

三维支架材料与脂肪干细胞的生物相容性**

郭翔, 赵珩

Biocompatibility of three-dimensional scaffolds with adipose-derived stem cells

Guo Xiang, Zhao Heng

Abstract

Department of
Thoracic Surgery,
Shanghai Chest
Hospital, Shanghai
Jiao Tong University,
Shanghai 200030,
China

Guo Xiang★,
Studying for master's
degree, Department
of Thoracic Surgery,
Shanghai Chest
Hospital, Shanghai
Jiao Tong University,
Shanghai 200030,
China
guoxiangsjtu@
163.com

Correspondence to:
Zhao Heng, Master,
Chief physician,
Department of
Thoracic Surgery,
Shanghai Chest
Hospital, Shanghai
Jiao Tong University,
Shanghai 200030,
China
h_zhao28@163.com

Supported by: the
Key Medical Subject
of Shanghai City*

Received: 2011-03-11
Accepted: 2011-04-11

上海交通大学附
属上海市胸科医
院, 上海市
200030

郭翔★, 男, 1978
年生, 山西省长治
市人, 汉族, 上海
交通大学医学院
在读硕士, 主要从
事组织工程化气
管的研究。
guoxiangsjtu@
163.com

通讯作者: 赵珩,
硕士, 主任医师,
上海市胸科医院
胸外科, 上海市
200030
h_zhao28@
163.com

中图分类号: R318
文献标识码: B
文章编号: 1673-8225
(2011)38-07080-05

收稿日期: 2011-03-11
修回日期: 2011-04-11
(20110228025/GW-W)

BACKGROUND: An optimal three-dimensional scaffold is essential for construction of tissue engineered trachea.

OBJECTIVE: To observe the biocompatibility of adipose-derived stem cells (ADSCs) with poly(lactic acid-glycolic acid) and poly(lactic acid-glycolic acid-trimethylene carbonate) scaffolds.

METHODS: ADSCs were isolated and cultured by explant culture method. Cell surface markers were evaluated by flow cytometry and the multilineage differentiation ability was investigated. The biocompatibility of ADSCs with poly(lactic acid-glycolic acid) and poly(lactic acid-glycolic acid-trimethylene carbonate) scaffolds was observed by scanning electron microscopy.

RESULT AND CONCLUSION: ADSCs were seeded into the two kinds of scaffolds and cultured *in vitro*. Scanning electron microscopy showed that ADSCs were spherical and well attached to the scaffolds with lamellipodia and conglobate connection. The poly(lactic acid-glycolic acid) and poly(lactic acid-glycolic acid-trimethylene carbonate) scaffolds with porous structure were highly biocompatible and noncytotoxic as determined by ADSCs adhesion and proliferation.

Guo X, Zhao H. Biocompatibility of three-dimensional scaffolds with adipose-derived stem cells. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2011;15(38): 7080-7084. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 构建组织工程化气管需要适合的三维支架。

目的: 观察脂肪干细胞与聚乳酸-乙醇酸共聚物及聚三亚甲基碳酸酯共聚物支架的生物相容性。

方法: 采用组织块法原代分离培养 SD 大鼠脂肪干细胞, 行流式细胞术及多向分化能力鉴定。将脂肪干细胞分别种植于聚乳酸-乙醇酸共聚物和聚乳酸-乙醇酸-三亚甲基碳酸酯共聚物支架中, 扫描电镜观察细胞与支架的生物相容性。

结果与结论: 脂肪干细胞种植于两种支架材料后生长速度快, 扫描电镜观察可见脂肪干细胞呈球形, 并伸展形成伪足, 贴附于支架材料, 细胞间相互连接成团。说明聚乳酸-乙醇酸共聚物与聚三亚甲基碳酸酯共聚物支架均具有良好的生物相容性, 无细胞毒性, 其多孔的三维立体结构适合脂肪干细胞黏附生长。

关键词: 组织工程气管; 聚乳酸-乙醇酸共聚物; 聚乳酸-乙醇酸-三亚甲基碳酸酯共聚物; 脂肪干细胞; 支架; 生物相容性
doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2011.38.012

郭翔, 赵珩. 三维支架材料与脂肪干细胞的生物相容性[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(38):7080-7084.
[http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

0 引言

气管是一种具有特殊结构和功能的单一管腔器官, 可供切除的气管长度是有限的, 一般认为气管缺损超过6 cm则需用替代物进行修复^[1]。气管替代物的研究已经有半个多世纪的历史, 最初的研究主要在人工材料等方面, 但自体组织皮瓣、气管同种异体移植、人工材料支架和无活力组织移植等均因为相关严重并发症和获取困难等因素使其临床应用遇到很大困难^[2]。

组织工程材料具有生物相容性好、获取便捷等许多优势, 已应用于心脏瓣膜替代^[3]、新生胆管^[4]、小肠^[5]、关节及耳软骨重建和乳腺替代等多个领域^[6-7]。合适的种子细胞、性质优良的载体、良好的生长媒介是组织工程化气管中最重要的组成部分。脂肪干细胞在适当诱导条件下能向脂肪细胞、软骨细胞、成骨细胞、肌肉细胞等组织定向分化。

构建组织工程化气管需要适合的支架, 细胞只有在三维立体环境中生长, 才能形成更接近正常细胞的形态和功能^[8]。由于不同细胞适于其生长的支架也不尽相同, 因此有必要研究适宜脂肪干细胞生长、分化并形成组织的支架材料。常用的支架可以分为可生物降解和不可降解两种。聚乳酸-乙醇酸共聚物是一种可降解的高分子有机化合物, 通过调节丙交酯与乙交酯比例、聚合物相对分子质量等可改变聚乳酸-乙醇酸共聚物材料的物理及化学性质, 如硬度、孔隙率、生物降解速度, 适用于在不同体内环境作为药物载体、修复重建支架等^[9]。聚三亚甲基碳酸酯共聚物具有良好的生物相容性和降解性, 已应用于血管组织工程中, 聚三亚甲基碳酸酯共聚物在常温下呈橡胶态, 具有一定弹性, 可与聚乳酸-乙醇酸共聚物等聚合以改善聚合物特性^[10]。

实验以组织块法原代分离培养SD大鼠脂肪干细胞, 经流式细胞术及多向分化能力鉴定

后, 分别种植于聚乳酸-乙醇酸共聚物和聚乳酸-乙醇酸-三亚甲基碳酸酯共聚物支架观察细胞与支架生物相容性, 并期望得到生物活性好、具有一定强度和弹性、接近正常气管组织的组织工程气管支架模型。

1 材料和方法

设计: 细胞与支架生物相容性观察。

时间及地点: 于2010-07/2011-02在上海市胸科医院完成。

材料:

实验动物: 3周龄雄性SD大鼠10只, 体质量约80 g, 由中国科学院上海实验动物中心提供, 许可证号为SCXK(沪)2007-0005。

实验材料: 聚乳酸-乙醇酸共聚物和聚乳酸-乙醇酸-三亚甲基碳酸酯共聚物购自山东岱罡生物技术有限公司。

主要试剂:

试剂	来源
DMEM-F12 培养液、D-hank's 液、胎牛血清、0.25%胰酶、转化生长因子 β 、胰岛素	上海华美有限公司
CD90、CD34、CD44、CD45、CD106 单克隆抗体	上海长岛生物技术有限公司
100 万 U 注射用青霉素钾、100 万 U 注射用硫酸链霉素、80 万 U 庆大霉素注射液、氯化钠注射液	石家庄华北制药有限公司
成骨诱导分化完全培养基、成脂诱导分化完全培养基 A、成脂诱导分化完全培养基 B、中性甲醛、油红 O 储液、茜素红染液	广州赛业生物科技有限公司

实验方法:

脂肪干细胞分离与培养: 腹腔注射0.4%戊巴比妥那2 mL/kg麻醉SD大鼠, 麻醉起效后以体积分数75%乙醇溶液消毒腹股沟部皮肤。取平行于腹股沟切口, 暴露腹股沟处皮下脂肪。无菌条件下切取皮下脂肪组织, 用0.25%氯霉素溶液和磷酸盐缓冲液漂洗组织数次; 再用D-hank's液(含100 U/mL青霉素, 100 U/mL链霉素, 100 U/mL庆大霉素)浸泡2次, 10 min/次。将脂肪组织切碎成直径1.0~2.0 mm³组织块, 将组织块移入25 cm²培养瓶中, 间距5 mm, 均匀排列在培养瓶底。缓慢竖起培养瓶, 加入含体积分数为10%胎牛血清的DMEM-F12培养液1 mL, 翻转培养瓶至瓶底朝上的倒置位, 置于37 ℃、体积分数为5%的CO₂培养箱中孵育20 min。然后将培养瓶轻轻翻转, 使瓶底朝下, 培养液缓慢浸润组织块, 于37 ℃、体积分数为5%的CO₂环境下培养, 每3 d换液1次。待细胞达80%融合后, 以0.25%胰蛋白酶消化后1:3传代。消化所得细胞除用于延续培

养和进行相关实验外, 其余冻存。

流式细胞术检测: 取第2代处于对数生长期的细胞, 消化后调整细胞浓度为 $1 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$, 制备细胞悬液行脂肪干细胞相关抗原CD90、CD34、CD44、CD45、CD106的流式细胞仪检测。通过检测CD分子的表达情况, 证明其干细胞特性。

多向分化能力鉴定: ①成骨分化诱导步骤: 将细胞接种于6孔板中, 加入2 mL/孔的培养基, 放入37 ℃, 体积分数5% CO₂孵箱中培养。待细胞达到80%~90%融合时后, 吸去旧培养液, 加入2 mL/孔的成骨诱导分化完全培养基。每3 d换液, 诱导四五周后进行茜素红染色观察。②成脂分化诱导步骤: 加入2 mL/孔成脂诱导完全培养基A开始诱导, 3 d后更换为成脂诱导完全培养基B, 维持24 h后, 再次更换为成脂诱导完全培养基A, 如此进行3个循环。当脂滴出现较多但比较小时, 可以用成脂诱导液B进行维持3~5 d, 脂滴将增大。进行油红O染色显微镜观察。③成软骨分化诱导: 消化细胞种植在离心管中进行软骨分化诱导。细胞浓度为 $1.2 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$, 平均每管数量为 $2 \times 10^8 \text{ L}^{-1}$, 每二三天换软骨诱导液1次, 如此进行三四周, 固定后石蜡切片, 甲苯胺蓝检测镜下观察。

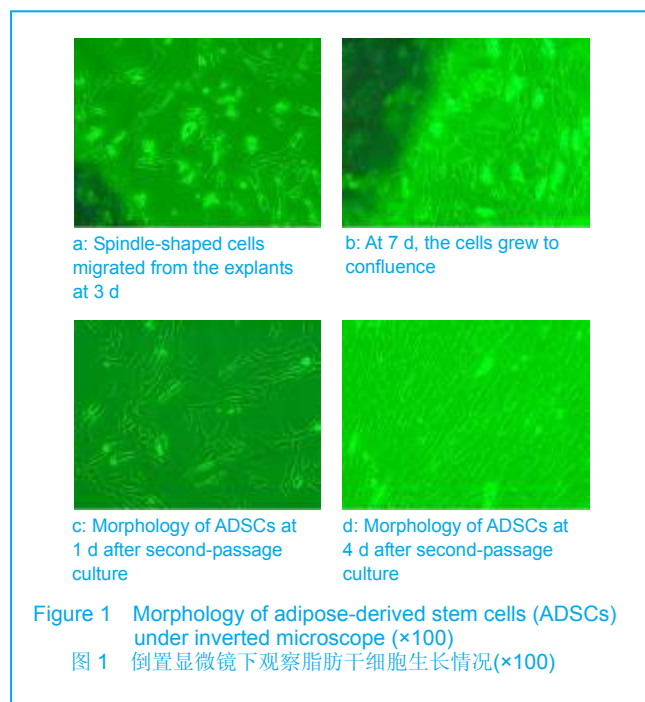
三维支架制备: 取聚乳酸-乙醇酸共聚物颗粒(丙交酯: 乙交酯摩尔比为75:25, 相对分子质量 30×10^4)、聚三亚甲基碳酸酯共聚物颗粒(聚乳酸-乙醇酸共聚物: 聚三亚甲基碳酸酯共聚物摩尔比为7:3)分别溶于氯仿中, 配成10%溶液, 待聚合物完全溶解后, 加入直径200~300 μm 的氯化钠颗粒, 充分搅拌混匀后, 超声脱泡, 浇注于调平的聚四氟模具中, 浇注后静置24~48 h, 脱模后再静置24~48 h, 然后在真空干燥箱中真空干燥24 h, 最后将材料置于去离子水中浸泡并不时搅动, 每4~6 h换1次水, 连续48 h, 取出后滴干水, 空气干燥48 h, 真空干燥48 h。分别制成孔隙率为85%~90%, 黏度为1.8~2.2, 相对分子质量 30×10^4 的聚乳酸-乙醇酸共聚物和含30%聚三亚甲基碳酸酯共聚物的聚乳酸-乙醇酸-聚三亚甲基碳酸酯共聚物多孔支架。

脂肪干细胞种植于三维支架与培养: 将支架切成5 mm×5 mm×3 mm大小的片状, 浸泡于体积分数为75%的乙醇中24 h, 以D-hank's液反复清洗去除乙醇。将培养至第2代脂肪干细胞消化、重悬后计数为 $5 \times 10^8 \text{ L}^{-1}$ 。每支架接种100 μL 细胞悬液, 分别放置于6孔培养板中。4 h后加入DMEM-F12培养液8 mL, 于37 ℃、体积分数为5%的CO₂培养箱中培养, 每3 d更换培养液1次, 共培养2周。苏木精-伊红染色及扫描电镜观察细胞附着支架的形态结构。

主要观察指标: ①脂肪干细胞形态学观察。②脂肪干细胞的鉴定。③脂肪干细胞与三维支架材料相容性观察。

2 结果

2.1 脂肪干细胞形态学观察结果 倒置显微镜下观察, 贴壁3 d后, 组织块边缘可见梭形细胞生长, 见图1a。7 d左右可见细胞大量增殖, 呈成纤维样细胞生长, 可局部汇合成单层, 细胞融合至80%, 见图1b。胰酶传代后细胞呈梭形, 形态大小较均匀, 见图1c, 增殖较原代细胞迅速, 一般三四天即可形成单层融合, 仍呈成纤维细胞样生长, 细胞呈束状或漩涡状排列, 见图1d。传代过程中未见细胞浆内脂滴形成。



2.2 大鼠脂肪干细胞表面相关抗原检测结果 流式细胞仪检测结果显示间充质干细胞特异性标记CD90、CD44强阳性表达, 分别为99.88%, 99.21%。而造血细胞相关表面标志物CD45、CD34仅分别表达7.42%和0.63%, 血管内皮黏附分子相关表面标志CD106表达6.88%, 见图2。

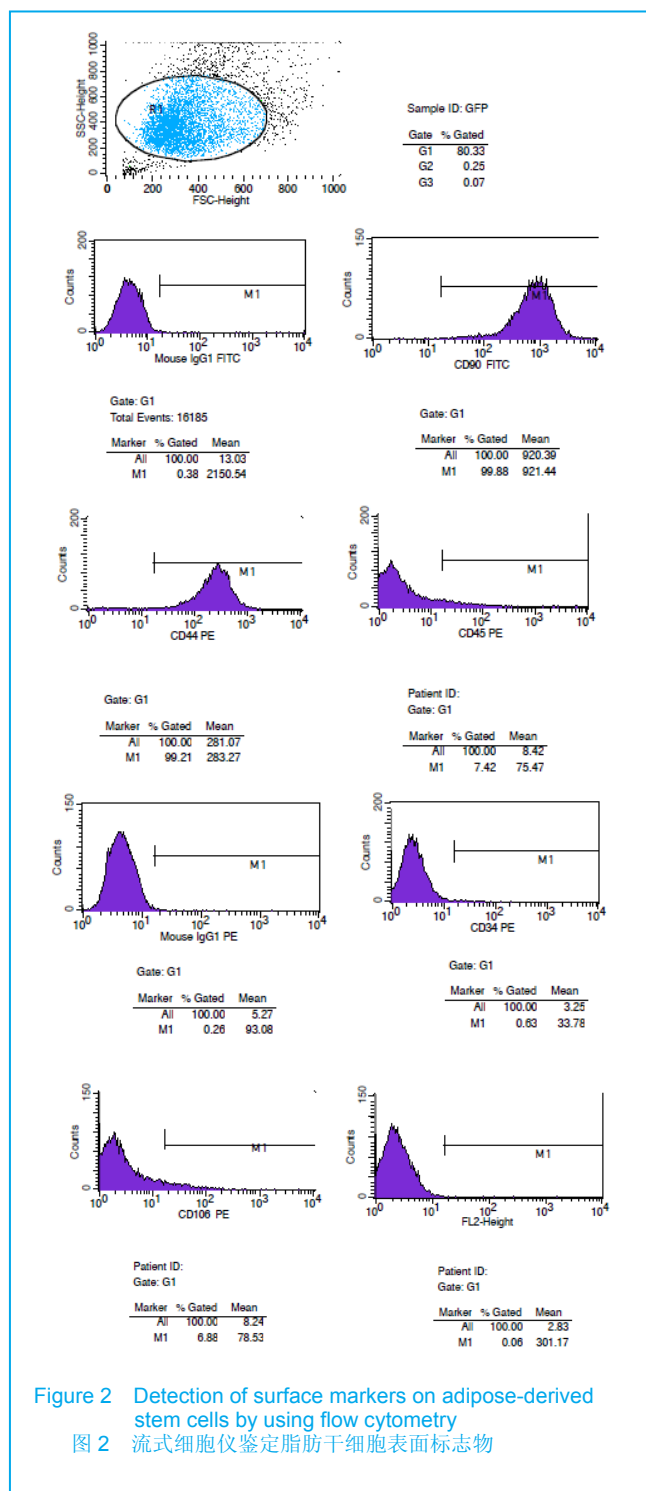
2.3 脂肪干细胞多向分化能力鉴定结果 见图3。

成脂诱导分化: 成脂诱导72 h后, 镜下观察可见细胞立体感增强, 细胞内有小脂滴出现, 约1周后脂滴数量增加并相互融合, 细胞由长梭形变为圆形或多边形, 油红O染色显示有大量脂质沉淀。

成骨诱导分化: 诱导约3 d细胞呈多角形, 胞质内细胞颗粒增多; 6 d, 胞质内充满颗粒, 细胞呈集落样生长, 细胞间可见钙质沉积; 13 d, 细胞结节中心的细胞逐渐融合失去细胞结构, 钙结节形成明显, 经茜素红染色呈红色结节。

成软骨诱导分化: 接种细胞后次日细胞开始慢慢成球状, 加入软骨诱导液, 诱导24 h后, 细胞成小颗粒球状

漂浮在诱导液中, 诱导20周后, 形成软骨微球。



2.4 脂肪干细胞与三维支架的相容性 脂肪干细胞接种于聚乳酸-乙醇酸共聚物或聚乳酸-乙醇酸共聚物-三亚甲基碳酸酯共聚物支架后, 细胞均匀贴附于支架结构上。培养2周时脂肪干细胞生长旺盛覆盖支架, 相容性良好, 见图4。扫描电镜见脂肪干细胞呈球型, 并伸展形成伪足, 贴附于支架结构, 细胞间相互连接成团, 见图5。扫描电镜下两种支架材料呈白色, 表面粗糙, 材料内部呈海绵状多孔样结构, 孔与孔之间相互联通。

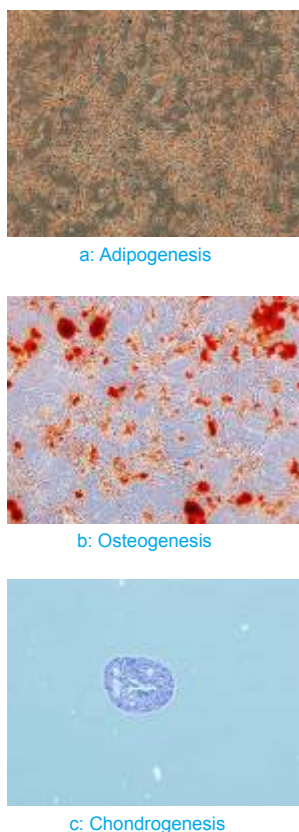
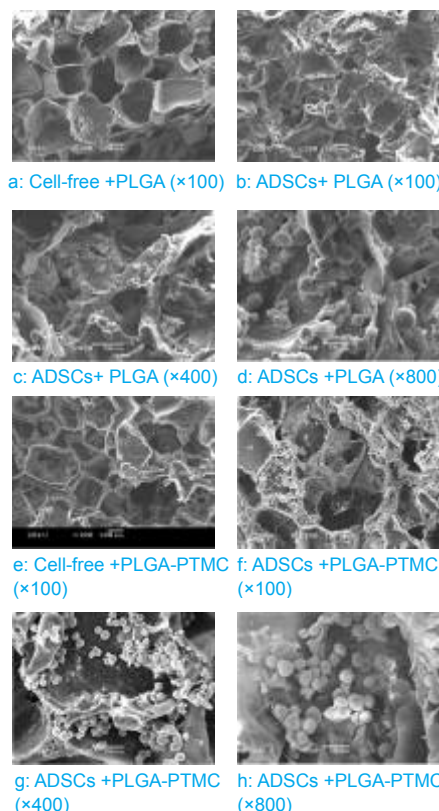


Figure 3 Multilineage differentiation of adipose-derived stem cells (×100)
图 3 脂肪干细胞多向分化能力的鉴定(×100)



Figure 4 Observation of adipose-derived stem cells at 2 wk after incubation in poly (lactic acid-glycolic acid) and poly (lactic acid-glycolic acid-trimethylene carbonate) scaffolds
图 4 脂肪干细胞种植于聚乳酸-乙醇酸共聚物和聚乳酸-乙醇酸-三亚甲基碳酸酯共聚物 2 周时大体观察



ADSCs: adipose-derived stem cells

Figure 5 Morphology of adipose-derived stem cells at 2 wk after incubation in poly (lactic acid-glycolic acid) (PLGA) and poly (lactic acid-glycolic acid-trimethylene carbonate) (PTMC) scaffolds under scanning electron microscope
图 5 扫描电镜下种植于聚乳酸-乙醇酸共聚物及聚乳酸-乙醇酸-三亚甲基碳酸酯共聚物支架 2 周后的脂肪干细胞形态

3 讨论

气管肿瘤、外伤及先天性气管缺如等疾患时，切除病变部分行气管端端吻合是最为理想的治疗方法^[1, 11]。但气管是一种具有特殊结构和功能的单一管腔器官，可供切除的气管长度是有限的，Grillo^[12]认为成人气管切除长度大约1/2、青少年气管切除1/3时可以进行重建。一般认为气管缺损超过6 cm则需用替代物进行修复^[1]。种子细胞可来源于自体、同种异体和异种组织。由于同种异体和异种组织来源的细胞尚未解决免疫排斥问题而无法用于组织永久性修复^[3]。自体细胞在体外培养条件下可获得有限的扩增，且不存在免疫排斥反应，但细胞来源有限，取材部位也会有不同程度损伤，尤其是患病状态下或老年患者的细胞往往不宜用于移植等。

干细胞研究是当前生命科学的热点，干细胞按生存阶段可以分为胚胎干细胞和成体干细胞。胚胎干细胞在理论上虽然具有很多优势，但在实践中如伦理学、癌变等很多具体问题难以解决，因此，目前研究较多的是成体干细胞。

脂肪组织位于可以较易获得的结缔组织中,与骨髓一样来源于间充质。Zuk等^[13]于2001年首先发现脂肪干细胞在适当的诱导条件下能向脂肪细胞、软骨细胞、成骨细胞、肌肉细胞及神经组织定向分化。2009年美国斯坦福大学医学院的研究人员发现抽出的人体脂肪是培养干细胞的最佳“温室”,在脂肪干细胞内,有2种转录因子的表达水平高于皮肤成纤维细胞,表明在初始状态下,脂肪干细胞更容易被诱导为诱导多能干细胞,并且利用脂肪干细胞培养诱导多能干细胞不需要饲养细胞,这无疑提高了其安全性^[14]。脂肪干细胞还可以分泌血管内皮细胞生长因子,促进血管生成^[15]。

脂肪干细胞来源充分,可以反复取材,无免疫排斥,不涉及医学伦理学问题,细胞增殖快速,取材简便,分离容易,避免抽取骨髓,损伤较小,患者易于接受^[15-17]。性别、年龄、解剖部位对脂肪干细胞活性均有影响。由雄性获得的脂肪干细胞较雌性更快及更有效向成骨细胞分化;年轻供体细胞增殖率较高;腹部皮下脂肪干细胞较上肢、大腿内侧等部位不易凋亡^[17-19]。所以实验选择大鼠腹股沟区皮下作为脂肪采集部位。酶消化法和组织块培养法是获取种子细胞的两种基本方法^[20]。实验采用组织块培养法,脂肪组织块贴壁时间短,可能因为切碎的脂肪组织黏度大,易于贴壁。贴壁第3 d即可见脂肪干细胞大量生长,1周左右生长达80%。通过流式细胞术测定间充质干细胞特异性标记CD90、CD44强阳性表达,分别为99.88%、99.21%。而造血细胞相关表面标志物CD45、CD34仅分别表达7.42%和0.63%,血管内皮黏附分子相关表面标志CD106表达6.88%,从而排除干细胞为造血细胞及血管内皮来源的可能。经诱导分化实验及流式细胞术鉴定,组织块法获得的脂肪干细胞具有良好的生长分化活力,干细胞表型特征稳定。

实验将聚乳酸-乙醇酸共聚物与30%聚三亚甲基碳酸酯共聚物聚合形成聚乳酸-乙醇酸-三亚甲基碳酸酯共聚物,改善了支架材料柔韧性以及利于手术缝合。脂肪干细胞种植于两种支架材料后,生长速度快。扫描电镜观察可见脂肪干细胞呈球形,并伸展形成伪足,贴附于支架材料,细胞间相互连接成团。

综上所述,实验结果证实组织块法简单、经济、高效,可以作为分离培养脂肪干细胞的有效方法;聚乳酸-乙醇酸共聚物与聚三亚甲基碳酸酯共聚物支架均具有良好的生物相容性,无细胞毒性,其多孔的三维立体结构适合脂肪干细胞黏附生长。

4 参考文献

- [1] Ruszymah BH, Chua K, Latif MA, et al. Formation of in vivo tissue engineered human hyaline cartilage in the shape of a trachea with internal support. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2005;69(11):1489-1495.
- [2] Doss AE, Dunn SS, Kucera K, et al. Tracheal replacements: Part 2. *ASAIO J*. 2007;53(5):631-639.

- [3] Bin F, Yinglong L, Nin X, et al. Construction of tissue-engineered homograft bioprosthetic heart valves in vitro. *ASAIO J*. 2006;52(3):303-309.
- [4] Nakashima S, Nakamura T, Yoshikawa T, et al. Tissue engineering of the common bile duct using mesh-collagen hybrid scaffolds. *ASAIO J*. 2006;52:5A.
- [5] Nakase Y, Hagiwara A, Nakamura T, et al. Morphologic evaluation of autologous in situ tissue-engineered small intestine. *ASAIO J*. 2006;52:3A.
- [6] Saim AB, Cao Y, Weng Y, et al. Engineering autogenous cartilage in the shape of a helix using an injectable hydrogel scaffold. *Laryngoscope*. 2000;110(10 Pt 1):1694-1697.
- [7] Singl J, Eirew P, Ricketson I, et al. Purification and unique properties of mammary epithelial stem cells. *Nature*. 2006;439(7079):993-997.
- [8] Zani BG, Kojima K, Vacanti CA, et al. Tissue-engineered endothelial and epithelial implants differentially and synergistically regulate airway repair. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2008;105(19):7046-7051.
- [9] Hu X, Shen H, Yang F, et al. Preparation and cell affinity of microtubular orientation-structured PLGA(70/30) blood vessel scaffold. *Biomaterials*. 2008;29(21):3128-3136.
- [10] Song Y, Kamphuis MM, Zhang Z, et al. Flexible and elastic porous poly(trimethylene carbonate) structures for use in vascular tissue engineering. *Acta Biomater*. 2010;6(4):1269-1277.
- [11] Yamashita M, Kanemaru S, Hirano S, et al. Tracheal regeneration after partial resection: a tissue engineering approach. *Laryngoscope*. 2007;117(3):497-502.
- [12] Grillo HC. Surgery of the trachea and bronchi. *2004 Ann Surg*. 2006;244(1):158.
- [13] Zuk PA, Zhu M, Mizuno H, et al. Multilineage cells from human adipose tissue: implication for cell-based therapies. *Tissue Eng*. 2001;7(2):211-227.
- [14] Sun N, Panetta NJ, Gupta DM, et al. Feeder-free derivation of induced pluripotent stem cells from adult human adipose stem cells. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2009;106(37):15720-15725.
- [15] Rehman J, Traktuev D, Li J, et al. Secretion of angiogenic and antiapoptotic factors by human adipose stromal cells. *Circulation*. 2004;109(1):1292-1298.
- [16] Vallée M, Côté JF, Fradette J. Adipose-tissue engineering: taking advantage of the properties of human adipose-derived stem/stromal cells. *Pathol Biol (Paris)*. 2009;57(4):309-317.
- [17] Suzuki T, Kobayashi K, Tada Y, et al. Regeneration of the trachea using a bioengineered scaffold with adipose-derived stem cells. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2008;117(6):453-463.
- [18] Aksu AE, Rubin JP, Dudas JR, et al. Role of gender and anatomical region on induction of osteogenic differentiation of human adipose-derived stem cells. *Ann Plast Surg*. 2008;60(3):306-322.
- [19] Schipper BM, Marra KG, Zhang W, et al. Regional anatomic and age effects on cell function of human adipose-derived stem cells. *Ann Plast Surg*. 2008;60:538-544.
- [20] Klingbeil MF, Herson MR, Cristo EB, et al. Comparison of two cellular harvesting methods for primary human oral culture of keratinocytes. *Cell Tissue Bank*. 2009;10(3):197-204.
- [21] 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.

来自本文课题的更多信息一

基金资助:上海市医学重点学科课题。

作者贡献:实验设计为郭翔,实验实施为郭翔、赵珩,实验评估为赵珩。

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:实验过程中对动物的处置符合动物伦理学标准^[21]。

本文创新性:以“tissue engineering trachea, ADSCs, scaffold, biocompatibility, explant method”为关键词检索 PubMed 数据库 2000-01/2011-02 文章。检索结果显示,将脂肪干细胞应用于组织工程气管重建的报道较少。实验将大鼠脂肪干细胞种植于聚乳酸-乙醇酸共聚物和聚乳酸-乙醇酸-三亚甲基碳酸酯共聚物支架,观察细胞与支架生物相容性,寻找生物活性好、具有一定强度和弹性、接近正常气管组织的组织工程气管支架模型。