

可以做手术缝合线、伤口敷料、药物递送载体……

蚕丝，在医学中竟然有这么多用途！



桑蚕丝在医学领域中具有广泛的应用潜力,它的天然来源、生物相容性和良好的物理特性使其成为各种医疗和生物技术应用的理想选择之一。

“丝绸”一词的英文翻译是silk,其实这个词指的是由各种昆虫幼虫(如蚕蛾、苍蝇、蝎子、蜘蛛和蠕虫等)产生的蛋白质聚合物,也就是形成茧的物质。在日常生活中,光滑美丽的丝绸通常是指由家蚕产生的桑蚕丝所制成的纺织品。家蚕已经被人类驯化,有着数千年培育的历史。桑蚕丝在蚕桑产业中占据主导地位,市场上常见的天然丝绸大部分属于这种类型。

美丽的丝绸一直被认为是华丽的面料,但桑蚕丝的用途远不止如此。近年来,科学家发现了许多桑蚕丝的医学用途,其出色的物理和生物特性,正在改变生物工程学。

桑蚕丝的结构和性质

桑蚕丝主要由丝素蛋白和丝胶蛋白组成。丝素蛋白存在于蚕丝的内部,约占蚕丝重量的70%,直径约为10~25 μm 。

当我们谈论桑蚕丝出色的生物性能和机械性能时,实际上是在讨论丝素蛋白的特性。丝素蛋白具有独特的 β -折叠结构,这些结构允许蛋白质的氢键在反平行链之间形成紧密的堆积;较大的疏水区与较小的亲水区相互交错排列,促进了丝的组装以及纤维的强度和弹性。正是这种独特的 β -折叠结构使得家蚕丝被认为是**最坚固的生物材料之一**(压强大于1GPa)。

在体外培养构建人体器官组织的组织工程中,所使用的材料必须与目标组织的硬度相匹配。通常,提高生物聚合物机械强度的常见方法是“交联”,即将不同的大分子之间,或者引入大分子材料与组织进行交叉连接。

然而,这其中存在的大分子化合物可能会引发细胞毒性和免疫反应等不良后果。而丝素蛋白的 β -折叠结构使其无需进行任何交联步骤即可获得良好的机械强度。在实际生产过程中,通过调整 β -折叠结构的含量,可以获得不同形态和机械强度的丝素蛋白材料,从而为细胞附着、扩展和生长提供稳定和支持的环境。因此,桑蚕丝具有很大的医学应用潜力。

蚕丝的生物医学应用

1. 手术缝合线

医学上桑蚕丝最为广泛、也最古老的应用便是手术缝合线。常见的有吸收性和非吸收性两种形式。

随着现代科学家对蚕丝结构的探索,以丝素蛋白为主的可吸收的缝合线被创造并推广开来。吸收性缝合线不会引发人体的免疫排斥反应,并且会逐渐在体内降解吸收,不需要手术后再次取出。它们通常用于内部缝合,如组织修复或内脏手术。

2. 伤口敷料

丝素蛋白的另一大用途是伤口敷料,其不同形态的合成敷料有助于促进皮肤的再生与愈合。伤口愈合是一个复杂的过程,涉及到许多细胞与细胞基质之间的相互作用。伤口愈合的初始阶段是炎症反应的产生,该过程可持续两天。在这个阶段,凝血级联、炎症途径和免疫系统被激活,以防止血液和液体的进一步流失。第二阶段是新组织的形成,涉及到胶原/基质的沉积、上皮再生、血管生成和伤口收缩等过程。

理想的伤口敷料应具备以下特征:①保持伤口区域湿润的同时,避免过度干燥,并能吸收伤口渗液;②具有良好的透气性;③能够预防细菌感染;④具备良好的防水性。为满足以上特性,丝素蛋白常被加工成薄膜、水凝胶等不同形态的伤口敷料。常见的水凝胶敷料通常是由天然存在的壳聚糖、海藻酸盐、胶原蛋白和透明质酸等大分子聚合物制成。研究人员发现丝素蛋白制作的水凝胶敷料在满足上述条件的同时,还可以诱导细胞的生长发育、迁移、增殖和细胞外基质的产生。

除此之外,将丝素蛋白与其他天然水凝胶敷料混合,还可以提高它们的机械强度。

3. 药物递送载体

药物递送载体是近年来热门的研究领域,这其中也有丝素蛋白的一

席之地。与现在市面上常见的纳米颗粒递送系统相比,除了前文所提到的良好的生物降解性之外,丝素蛋白最大的优势是其低免疫原性,不会在体内引发免疫排斥反应。丝素蛋白的温和加工条件使其更加适合封装对加工条件敏感易失效的药物。

丝素蛋白药物载体可以被加工为水凝胶、薄膜、微米和纳米颗粒、纳米纤维和多孔海绵等结构,适用于不同的药物递送途径和治疗需求,具有更广泛的应用潜力。通过对丝素蛋白结构的设计优化,可以延缓药物释放速率和增强载体稳定性,延长其在血液中的循环时间和作用效果,实现持续递送药物的目的。

4. 修复组织支架

现代组织工程的目标是再生和替换受损的组织和器官。理想的材料不仅要成功替换组织或器官,还需要具有支撑作用。这意味着它应该完全融入周围组织,并且不会引发免疫反应或产生不良影响。丝素蛋白制作的支架便极好地满足了上述两点要求,在不引发免疫反应的同时,提供对细胞组织的支持和保护作用,促进相关细胞在支架上的沉积和生长,进而使受损的组织得到恢复。

丝素蛋白支架被广泛探索用于韧带、肌腱和骨骼组织。

除此之外,丝素蛋白还可作为修复鼓膜穿孔的理想材料。鼓膜是位于外耳和中耳之间的透明结构,接受声音的同时保护中耳。如果鼓膜在

3个月内没有自行修复,就会形成慢性穿孔,导致听力丧失和反复感染。鼓膜主要由角质形成细胞、成纤维细胞和胶原蛋白(II型和III型)组成。由丝素蛋白制作的支架允许人的鼓膜角质形成细胞生长增殖,同时加速鼓膜的再生,从而显著加快听力恢复速度。

除了上述重要的医学工程应用,丝素蛋白还可用于制作各种类型的传感器。例如,通过对丝素蛋白进行特定的光学修饰,可以检测光吸收、荧光或折射率的变化,应用于生物传感、环境监测和医学诊断等领域。将丝素蛋白与特异性生物识别分子,如抗体、寡核苷酸或酶,链接起来,可以实现对生物分子或病原体的特异性检测,在疾病诊断、食品安全监测和生物防御等方面起到重要作用。

未来,随着对丝素蛋白结构与性质的深入研究,人们将进一步探索其与生物体的兼容性,以及在组织工程和再生医学中的潜在应用。丝素蛋白支架可能会被设计用于更复杂的组织修复,如心脏、肝脏和肺部等器官的再生;研究人员将会设计出具有靶向性和可控释放功能的丝素蛋白药物载体,用于治疗癌症、炎症和感染性疾病,等等。

相信未来将出现更多种类、更多形态的丝素蛋白制品,为人类生活带来更多的便利。桑蚕丝将成为推动人类健康和生活质量的重要力量。

据科普中国