

可降解聚对二氧环己酮材料的临床应用*

曲乐, 曹江, 黄新苗

Clinical application of biodegradable polydioxanone

Qu Le, Cao Jiang, Huang Xin-miao

Abstract

BACKGROUND: Recent studies indicate that polydioxanone (PDO) has excellent biodegradability, bioabsorbability and biocompatibility, and it is widely used as tissue repair materials and scaffold materials in medical fields. However, the immunological reaction and mechanism evaluations *in vivo* need further investigation, so as to better understand the role of these materials in immune system.

OBJECTIVE: To summarize and analyze the degradation characteristics of PDO and its clinical application progress.

METHODS: A computer-based search of PubMed database and CNKI database (2000-01/2010-06) was performed using "polydioxanone, absorbable" in English and "polydioxanone" in Chinese as the key words. A total of 176 articles on the PDO clinical application were selected, including 39 Chinese and 137 English. The earlier published, repeated and similar studies were excluded, finally 25 articles were included in accordance with the criteria.

RESULTS AND CONCLUSION: PDO, one kind of aliphatic polyesters, has excellent biodegradability, bioabsorbability and biocompatibility, and it also has good flexibility. So PDO is the ideal material for surgical suture. It is also used for laminates, tissue repair, electrospun cardiovascular graft and so on. PDO has a wide application prospect in clinical application.

Qu L, Cao J, Huang XM. Clinical application of biodegradable polydioxanone. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2011;15(3):527-530. <http://www.crter.cn> <http://en.zglckf.com>

摘要

目的: 近年来诸多研究已经报道了聚对二氧环己酮的生物相容性、生物可吸收性和生物降解性;聚对二氧环己酮还在组织修复材料以及支架材料等医用领域有很好的应用。但聚对二氧环己酮的体内免疫反应评价及机制评价还有待于进一步研究,以更好地理解这些材料对免疫系统的作用。

目的: 总结和分析聚对二氧环己酮的降解特性及其在临床应用方面的研究进展。

方法: 应用计算机检索 PubMed 数据库(2000-01/2010-06),以“polydioxanone, Absorbable”为检索词;应用计算机检索 CNKI 数据库(2000-01/2010-06),以“聚对二氧环己酮”为检索词。共收集 176 篇关于聚对二氧环己酮临床应用的文献,中文 39 篇,英文 137 篇。排除发表时间较早,重复及类似研究,纳入 25 篇符合标准的文献。

结果与结论: 聚对二氧环己酮是一种具有良好生物相容性、生物可吸收性和生物降解性的脂肪族聚酯。其分子链中独特的醚键,使其还具有良好的柔韧性,是理想的手术缝合线材料,同时还可以用于制造骨板和组织修复材料以及电纺成心血管支架等,在医用领域具有广泛的应用前景。

关键词: 聚对二氧环己酮;降解;相容;聚合物材料;临床应用

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2011.03.036

曲乐, 曹江, 黄新苗. 可降解聚对二氧环己酮材料的临床应用[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011;15(3):527-530.

<http://www.crter.org> <http://cn.zglckf.com>

0 引言

随着医用可生物降解聚合物材料研究的不断发展,脂肪族聚酯以其独特的生物降解性、生物相容性和生物可吸收性广泛应用于医用生物降解材料领域。其优异的生物降解性来源于聚合物分子链中的酯键,在自然环境和生物体内均易受到进攻而发生断链,进而降解。目前,在此领域研究的最多,应用最广泛的是聚左旋乳酸(poly-L-lactic acid, PLA)、聚乙交酯(polyglycolic acid, PGA)、聚己内酯(polycaprolactone, PCL)等。同样为脂肪族聚酯的聚对二氧环己酮(polydioxanone, PDO)也具有非常优异生物相容

性、生物可吸收性和生物降解性;此外,由于其分子链中具有独特的醚键,所以具有良好的柔韧性,是理想的手术缝合线材料,同时还可以用于制造骨板和组织修复材料,具有广泛的应用前景^[1]。本文就PDO的临床应用研究进展作如下综述。

1 资料和方法

1.1 资料来源

检索人:由第一作者应用计算机进行检索。

检索策略:以“polydioxanone, degradation”为检索词,检索PubMed数据库(<http://www.ncbi.nlm.gov/PubMed>),检索时间范围为:2000-01/2010-06。以“聚对二氧

Department of Cardiology, Changhai Hospital of Second Military Medical University of Chinese PLA, Shanghai 200433, China

Qu Le, Department of Cardiology, Changhai Hospital of Second Military Medical University of Chinese PLA, Shanghai 200433, China septsoul@yahoo.cn

Correspondence to: Huang Xin-miao, Attending physician, Doctor, Department of Cardiology, Changhai Hospital of Second Military Medical University of Chinese PLA, Shanghai 200433, China huangxinmiao@163.com

Supported by: Medical Guide Program of Shanghai Municipal Science and Tehnology Commission, No.10411960200*

Received: 2010-07-12
Accepted: 2010-08-14

解放军第二军医大学长海医院心内科,上海市 200433

曲乐,男,1988年生,山东省莱芜市人,汉族,2010年解放军第二军医大学毕业。
septsoul@yahoo.cn

通讯作者:黄新苗,主治医师,博士,解放军第二军医大学长海医院,上海市 200433
huangxinmiao@163.com

中图分类号:R318
文献标识码:B
文章编号:1673-8225
(2011)03-00527-04

收稿日期:2010-07-12
修回日期:2010-08-14
(20100712001/ZY·Y)

环己酮”为检索词, 检索CNKI数据库(<http://www.cnki.net>), 检索时间范围为: 2000-01/2010-06。文献检索语种限制为英文和中文。

1.2 入选标准

纳入标准: ①文献内容与医用可生物降解聚合物材料PDO的研究相关。②论点论据可靠的原创性文章。③观点明确、分析全面的文献。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: 重复性研究。

1.3 质量评估 对每一篇符合纳入标准的文献进行以下几个方面的评价: ①随机分配方法。②是否采用盲法评估。③动物脱落或患者失访情况。文献筛选和质量评价由2位作者独立进行并交叉核对, 如有分歧, 则通过讨论或由第3作者协助解决。

1.4 数据的提取 计算机初检得到176篇文献, 中文39篇, 英文137篇。阅读标题和摘要进行初筛, 排除因研究目的与此文无关的110篇, 内容重复性的研究41篇, 共保留25篇文献进行综述。

2 结果

2.1 PDO及降解特性 PDO是由对二氧环己酮开环聚合而成的高分子聚合物, 化学结构式为: $-(O-(CH_2)_2-O-CH_2-CO)_n-$ 。PDO大分子链上含有醚键, 因此有非常好的柔曲性, 适宜制成各种规格的单丝缝合线^[2]。PDO的结晶度为55%, 因此纤维强度较高, 在体内的降解时间较长。即在较长时间内纤维还保持一定的强度, 有利于伤口的缝合。PDO的玻璃化温度(Tg)为-10~0 °C, 熔点(Tm)为105.39 °C。由于PDO的玻璃化温度较低, 在室温下使用时, 该温度远高于分子链段运动的温度, 所以纤维有良好的柔曲性能。同时Tm在100 °C以上, 纤维在室温下使用不会出现发黏现象, 纺丝条件容易控制, 容易纺制高质量的医用纤维^[3]。

PDO的降解主要是由于水解作用引起的, 其降解时间及保持力学强度时间较长, 其降解速率与其结晶度明显相关^[4]。在水解初期, PDO纤维的降解过程较为平缓, 单丝纤维在降解初期得以保持很好的强度^[5]。相对于PLA、PGA等其他合成可降解材料, PDO缝线具有更高的初始强度, 且在体内可以更长时间地保持机械强度。水解后期, 随着分子链水解程度的加深, 分子链进行有序重排的机会显著减少, 因此导致原纤维非晶区的密度和取向大部分遭到破坏, 纤维强度急剧下降。最后, 晶区开始水解, 整个纤维溶解, 裂解为碎片, 纤维强度完全丧失^[6]。PDO在人体中的强度保持率大, 特别适用于伤口或患部支持时间长的手术, 4周的强度保持率为61%, 8周的保持率为15%, 均大于PLA、PGA; PDO被身体完全吸收需180 d, 而且引起的组织反应性比较小。PDO的降解一般将导致低相

对分子质量的链段, 在体内这些链段能被身体代谢吸收或者生物吸收, 其降解产物大部分从呼吸道排出, 少量的从尿及粪便中排出^[7]。

金懿明等^[8]选择体内反应小, 自身强度大, 理化性能优良, 柔顺性好的PDO单丝作为编织血管外支架的原料。他们研究的PDS经编支架材料, 结构稳定并具有较好的压缩回复性能, 体外降解试验表明其在8周内保持较为稳定的降解速率和较好的力学性能, 是一种理想的血管支架材料^[9-10]。以往有关PDO体外降解的实验数据大多来源于一种手术缝线PDO的降解实验结果, 这种手术缝线不仅相对分子质量不高, 同时受其形状的限制, 导致降解实验结果有很大的局限性^[11-12]。但是将PDO制成条状或是片状样品后, 由于改变了样品形状, 其降解行为会发生相应改变, 此时相对分子质量成为影响降解的最主要因素之一。白威等^[13]对高相对分子质量($M_r=2.8 \times 10^5$)的聚对二氧环己酮条状样品在37 °C磷酸缓冲溶液(PBS)中的降解行为进行了研究, 到第6周时, 其力学强度基本消失, 证明高相对分子质量PDO具有较慢的降解速度, 显示出很好的稳定性, 使其具有更广泛的应用前景。

2.2 PDO的临床应用

2.2.1 可吸收缝线 PDO首先用来制作单丝缝合线, 由于PDO具有较低的玻璃化转变温度和分子链上有醚键, 使得聚合物分子链富于柔顺性, 可制成各种尺寸的单丝缝合线。这种线强度高、组织反应小, 在体内强度保持率大, 对于缝合愈合时间较长的伤口尤为适宜。PDO缝合线的一个重要缺点是形状记忆特性, 它总是保持卷轴形状。此外, 它表面摩擦力小, 易于穿过组织, 但加上形状记忆特性使得打结更加困难。Kosan等^[14]研究了PDO缝合线对动物膀胱壁的影响, 观察到PDO缝合线较其它材料产生炎症和异物反应的程度低, 且没有结石形成。因此PDO在泌尿外科中可能会大有用处。Luciani等^[15]研究比较了经典的不锈钢丝和PDO缝合线在正中胸骨切开术后胸骨闭合和并发症的预防的效率, 数据表明, 对于低体表面积的高危患者, PDO缝合线可以防止术后并发症的发展。

2.2.2 骨科及作为假体 PDO具有优越的生物可吸收性, 可用于骨折内固定材料, 由于其刚性为1.0 GPa, 与面骨中的扁骨或不规则骨的固有刚性(0.01~1.7 GPa)相匹配, 作为骨折内固定物能有效地避免应力遮挡, 其强度也能支持受肌肉牵拉力量不大的面骨骨折的内固定。

鼻成形术总是需要多样的软骨移植, James等^[16]用PDO薄片作为暂时的生物力学支架, 将自体的软骨片段集合在一起, 用于58例鼻成形术, 最大限度的利用了那些本会被丢弃的软骨片段。且鼻子的长期稳定性是令人满意的, 达到了结构和美容的目的。

基于支架的骨组织工程的主要限制之一是难以增加有生物活性的无机物的负荷, Madurantakam等^[17]用新的方法增加电纺支架的总无机物含量, 将不同数量的nHA

与PDO或PLGA联合,电纺成复合支架,在 $1 \times$ 和 $4 \times$ 的模拟体液(simulated body fluid,SBF)中孵育,结果显示,在 $1 \times$ SBF中孵育的含50% n HA的PDO产生了最大的矿化。

2.2.3 编织成网状修复材料和支架结构的应用 郑晔等^[3]研究了PDO的力学性能和降解性能,发现PDO的初始模量适中,断裂强度和断裂伸长大,所以PDO纤维韧性好,抗冲击性强。有足够的支撑力使胸廓稳定,防止反常呼吸,又能发挥可降解材料的生物相容性好、无毒性的优点,是理想的胸外科修补材料。广泛性胸壁缺损重建是外科医生的一大难题,近年来进展不大。Tang等^[18]将PDO编织成网,种上脱钙骨基质(demineralized bone matrix, DBM)和骨髓源基质细胞(bone marrow stromal cells, BMSC),用其重建犬模型的一个 $6 \text{ cm} \times 5.5 \text{ cm}$ 的胸壁缺损。X射线和组织学检查观察到新骨的形成和骨连接,更重要的是重建的肋骨能保持它原有的弧度,并且就弯曲应力而言,有接近正常肋骨的生物力学。由此看出,结合了脱钙骨基质和骨髓源基质细胞的PDO网可以不仅在功能上,而且在结构上修复胸壁缺损。

生物可降解支架从理论上克服了永久性支架的很多缺点,如具有炎症增生和再狭窄等并发症存在,难以在良性狭窄性病变及儿童病例中广泛应用,故具有很大的临床应用前景。Zilberman等^[19]分别使用PLA、PDS和PGA丝纤维编制成具有自膨胀性能的管状支架,在支架的体外降解及力学性能的研究中,PLA的降解时间约24个月,能提供至少20周的有效支撑力,PDS的降解时间为6个月,能提供超过5周的有效支撑,而PGA的降解速率较快,仅能提供2周的良好支撑。据报道,PDO编织成的食管支架,近3周后在食管中机械强度保持50%,2个月内支架结构开始分解。Battersby等^[20]研究了PDO自我扩张支架在处理良性食管狭窄的使用。实验对象为一只颈段食管狭窄、有6周反胃病史的猫,他们将具有生物降解性的PDO自我扩张支架植入该猫的食管狭窄部位,结果它可以经口进食松软的罐头食品,4个月后的荧光镜检查显示支架不复存在,而且团块的罐头食品可以通过颈段食管而没有梗阻现象。Stivaros等^[21]也证实了其可适用于抗治疗的良性食管狭窄及食管癌。

2.2.4 电纺成心血管支架 Sell等^[22]设计了由PDO和弹力蛋白组成的电纺心血管支架,更接近天然动脉组织的机械性能,且有助于组织再生。Thomas等^[23]用PDO、弹力蛋白(elastin,E)、明胶(gelatin,G)电纺混合制成三层的管状支架,模拟天然血管复杂的基质结构。由内到外为EG/PEG/PD, PDO提供假体的机械强度,弹力蛋白提供弹性,明胶赋予其生物活性。生物材料的免疫应答测试是评价生物相容性的重要组成部分之一,特别是那些用来设计生物可吸收支架的材料。Smith等^[24]对弹力蛋白电纺混合物的体外免疫反应进行了研究,将其在体外暴露于鼠脾细胞,结果显示,弹力蛋白电纺混合物对细胞免疫和体液免

疫有明显的免疫抑制作用,但对先天性免疫应答无影响。随后,Smith等^[25]又在体外研究了明胶电纺混合物的免疫反应,其同样对先天性免疫无影响,对细胞免疫和体液免疫有明显的免疫抑制作用,但比弹力蛋白电纺混合物的抑制作用小。进一步的体内免疫反应评价及机制评价还有待于进行,以更好地理解这些材料对免疫系统的作用。

由于它们的合成本质及缺乏生物活性,有可能使炎症细胞过表达TF(tissue factor,组织因子),从而增加了急性血栓发生的潜能。研究显示,PDO电纺移植与标准移植(e-PTFE)相比,没有更大的致栓危险。且比PGA和Dacron合成移植物的致栓性小。

3 小结

PDO是具有优异的生物降解性、生物相容性和生物可吸收性以及良好的柔韧性的脂肪族聚酯,大量研究表明其在可吸收缝合线、骨固定材料、组织修复材料以及支架材料等医用生物降解材料领域有很好的应用。但PDO的体内免疫反应评价及机制评价还有待于进行,以更好地理解这些材料对免疫系统的作用。另外,随着医疗技术和科学领域的不断拓展,期望PDO及其改型的高性能材料在药物缓释,形状记忆材料方面会有良好的应用前景。

4 参考文献

- [1] 徐向奎,冯亚凯,薛燕.对二氧环己酮及其聚合物的研究进展[J].化学工业与工程,2008,25(3):259-263.
- [2] Bhattarai N, Bhattarai SR, Yi HK, et al. Novel polymeric micelles of amphiphilic triblock copolymer poly (p-dioxanone-co-L-lactide)-block-poly (ethylene glycol).Pharm Res. 2003 ;20(12):2021-2027.
- [3] 郑晔,王文祖.聚对二氧环己酮纤维—一种理想的胸外科修补材料[J].合成纤维,2006,35(10):28-31.
- [4] Marcos A. Sabino, Susana González, Leni Márquez, et al.Study of the hydrolytic degradation of polydioxanone PPDx .Polymer Degradation and Stability.2000;69(2): 209-216 .
- [5] Ping Ooi C, Cameron RE.The hydrolytic degradation of polydioxanone (PDSII) sutures. Part I: Morphological aspects.J Biomed Mater Res. 2002;63(3):280-290.
- [6] Yang KK,Wang XL,Wang YZ.Poly (p-dioxanone) and its copolymers.J.Macromol.Sci.Polymer.Rev. 2002; C43 (3): 373-398.
- [7] Sabino MA., Feijoo JL, Nuñez, et al.Interaction of fibroblast with poly(p-dioxanone) and its degradation products .Journal of Materials Science . 2002;37(1)35-40.
- [8] 金懿明,王文祖.经编结构血管外支架的体外降解性能[J].中国组织工程研究与临床康复,2008,12(27): 5248-5252.
- [9] Kontio R, Ruuttila P, Lindroos L, et al.Biodegradable polydioxanone and poly(l/d)lactide implants: an experimental study on peri-implant tissue response.Int J Oral Maxillofac Surg. 2005;34(7):766-776.
- [10] Mäkelä P, Pohjonen T, Törmälä P, et al.Strength retention properties of self-reinforced poly L-lactide (SR-PLLA) sutures compared with polyglyconate (Maxon) and polydioxanone (PDS) sutures. An in vitro study.Biomaterials. 2002 ;23(12): 2587-2592.
- [11] Pezzin APT ,Duek EAR .Miscibility and hydrolytic degradation of bioresorbable blends of poly(p-dioxanone) and poly(L-lactic acid) prepared by fusion .Journal of Applied Polymer Science .2006;101 (3) : 1899-1912 .
- [12] Saša Andjelić, Dennis Jamiołkowski, James McDivitt, et al.Crystallization study on absorbable poly(p-dioxanone) polymers by differential scanning calorimetry.Journal of Applied Polymer Science.2001;79(4):742-759.

- [13] 白威, 陈栋梁, 李庆, 等. 高分子量聚对二氧己酮体外降解研究[J]. 高分子学报. 2009,(1):78-83.
- [14] Kosan M, Gonulalan U, Ozturk B, et al. Tissue reactions of suture materials (polyglactine 910, chromed catgut and polydioxanone) on rat bladder wall and their role in bladder stone formation. Urol Res. 2008 ;36(1):43-49.
- [15] Luciani N, Anselmi A, Gandolfo F, et al. Polydioxanone sternal sutures for prevention of sternal dehiscence. J Card Surg. 2006 ; 21(6):580-584.
- [16] James SE, Kelly MH. Cartilage recycling in rhinoplasty: polydioxanone foil as an absorbable biomechanical scaffold. Plast Reconstr Surg. 2008;122(1):254-260.
- [17] Madurantakam PA, Rodriguez IA, Cost CP, et al. Multiple factor interactions in biomimetic mineralization of electrospun scaffolds. Biomaterials. 2009 ;30(29):5456-5464.
- [18] Tang H, Xu Z, Qin X, et al. Chest wall reconstruction in a canine model using polydioxanone mesh, demineralized bone matrix and bone marrow stromal cells. Biomaterials. 2009 ;30(19): 3224-3323.
- [19] Zilberman M, Nelson KD, Eberhart RC. Mechanical properties and in vitro degradation of bioresorbable fibers and expandable fiber-based stents. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2005 ; 74(2):792-799.
- [20] Battersby I, Doyle R. Use of a biodegradable self-expanding stent in the management of a benign oesophageal stricture in a cat. J Small Anim Pract. 2010 ;51(1):49-52.
- [21] Stivaros SM, Williams LR, Senger C, et al. Woven polydioxanone biodegradable stents: a new treatment option for benign and malignant oesophageal strictures. Eur Radiol. 2010 ;20(5):1069-1072.
- [22] Sell SA, McClure MJ, Barnes CP, et al. Electrospun polydioxanone-elastin blends: potential for bioresorbable vascular grafts. Biomed Mater. 2006 ;1(2):72-80.
- [23] Thomas V, Zhang X, Vohra YK. A biomimetic tubular scaffold with spatially designed nanofibers of protein/PDS bio-blends. Biotechnol Bioeng. 2009;104(5):1025-1033.
- [24] Smith MJ, White KL Jr, Smith DC, et al. In vitro evaluations of innate and acquired immune responses to electrospun polydioxanone-elastin blends. Biomaterials. 2009 ;30(2): 149-159.
- [25] Smith MJ, Smith DC, Bowlin GL, et al. Modulation of murine innate and acquired immune responses following in vitro exposure to electrospun blends of collagen and polydioxanone. J Biomed Mater Res A. 2010;93(2):793-806.

关于作者: 第一作者构思并设计本综述, 第一作者解析相关数据, 第一作者对本文负责, 第三作者负责审核。

基金资助: 上海市科委医学引导项目基金 (10411960200)。

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: 没有与相关伦理道德冲突的内容。

此问题的已知信息: PDO 属于聚酯类高分子, 其合成工艺于 1979 年获得美国专利而且已经获得美国食品及药物管理局(FDA)批准被广泛应用于生物可吸收手术缝和线。

本综述增加的新信息: PDO 还在组织修复材料以及支架材料等医用领域有很好的应用。但 PDO 的体内免疫反应评价及机制评价还有待于进行, 以更好地理解这些材料对免疫系统的作用。

临床应用的意义: PDO 具有优异的生物降解性、生物相容性和生物可吸收性以及良好的柔韧性, 是理想的手术缝合线材料, 同时还可以用于制造骨板和组织修复材料以及电纺成心血管支架等, 在医用生物降解材料领域有很好的应用前景。

CRTER 杂志已出版的牙槽骨或颌骨修复人工骨材料相关文章: 本刊学术部

- 个性化钛模板与纳米羟基磷灰石及自体骨修复兔上颌骨缺损
王雅英, 李世德, 马晓凇等.
2010 14(16): 2851-2854
关键词: 上颌骨缺损; 自体骨; 纳米羟基磷灰石; 个性化钛模板; 口腔生物材料
基金: 辽宁省自然科学基金, 辽宁省教育厅高等学校科学研究项目
- 纳米羟基磷灰石修复兔颌骨缺损的组织学分析
富建明, 苗波, 贾刘合等
2008.12(1): 157-160
关键词: 纳米羟基磷灰石; 骨缺损; 生物相容性; 组织学; 图像分析
- 基因修饰骨髓间充质干细胞复合珊瑚羟基磷灰石支架材料修复骨质疏松性下颌骨缺损
唐尤超, 王远勤, 汤炜.
2008,12(14): 2601-2605
关键词: 骨形态发生蛋白; 骨质疏松症; 细胞分化; 基因治疗
基金: 广东省自然科学基金, 广东省卫生厅科研项目
- 异体脱细胞真皮基质修复口腔颌面软组织缺损
周晓萍, 张茹慧, 赵静.
2006.10(1): 52-56
- 关键词: 口腔颌面; 组织缺损; 修复
- 人工颞下颌关节假体植入材料、设计及相关技术临床应用的进展
唐尤超, 田卫东, 李声伟.
2007.11(35): 7113-7116
关键词: 颞下颌关节; 人工关节; 假体; 关节重建
- 新型两亲性共聚物复合骨形成蛋白修复兔下颌骨缺损
冯智强, 赖仁发, 缪婧.
2007.11(35): 6946-6949
关键词: 两亲性共聚物(PLA-PVP); 骨形成蛋白; 聚乳酸; 颌骨缺损
基金: 广东省科技厅科技计划
- 组织工程技术仿生构建颌骨组织的研究
姚晖, 李俊杰, 濮礼臣等.
2007.11(40): 8047-8051
关键词: 组织工程; 纳米材料; 仿生; 构建; 成骨细胞
基金: 天津市自然科学基金
- 植入成品骨诱导活性材料修复髌骨缺损: 随机对照3个月后髌部CT扫描三维重建
余小明, 金鑫, 田锐等.
2009.13(42): 8225-8228
关键词: 骨形态发生蛋白; 牛松质骨; 下颌骨;
- 骨移植
基金: 贵阳市科技局资助项目
- 纳米双相磷酸钙陶瓷组织工程支架复合大鼠自体骨髓基质干细胞修复极量颅骨缺损
王涛, 田卫东, 李声伟等.
2008.12(14): 2606-2610
关键词: 骨髓基质细胞; 纳米双相磷酸钙陶瓷; 组织工程; 支架
基金: 四川省科技厅科技攻关项目, 高等学校优秀青年教师教学科研奖励计划
- 壳聚糖/β-磷酸三钙/重组人骨形态发生蛋白2可注射性复合体修复兔下颌骨缺损
赵清桐, 赖仁发, 汪距等.
2009.13(51): 10065-10068
关键词: 壳聚糖/β-磷酸三钙; 骨形成蛋白; 可注射; 支架
- 骨复合材料结合生物膜即刻修复兔下颌骨缺损
方利华, 平金良, 孟祥勇等.
2009 13(21): 4101-4104
关键词: 下颌骨; 缺损; 骨复合材料; Bio-gide生物膜; 自体牙再植
基金: the Medical Science Research Foundation of Zhejiang Province