生物力学特征探讨如下。

1 资料和方法

1.1 资料的纳入与排除标准

纳入标准: ①与运动有关的关节软骨损伤修复、目前常用于修复关节软骨损伤的生物材料以及生物替代材料的生物力学特征研究。②动物实验中组织工程软骨材料的相关研究; 临床试验中运动性关节软骨损伤文章, 不限定患者的年龄、性别、具体术式。③同一领域选择近期发表或在权威杂志上发表的文章。

排除标准: 重复研究或Meta分析类文章。

1.2 资料提取策略 由第一作者检索Pubmed数据库(网址<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed>)及维普数据库(<http://www.cqvip.com/>)1993-01/2010-10的相关文献, 中文关键词: 关节软骨, 生物力学, 生物材料; 英文关键词: tissue engineering, articular cartilage, scaffold material, biomechanics。

1.3 对纳入文献的评价 经检索共查到相关文献120篇。经阅读标题、摘要、全文后进行初筛, 排除因内容重复、Meta分析、研究目的与此文无关的100篇, 筛选纳入20篇文献进行评价。

2 结果

2.1 关节软骨及损伤关节软骨的生物力学性能 人的关节软骨属于透明软骨, 它的特点是纤维含量少, 只含有少量的胶原纤维, 基质为透明状。关节软骨是关节两端组成滑膜关节关节面的有弹性的负重组织, 是一种特异化的结缔组织, 其表面光滑, 厚度为2~7 mm, 具有弹性好, 摩擦因数小、润滑、吸收震荡及传递载荷至软骨下骨等生物物理特性。这与其结构有密切的关系。软骨细胞分泌的蛋白多糖、胶原纤维等大分子基质是维持软骨力学性能的结构基础。使关节软骨不但富有弹性, 并具有良好的抗压性能。关节软骨内蛋白多糖聚合体可承受生理压力, 但不能对抗张力; 而胶原纤维的功能正相反, 不能对抗压力, 但能对抗张力, 两者互相配合, 使关节软骨经常处于动态平衡。关节软骨是一种各向异性、非均质、具有黏弹性并充满液体的可渗透物质, 具有独特的力学性能。载荷刺激下, 关节软骨发生蠕变和应力松弛, 呈应力-应变非线性黏弹性反应。

试验和临床研究表明, 关节软骨全厚度缺损时, 未分化的骨髓实质细胞聚集于缺损处进行分化, 产生软骨下骨和软骨。然而, 所产生的纤维软骨无论在生物学方面, 还是在生物力学方面均与原来的软骨不同, 且极易退变^[1]。

2.2 天然材料修复关节软骨的生物力学特征 天然生物材料主要包括胶原、明胶、纤维蛋白、壳聚糖、琼脂、糖胺多糖(如透明质酸、硫酸软骨素等)、藻酸盐、蚕丝蛋白、几丁质、松质骨骨基质、脱细胞基质等, 天然生物材料来源于生物体本身, 具有组织相容性较好, 毒性较小, 易降解, 且降解产物易被人体吸收而不产生炎症反应等优点, 所以在组织工程中作为关节软骨的替代材料具有人工合成材料所不可比拟的优势。

陈华等^[2]将20只成年新西兰兔制成膝关节缺损模型, 修复1组在缺损局部镶嵌移植骨软骨柱, 修复2组为骨-骨膜柱, 修复3组为II型胶原骨形态发生蛋白复合物, 空白组软骨缺损处不作处理, 另取4只兔作为正常对照。术后12周取材制成宽3 mm、长5 mm、厚0.5 mm的条状试件进行单向拉伸试验、黏弹性蠕变和松弛试验, 其结论为骨软骨柱镶嵌移植、骨-骨膜柱镶嵌移植和II型胶原骨形态发生蛋白复合物3种方法对关节软骨缺损具有良好的修复作用, 骨软骨柱移植近期效果最佳, 而II型胶原骨形态发生蛋白复合物来源广泛, 适合修复大面积的关节软骨缺损。

天然脱细胞包括脱细胞软骨基质、小肠黏膜下基质等, 其方法主要是利用同种或异种器官/组织, 经过脱细胞、去除抗原处理得到脱细胞基质材料^[3-4]。该材料具有细胞外基质成分, 有良好的组织亲和性和相容性, 有利于细胞的黏附、增殖和分化, 并且具有一定的力学强度。

阎继红等^[5]研制胶原-透明质酸-硫酸软骨素支架, 结果表明该复合支架有较强的亲水性, 软骨细胞在支架上增殖分化良好, 并分泌大量新的细胞外基质, 保持球型的软骨细胞形态, 维持表达特有的II型胶原分化表型。体外培养21 d已有软骨样组织形成, 出现软骨陷窝。

2.3 人工合成材料修复关节软骨的生物力学特征 人工合成高分子材料的微结构、机械性能以及材料的降解时间等都可以预先设计和调控, 包括有机合成材料和无机合成材料。人工合成材料不受来源的限制, 容易加工成形, 可根据需要调整物理、化学、生物力学和降解性能。生长因子和其他一些药物刺激因子可以涂于支架上面以刺激细胞进行增殖和分化。但是在运用中也发现了不少缺点, 如其亲水性不够, 对细胞的黏附性较弱, 降解产物偏酸性可引起炎症反应等, 并且有一定的免疫原性。

聚乙烯醇是由聚醋酸乙烯酯水解而成的一种水溶性聚合物, 与人体组织良好的相容性在生物医学方面获得了诸多的用途, 但普通聚乙烯醇水凝胶的最大缺陷是力学性能的不足, 通过适当的成型方法可以有效地提高其力学性能。增力NPVA水溶液度并对试样进行真空脱水时, 试样的结晶度增加, 抗拉强度提高, 弹性模量也提高; 对试样做辐射交联时, 结晶度减小, 但抗拉强度提高, 弹性模量提高。这说明材料的结晶度和交联程度对材料力学性能均有影响, 应用新工序可以制得性能良好的材料, 使其更接近人体组织^[6-7]。聚乙烯醇为多孔网状结构, 由于其良好的柔韧性和高弹性, 与软骨弹性模量相似, 且表面摩擦系数小。因此, 聚乙烯醇水凝胶目前普遍被认为是关节软骨良好的替代材料^[8]。聚乙烯醇材料其良好的柔韧性和高弹性能够减少对周围细胞和组织的机械刺激, 具有与关节软骨类似的液-固相基本结构, 具有与人关节软骨相似的力学性能^[9]。

李忠等^[10]将胶原凝胶包埋的软骨细胞整合入聚乳酸/羟基乙酸、聚磷酸钙纤维/聚乳酸巨孔三维支架进行体外培养。既能发挥巨孔三维支架力学强度高及易于塑形等优点, 又能发挥胶原凝胶对细胞的均匀包埋和黏附作用。

Bhataraj等^[11]采用聚对二氧六环/聚乳酸/聚乙二醇纤维制成的电镀薄膜, 结果提示该支架具有良好的直径(平均为380 nm)、中间孔径(8 μm)、孔隙率(80%)及机械强度(1.4 MPa)。

2.4 复合材料修复关节软骨的生物力学特征 复合材料是目前研究的热点, 即将两种或两种以上具有互补特征的生物相容性可降解材料, 按一定比例和方式组合, 可设计出结构与性能优化的三维材料, 以弥补单用人工合成或天然生物材料的缺陷。复合材料的制备不仅包括同一类生物材料的复合, 还包括不同类别生物材料之间的交叉复合。

李彬等^[12]将10只成年新西兰兔制作膝关节缺损模型, 修复组在缺损局部植入II型胶原骨形态发生蛋白复合物, 对侧肢体空白作为对照, 另取4只兔作为正常对照,

术后12周取材制成条状试件进行单向拉伸试验、黏弹性蠕变和松弛试验, 结果显示, 修复组标本力学性能强于空白组, 但较正常组关节软骨差, 差异具有显著性意义($P < 0.05$)。其实验结果证明, II型胶原骨形态发生蛋白复合物对关节软骨缺损具有良好的修复作用, 但仍需研究改善。

n-HA浆料与聚酰胺66在溶剂中复合, 得到了与自然骨结构相似, 强度和模量相匹配的n-HA+聚酰胺66纳米仿生复合材料^[13]。该材料有均匀的晶体结构, 内部结构均一, 有很强的力学性能, 通过对该材料物理化学性能测试, 表明这种复合材料无论在力学性能还是化学组成上都与自然骨相似^[14]。

郭涛等^[15]研究证实纳米羟基磷灰石/聚酰胺复合材料力学强度和自然骨组织基本一致。复合材料作为承重骨缺损的修复和替代品, 可克服现有金属聚合物、陶瓷修复体存在的力学性能与人骨不匹配造成骨吸收、骨质疏松或植入体松动、体内发生疲劳破坏等缺点^[16]。

卢华定等^[17]研制具有分层柱状结构的胶原-羟基磷灰石复合支架, 该支架表层为胶原; 中层为多孔胶原-羟基磷灰石复合; 底层为羟基磷灰石。研究表明该复合支架具有良好的细胞相容性、亲水性, 较胶原纤维有更强的力学性能。

2.5 组织工程化软骨的生物力学性能 软骨组织工程的基本原理是从机体获取少量活组织, 将功能细胞从组织中分离出来, 并在体外进行培养、扩增, 然后与可降解吸收的支架材料按一定比例混合, 植入病损部位, 生物材料在体内逐渐降解和吸收, 植入细胞在体内增殖和分泌细胞外基质, 最后形成所需的组织或器官, 以达到创伤修复和功能重建的目的。

Klein等^[18]通过分层法构建组织工程化软骨, 平衡应力-应变实验显示构建物浅层类似天然软骨的浅层区域。

王跃等^[19]通过生物力学方法对体外培养的离心管软骨和体内培养的胶原海绵支架构建的组织工程化软骨进行测试, 结果显示体外培养的离心管软骨压缩模量低于体内培养的胶原海绵支架构建的组织工程化软骨; 而体内培养的胶原海绵软骨压缩模量虽达天然软骨的同一数量级, 但仍低于天然软骨压缩刚度, 这种差别可能与力学环境有关。因此从生物力学角度看, 组织工程化软骨的体外培养方法尚须改进和提高。

Haisch等^[20]将体外构建的组织工程化软骨植入裸鼠皮下12周后形成了外观透明样组织, 并有大量软骨细胞外基质形成, 最大抗压极限和压缩弹性模量与天然软骨相似, 力学性能基本能满足临床应用需要。

对于组织工程化软骨力学评价的研究极少。有关组织工程化软骨在形态特点与力学特性之间的关系, 以及现有体内培养和体外培养方法所获得软骨组织在生物力学上的特点, 仍有待进一步深入研究。

3 讨论

软骨细胞分泌的蛋白多糖、胶原纤维等大分子基质是维持软骨力学性能的结构基础, 造成新生软骨的力学性能差的主要原因是蛋白多糖水凝胶基质的含量过少。还有研究发现, 软骨细胞种植时间长, 对软骨的黏附越牢固, 对剪切力的耐受越强。因而在修复体内软骨缺损时, 应在种植的一段时间内避免应力作用, 以利于软骨细胞牢固覆盖。目前人们还无法再造与天然生成的软骨具有相同的力学性能的软骨组织, 关节软骨损伤后自然愈合所形成的为粗大纤维组织或纤维软骨, 此种组织缺乏透明软骨中所富含的蛋白多糖水凝胶基质, 力学性能差, 容易损坏。采用聚合物生物材料进行修复后的关节软骨组织虽较自然愈合的软骨组织力学性能有所提高, 但仍主要为纤维软骨, 少数情况下可形成透明软骨, 力学性能仍无法与天然软骨相比。

了解关节软骨修复再造生物材料的生物力学性能对于优化组织工程化软骨构建程序, 调控软骨再生质量具有重要意义。未来组织工程化软骨的发展应基于生物学、化学、力学及其他生命科学知识来设计和构建, 以期构建性能完好的关节软骨替代生物材料。

4 参考文献

[1] Curl WW, Krome J, Gordon ES, et al. Cartilage injuries: a review of 31,516 knee arthroscopies. *Arthroscopy*. 1997;13(4): 456-460.
 [2] 陈华, 李彬, 温昱. 3种方法修复关节软骨缺损生物力学的研究[J]. *临床骨科杂志*, 2006, 9(3):263-268.
 [3] 韩雪峰, 杨大平, 郭铁芳, 等. 纤维蛋白胶塑形、异体微粒软骨脱细胞基质支架的人工软骨研究[J]. *中国临床康复*, 2005, 9(2): 56-58.

[4] Fox DB, Cook JL, Amoczky SP, et al. Fibrochondrogenesis of free intraarticular small intestinal submucosa scaffolds. *Tissue Eng*. 2004;10(1-2):129-137.
 [5] 阎继红, 刘玲蓉, 李学敏, 等. 胶原-透明质酸-硫酸软骨素复合三维支架体外构建组织工程软骨的实验研究[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2006, 20(1): 130-133.
 [6] 许凤兰, 李玉宝, 李吉东, 等. 纳米羟基磷灰石/聚乙烯醇复合水凝胶的溶胀性[J]. *材料工程*, 2005, 24(7): 15-18.
 [7] Kobayashi M, Toguchida J, Oka M. Development of an artificial meniscus using polyvinyl alcohol-hydrogel for early return to, and continuance of athletic life in sportspersons with severe meniscus injury. II: animal experiments. *Knee*. 2003;10(1): 53.
 [8] Soltz MA, Ateshian GA. Experimental verification and theoretical prediction of cartilage interstitial fluid pressurization at all impermeable contact interface in confined compression. *J Biomech*. 1998;31(10): 927-934.
 [9] Spiller KL, Laurencin SJ, Chadton D, et al. Superporous hydrogels for cartilage repair: Evaluation of the morphological and mechanical properties. *Acta Biomater*. 2008;4(11): 17-25.
 [10] 李忠, 杨柳, 陈光兴, 等. 胶原凝胶包埋软骨细胞复合聚磷酸钙纤维/左旋聚乳酸支架异体移植修复兔关节软骨缺损[J]. *中华实验外科杂志*, 2005, 22(3): 266-268.
 [11] Bhattarai SR, Bhattarai N, Yi HK, et al. Novel biodegradable electrospun membrane: scaffold for tissue engineering. *Biomaterials*. 2004;25(13): 2595-2602.
 [12] 李彬, 陈华, 温昱. II型胶原BMP复合物修复关节软骨缺损的生物力学研究[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2006, 14(2):5-9.
 [13] Huang M, Li YB. Study on Iniection Bioactive Bone Repairing Material of Nano. hydroxyapatite and Polyamide-66 Composite. *J Mater Sci: Mater Med*. 2003;14:655.
 [14] 孟纯阳, 安洪, 蒋电明, 等. 网孔纳米羟基磷灰石/聚酰胺人工骨修复兔骨缺损[J]. *中华创伤杂志*, 2005, 21(3): 187-191.
 [15] 郭涛, 杨天府, 肖杰, 等. 新型生物复合材料聚乙烯醇/纳米羟基磷灰石+聚己二酰己二胺修复关节软骨及软骨下骨缺损的生物力学研究[J]. *中国组织工程研究与临床康复*, 2008, 12(6): 1051-1054.
 [16] Wei J, Li YB. Tissue engineering scaffold material of nano-Apatite crystals and polyamide composite. *Eur Polym J*. 2004;40:509-515.
 [17] 卢华定, 蔡道章, 冯智英, 等. 柱状分层的胶原-羟基磷灰石复合支架负载软骨细胞体外培养[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2006, 20(2): 144-147.
 [18] Klein TJ, Chaudhry M, Bae WC, et al. Depth-dependent biomechanical and biochemical properties of fetal, newborn, and tissue-engineered articular cartilage. *J Biomech*. 2007; 40(1): 182-190.
 [19] 王跃, 杨志明, 解慧琪, 等. 组织工程化软骨的应力-应变研究[J]. *生物医学工程学杂志*, 2001, 18(2):181-184.
 [20] Haisch A, Duda GN, Schroeder D, et al. The morphology and biomechanical characteristics of subcutaneously implanted tissueengineered human septal cartilage. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2005;262(12):993-997.



纳米高分子材料与药物控制释放相关文章摘要: 本刊学术部

主题: 肿瘤纳米诊断和治疗技术的研究现状与发展前景

作者: 崔大祥.
 关键词: 肿瘤; 纳米材料; 纳米技术; 纳米诊断; 纳米治疗

基金: 国家重点基础研究发展(973)计划资助项目(No.2005CB723400-G); 国家高技术研究发展(863)计划重点项目(No.2007AA022004); 国家自然科学基金资助项目(No.30771075; No.30672147)

发表时间: 2008.15(05): 401-405

摘要: 具有独特性能的纳米材料为肿瘤早期诊断和治疗带来了新机遇, 展示出诱人的前景。近年来, 基于纳米粒子的早期肿瘤标志物体外检测技术、活体动态多模式分子影像技术、基于纳米粒子光热转换效应的纳米显像治疗一体化技术、纳米缓释药物、纳米药物递送器件等的研究都已取得重大进展。但是, 由于纳米材料对人体长期作用的影响尚不清楚, 纳米治疗技术在临床的应用还面临着挑战。本文回顾肿瘤纳米诊断和治疗领域的主要研究进展, 并展望该领域的发展前景,

旨在推动我国肿瘤纳米诊断和治疗技术的快速发展。

主题: 磁性氧化铁纳米颗粒在肿瘤靶向治疗中的应用及进展

作者: 陈月, 陈宝安.
 关键词: 纳米科技; 磁性纳米颗粒; 铁氧化物; 药物递送; 热疗; 肿瘤靶向治疗; 应用; 进展

基金: 国家自然科学基金项目(No.30872970); 国家 863 项目重点工程(No.2007AA022007); 高等院校博士学科专项科研基金(No.20070286042)

发表时间: 2010.29(01): 125-128

摘要: 近年来, 磁性纳米颗粒由于其独特的表面比效应、小尺寸和量子尺寸效应以及磁性特性受到人们的关注, 它们在生物科学和医学中的潜在应用也在过去的数十年间得到迅速发展。其中, 经过适当表面修饰的磁性氧化铁纳米颗粒应用前景最为光明, 已经被广泛运用于众多的体内实验性应用研究, 如磁共振成像、组织修复、免疫测定、生物液体制品的解毒、药物递送、过热疗法以及细胞分离等。本文重点综述磁性氧化铁纳米颗粒

的研究现状与进展, 阐述其药物递送及磁致过热效应在肿瘤靶向治疗方面的应用, 以及磁性纳米铁颗粒长期发展面临的挑战及可能的发展前景。

主题: 磁控纳米铁治疗肿瘤的研究

作者: 傅伟, 熊平, 刘晓明等.
 关键词: 肿瘤; 磁控纳米铁; 综合疗法

主题: 磁性纳米颗粒靶向性肿瘤热疗的研究进展

作者: 张阳德, 张洋, 潘一峰等.
 关键词: 肿瘤热疗; 磁性纳米颗粒; 交变磁场

主题: 纳米药物载体在肿瘤治疗中的应用

作者: 张士新, 李芳秋.
 关键词: 纳米药物载体; 肿瘤; 靶向; 综述文献
 基金: 国家自然科学基金(30670599)

主题: RGD偶联PAMAM树形分子-金纳米棒探针基础上的恶性黑色素瘤在体靶向和光热治疗

作者: 李智铭, 张学军, 任秋实等.
 关键词: 黑色素瘤; RGD多肽; 树形分子; 金纳米棒; 光热治疗