

三种生物材料修复兔关节软骨缺损的性能对比**

郭忠鹏, 彭超, 蒋电明, 安洪

Performance comparison among three biomaterials in repairing articular cartilage defects

Guo Zhong-peng, Peng Chao, Jiang Dian-ming, An Hong

Abstract

¹Department of Orthopaedics, First Affiliated Hospital, Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China

Guo Zhong-peng★, Studying for master's degree, Physician, Department of Orthopaedics, First Affiliated Hospital, Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China
dipeng_2001@163.com

Correspondence to: Jiang Dian-ming, Chief physician, Doctoral supervisor, Professor, Department of Orthopaedics, First Affiliated Hospital, Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China
jdm571026@vip.163.com

Supported by: the National Nanometer Research Cooperation Program (973 Program) No. 2007CB936102*

Received: 2010-02-22
Accepted: 2010-03-13

重庆医科大学附属第一医院骨科, 重庆市 400016

郭忠鹏★, 男, 1980年生, 山西省吕梁市人, 汉族, 在读硕士, 医师, 主要从事关节外科的研究。
dipeng_2001@163.com

通讯作者: 蒋电明, 主任医师, 博士生导师, 教授, 重庆医科大学附属第一医院骨科, 重庆市 400016
jdm571026@vip.163.com

中图分类号: R318
文献标识码: B
文章编号: 1673-8225 (2010)16-02870-05

收稿日期: 2010-02-22
修回日期: 2010-03-13
(20100222007/G-Z)

BACKGROUND: Polyvinyl alcohol hydrogel (PVA) has been generally considered as a good substitute material of articular cartilage. Polyamide 66 (PA66) polymer has achieved an extensive application in the fields of engineering and medicine owing to its high intensity, strong tenacity and good stability. Polyurethanes exhibit good histocompatibility and blood compatibility and show distinct advantages in repairing cartilage.

OBJECTIVE: To compare the outcomes of repairing articular cartilage defects in rabbit knee joints with three materials and to find the best material.

METHODS: Thirty-six healthy adult New Zealand rabbits were prepared for the models of articular cartilage defects by perforating on the patellofemoral joint and randomly divided into 4 groups, with 9 animals in each group. PVA, polyurethane, and PA66 were implanted into the into articular cartilage defects in rabbits of corresponding groups. There was no treatment in the control group. The macroscopic and histological evaluations of rabbit knee joints were performed at 4, 8 and 12 weeks postoperatively. The score of histology was used to evaluate the repairs of articular cartilage defects at 12 weeks postoperatively.

RESULTS AND CONCLUSION: No infection was observed in all animals with good motion of joints. At 12 weeks postoperatively, the materials got well with surrounding cartilage, which did not degenerate obviously. The defects in the control group were filled with fibrous scar-like tissues that arranged in disorder. The histological score of the in the group implanted by PVA, as well as polyurethane, was higher than that in PA66 and the control groups ($P < 0.05$), but the difference between the two groups had no significance ($P > 0.05$). The porous materials PVA and polyurethane have good function for replacing articular cartilage, with good biocompatibility.

Guo ZP, Peng C, Jiang DM, An H. Performance comparison among three biomaterials in repairing articular cartilage defects. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2010;14(16):2870-2874.
[http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 聚乙烯醇水凝胶目前普遍被认为是一种在临床上非常有前途的关节软骨替代材料。聚酰胺 66 是一种具有高强度、高韧性和良好稳定性的聚合物, 在工程和医学领域已获得广泛应用。聚氨酯具有良好的组织相容性和血液相容性, 在合成材料中, 聚氨酯在软骨修复方面表现出其独特的优势。

目的: 比较多孔网状聚乙烯醇/聚氨酯/聚酰胺 66 生物材料修复兔关节软骨缺损的效果, 探索性能更加优异的软骨支架材料。

方法: 在 36 只兔髌股关节面上制造软骨缺损模型后按随机数字表法分为 4 组, 每组 9 只。聚乙烯醇植入组、聚氨酯植入组、聚酰胺 66 植入组分别在软骨缺损处相应植入生物材料, 对照组不做任何处理。植入 4, 8, 12 周后观察兔行为形态及膝关节局部组织形态学变化, 对植入后 12 周修复组织进行组织学评分。

结果与结论: 生物材料植入后兔大体形态观察伤口无感染, 关节活动度好。植入后 12 周, 植入组材料与周边组织融为一体, 周边软骨未见明显退行性变; 对照组整个观察期内, 修复区表面不平整, 与周围软骨分界清楚, 有纤维状物覆盖。组织学评分显示聚乙烯醇植入组与聚氨酯植入组差异无显著性意义($P > 0.05$), 优于聚酰胺 66 植入组及对照组($P < 0.05$)。提示多孔聚乙烯醇/聚氨酯生物材料具有良好的组织相容性及替代关节软骨的功能。

关键词: 聚乙烯醇; 聚氨酯; 聚酰胺; 生物支架材料; 关节软骨; 缺损; 修复
doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2010.16.006

郭忠鹏, 彭超, 蒋电明, 安洪. 三种生物材料修复兔关节软骨缺损的性能对比[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(16):2870-2874. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

0 引言

关节软骨自身修复能力较差, 无血液供应、神经组织和淋巴回流^[1-3], 因此未达到软骨下骨的软骨内损伤几乎不能愈合^[4], 只在伤口周围产生短暂的软骨细胞复制并合成少量基质, 且逐渐引起关节表面退行性变^[5-11]。聚乙烯醇(polyvinyl alcohol hydrogel, PVA)水凝胶目前普遍被认为是关节软骨良好的替代

材料^[12]; 聚酰胺66(polyamide 66, PA66)是一种具有高强度、高韧性和良好稳定性的聚合物; 聚氨酯(polyurethane, PU)具有良好的组织相容性和血液相容性, 高拉伸强度和断裂伸长率, 良好的耐磨损、抗曲挠性, 耐溶剂、耐水解性、耐微生物, 容易成型加工, 性能可控等优异的性能^[13]。本实验将多孔网状聚乙烯醇/聚氨酯/聚酰胺66生物材料植入兔关节软骨缺损处, 探索性能更加优异的软骨支架材料。

1 材料和方法

设计: 随机分组设计, 对照动物实验。

时间及地点: 于2008-12/2009-12在重庆医科大学实验动物中心完成

材料: 选择成年健康新西兰大白兔36只, 雌雄不限, 兔龄4个月, 体质量2.0~2.5 kg, 由重庆医科大学实验动物中心提供(使用许可证号: SCXK(渝)20040009)。实验过程中对动物处置方法符合2006年科学技术部发布的《关于善待实验动物的指导性意见》^[14]。

将新西兰大白兔按随机数字表法分为4组, 即多孔聚乙烯醇植入组、多孔聚氨酯植入组、多孔聚酰胺植入组、对照组, 每组9只。

生物材料: 聚乙烯醇为多孔网状结构, 孔径为150~400 μm , 孔隙率为78.5%, 含水率为76.4%。

聚酰胺66为多孔网状结构, 孔径400~600 μm , 孔隙率84.0%。

聚氨酯为多孔网状结构, 孔径为100~800 μm , 孔隙率超过78.0%。

均由由四川大学纳米分析测试中心制备, 规格: 直径5 mm, 厚1 mm, 圆形薄片。

技术路线:

动物实验: 30 g/L戊巴比妥行耳缘静脉麻醉后, 消毒, 铺巾, 经髌旁外侧入路手术暴露股关节面, 在髌股骨关节面上打孔, 直径5 mm, 深度1 mm, 制成关节软骨缺损的模型。

聚乙烯醇植入组、聚氨酯植入组、聚酰胺66植入组分别植入相应生物材料, 用不锈钢大头针固定, 对照组不做任何处理。对侧肢体打孔直径5 mm, 深度1 mm, 作对照组或植入其他材料, 缝合伤口, 所有术肢不予固定, 任其自由活动。

大体形态观察: 植入后观察动物饮食、活动、伤口、关节活动度、死亡情况。分别于植入后第4, 8, 12周麻醉后处死动物, 打开关节腔, 观察周边软骨、对侧关节面、滑膜、材料稳定性。

组织形态学观察: 分别于植入后第4, 8, 12周各处死9只动物, 取出股骨髌标本, 以移植材料为中心, 截取长度约为1 cm大小标本, 标本经40 g/L多聚甲醛固定后, 常规脱水, 树脂包埋, 切片厚度为5 μm , 行苏木精-伊红、Masson及甲苯胺蓝染色, 显微镜下观察材料周边组织变化。对植入后12周大体及组织学观察结果参照Wakitani等^[15]制定的组织学评分标准进行评分。

主要观察指标: ①生物材料植入膝关节后大白兔的生物学行为及关节腔内变化。②生物材料植入兔膝关节后的局部组织形态学变化。③植入后12周修复组

织的组织学评分。

设计、实施、评估者: 设计为第一作者, 实施为全部作者, 评估为第一作者, 评估者经过正规培训。

统计学分析: 由第一作者采用SPSS 13.0软件进行统计分析, 采用单因素多样本均数比较的方差分析, $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果

2.1 实验动物数量分析 实验选取新西兰大白兔36只, 全部进入结果分析, 无脱失。

2.2 动物的生物学行为观察 生物材料植入后所有动物均未死亡, 伤口无感染, 无分泌物, 各组关节活动度好, 有1只对照组动物膝关节活动减少, 第8周出现膝关节外翻畸形。

2.3 动物膝关节腔内变化

多孔材料植入组:

关节面平滑、光整, 植入后4周修复组织色泽灰白, 表面较平整, 与周围软骨分界清楚, 材料周边间隙被组织填塞, 材料牢固。植入后8周, 修复组织色泽较前略白, 表面基本平整, 与周围组织部分整合。

植入后12周, 修复区表面光滑, 修复组织与周围软骨基本整合, 色泽相近, 辨认困难。

8, 12周后材料周边间隙消失, 关节活动良好, 周边软骨无明显退行性变, 材料与周边软骨牢固结合。对侧关节面光滑, 无磨损。滑膜无增生肥厚。

对照组:

实验第4周有纤维肉芽组织填充缺损底部, 8, 12周钻孔处形成亮白色纤维样软骨, 表面不平整, 周边关节软骨轻度退行性变, 关节滑膜未见明显增生、水肿、肥厚。

2.4 组织形态学观察

多孔聚乙烯醇植入组:

植入后4周:

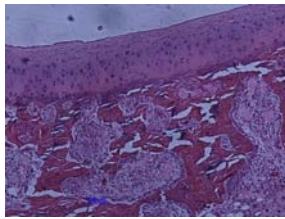
可见不典型透明软骨组织, 软骨细胞位于陷窝中, 细胞数量较多, 排列不规则, 甲苯胺蓝染色阳性基质较少, 修复面平整, 修复组织厚度大约为邻近软骨的1/3~1/2, 植入材料与周边软骨间隙消失。

植入后8周:

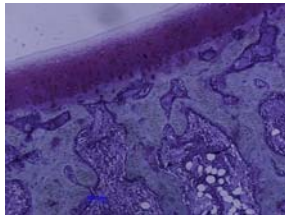
可见不典型的透明软骨组织, 软骨细胞位于陷窝中, 细胞数量较多, 排列较为规则, 可见分区及软骨同源细胞群现象, 甲苯胺蓝染色阳性基质含量较高, 关节软骨缺损部修复组织厚度为正常软骨的1/2~3/4, 表面较为平整。

植入后12周:

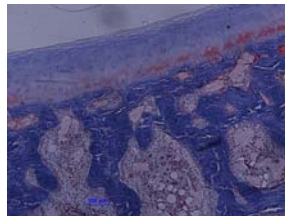
修复组织和周围软骨整合紧密、厚度相近, 细胞位于软骨陷窝中, 细胞数量较正常软骨仍多, 其形态、排列、基质甲苯胺蓝染色及潮线与正常软骨相似, 表层细胞呈椭圆形, 长轴与关节面平行, 中间细胞呈圆形, 放射区内细胞有柱状排列趋势, 见图1。



a: Hematoxylin-eosin staining



b: Toluidine blue staining



c: Masson staining

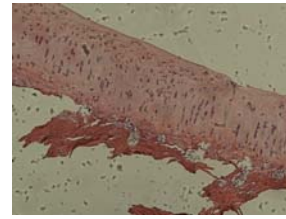
Figure 1 Histological observation of the defects in the polyvinyl alcohol hydrogel implant group at 12 weeks postoperatively ($\times 100$)

图 1 植入后 12 周多孔聚乙烯醇植入组组织学观察结果 ($\times 100$)

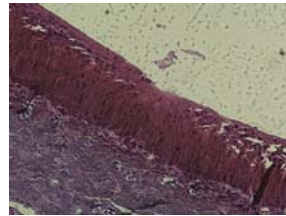
多孔聚氨酯植入组: 植入后4周见修复区较多幼稚软骨细胞, 多聚集于浅层, 细胞体积较小, 形态多长梭形, 数量多, 成水平排列, 深层细胞体积较大, 排列不规则, 已出现典型的软骨陷窝结构、甲苯胺蓝染色阳性基质较正常组织少, 从组织形态上与周围组织分界清楚。植入后8周实验组基质染色较前增多, 可见明显软骨同源细胞群现象。植入后12周修复面基本平整, 修复组织和周围软骨整合紧密、厚度相近, 细胞形态、排列与正常软骨组织相近, 仍可见软骨同源细胞群, 胶原基质的合成与分泌功能旺盛, 见图2。

多孔聚酰胺组: 植入后4周缺损区为纤维组织覆盖, 修复面凹陷。植入后8周修复组织中可见较多的软骨细胞, 修复组织甲苯胺蓝染色弱而不均匀, 软骨陷窝多见, 细胞分布不均。植入后12周可见部分透明软骨组织, 软骨细胞位于陷窝中, 细胞数量较少, 排列欠规则, 甲苯胺蓝染色阳性基质较前增多, 修复面较为平整, 部分修复组织厚度大约为邻近软骨 $3/4$, 见图3。

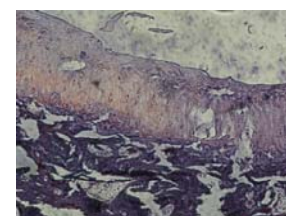
对照组: 实验第4周时缺损处有纤维肉芽组织从底部向上填充, 有大量成纤维细胞及炎性细胞。8, 12周缺损区内大部为纤维组织覆盖, 其下为软骨下骨, 修复组织与邻近组织边界清楚, 表面不平, 不见透明软骨细胞, 见图4。



a: Hematoxylin-eosin staining



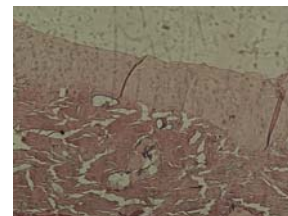
b: Toluidine blue staining



c: Masson staining

Figure 2 Histological observation of the defect in the polyurethane implant group at 12 wk postoperatively ($\times 100$)

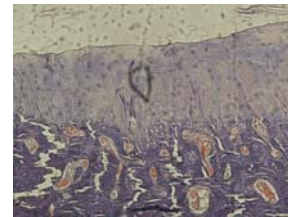
图 2 植入后 12 周多孔聚氨酯植入组组织学观察结果 ($\times 100$)



a: Hematoxylin-eosin staining



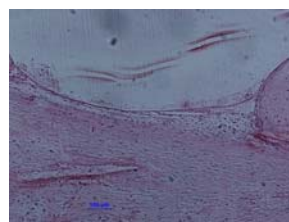
b: Toluidine blue staining



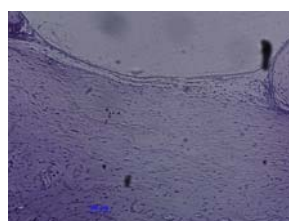
c: Masson staining

Figure 3 Histological observation of the defect in the polyamide implant group at 12 wk postoperatively ($\times 100$)

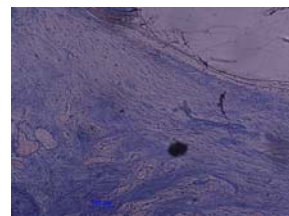
图 3 植入后 12 周多孔聚酰胺植入组组织学观察结果 ($\times 100$)



a: Hematoxylin-eosin staining



b: Toluidine blue staining



c: Masson staining

Figure 4 Histological observation of the defects in the control group at 12 wk postoperatively ($\times 100$)图4 实验第12周对照组组织学观察结果($\times 100$)

2.5 组织学评分 对植入后12周大体及组织学观察结果参照Wakitani等^[15]制定的组织学评分标准进行评分, 所有实验结果计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 聚乙烯醇植入组、聚氨酯植入组组织学评分显著高于聚酰胺66植入组及对照组(17.00 ± 0.36 , 15.83 ± 0.48 ; 13.00 ± 0.58 , 8.17 ± 0.48 , $P < 0.05$), 聚乙烯醇植入组、聚氨酯植入组差异无显著性意义($P > 0.05$)。

3 讨论

由外伤和各种疾病引起的关节软骨缺损临床上很常见, 所以软骨修复已成为骨科界研究的一个重要课题。目前外科主要采用关节软骨成形术、微骨折、自体软骨移植等^[16-19], 效果不佳。近年来随着组织工程学技术的发展, 关节软骨缺损的修复取得了一定的进展^[20], 增加了有限的自身组织再生能力, 弥补了当前外科学修复技术的不足^[21-23]。

3.1 聚乙烯醇材料的特征 聚乙烯醇水凝胶在物理性质方面比其他任何人工合成材料更像活体组织, 首先其扩展特性和对水分子等的透过性使得生物相容性优良; 其次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; 聚乙烯醇材料具有与关节软骨类似的

液-固相基本结构。另外聚乙烯醇水凝胶具有与人关节软骨相似的力学性能^[24-26]。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。由四川大学纳米分析测试中心制备的聚乙烯醇材料为多孔网状结构, 孔径为 $150 \sim 400 \mu\text{m}$, 孔隙率为78.5%, 含水率为76.4%, 更加接近于正常软骨。本实验表明, 聚乙烯醇植入12周后, 修复组织和周围软骨整合紧密、厚度相近, 细胞形态、排列、基质甲苯胺蓝染色及潮线与正常软骨相似。

3.2 聚氨酯材料的特征 聚氨酯由于具有良好的物理机械性能和血液相容性被广泛用作血液接触材料及组织工程中的支架材料^[27]。在合成材料中, 聚氨酯在软骨修复方面表现出其独特的优势, 多用于椎间盘、半月板及耳廓等纤维软骨的修复。由四川大学纳米分析测试中心制备的聚氨酯材料为多孔网状结构, 孔径为 $100 \sim 800 \mu\text{m}$, 孔隙率超过78.0%, 与正常软骨结构相似。然而与水凝胶支架材料相比, 这种不含水的支架材料其细胞分布不均匀, 细胞外基质的分泌较少, 而且其形成软骨的能力会逐渐降低^[28]。本实验结果也表明其诱导软骨生长的能力稍逊于聚乙烯醇水凝胶, 但未发现差异有显著性意义。鉴于此, 许多学者致力于聚氨酯材料的改性, 增加材料的亲水性、细胞增殖及贴附能力。Lee等^[29]将纤维蛋白水凝胶复合于聚氨酯材料上显著提高了细胞分布能力, 细胞外基质及II型胶原的分泌显著增加。

3.3 聚酰胺66材料的特征 聚酰胺66材料为 n -HA+聚酰胺66构成的复合物。聚酰胺66分子构形与自然骨中的胶原极其相似, 有利于组织细胞的生长。复合 n -HA的多孔网状结构适合纤维组织、骨组织长入, 形成牢固的生物自锁固定, 有效地防止植入体随时间推移而发生移动错位。本实验结果表明, 其对软骨细胞的诱导及增殖分化能力较差, 不能形成成熟的透明软骨组织。

初步实验结果表明, 多孔聚乙烯醇/聚氨酯材料在修复关节软骨缺损时, 均表现出了良好的生物相容性, 材料植入机体后能重建平滑的软骨面, 减轻磨损, 部分替代关节软骨, 延缓或防止骨关节炎的发生, 为关节软骨的修复提供一种可供选择的替代材料。Brittberg等^[30]指出由于软骨缺损常深达软骨下骨, 使它的正常结构受到破坏, 导致力学性能的改变, 最终使修复组织早期愈合率降低并出现退行性变。但是两种材料均缺乏生物活性, 不能与骨组织形成生物性结合, 无法实现与骨的长久固定。随着组织工程学技术及制备工艺的发展, 对材料结构改进及表面改性技术的提高, 有理由相信将来会诞生性能更加优异的软骨支架材料。

4 参考文献

- [1] Campbell CJ. The healing of cartilage defects. Clin Orthop. 1969; 64: 45-63.
- [2] Fuller JA, Ghadially FN. Ultrastructural observations on surgically produced partial-thickness defects in articular cartilage. Clin Orthop. 1972;86:193-205.

- [3] Mankin HJ. The response of articular cartilage to mechanical injury. J Bone Joint Surg Am. 1982;64:460-466.
- [4] Frisbie DD, Morisset S, Ho CP, et al. Effects of calcified cartilage on healing of chondral defects treated with microfracture in horses. Am J Sports Med. 2006; 34(11): 1824-1831.
- [5] Mierisch CM, Wilson HA, Turner MA, et al. Chondrocyte transplantation into articular cartilage defect with use of calcium alginate: The fate of the cells. J Bone Joint Surg Am. 2003;85: 1757-1767.
- [6] Paradowski PT, Bergman S, Sundén-Lundius A, et al. Knee complaints vary with age and gender in the adult population. Population-based reference data for the Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS). BMC Musculoskelet Disord. 2006;7:38.
- [7] Sarzi-Puttini P, Cimmino MA, Scarpa R, et al. Osteoarthritis: an overview of the disease and its treatment strategies. Semin Arthritis Rheum. 2005;35:1-10.
- [8] Buckwalter JA, Martin JA. Osteoarthritis. Adv Drug Deliv Rev. 2006;58:150-167.
- [9] Wilka AE, Forbes A, Wang Y, et al. Knee cartilage loss in symptomatic knee osteoarthritis over 4.5 years. Arthritis Res Ther. 2006;8:R90.
- [10] Torres L, Dunlop DD, Peterfy C, et al. The relationship between specific tissue lesions and pain severity in persons with knee osteoarthritis. Osteoarthritis Cartilage. 2006;14:1033-1040.
- [11] Kocher MS, Tucker R, Ganley TJ, et al. Management of osteochondritis dissecans of the knee: current concepts review. Am J Sports Med. 2006;34:1181-1191.
- [12] Williams S. Mechanical testing of a new biomaterial for potential use as a vascular graft and articular cartilage replacement. MStthesis, Georgia Institute of Technology. 2006: 10.
- [13] Li B, Zhang HL, Li ZH, et al. Juanchi. 2008;8(4): 96-100. 黎兵, 张海龙, 李智华, 等. 聚氨酯材料在生物领域上的研究进展及应用[J]. 聚氨酯, 2008, 8(4): 96-100.
- [14] The Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China. Guidance Suggestions for the Care and Use of Laboratory Animals. 2006-09-30.
- [15] Wakitani S, Goto T, Pineda SJ, et al. Mesenchymal cell-based repair of large, full-thickness defects of articular cartilage. J Bone Joint Surg(Am). 1994;76:579-592.
- [16] Jakobsen RB, Engebretsen L, Slauterbeck JR. An analysis of the quality of cartilage repair studies. J Bone J Surg Am. 2005;87: 2232-2239.
- [17] Qi YY, Shi PH, Ouyang HW. Zhonghua Guke Zazhi. 2008;28(1): 71-73. 齐义营, 施培华, 欧阳宏伟. 自体软骨细胞移植治疗关节软骨缺损的进展[J]. 中华骨科杂志, 2008, 28(1): 71-73.
- [18] Hangody L, Vasarhelyi G, Hangody LR, et al. Autologous osteochondral grafting: technique and long-term results. Injury. 2008;39(Suppl 1):S32-39.
- [19] Cole BJ, Pascual-Garrido C, Grumet RC. Surgical management of articular cartilage defects of the knee. J Bone Joint Surg Am. 2009;91(7):1778-1790.
- [20] Martin I, Miot S, Barbero A, et al. Osteochondral tissue engineering. J Biomech. 2007;40(4):750-765.
- [21] Hollinger JO, Winn S, Bonadio J. Options for tissue engineering to address challenges of the aging skeleton. Tissue Eng. 2000;6: 341-350.
- [22] Jiang CC, Chiang H, Liao CJ, et al. Repair of porcine articular cartilage defect with a biphasic osteochondral composite. J Orthop Res. 2007;25:1277-1290.
- [23] Chiang H, Jiang CC. Repair of Articular Cartilage Defects: Review and Perspectives. J Formos Med Assoc. 2009;108(2):87-101.
- [24] Suci AN, Iwatsubo T, Matsuda M. Theoretical investigation of an artificial joint with micro-pocket-covered component and biphasic cartilage on the opposite articulating surface. J Biomech Eng. 2003; 125(4):425-433.
- [25] Li Y, Gao J, Liu GQ, et al. Beijing Keji Daxue Xuebao. 2006; 26(2):156-158. 李永, 高瑾, 刘国权, 等. 聚乙烯醇水凝胶与关节软骨摩擦特性比较[J]. 北京科技大学学报, 2006, 26(2): 156-158.
- [26] Spiller KL, Laurencin SJ, Charlton D, et al. Superporous hydrogels for cartilage repair: Evaluation of the morphological and mechanical properties. Acta Biomater. 2008;4(1):17-25.
- [27] Gogolewski S. Biomedical Polyurethanes. In: Desk Reference of Functional Polymers. Syntheses and Applications, Chapter 5.2. Arshady R, (ed.), American Chemical Society, Washington, DC. 1997: 657-698.
- [28] Grad S, Kupcsik L, Gorna KI, et al. The use of biodegradable polyurethane scaffolds for cartilage tissue engineering: potential and limitations. Biomaterials. 2003;24:5163-5171.
- [29] Lee CR, Grad S, Gorna K, et al. Fibrin-polyurethane composites for articular cartilage tissue engineering: a preliminary analysis. Tissue Eng. 2005;11(9-10):1562-1573.
- [30] Brittberg M, Nilsson A, Lindahl A, et al. Rabbit articular cartilage defects treated with autologous cultured chondrocytes. Clin Orthop Relat Res. 1996;326:270-283.

来自本文课题的更多信息——

基金资助: 课题为国家(973)纳米研究计划合作项目 (2007CB936102)。

利益冲突: 无其他利益冲突。

课题的创新点: 目前软骨支架材料种类繁多, 随着制备工艺、结构及表面改性技术的提高, 材料的性能更加完善, 由四川大学纳米分析测试中心制备的多孔支架材料在结构上更接近正常软骨, 对软骨缺损的修复效果更加显著。

课题评估的“金标准”: 实验通过大体观察及组织学观察比较多孔网状聚乙烯醇/聚氨酯/聚酰胺 66 三种生物材料在修复关节软骨缺损方面的效果, 可为下一步软骨及软骨下骨一体化修复体探索性能优异的软骨支架材料。

设计或课题的偏倚与不足: 虽然初步的大体及组织学观察表明多孔聚乙烯醇及聚氨酯生物材料具有良好的组织相容性及良好的替代关节软骨的功能。但实验中未检测软骨细胞 II 型胶原分泌情况、修复组织的生物力学性能及材料应用的长期磨损问题, 将在下一步的实验中进一步完善。

提供临床借鉴的价值: 软骨及软骨下骨损伤或缺损后自身修复能力有限, 常导致关节功能障碍, 近年来随着组织工程学技术的发展, 关节软骨缺损的修复取得了一定的进展, 实验旨在通过比较多孔支架材料修复关节软骨缺损的效果, 探索性能更加优异的软骨支架材料。