



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114699556 A

(43) 申请公布日 2022. 07. 05

(21) 申请号 202210366624.X

A61L 27/58 (2006.01)

(22) 申请日 2022.04.08

D04H 1/728 (2012.01)

(71) 申请人 深圳高性能医疗器械国家研究院有限公司

地址 518000 广东省深圳市龙华区观澜街道新澜社区观光路1301-76号银星智界二期1号楼A101

(72) 发明人 宋晓杰 王佳冕 张红斌 贾伟 胡楠

(74) 专利代理机构 深圳中细软知识产权代理有限公司 44528

专利代理师 徐春祺

(51) Int. Cl.

A61L 27/22 (2006.01)

A61L 27/50 (2006.01)

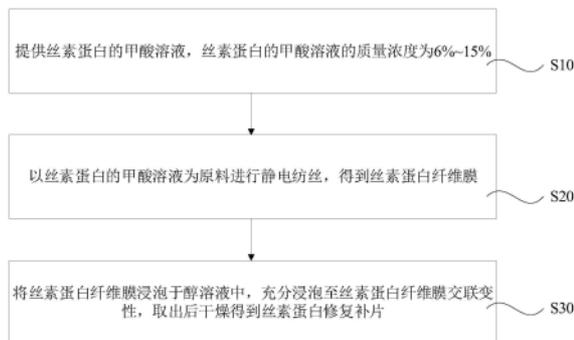
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

丝素蛋白修复补片的制备方法以及丝素蛋白修复补片

(57) 摘要

本发明公开了一种丝素蛋白修复补片的制备方法及其该制备方法制得的丝素蛋白修复补片。丝素蛋白修复补片的制备方法包括如下步骤:提供丝素蛋白的甲酸溶液;以所述丝素蛋白的甲酸溶液为原料进行静电纺丝,得到丝素蛋白纤维膜;将所述丝素蛋白纤维膜浸泡于甲醇溶液中,充分浸泡至所述丝素蛋白纤维膜交联变性,取出后干燥得到丝素蛋白修复补片。结合说明书测试例部分的数据可以看出,这种丝素蛋白修复补片的制备方法制备得到的丝素蛋白修复补片内部的纤维直径大小均匀且纤维分布均匀,纤维之间存在孔隙,能够满足细胞的粘附生长,可以生长至丝素蛋白修复补片内部。



1. 一种丝素蛋白修复补片的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

提供丝素蛋白的甲酸溶液,所述丝素蛋白的甲酸溶液的质量浓度为6%~15%;

以所述丝素蛋白的甲酸溶液为原料进行静电纺丝,得到丝素蛋白纤维膜,其中,所述静电纺丝的电压为15V~30V,纺丝距离为10cm~30cm,纺丝速度为0.5mL/h~2mL/h,滚筒转速100rpm~3000rpm,电纺箱内的湿度为35%~45%,所述电纺箱内的温度为18℃~30℃;以及

将所述丝素蛋白纤维膜浸泡于醇溶液中,充分浸泡至所述丝素蛋白纤维膜交联变性,取出后干燥得到丝素蛋白修复补片,所述醇溶液为甲醇溶液或乙醇溶液。

2. 根据权利要求1所述的丝素蛋白修复补片的制备方法,其特征在于,所述丝素蛋白的甲酸溶液的质量浓度为10%;

所述静电纺丝的电压为24V,所述纺丝距离为12cm,所述纺丝速度为0.8mL/h,所述滚筒转速1000rpm,所述电纺箱内的湿度为35%,所述电纺箱内的温度为24℃。

3. 根据权利要求1所述的丝素蛋白修复补片的制备方法,其特征在于,所述甲醇溶液的质量浓度为60%~100%,所述乙醇溶液的质量浓度为60%~100%。

4. 根据权利要求1~3中任意一项所述的丝素蛋白修复补片的制备方法,其特征在于,所述丝素蛋白的甲酸溶液通过如下操作制备:

提取蚕茧中的丝素蛋白;

将所述丝素蛋白配制成所述丝素蛋白的甲酸溶液。

5. 根据权利要求4所述的丝素蛋白修复补片的制备方法,其特征在于,所述提取蚕茧中的丝素蛋白的操作为:取蚕茧,依次经过一次清洗、脱胶处理、二次清洗和烘干处理后,得到所述丝素蛋白。

6. 根据权利要求4所述的丝素蛋白修复补片的制备方法,其特征在于,所述将所述丝素蛋白配制成所述丝素蛋白的甲酸溶液的操作为:

按照固液比为0.5~2:4,将所述丝素蛋白溶解到质量浓度为2%~30%的CaCl₂的甲酸溶液中,接着自然风干得到干膜,所述干膜清洗干净后干燥,将所述干膜溶解到甲酸中,得到所述丝素蛋白的甲酸溶液。

7. 根据权利要求4所述的丝素蛋白修复补片的制备方法,其特征在于,所述将所述丝素蛋白配制成所述丝素蛋白的甲酸溶液的操作为:

按照固液比为0.5~2:4,将所述丝素蛋白溶解到浓度为8mol/L~10.6mol/L的LiBr溶液中,得到混合液,将所述混合液转移至截留分子量为3500~100000的透析袋中,接着将所述透析袋置于超纯水中进行透析,透析完成后将所述透析袋中的液体离心,保留上清液,将所述上清液干燥后得到固体产物,将固体产物溶解到甲酸中,得到所述丝素蛋白的甲酸溶液。

8. 根据权利要求7所述的丝素蛋白修复补片的制备方法,其特征在于,所述将所述透析袋中的液体离心的操作中,所述离心的速度为5000rpm~10000rpm,所述离心的温度为0℃~8℃,所述离心的时间为10min~30min;

所述将所述上清液干燥的操作为:将所述上清液在-20℃~0℃下预冷,接着在-20℃~-80℃下冷冻干燥12h~36h。

9. 一种丝素蛋白修复补片,其特征在于,所述丝素蛋白修复补片由权利要求1~8中任

意一项所述的丝素蛋白修复补片的制备方法制备得到。

10. 根据权利要求9所述的丝素蛋白修复补片,其特征在于,所述丝素蛋白修复补片的厚度为0.5mm~3mm。

丝素蛋白修复补片的制备方法以及丝素蛋白修复补片

技术领域

[0001] 本发明涉及组织修复材料技术领域,尤其是涉及一种丝素蛋白修复补片的制备方法以及该丝素蛋白修复补片的制备方法制得的丝素蛋白修复补片。

背景技术

[0002] 人体组织损伤再生修复得到越来越多的关注,随着医疗技术的进步和患者对高质量生活的需求,组织修复补片作为一种新型医用植入器械广泛应用于外科手术中。组织修复补片不仅可以起到组织力学支撑作用,同时还具有良好的生物相容性和孔洞结构,可以满足细胞的粘附、生长和增殖,对缺损组织进行修复,加快术后恢复,在组织修复临床领域被广泛认知和接受。

[0003] 目前在临床上常见的组织修复补片主要有动物源性和人工合成材料两种类型的产品。但是动物源性组织修复补片存在取材受限,材料来源复杂,标准化生产难度大,稳定性和降解速率较难控制,而且存在病毒感染的炎症反应等风险。人工合成材料制备的组织修复补片由于具有疏水性表面,缺乏细胞识别位点,降解产物容易引起炎症反应,不利于细胞的粘附生长,合成材料与人体组织结构差异性较大,不利于软组织的修复。

[0004] 以蚕丝为原料制备的丝素蛋白修复补片具有良好的人体亲和性,并且丝素蛋白纤维之间存在孔隙,能够满足细胞的粘附生长,是一种良好的组织修复补材料,

[0005] 但是,传统的丝素蛋白修复补片的制备方法难以制得纤维分布均匀的丝素蛋白修复补片。

发明内容

[0006] 基于此,有必要提供一种丝素蛋白修复补片的制备方法,其制得的丝素蛋白修复补片的纤维分布均匀。

[0007] 此外,还有必要提供一种用于制备上述丝素蛋白修复补片的制备方法制得的丝素蛋白修复补片。

[0008] 一种丝素蛋白修复补片的制备方法,包括如下步骤:

[0009] 提供丝素蛋白的甲酸溶液,所述丝素蛋白的甲酸溶液的质量浓度为6%~15%;

[0010] 以所述丝素蛋白的甲酸溶液为原料进行静电纺丝,得到丝素蛋白纤维膜,其中,所述静电纺丝的电压为15V~30V,纺丝距离为10cm~30cm,纺丝速度为0.5mL/h~2mL/h,滚筒转速100rpm~3000rpm,电纺箱内的湿度为35%~45%,所述电纺箱内的温度为18℃~30℃;以及

[0011] 将所述丝素蛋白纤维膜浸泡于醇溶液中,充分浸泡至所述丝素蛋白纤维膜交联变性,取出后干燥得到丝素蛋白修复补片。

[0012] 在一个实施例中,所述丝素蛋白的甲酸溶液的质量浓度为10%;

[0013] 所述静电纺丝的电压为24V,所述纺丝距离为12cm,所述纺丝速度为0.8mL/h,所述滚筒转速1000rpm,所述电纺箱内的湿度为35%,所述电纺箱内的温度为24℃。

[0014] 在一个实施例中,所述甲醇溶液的质量浓度为60%~100%,所述乙醇溶液的质量浓度为60%~100%。

[0015] 在一个实施例中,所述丝素蛋白的甲酸溶液通过如下操作制备:

[0016] 提取蚕茧中的丝素蛋白;

[0017] 将所述丝素蛋白配制成所述丝素蛋白的甲酸溶液。

[0018] 在一个实施例中,所述提取蚕茧中的丝素蛋白的操作为:取蚕茧,依次经过一次清洗、脱胶处理、二次清洗和烘干处理后,得到所述丝素蛋白。

[0019] 在一个实施例中,所述将所述丝素蛋白配制成所述丝素蛋白的甲酸溶液的操作为:

[0020] 按照固液比为0.5~2:4,将所述丝素蛋白溶解到质量浓度为2%~30%的CaCl₂的甲酸溶液中,接着自然风干得到干膜,所述干膜清洗干净后干燥,将所述干膜溶解到甲酸中,得到所述丝素蛋白的甲酸溶液。

[0021] 在一个实施例中,所述将所述丝素蛋白配制成所述丝素蛋白的甲酸溶液的操作为:

[0022] 按照固液比为0.5~2:4,将所述丝素蛋白溶解到浓度为8mol/L~10.6mol/L的LiBr溶液中,得到混合液,将所述混合液转移至截留分子量为3500~100000的透析袋中,接着将所述透析袋置于超纯水中进行透析,透析完成后将所述透析袋中的液体离心,保留上清液,将所述上清液干燥后得到固体产物,将固体产物溶解到甲酸中,得到所述丝素蛋白的甲酸溶液。

[0023] 在一个实施例中,所述将所述透析袋中的液体离心的操作中,所述离心的速度为5000rpm~10000rpm,所述离心的温度为0℃~8℃,所述离心的时间为10min~30min;

[0024] 所述将所述上清液干燥的操作为:将所述上清液在-20℃~0℃下预冷,接着在-20℃~-80℃下冷冻干燥12h~36h。

[0025] 一种丝素蛋白修复补片,所述丝素蛋白修复补片由上述的丝素蛋白修复补片的制备方法制备得到。

[0026] 在一个实施例中,所述丝素蛋白修复补片的厚度为0.5mm~3mm。

[0027] 结合说明书测试例部分的数据可以看出,这种丝素蛋白修复补片的制备方法制备得到的丝素蛋白修复补片内部的纤维直径大小均匀且纤维分布均匀,纤维之间存在孔隙,能够满足细胞的粘附生长,可以生长至丝素蛋白修复补片内部。

附图说明

[0028] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0029] 其中:

[0030] 图1为一实施方式的丝素蛋白修复补片的制备方法的流程图。

[0031] 图2为实施例1得到的丝素蛋白修复补片的显微照片。

[0032] 图3为实施例1得到的丝素蛋白修复补片的显微照片。

[0033] 图4为对比例1得到的丝素蛋白修复补片的显微照片。

[0034] 图5为对比例2得到的丝素蛋白修复补片的显微照片。

具体实施方式

[0035] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0036] 如图1所示的一实施方式的丝素蛋白修复补片的制备方法,包括如下步骤:

[0037] S10、提供丝素蛋白的甲酸溶液,丝素蛋白的甲酸溶液的质量浓度为6%~15%。

[0038] 本实施方式中,采用甲酸作为丝素蛋白的溶剂,甲酸为易挥发物质,从而可以保证最终制得的丝素蛋白修复补片中不含有毒性物质。

[0039] 本发明中,丝素蛋白的甲酸溶液的质量浓度控制极为重要,浓度过低,则容易出现微球和串珠,影响丝素蛋白修复补片的性能,而浓度过高,则容易堵塞针头,无法电纺。

[0040] 更优选的,丝素蛋白的甲酸溶液的质量浓度为10%。

[0041] 优选的,本实施方式中,丝素蛋白的甲酸溶液通过如下操作制备:提取蚕茧中的丝素蛋白;将丝素蛋白配制成丝素蛋白的甲酸溶液。

[0042] 具体来说,提取蚕茧中的丝素蛋白的操作可以为:取蚕茧,依次经过一次清洗、脱胶处理、二次清洗和烘干处理后,得到丝素蛋白。

[0043] 更进一步的,一次清洗和脱胶处理的操作可以为:称取家蚕蚕茧,剪成碎片后用超纯水清洗三遍,除去杂质,配置0.02M的 Na_2CO_3 溶液并加热煮沸,将蚕茧碎片加入到煮沸的 Na_2CO_3 溶液中,煮沸30min,重复3次。

[0044] 更进一步的,二次清洗为:将蚕茧浸泡于60℃的超纯水中搅拌清洗,清洗30min,重复3次,以去除参与的丝胶蛋白。

[0045] 更进一步的,烘干的操作可以为:放置于40℃烘箱中过夜,烘干得到丝素蛋白。

[0046] 在其他的实施方式中,也可以直接购买成品的丝素蛋白。

[0047] 具体来说,将丝素蛋白配制成丝素蛋白的甲酸溶液的操作为:按照固液比为0.5~2:4(优选为1:4),将丝素蛋白溶解到质量浓度为2%~30%(优选为5%)的 CaCl_2 的甲酸溶液中,接着自然风干得到干膜,干膜清洗干净后干燥,将干膜溶解到甲酸中,得到丝素蛋白的甲酸溶液。

[0048] 需要指出的是,将干膜溶解到甲酸中之前,还需要将干膜剪碎,从而尽量确保干膜充分溶解,避免因为干膜溶解不完全形成絮状丝素蛋白,从而在后续的电纺操作中出现堵塞针头的现象。

[0049] 具体来说,将丝素蛋白配制成丝素蛋白的甲酸溶液的操作还可以为:按照固液比为0.5~2:4(优选为1:4),将丝素蛋白溶解到浓度为8mol/L~10.6mol/L(优选为9.3mol/L)的LiBr溶液中,得到混合液,将混合液转移至截留分子量为3500~100000(优选为8000)的透析袋中,接着将透析袋置于超纯水中进行透析,透析完成后将透析袋中的液体离心,保留上清液,将上清液干燥后得到固体产物,将固体产物溶解到甲酸中,得到丝素蛋白的甲酸溶液。

[0050] 本发明中,通过透析的方式去除LiBr,LiBr的去除效果更好,此外,通过选择不同规格的透析袋,根据透析袋的截留量来控制产品中丝素蛋白的分子量,进而可以更好地调控丝素蛋白纤维膜的性能(例如,分子量越高丝素蛋白纤维膜越不容易降解)。

[0051] 需要指出的是,将固体产物溶解到甲酸中之前,还需要将固体产物剪碎,从而尽量确保固体产物充分溶解,避免因为固体产物溶解不完全形成絮状丝素蛋白,从而在后续的电纺操作中出现堵塞针头的现象。

[0052] 在一个实施例中,将透析袋中的液体离心的操作中,离心的速度为5000rpm~10000rpm,离心的温度为0℃~8℃,离心的时间为10min~30min。

[0053] 优选的,将上清液干燥的操作为:将上清液在-20℃~0℃下预冷,接着在-20℃~-80℃下冷冻干燥12h~36h。

[0054] 本发明中,上清液冷冻干燥,一方面可以确保上清液充分干燥,另一方面,冷冻干燥后得到的固体产物更易溶解于甲酸中,避免了因为固体产物溶解不完全形成絮状丝素蛋白,从而在后续的电纺操作中出现堵塞针头的现象。

[0055] S20、以丝素蛋白的甲酸溶液为原料进行静电纺丝,得到丝素蛋白纤维膜。

[0056] 具体来说,静电纺丝的电压为15V~30V,纺丝距离为10cm~30cm,纺丝速度为0.5mL/h~2mL/h,滚筒转速100rpm~3000rpm,电纺箱内的湿度为35%~45%,电纺箱内的温度为18℃~30℃。

[0057] 静电纺丝操作中,湿度和温度的控制至关重要,具体来说,湿度和温度会影响甲酸的挥发速度,从而进一步对最终得到的丝素蛋白修复补片的内部的纤维直径大小和纤维分布造成影响。

[0058] 本发明中,通过控制静电纺丝过程中,电纺箱内的湿度为35%~45%,电纺箱内的温度为18℃~30℃,从而保证了最终得到的丝素蛋白修复补片的内部的纤维直径大小均匀和纤维分布均匀。

[0059] 需要指出的是,滚筒转速的选择在电纺过程中是重要的一个环节,转速如果过快导致纤维分布趋于同向性,各向力学性能差异较大。

[0060] 本发明中,通过选择适当的转速,以获取各向力学性能相同的丝素蛋白纤维膜。

[0061] 特别优选的,静电纺丝的电压为24V,纺丝距离为12cm,纺丝速度为0.8mL/h,滚筒转速1000rpm,电纺箱内的湿度为35%,电纺箱内的温度为24℃。

[0062] S30、将丝素蛋白纤维膜浸泡于醇溶液中,充分浸泡至丝素蛋白纤维膜交联变性,取出后干燥得到丝素蛋白修复补片。

[0063] 本实施方式中,醇溶液可以为甲醇溶液或乙醇溶液。

[0064] 一般来说,甲醇溶液的质量浓度为60%~100%(优选为100%),乙醇溶液的质量浓度为60%~100%。

[0065] 浸泡的时间可以根据实际丝素蛋白纤维膜的厚度设置。一般来说,浸泡时间在6min~20min(优选为10min)。

[0066] 结合说明书测试例部分的数据可以看出,这种丝素蛋白修复补片的制备方法制备得到的丝素蛋白修复补片内部的纤维直径大小均匀且纤维分布均匀,纤维之间存在孔隙,能够满足细胞的粘附生长,可以生长至丝素蛋白修复补片内部。

[0067] 本发明丝素蛋白修复补片的制备方法具有如下优点:1)通过静电纺丝纯丝素蛋

白,原材料来源单一,取材容易,操作简单,生产成本低;2)低毒性溶剂电纺,具有良好的生物相容性,无毒,无环境污染;3)该丝素蛋白修复补片可降解,并且可以根据调节静电纺丝参数实现膜表面孔隙和纤维直径的大小,进而实现丝素蛋白膜降解的可调节性,也可以通过透析选取不同的丝素蛋白分子量实现丝素蛋白膜降解的可调节性,纯丝素及其降解产物相较于聚合物的降解产物更容易被周围组织吸收,不易产生炎症反应,可作为可吸收性的组织修复补片;4)工艺条件:温湿度调控静电纺丝过程中的成纤维性,从而获得纤维分布均匀的纳米纤维膜且各向力学性能相同。

[0068] 本发明还公开了一实施方式的丝素蛋白修复补片,由上述的丝素蛋白修复补片的制备方法制备得到。

[0069] 优选的,丝素蛋白修复补片的厚度为0.5mm~3mm。

[0070] 本发明的丝素蛋白修复补片作为优秀的组织修复材料,可用于乳房重建、人工皮肤、硬脑膜、口腔修复膜等。

[0071] 以下为具体实施例。

[0072] 实施例1

[0073] 称取家蚕蚕茧(川蚕26号),剪成碎片后用超纯水清洗三遍,除去杂质,配置0.02M的 Na_2CO_3 溶液并加热煮沸,将蚕茧碎片加入到煮沸的 Na_2CO_3 溶液中,煮沸30min,重复3次。接着将家蚕蚕茧浸泡于60℃的超纯水中搅拌清洗,清洗30min,重复3次,最后将家蚕蚕茧放置于40℃烘箱中过夜,烘干得到丝素蛋白。

[0074] 按照固液比为1:4,将丝素蛋白溶解到浓度为9.3mol/L的LiBr溶液中,得到混合液,将混合液转移至截留分子量为8000的透析袋中,接着将透析袋置于超纯水中进行透析,透析完成后将透析袋中的液体离心,保留上清液,将上清液在-20℃下预冷,接着在-40℃下冷冻干燥24h,得到固体产物,将固体产物溶解到甲酸中,得到丝素蛋白的甲酸溶液。其中,离心的速度为9000rpm,离心的温度为4℃,离心的时间为20min,丝素蛋白的甲酸溶液的质量浓度为10%。

[0075] 以丝素蛋白的甲酸溶液为原料进行静电纺丝,得到厚度为1mm的丝素蛋白纤维膜。其中,静电纺丝的电压为24V,纺丝距离为12cm,纺丝速度为0.8mL/h,滚筒转速1000rpm,电纺箱内的湿度为35%,电纺箱内的温度为24℃。

[0076] 将丝素蛋白纤维膜浸泡于甲醇中,浸泡10min至丝素蛋白纤维膜交联变性,取出后干燥得到丝素蛋白修复补片。

[0077] 实施例2

[0078] 称取家蚕蚕茧(川蚕26号),剪成碎片后用超纯水清洗三遍,除去杂质,配置0.02M的 Na_2CO_3 溶液并加热煮沸,将蚕茧碎片加入到煮沸的 Na_2CO_3 溶液中,煮沸30min,重复3次。接着将家蚕蚕茧浸泡于60℃的超纯水中搅拌清洗,清洗30min,重复3次,最后将家蚕蚕茧放置于40℃烘箱中过夜,烘干得到丝素蛋白。

[0079] 按照固液比为1:4,将丝素蛋白溶解到浓度为9.3mol/L的LiBr溶液中,得到混合液,将混合液转移至截留分子量为8000的透析袋中,接着将透析袋置于超纯水中进行透析,透析完成后将透析袋中的液体离心,保留上清液,将上清液在-20℃下预冷,接着在-40℃下冷冻干燥24h,得到固体产物,将固体产物溶解到甲酸中,得到丝素蛋白的甲酸溶液。其中,离心的速度为9000rpm,离心的温度为4℃,离心的时间为20min,丝素蛋白的甲酸溶液的质

量浓度为6%。

[0080] 以丝素蛋白的甲酸溶液为原料进行静电纺丝,得到厚度为1mm的丝素蛋白纤维膜。其中,静电纺丝的电压为24V,纺丝距离为12cm,纺丝速度为0.8mL/h,滚筒转速1000rpm,电纺箱内的湿度为40%,电纺箱内的温度为22℃。

[0081] 将丝素蛋白纤维膜浸泡于质量浓度为80%的甲醇溶液中,浸泡10min至丝素蛋白纤维膜交联变性,取出后干燥得到丝素蛋白修复补片。

[0082] 实施例3

[0083] 称取家蚕蚕茧(川蚕26号),剪成碎片后用超纯水清洗三遍,除去杂质,配置0.02M的 Na_2CO_3 溶液并加热煮沸,将蚕茧碎片加入到煮沸的 Na_2CO_3 溶液中,煮沸30min,重复3次。接着将家蚕蚕茧浸泡于60℃的超纯水中搅拌清洗,清洗30min,重复3次,最后将家蚕蚕茧放置于40℃烘箱中过夜,烘干得到丝素蛋白。

[0084] 按照固液比为1:4,将丝素蛋白溶解到浓度为9.3mol/L的LiBr溶液中,得到混合液,将混合液转移至截留分子量为8000的透析袋中,接着将透析袋置于超纯水中进行透析,透析完成后将透析袋中的液体离心,保留上清液,将上清液在-20℃下预冷,接着在-40℃下冷冻干燥24h,得到固体产物,将固体产物溶解到甲酸中,得到丝素蛋白的甲酸溶液。其中,离心的速度为9000rpm,离心的温度为4℃,离心的时间为20min,丝素蛋白的甲酸溶液的质量浓度为15%。

[0085] 以丝素蛋白的甲酸溶液为原料进行静电纺丝,得到厚度为1mm的丝素蛋白纤维膜。其中,静电纺丝的电压为24V,纺丝距离为12cm,纺丝速度为0.8mL/h,滚筒转速1000rpm,电纺箱内的湿度为45%,电纺箱内的温度为20℃。

[0086] 将丝素蛋白纤维膜浸泡于质量浓度为60%的甲醇溶液中,浸泡10min至丝素蛋白纤维膜交联变性,取出后干燥得到丝素蛋白修复补片。

[0087] 对比例1

[0088] 对比例1与实施例1基本一致,区别仅在于对比例1中,作为静电纺丝原料的丝素蛋白的甲酸溶液的质量浓度为4%。

[0089] 对比例2

[0090] 对比例2与实施例1基本一致,区别仅在于对比例2中,作为静电纺丝过程中不进行湿度的控制。

[0091] 测试例

[0092] 形态观察

[0093] 分别对实施例1、对比例1、对比例2得到的丝素蛋白修复补片进行显微观察,图2、图3、图4和图5。

[0094] 结合图2和图3可以看出,实施例1得到的丝素蛋白修复补片具有纳米丝素纤维结构,纤维直径大小分布均匀且纤维分布均匀,纤维之间存在孔隙,能够满足细胞的粘附生长,可以生长延伸到补片内部。

[0095] 结合图4可以看出,对比例1得到的丝素蛋白修复补片具有纳米丝素纤维结构,纤维直径大小不一,纤维上出现微球和串珠,从而影响了丝素蛋白修复补片的性能。

[0096] 结合图5可以看出,对比例2得到的丝素蛋白修复补片具有纳米丝素纤维结构,纤维上也出现少量的液滴滴落。

[0097] 此外,对比例2在制备丝素蛋白修复补片时,还因为甲酸挥发速度慢导致静电纺丝后得到的丝素蛋白纤维膜的粘性较大,不易从滚筒接收装置上揭下来。

[0098] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但不能因此而理解为对申请专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。因此,本发明专利的保护范围应以所附权利要求为准。

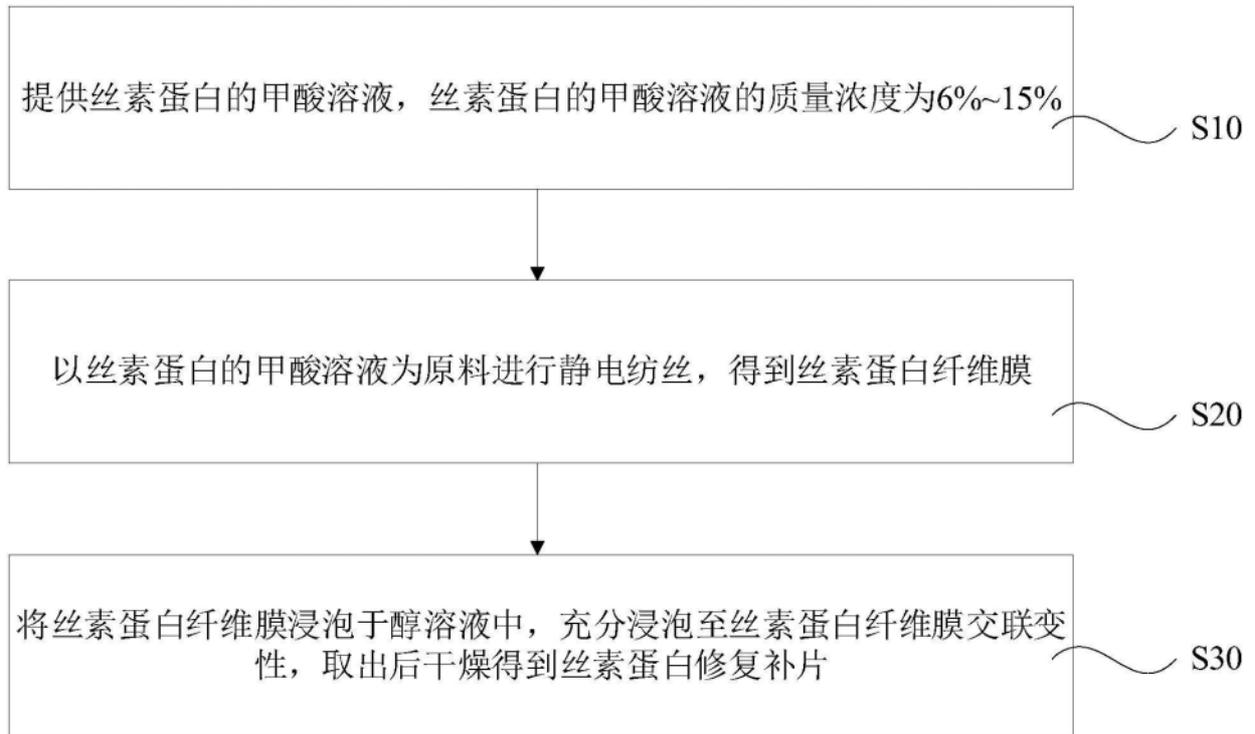


图1

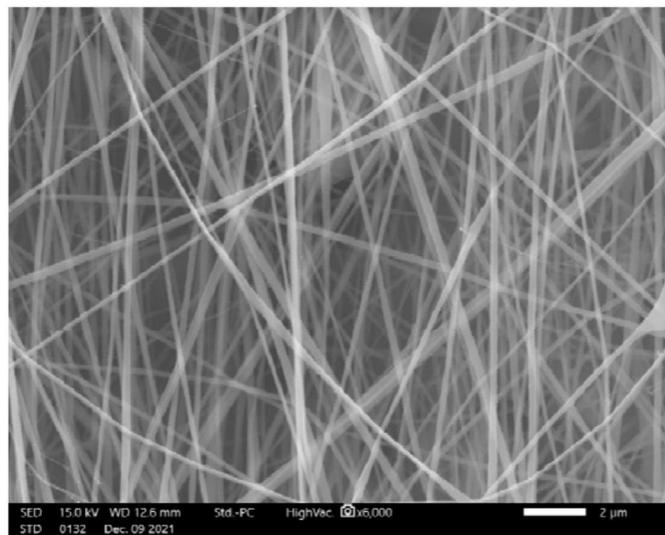


图2

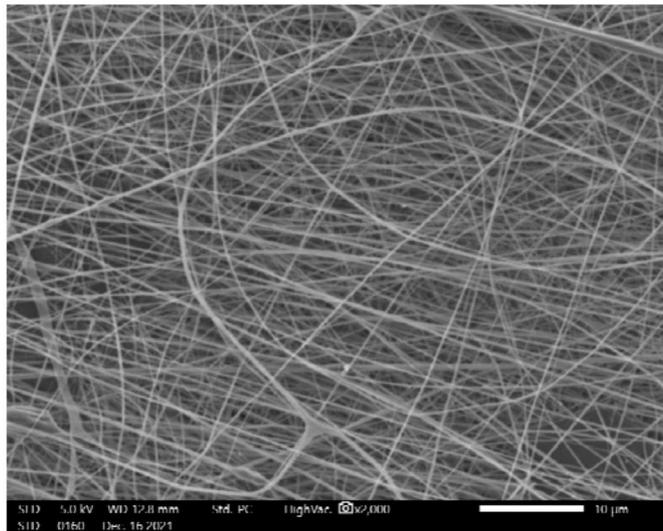


图3

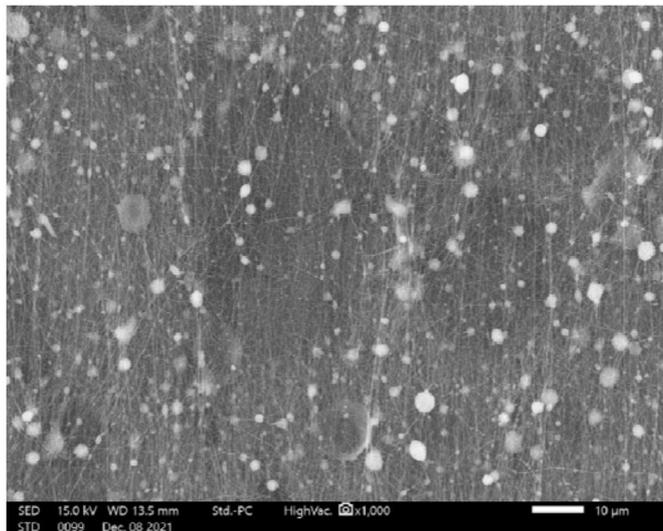


图4

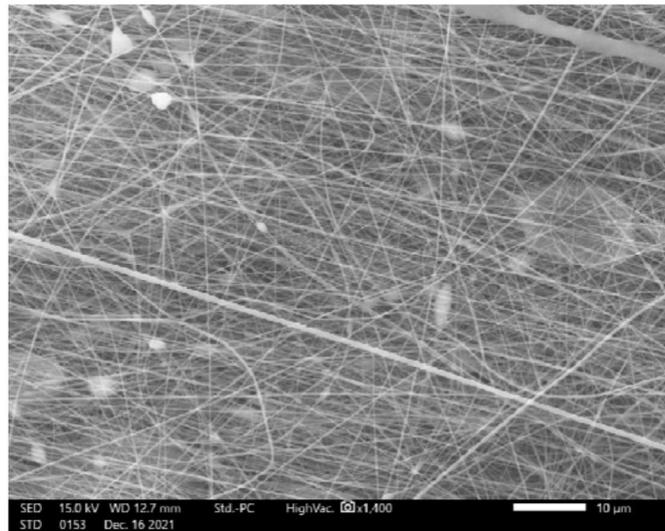


图5