

· 论著 ·

# 电纺参数对 PLGA/HA 复合支架纤维形貌和直径的影响

张华林<sup>1</sup> 陈治清<sup>2</sup> 李咏梅<sup>1</sup> 冯佳<sup>1</sup>

(1. 宁夏医科大学口腔医学院, 宁夏 银川 750004; 2. 四川大学华西口腔医学院, 四川 成都 610041)

**摘要** 目的 通过静电纺丝的方法制备 PLGA/HA 复合支架, 探讨电纺参数对复合支架纤维形貌和直径的影响。方法 以三氯甲烷和 N,N-二甲基甲酰胺为混合溶剂制备 PLGA/HA 纺丝液, 通过调节 PLGA 的浓度、电压、接收距离, 制备具有不同表面形貌的 PLGA/HA 复合纤维, 采用 SEM 观察 PLGA 的浓度、电压、接收距离对纤维形貌和直径的影响。结果 复合纤维的直径随 PLGA 浓度的增加而增加; 随电压的增加而增加; 随接收距离的增加先减小后增加。结论 制备 PLGA/HA 复合支架合适的电纺参数为: PLGA 浓度 25%, 电压 20KV, 接收距离 15cm。静电纺丝法制得的 PLGA/HA 复合支架有可能作为骨组织再生的支架在组织工程领域发挥作用。

**关键词** PLGA; HA; 静电纺丝; 电纺参数

[中图分类号] R319

[文献标识码] A

学科分类代码: 310.24

文章编号: 1001-8131(2011)06-0405-03

## Effects of Electrospinning Parameters on Morphology and Diameter of Electrospun PLGA/HA Fibers

ZHANG Hualin<sup>1</sup>, CHEN Zhiqing<sup>1</sup>, LI Yongmei<sup>1</sup>, FENG Jia<sup>1</sup>

(1. College of Stomatology, Ningxia Medical University, Yinchuan 750004, China;

2. West China College of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China)

**Abstract Objective** To prepare electrospun PLGA/HA fibers by electrospun and investigate the effects of process parameters on the morphology and diameter of electrospun PLGA/HA fibers. **Methods** PLGA/HA solution was prepared with a mixture of TCM and DMF. The PLGA/HA fibers with different morphologies were fabricated via regulating PLGA concentration, voltage and tip-to-collector distance (TCD). The morphology and diameter of the fibers were observed by SEM. **Results** The average diameters of the PLGA/HA fibers increased as the PLGA concentration increased; the average diameters of the fibers increased as the voltage increased; the average diameters of the fibers first decreased then increased as the TCD increased. **Conclusion** Proper electrospinning parameters are 25% PLGA concentration, 20 KV voltages and 15 cm TCDs. The electrospun PLGA/HA composite scaffolds could serve as an scaffold for bone tissue regeneration in tissue engineering.

**Key words** PLGA; HA; Electrospinning; Process parameters

在组织工程中, 理想的支架应模拟天然细胞外基质的纤维结构。在众多的支架制备工艺中, 静电纺丝法可以满足这一条件。1934年, Formals 发明了用静电力制备聚合物纤维的实验装置并申请了专利。静电纺丝法是通过将外部的静电场施加在特定的溶液或熔融物上, 制得连续的超细纤维的过程。这种直径为微米、纳米级的超细纤维由于其结构与天然的细胞外基质相似, 因此, 可以最大程度的仿生生物体内支持组织的微观结构和几何尺寸, 有利于细胞的粘附、分化和增殖。因此, 利用静电纺丝的方法制备组织工程支架是近十年来组织工程学的研究热点之一。

聚乳酸乙醇酸共聚物 (PLGA) 和羟基磷灰石 (HA) 是目前组织工程领域常用的两种生物材料。PLGA 具有很好的组织相容性和力学性能, 但由于表面亲水性差、分子链中缺乏活性功能基团, 使其与特定细胞相互作用变得比较困难<sup>[1-2]</sup>。天然骨组织中的主要无机成分——HA, 虽然力学强度差, 在生理环境中易疲劳, 但却具有良好的亲水性和生物活性。因此, 通过静电纺丝的方法将 PLGA 和 HA 复合, 取长补短, 可能会形成比较理想的组织工程支架。

各种静电纺丝参数能够影响特定纤维的形貌和直径, 而纤维的形貌和直径决定着其性能, 如机械性能、电学性能、热学性能、甚至生物学性能。因此, 探索纤维形貌与电纺参数之间的关系是非常重要的。

本研究将采用高压静电纺丝的方法制备 PLGA/HA 复合支架, 研究 PLGA 的浓度、电压、接收距离等电纺参数对 PLGA/HA 复合纤维形貌的影响, 为进一步研究 PLGA/HA

骨组织工程复合支架奠定基础。

### 1 材料与方 法

1.1 材料: PLGA (分子量 5 万, PLA:PGA = 75:25, 山东岱堡生物技术有限公司), 水热合成的 HA 纳米颗粒 (平均直径 20~40 nm) 由四川大学材料与工程学院提供, 三氯甲烷 (分析纯), N,N-二甲基甲酰胺 (分析纯) 等购于天津化学试剂厂。

1.2 设备: 扫描电子显微镜 (JSM-5900LV, JEOL, Japan)。

1.3 电纺 PLGA/HA 复合支架的制备: 将 PLGA 溶于三氯甲烷和 N,N-二甲基甲酰胺的混合溶剂中, 待 PLGA 充分溶解后再加入 2% w/v 的 HA, 室温下搅拌 30 min 后将该溶液用 90% 的功率超声震荡 1 h, 备用。将制备好的纺丝液倒入 10 mL 注射器中, 将注射器与电纺设备相连接进行静电纺丝。电纺的其它工艺参数设置如下: 喷头为已磨钝的 7 号不锈钢针头 (内径 0.27 mm), 电纺丝溶液流量为 0.2 mL/min。将电纺后收集到接收屏上的 PLGA/HA 复合支架置于干燥器中过夜。

1.4 PLGA/HA 复合纤维的 SEM 表征: 电纺纤维膜在通风橱中放置 1 d, 使聚合物中残留的溶剂挥发完全后, 取复合纤维样本, 将其表面经离子溅射仪喷金镀膜后, 用扫描电镜观察纤维的表面形态与直径, 扫描电压为 20 KV, 然后采用 Smile View 图像分析软件进行扫描电镜照片中纤维直径的统计, 每个样品的电镜照片取 100 根纤维计算平均直径。

### 2 结果

2.1 PLGA 浓度对 PLGA/HA 纤维形貌和直径的影响: 在影响电纺过程的各种实验参数和溶液性质中, 最重要的是确定可纺纤维的浓度范围。一般来说, 对于同一分子量的聚合物、同一溶液体系来说, 其可纺浓度范围是一定的, 低于或高

基金项目: 教育部科学技术研究重点项目 (211196), 宁夏自然科学基金

© 1994-2011 China Academic Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net  
 基金项目 (NZ11124), 宁夏医科大学特殊人才科研启动项目 (X1201006)

于这个浓度范围,都不能通过电纺得到纤维产物:或者电纺过程难以发生,或者所得纤维的形貌很差。所以,为了研究纺丝过程中各种参数对纤维形貌的影响,首先要确定可纺的浓度范围。

实验先对 PLGA 浓度分别为 15%、20%、25% 和 30% 的 PLGA/HA 溶液进行电纺,其他参数分别为:电压 20 KV,接收距离 15 cm。

如图 1 所示,当 PLGA 的浓度从 15% 增加到 30% 时,PLGA/HA 复合纤维的形貌发生了较大的变化。当浓度为 15% 时,纤维中出现很多球形液滴,这是因为 PLGA 的浓度太低造成的。当浓度为 20% 时,纤维中球形液滴数量明显

减少,有少量纺锤形液滴出现。当浓度为 25% 时,液滴基本消失,得到了连续而均一的复合纤维。当浓度为 30% 时,纤维之前出现粘连。由此可见 25% 的浓度是较为合适的。图 2(a) 显示,随着 PLGA 浓度的增加,复合纤维直径也随之增加。这是因为溶液的粘度随着浓度的增加而增加,进而导致分子间作用力增大,分子链缠绕的几率也增大,从而使得溶液射流拉伸困难,纤维直径增大。

2.2 电压对 PLGA/HA 纤维形貌和直径的影响:实验中 PLGA 浓度为 25%,HA 浓度为 2%,接收距离为 15 cm,纺丝液流量为 2 mL/h,分别在不同的电压下(10 KV,15 KV,20 KV,25 KV)进行电纺。

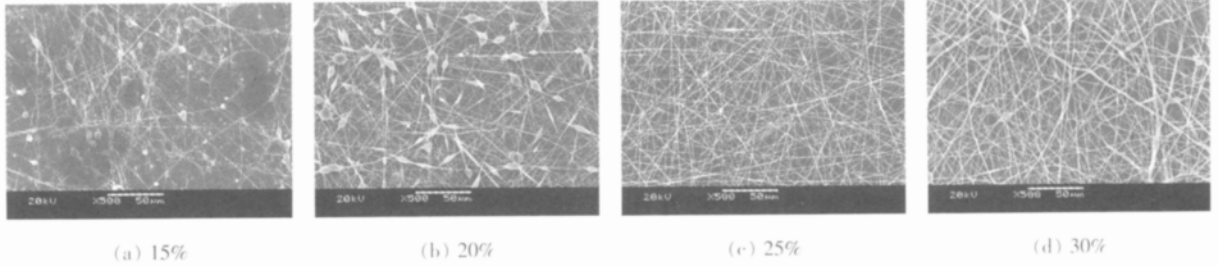


图 1 不同 PLGA 浓度的 PLGA/HA 复合纤维的 SEM 图像

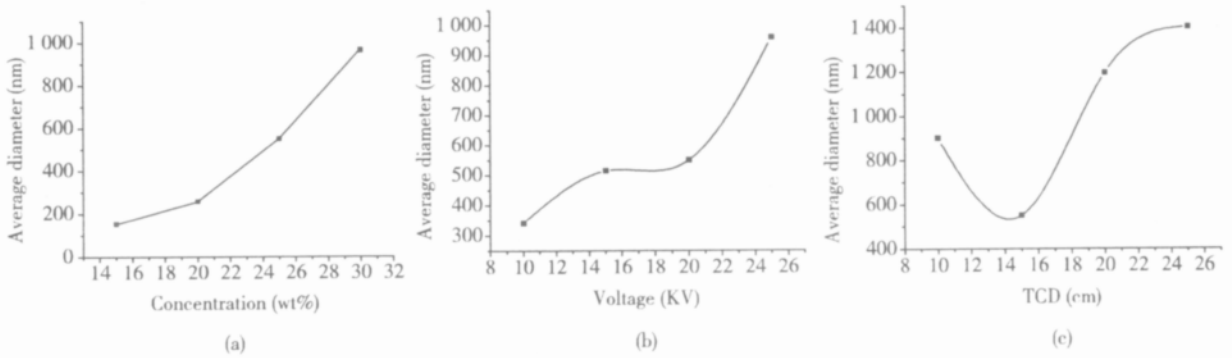


图 2 PLGA/HA 复合纤维的直径随(a)PLGA 的浓度、(b)电压以及(c)接收距离变化的曲线

如图 3 所示,当电压为 10 KV 时,纤维中有液滴出现,当电压高于 15 KV 时,纤维中液滴基本消失。随着电压的增加,纤维直径从 10 KV 时的 342 nm 增加到 25KV 时的 958 nm [图 2(b)]。这是由于射流的飞行时间变短造成的<sup>[3]</sup>。由

于电压增加,施加在溶液射流上的电场力也增加,因此,在相同的接收距离下,射流飞行时间变短,因此,纤维直径增加。通过对比发现 20 KV 时,纤维直而连续,直径较均匀一致,因此 20 KV 的电压是较适宜的。

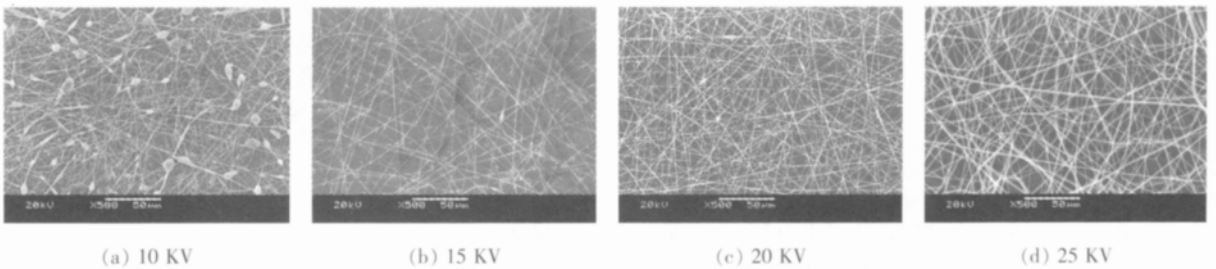


图 3 不同电压下的 PLGA/HA 复合纤维的 SEM 图像

2.3 接收距离对 PLGA/HA 纤维形貌和直径的影响:实验中 PLGA 浓度为 25%,HA 浓度为 2%,电压为 20 KV,纺丝液流量为 2 mL/h,分别在不同的接收距离下(10 cm,15 cm,20 cm,25 cm)进行电纺。

如图 4 所示,在不同的接收距离下,均得到了连续而均一的纤维,纤维中基本无液滴出现。可见,接收距离的变化对 PLGA/HA 复合纤维的形貌影响不大。如图 2(c) 所示,当接收距离从 10 cm 增加到 15 cm 时,复合纤维的直径先降低。

这可能是由于接收距离增加造成了纤维飞行时间增加,从而射流可以分裂成更细的纤维,纤维直径减小。当接收距离从 15 cm 增加到 25 cm 时,复合纤维的直径又增加。这可能是由于减小的电场力又起了主导作用。接收距离增加,加在射流上的电场力减小,射流分裂减慢,从而导致纤维直径增加。这两种相反的效应导致了纤维直径随接收距离的增加先减小后增加,其中,接收距离为 15 cm 时,纤维直而连续,直径均一,因此,接收距离为 15 cm 时,是较适宜的距离参数。

# 社区健康教育在高血压患者中的应用(附 122 例报告)

周义先

(安徽皖维集团医院,安徽 巢湖 238000)

**摘要** 目的 探讨社区健康教育对高血压患者血压的影响。方法 对 122 例高血压病患者采用社区健康教育加常规治疗,半年后观察血压的变化及健康教育干预效果。结果 通过多种形式的健康教育,高血压患者的血压控制较为理想。结论 社区健康教育是一种有效控制高血压病患者血压的措施。

**关键词** 社区健康教育;高血压;疗效

[中图分类号] R544.1

[文献标识码] A

学科分类代码: 320.2410

文章编号: 1001-8131(2011)06-0407-02

## Effect of Community Health Education on Patients with Hypertension( Add to 122 Cases Report)

ZHOU Yixian

(The Affiliated Hospital of Anhui Wanwei Group ,Chaohu 238000 ,China)

**Abstract Objective** To explore the effect of community health education on patients with hypertension. **Methods** The 122 cases of hypertension in the study received community health education plus conventional treatments. The changes of blood pressure and effect of health education were observed after six months. **Results** Through multiform health education ,the control effect of patients with hypertension is satisfied. **Conclusion** Community health education is a effective method to control blood pressure of hypertension patients.

**Key words** Community health education; Hypertension; Treatment effect

我国高血压病的流行具有患病率高、致残率高、死亡率高的三高特点,同时又存在知晓率低、服药率低、控制率低的三低现象<sup>[1]</sup>。因此,加强对高血压患者的健康教育,提高人们对高血压病的认识,对早期预防、及时治疗具有极为重要的意义。2009年6月至2009年12月对我社区122例高血压病患者进行回顾性分析,取得了较好的临床效果,介绍如下。

### 1 临床资料

1.1 一般资料:选择2009年6月至2009年12月我社区门诊治疗122例高血压病患者作为研究对象。符合WHO(1999年)高血压病诊断标准(收缩压 $\geq 140$  mm Hg,舒张压 $\geq 90$  mm Hg)。男76例,女46例,年龄40~79岁,平均年龄60.3岁。病程都在2年以上。其中I期32例(26.3%),II期56例(45.9%),III期34例(27.8%)。

### 1.2 方法

1.2.1 制定高血压患者调查表:对122例高血压患者进行调查,包括个人史(膳食习惯、不良嗜好等)、精神压力(学

习、工作、家庭经济状况、人际关系等)、治疗和服药情况等。  
1.2.2 高血压病的评估及危险情况:高血压病是社区常见的疾病,患者往往合并各种其他疾病,社区医生在处理过程中要进行正确的评估。询问患者近期是否有如下症状和体征:头痛头晕、恶心呕吐(怀疑出现脑血管意外);眼花耳鸣(怀疑出现视网膜病变或脑血管意外);呼吸困难,不能平卧(怀疑出现心功能不全);心悸胸闷(怀疑出现心血管意外);鼻出血、四肢发麻、下肢水肿等(怀疑出现药物副作用)。有上述状况的不进入研究或退出研究。

### 1.2.3 健康教育干预措施

1.2.3.1 膳食指导。①减少食盐的摄入<sup>[2]</sup>,我国居民钠盐的摄入量普遍较多,减少以食盐为主的高钠食物用量是预防和治疗高血压的重要措施之一。WHO建议人均摄盐量控制在6g以下(食盐的用量包括烹调中的盐及其它食物中所含钠折合食盐的总量)。②控制总热量的摄入,少吃富含脂肪食物,多运动,适当减少睡眠,适当增加脑活动。对于超重或肥

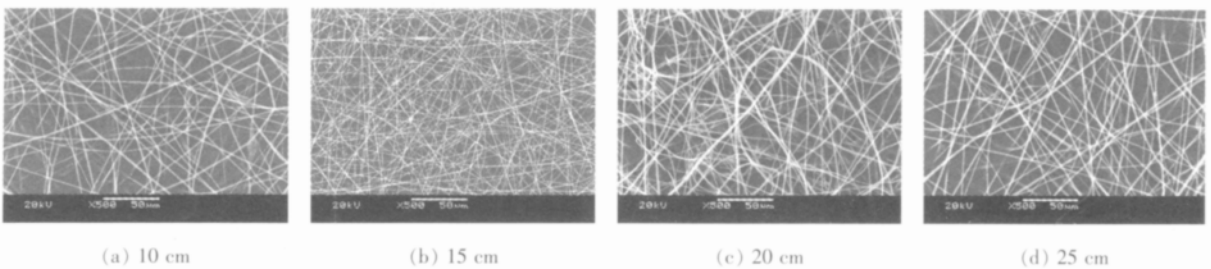


图4 不同接收距离下的 PLGA/HA 复合纤维的 SEM 图像

### 3 结论

本实验研究了 PLGA 的浓度、电压、接收距离等电纺参数对 PLGA/HA 复合纤维形貌的影响。结果显示,电纺参数对 PLGA/HA 复合纤维的形貌和直径具有很大的影响。复合纤维的直径随 PLGA 浓度的增加而增加,随电压的增加而增加,随接收距离的增加先减小后增加。较合适的 PLGA/HA 复合纤维的电纺参数为:PLGA 浓度 25%,电压 20 KV,接收距离 15 cm。我们后续实验将在适宜的电纺参数下制备 PLGA/HA 复合支架,并对其毒性、生物相容性、降解性能等做进一步深入的研究。

### 参考文献

- [1] Jeonga SI, Kimb SY, Choa SK, et al. Tissue - engineered vascular grafts composed of marine collagen and PLGA fibers using pulsatile perfusion bioreactors. *Biomaterials* 2007; 28: 1115 - 1122.
- [2] Wan YQ, Qu X, Lu J, et al. Characterization of surface property of poly(lactide - co - glycolide) after oxygen plasma treatment. *Biomaterials* 2004; 25: 4777 - 4783.
- [3] Zhang C, Yuan X, Wu L, et al. Study on morphology of electrospun poly(vinyl alcohol) mats. *Eur Polym J* 2005; 41: 423 - 432.