

壳聚糖及其衍生物敷料在创面愈合中的研究进展

★ 刘亚南 屈乾良 屈广 屈乾斌 彭斌 (九江高科制药技术有限公司 江西 九江 332500)

[摘要] 壳聚糖及其衍生物具有保湿、止血、抗菌的作用,且安全无毒、可降解、生物相容性良好,被广泛用于创面敷料、抗菌材料、止血材料等方面。综述了壳聚糖与创面愈合相关的生物性能,以及通过壳聚糖及其衍生物制成水凝胶、喷膜、纳米纤维、海绵、纱布等形式的敷料在创面愈合中的研究进展,为进一步开发新型敷料提供参考。

[关键词] 壳聚糖;改性壳聚糖;创面敷料;促进愈合

中图分类号: R979.7 文献标志码: A DOI: 10.20140/j.2095-7785.2025.05.27

Research Progress of Chitosan and its Derivatives Dressing in Wound Healing

LIU Yanan, QU Qianliang, QU Guang, QU Qianbin, PENG Bin

Jiu Jiang Gaoke Pharmaceutical Technology CO., LTD., Jiu Jiang 332500, China.

[Abstract] Chitosan and its derivatives have the functions of moisturizing, hemostatic and antibacterial, and are safe, non-toxic, degradable and biocompatibility, so they are widely used in wound dressings, antibacterial materials and hemostatic. In this paper, the biological properties of chitosan related to wound healing were reviewed, and the research progress of wound healing in the form of hydrogels, spray films, nanofibers, sponges, gauze and other dressings made of chitosan and its derivatives was summarized, which provided reference for further development of new dressings.

[Keywords] Chitosan; Modified Chitosan; Wound Dressing; Promote Healing

医用创面敷料是一种用于临时覆盖各种疮、创口或者其他损伤创面的医用材料。纱布、绷带等传统的创面敷料存在较多缺点,如通透性太高易使创面脱水、易黏连、换药二次损伤、无法阻挡外界微生物易造成感染等^[1]。随着人们对创面愈合过程中生理与病理的深入研究,发现“湿性愈合”打破了传统观念,认为在创面周围提供湿润环境有利于创面边缘的细胞迁移,促进愈合,新型保湿创面敷料成为了研究热点。

壳聚糖是一种来源于海洋生物的甲壳素经脱乙酰化得到的天然碱性多糖,来源广泛、绿色且可再生,具有保湿、止血、抗菌的作用,且安全无毒、可降解、生物相容性良好,被广泛用于创面敷料、抗菌材料、止血材料等方面^[2]。通过对其结构进行修饰或改性得到的壳聚糖衍生物可调节壳聚糖的理化性能及生物功能,拓宽了壳聚糖的应用范围。本文综述了壳聚糖及其衍生物制成水凝胶、喷膜、海绵、纳米纤维、纱布等形式的创面敷料的研究进展,为进一步开发和利用该创面敷料提供参考。

1 壳聚糖及其衍生物与创面愈合相关的生物性能

1.1 止血性

自从 MALETTE 等^[3]在 1983 年首次发表了关于壳聚糖止血功能的研究后,国内外学者对壳聚糖止血性能做了许多进一步的研究和探讨,认为壳聚糖的止血作用主要是壳聚糖的阳离子效应,因其本身是一种带正电荷的活性多糖,可与带负电荷的血小板和红细胞相互作用,血小板被激活,红细胞聚集,导致血液凝块形成,从而达到显著的止血效果^[4-6]。壳聚糖经季铵化改性得到的季铵化壳聚糖体外凝血测试结果显示,与壳聚糖相比季铵化壳聚糖凝血时间显著降低,表明壳聚糖季铵化的改性明显提高了其促凝血能力^[7]。王利振等^[8]在体内止血研究中发现以壳聚糖和 γ -聚谷氨酸为原料制备的复合止血材料可在 30 s 内快速止血,且无二次出血。

1.2 抗菌性

感染是创面愈合延迟的重要原因之一。壳聚糖复杂的空间结构中含有活性的功能基团,表现出广谱抗菌性,对许多致病微生物,如细菌、真菌,

通信作者: 彭斌, 中级工程师。E-mail: 823515373@qq.com。

都有不同程度的抑菌性能,有助于肉芽组织的形成,从而加速创面修复。壳聚糖可通过自身的正电荷与细胞膜携带的负电荷作用,破坏细胞结构起到抑菌作用^[9]。实验证明,壳聚糖的衍生物同样有抗菌性,且效果更明显。刘桂芝等^[10]发现以季铵/卤铵化壳聚糖整理后的棉织物对致病菌金黄色葡萄球菌和大肠杆菌具有良好的抗菌性。另有学者对不同烷基链长的壳聚糖季铵盐的抗菌活性进行研究,发现壳聚糖季铵盐的抗菌性能高于壳聚糖,且烷基链越长抗菌活性越强^[11]。

1.3 促益生菌增殖性

壳聚糖及其衍生物除了报道的对致病菌有抗菌性外,对益生菌还有促进增殖的作用。而益生菌可通过清除病原微生物来抗感染,阻止不适当的炎症反应,促进伤口愈合^[12]。WANG等^[13]通过对手术出血伤口处微生物群落结构的研究来评估壳聚糖敷料的有效性,结果表明该敷料能为益生菌提供合适环境,促进益生菌生长,从而提高皮肤免疫力,促进伤口修复。冯丹等^[14]发现大鼠日粮中添加壳聚糖螯合锌可以增加肠道乳酸杆菌的数量,降低炎症反应。姚亦天等^[15]对小鼠灌胃羧甲基壳聚糖后发现羧甲基壳聚糖对乳杆菌产生了促进增长的作用。乳杆菌是人体优势菌,有利于维持人体的微生态平衡。既往亦有研究显示壳寡糖可增加肠道益生菌群的相对丰度,调节菌群组成,起到保护肠黏膜的作用^[16-17]。

1.4 抗炎性

伤口愈合过程的炎症反应是机体的防御机制,其目的是去除有害物质或者使其失活,为后期的增生过程创造良好的条件。但长期的炎症反应将阻碍创面修复进程,甚至引发相关并发症。壳聚糖及其衍生物通过不同机制调节各种炎症因子表达,促进创面愈合。有研究显示,壳聚糖可抑制细胞促炎因子的表达,达到抗炎的效果^[18]。HAO等^[19]发现壳聚糖通过多向调节 Toll 样受体信号、NF- κ B、MAPK 等经典炎症通路来发挥抗炎作用。另有研究表明,壳聚糖通过下调细胞因子信号转导抑制分子 3 (SOCS3)、信号传导转录激活因子 3 (STAT3) 蛋白表达,抑制 SOCS3/STAT3 信号通路减轻炎症反应^[20]。

1.5 抑制瘢痕形成

皮肤瘢痕是皮肤损伤导致的组织外观形态异常,功能改变的纤维增生性疾病^[21]。壳聚糖及其衍生物通过改变各种因子的表达,调节 I 型与 III 型胶原蛋白的比例,抑制瘢痕中成纤维细胞的过度

增殖与分化,影响血管生成,促进组织上皮化,加快创面愈合进程,抑制瘢痕形成^[22]。有研究表明,壳聚糖能诱导血管内皮生长因子表达,促进血管生成,加速创面组织再生^[23]。ZHANG等^[24]发现羧甲基壳聚糖可调节 α -平滑肌肌动蛋白和基质金属蛋白酶-1 的表达,抑制瘢痕形成。

综上所述,伤口愈合是由止血、炎症、增殖和重塑等构成的一系列复杂动态过程。壳聚糖及其衍生物可在其中多个阶段中都发挥重要的促愈作用,因而将其用于创面敷料具有极大的应用潜力,随着研究的深入,相关的研究报道也逐年增多。

2 壳聚糖及其衍生物敷料在创面愈合的应用

2.1 水凝胶敷料

水凝胶是一种亲水性高分子聚合物,内部为三维立体交联网状结构,能在水中溶胀保持大量水分而不溶解,不会失去本身的三维结构^[25]。壳聚糖有良好的保湿和抗凝血性能,将其用于水凝胶能为创面提供湿润的环境,防止微生物感染,促进肉芽组织形成,缩短创面愈合进程。同时,水凝胶的高含水量结合壳聚糖的保湿性能防止伤口粘连而造成二次伤害。因此,以上独特的优点使壳聚糖水凝胶成为创面敷料领域的热门话题。

裴大婷等^[26]以羧甲基壳聚糖和葡萄糖为原料,通过葡萄糖氧化酶原位交联制备了葡萄糖/羧甲基壳聚糖水凝胶,其内部为三维不规则多孔结构,溶胀率和机械强度随羧甲基壳聚糖的含量变化而不同,能快速形成水凝胶,细胞毒性低,具有良好的生物相容性,作为创伤敷料具有很大的潜力。有研究者利用负载褪皮素的羧甲基壳聚糖水凝胶进行动物实验研究,发现术后载药水凝胶组炎症因子水平低于空白对照,而血管内皮生长因子 α mRNA 表达量高于空白对照,表明负载褪皮素的羧甲基壳聚糖水凝胶能调节炎症反应,促进细胞增殖与迁移,从而促进创面愈合^[27]。徐世宽等^[28]以壳聚糖和 Ag+ 为原料,通过超分子络合作用制备了一种可逆温敏水凝胶,可以对硝酸银和体系 pH 作出多种响应,且对大肠杆菌表现出良好的抗菌活性,具有作为水凝胶抗菌敷料的应用潜力。PAKZAD等^[29]通过壳聚糖季铵盐、碳酸氢钠和 β -甘油磷酸钠开发出一款透明的温敏性水凝胶用于治疗青光眼。该凝胶具有良好的溶胀性、可降解性和生物相容性,在室温时是液体状态,当其敷于眼球表面时,能在几分钟内快速形成透明的水凝胶。壳聚糖与碳酸氢钠协同展现的温敏性可控制水凝胶的成胶温度,将成胶温度控制在眼球表面温度。体外释药研究表明,

该水凝胶能稳定释放药物长达一周时间。陈凯等^[30]利用新型3D打印方法,以聚乙烯醇(PVA)、羧甲基壳聚糖和海藻酸钠(SA)为原料构建载银PVA-CMCS-SA水凝胶伤口敷料。通过3D打印的最大优势是敷料尺寸结构稳定、力学性能良好,与创可贴结合可很好的应用于临床。另有研究者以水溶性聚羧甲氨基多糖为原料制备的水凝胶敷料—医用创面促愈凝胶(赣械注准20222140306),具有抗菌、促进创面愈合、提高创面修复质量的作用,可用于手术缝合创面、浅表性创面、切割伤、I度或浅II度烧伤创面的治疗和修复。

2.2 喷膜敷料

喷膜敷料是一种透气性高的外用剂型,结合了膜剂和喷雾的优点,既有膜剂直接覆盖保护创面但无需包扎的特点,又有喷雾使用方便,起效快的特点。壳聚糖喷膜敷料具有壳聚糖的性能,可抗菌止血,避免创面干裂,减少液体渗出,加速创面愈合。

在一项研究中,研究者利用海藻酸钠、羧甲基壳聚糖和琼脂制备了一系列复合喷膜溶液(BQSS),通过对保湿性、抗压性及成膜时间分析后与富血小板血浆(PRP)混合,制得PRP-BQSS喷膜敷料。该喷膜敷料能快速成膜覆盖于创面并吸收渗液,具有良好的生物性能与生长因子缓释作用,持续促进创面修复^[31]。戴瑞怡等^[32]采用溶液浇铸法将PVA、壳聚糖和茶多酚(TA)制备成可快速成型的PVA/CS/TA复合膜,通过研究发现,当质量百分比达到PVA 7.20%、CS 0.30%和TA 1.00%时,该复合膜成膜时间78.29 s,且能很好地黏附于多种基材,同时,实现了对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的抗菌特性,在医用抗菌敷料方面有广阔应用前景。WANG等^[33]以京尼平为交联剂制备了3种形式的羧甲基壳聚糖敷料:膜、海绵和水凝胶,通过对敷料的力学性能、吸收性和透气性及止血性能进行研究分析,羧甲基壳聚糖膜表现出良好的生物相容性、止血性和促进创面愈合能力。谢庆华等^[34]选取200例软组织外伤急诊患者为研究对象,试验组在常规清创消毒基础上给予喷雾型壳聚糖液体保护膜喷涂治疗,观察两组治疗后疗效、肉芽生长时间、创面愈合时间和祛腐时间等,发现使用喷雾型壳聚糖液体保护膜组均短于对照组。该喷雾剂有利于改善瘢痕情况,促进创面愈合,减轻患者疼痛感。

2.3 海绵敷料

海绵敷料是一种重量轻、密度低、吸收性强、柔软高弹,可用于辅助止血、治疗创面的固体制剂,

同时可进行药物负载来提高治疗效果。其本身内部具疏松多孔结构,对液体吸收能力强,对气体透过性好,在创面止血领域应用广泛^[35]。

杨磊等^[36]用静电纺丝结合冷冻干燥法制得纳米纤维膜/壳聚糖海绵复合敷料,与市售明胶海绵相比,该敷料能增加血小板黏附,表现出良好的促凝血性能。向敷料中加载基质细胞衍生因子-1 α 可促进大鼠全层皮肤缺损伤口闭合,促创面愈合,有望用于创面愈合治疗。周元植等^[37]以壳聚糖为基材,通过冷冻干燥法制得一种蜂窝多孔结构的新型壳聚糖抗菌止血海绵。该海绵上负载了盐酸环丙沙星的玉米醇溶蛋白/碳酸钙复合微球,对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌均具有抗菌性且凝血性能及生物相容性良好,有利于创面再生。有研究利用葡萄糖酸内酯为交联剂制备的羧甲基壳聚糖/碳酸钙止血海绵用于非压迫性出血可促进血小板聚集,达到快速止血目的,且较医用棉纱布的止血时间缩短了35%,为出血型伤口救治提供了借鉴^[38]。秦聪聪等^[39]将多孔海藻酸钙海绵基材浸泡于经烷基化的壳聚糖中,冻干后获得一种改性止血海绵。该海绵多孔,表现出快速凝血效果且具有良好的血液相容性。

2.4 纳米纤维敷料

壳聚糖纳米纤维是以壳聚糖及其衍生物为原料,经静电纺丝技术制成的超细纤维,具有良好的抗菌性、生物相容性和生物降解性。GAO等^[40]利用季铵化壳聚糖与季铵化有机硅通过静电纺丝制备了一种具抗菌止血功能的双层纳米纤维敷料。该敷料结合了季铵化有机硅的抗菌性、抑制瘢痕形成,与季铵化壳聚糖的亲水、止血与生物相容性的优点,从而为创面提供稳定的微环境,可促进创面愈合。兔耳全层创面缺损研究表明,该敷料能明显加快创面修复进程。LIU等^[41]制备的壳聚糖/聚氧化乙烯/高岭土纳米纤维膜具有可调的机械性能和优异的生物相容性、止血及促愈能力,进一步的大鼠肝损伤和创伤模型实验也证明了这一点。王罗兰等^[42]制备的羧甲基壳聚糖/聚环氧乙烷纳米纤维载药敷料对金黄色葡萄球菌和大肠埃希菌的抑菌率分别为97%和98%。小鼠创伤模型试验结果表明,该敷料处理后小鼠伤口在第12 d愈合率达98%,说明其具有良好的抑菌促愈能力。另有研究者开发出了一种用于创面护理的黄芪-壳聚糖/聚乳酸纳米纤维敷料,不仅透气性与润湿性能良好,还能实现对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的抗菌性^[43]。

2.5 纱布敷料

壳聚糖止血纱布也是壳聚糖敷料的一个重要应用分支。吕鹏程等^[44]在棉纱布表面聚合聚吡咯涂层制备导电纱布,以此为基材,采用电泳沉积技术制备壳聚糖水凝胶-导电纱布复合材料,通过改变电压、沉积时间、氯化钠浓度等工艺参数,从而调控该复合材料的孔隙结构、溶胀性等,有望成为促进伤口愈合的高性能敷料。王慧等^[45]以戊二醛为交联剂,通过浸渍整理制备了聚乙烯醇/壳聚糖水凝胶复合织物。该复合织物抗菌性能显著提高,对大肠杆菌与金黄色葡萄球菌的抑菌率达99.8%。LI等^[46]制备的季铵化壳聚糖/单宁酸涂层的新型无纺布纱布敷料,保留了大部分无纺布的柔软性及透气性,同时对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌具有出色的抗菌性,有望成为新的功能纱布敷料。有研究者公开了利用壳聚糖季铵盐经压合工艺制备的一种壳聚糖季铵盐杀菌纱布。该纱布与普通纱布相比,具杀菌性,能降低伤口感染率,促进伤口愈合^[47]。

3 结语

创面愈合是一个复杂的动态过程,不同的创面类型、表现差异、严重程度等都会引起不同的细胞及细胞因子参与到创面愈合的进程,以恢复创面皮肤生理结构及功能。壳聚糖及其衍生物在创面治疗过程中表现出多种生物活性,使其在创面敷料的制备中优势明显。壳聚糖及其衍生物制成水凝胶、喷雾膜、纳米纤维、海绵和纱布等多种形式的创面敷料,其特点主要可以概括为:保护创面免受继发性损伤,防止微生物感染,保持创面湿性环境,促进清除多余渗出液,可以满足不同创面类型的治疗需求。随着社会生活的发展和科技的进步,各种慢性创面、难愈性伤口对新型功能敷料的需求日益增多,未来还应开发更多的新型壳聚糖创面敷料以适应更广阔的应用范围。

参考文献

[1] 安占超,周末,金政,等.壳聚糖水凝胶在伤口敷料中的应用[J].黑龙江大学自然科学学报,2021,38(2):195-202,253.

[2] FAKHRI E, ESLAMI H, MAROUFI P, et al. Chitosan biomaterials application in dentistry[J]. Int J Biol Macromol, 2020, 162: 956-974.

[3] MALETTE W G, QUIGLEY H J, GAINES R D, et al. Chitosan: a new hemostatic[J]. Ann Thorac Surg, 1983, 36(1): 55-58.

[4] 张爽,徐庆华,童琳,等.可吸收止血材料的研究现状与应用[J].中国组织工程研究,2021,25(10):1628-1634.

[5] 王恒宇,薛坤仑,贺妍蓉,等.多糖类止血粉的研究现状与分析[J].现代丝绸科学与技术,2021,36(1):35-40.

[6] 董科,高明,楚雪欣,等.壳聚糖基创伤急救止血材料研究进展[J].生物化工,2022,8(5):170-172,179.

[7] 梁倩瑜,翁博雅,黄美茹,等.季铵化改性壳聚糖的制备及其凝血性能研究[J].应用化工,2023,52(2):389-392.

[8] 王利振,盛文龙,李宁,等. γ -聚谷氨酸-壳聚糖复合材料的制备及其止血和促创面愈合性能研究[J].北京联合大学学报,2023,37(1):64-71.

[9] 田宇航,刘亚东,崔宇韬,等.壳聚糖生物材料支架在治疗感染性骨缺损中的应用[J].中国组织工程研究,2022,26(21):3415-3420.

[10] 刘桂芝,王英洋,殷茂力.季铵/卤胺化壳聚糖对棉织物的抗菌整理研究[J].棉纺织技术,2023,51(6):68-72.

[11] 王林,辛梅华,李明春,等.烷基季铵化壳聚糖的制备及其抗生物被膜的活性[J].化工进展,2023,42(4):1995-2002.

[12] 董嘉利,王雪静,柏歌研,等.益生菌促进伤口愈合的作用机制的研究进展[J].生物医学工程学杂志,2024,41(3):635-640.

[13] WANG C H, CHERNG J H, LIU C C, et al. Procoagulant and antimicrobial effects of chitosan in wound healing[J]. Int J Mol Sci, 2021, 22(13): 7067.

[14] 冯丹,张民扬,田时祎,等.日粮添加壳聚糖螯合锌对大肠杆菌攻毒断奶大鼠回肠形态结构及屏障功能的影响[J].南京农业大学学报,2021,44(3):541-547.

[15] 姚亦天,吴梓茹,欧阳杰,等.羧甲基壳聚糖对轴的促排及肠道菌群的影响[J].湿法冶金,2020,39(1):80-84.

[16] 庄林,操俊,李月婵,等.壳寡糖复合固体饮料对高尿酸血症小鼠肠道微生态的调节作用研究[J].食品研究与开发,2022,43(11):56-62.

[17] 刘旭,赵岩,韩浩,等.壳寡糖调节肠道菌群对大鼠急性胰腺炎治疗效果研究[J].临床军医杂志,2021,49(4):367-370.

[18] 彭妹璐,邵佳,唐燕琼,等.丁酸钠负载壳聚糖纳米颗粒的制备及其抗炎活性研究[J].热带生物学报,2025,16(5):639-646.

[19] HAO W T, LI K C, LIU S, et al. Pleiotropic modulation of chitooligosaccharides on inflammatory signaling in LPS-induced macrophages[J]. Polymers (Basel), 2023, 15(7): 1613.

[20] 何悦,陈红利,孙雅焯,等.壳寡糖通过调控 SOCS3/STAT3 信号通路改善脂多糖诱导的小鼠神经炎症[J].食品安全质量检测学报,2024,15(10):90-98.

[21] 杨斌.增生性瘢痕和瘢痕疙瘩的发病机制与诊治进展[J].皮肤病诊疗学杂志,2023,30(6):481-488.

[22] 陈祖涵,方泽鸿,王彦,等.甲壳素生物材料对瘢痕抑制作用的研究进展[J].中华医学美容美容杂志,2021,27(5):452-454.

[23] HUANG X H, CHEN M, WU H M, et al. Macrophage polarization mediated by chitooligosaccharide (COS) and associated osteogenic and angiogenic activities[J]. ACS Biomater Sci Eng, 2020, 6(3): 1614-1629.

[24] ZHANG N H, GAO T, WANG Y, et al. Modulating cationicity of chitosan hydrogel to prevent hypertrophic scar formation during wound healing[J]. Int J Biol Macromol, 2020, 154: 835-843.

[25] 宫程铭,王霞.生物相容性水凝胶的研究进展[J].山东化工,2022,51(22):84-89.

[26] 裴大婷,曾志文,周小雁,等.原位酶交联羧甲基壳聚糖/葡萄糖水凝胶的制备与表征[J].化学研究与应用,2022,34(5):1061-1069.

[27] 董美林,都海宇,刘源.负载褪皮素的羧甲基壳聚糖水凝胶促进糖尿病大鼠创面愈合[J].中国组织工程研究,2025,29(4):692-699.

[28] 徐世宽,张弘妹,戚鹏飞,等.基于壳聚糖/银离子的可逆温敏水凝胶的制备与性能[J].精细化工,2024,41(5):1036-1042.

[29] PAKZAD Y, FATHI M, OMIDI Y, et al. Synthesis and characterization

- of timolol maleate-loaded quaternized chitosan-based thermosensitive hydrogel: a transparent topical ocular delivery system for the treatment of glaucoma[J]. *Int J Biol Macromol*, 2020, 159: 117-128.
- [30] 陈凯, 柴琦, 王丰艳, 等. 基于3D打印载银聚乙烯醇-羧甲基壳聚糖-海藻酸钠凝胶伤口敷料构建及性能表征[J]. *复合材料学报*, 2022, 39(12): 5879-5891.
- [31] 许育兵, 朱展鸿, 刘广亚, 等. 载富血小板血浆海藻酸钠/琼脂/羧甲基壳聚糖创面修复膜敷料的研制及初步性能评价[J]. *中国输血杂志*, 2023, 36(2): 136-140.
- [32] 戴瑞怡, 周淑贞, 廖敏健, 等. 壳聚糖/茶多酚/聚乙烯醇复合膜的快速成型制备与性能研究[J]. *化工新型材料*, 2023, 51(S2): 631-636.
- [33] WANG D, ZHANG N H, MENG G L, et al. The effect of form of carboxymethyl-chitosan dressings on biological properties in wound healing[J]. *Colloids Surf B Biointerfaces*, 2020, 194: 111191.
- [34] 谢庆华, 曾宪任, 丘金平. 喷雾型医用创面液体保护膜在急诊创伤患者中的应用[J]. *医疗装备*, 2021, 34(24): 40-41.
- [35] 马荣秀, 张雅伟, 戚后娟, 等. 高孔隙率海藻酸钠-聚乙烯醇复合海绵的制备及性能[J]. *东北林业大学学报*, 2020, 48(12): 112-117.
- [36] 杨磊, 董玉苹, 李晓然. 纳米纤维膜/壳聚糖海绵复合敷料的制备及性能[J]. *上海纺织科技*, 2023, 51(12): 46-49, 93.
- [37] 周元植, 卢雯, 杨倩倩, 等. 一种载药壳聚糖抗菌止血海绵的制备及其性能研究[J]. *四川大学学报(医学版)*, 2024, 55(1): 190-197.
- [38] 赵静, 杨雪, 苏晓雷, 等. 原位交联羧甲基壳聚糖/碳酸钙凝胶海绵的制备及其止血性能研究[J]. *高分子通报*, 2023(7): 844-850.
- [39] 秦聪聪, 汪伟, 谢锐, 等. 改性壳聚糖/海藻酸止血海绵的制备及其快速凝血性能研究[J]. *现代化工*, 2023, 43(4): 125-129, 136.
- [40] GAO Z F, SU C M, WANG C, et al. Antibacterial and hemostatic bilayered electrospun nanofibrous wound dressings based on quaternized silicone and quaternized chitosan for wound healing[J]. *Eur Polym J*, 2021, 159: 110733.
- [41] LIU T, ZHANG Z R, LIU J C, et al. Electrospun Kaolin-loaded chitosan/PEO nanofibers for rapid hemostasis and accelerated wound healing[J]. *Int J Biol Macromol*, 2022, 217: 998-1011.
- [42] 王罗兰, 张小丽, 张飞燕, 等. 羧甲基壳聚糖/聚环氧乙烯纳米纤维载药敷料的制备与表征[J]. *印染*, 2024, 50(2): 36-40, 50.
- [43] 刘泽梅, 吕元菊, 吴文丽, 等. 黄芩-壳聚糖/PLA纳米纤维功能敷料的制备及评价[J]. *中国医药工业杂志*, 2023, 54(10): 1485-1492.
- [44] 吕鹏程, 李昊洋, 杨擎宇, 等. 电泳沉积制备壳聚糖水凝胶-导电纱布复合材料及其性能评价[J]. *东华大学学报(自然科学版)*, 2022, 48(4): 1-7.
- [45] 王慧, 闫俊, 李红, 等. 棉织物的聚乙烯醇/壳聚糖水凝胶抗菌整理[J]. *印染*, 2024, 50(5): 42-44, 50.
- [46] LI L L, LV Z H, WANG X Y, et al. Spray-assisted layer-by-layer deposition of quaternized chitosan/tannic acid for the construction of multifunctional bio-based nonwoven dressings[J]. *Int J Biol Macromol*, 2024, 277(Pt 1): 134055.
- [47] 程国钢, 马洁, 赵刚. 一种壳聚糖季铵盐杀菌纱布及其制备方法: CN111407919B[P]. 2022-05-13.

(收稿日期: 2024-10-24) 编辑: 李丛

(上接第119页)

- 大肠杆菌的抗菌增敏作用[J]. *畜牧兽医学报*, 2021, 52(5): 1386-1395.
- [71] 田甜, 莫淑婵, 吴钟彪, 等. 甘草次酸对甲状腺癌SW579细胞放射敏感性的影响[J]. *现代医学*, 2020, 48(11): 1381-1384.
- [72] 刘静, 张春艳, 叶朋飞, 等. 生姜的功能性成分及其生物活性研究进展[J]. *现代食品*, 2023, 29(7): 28-31, 38.
- [73] 朱明明, 柳丹, 路可欣, 等. 姜辣素药理作用研究进展[J]. *湖北医药学院学报*, 2018, 37(4): 390-394.
- [74] 许靖. 生姜抗肿瘤作用研究进展[J]. *右江民族医学院学报*, 2015, 37(3): 496-497, 505.
- [75] 李燕, 刘怀民, 彭亮, 等. 小柴胡汤对食管癌化疗增敏及免疫耐受的逆转作用[J]. *中国中西医结合消化杂志*, 2018, 26(7): 579-581, 585.
- [76] 杨彩杰. 加味小柴胡汤联合索拉非尼治疗中晚期原发性肝癌的临床观察[D]. 成都: 成都中医药大学, 2021.
- [77] 赵玉芬. 小柴胡汤加减联合肝动脉化疗栓塞术治疗原发性肝癌的临床疗效研究[J]. *世界复合医学*, 2018, 4(2): 79-81.
- [78] 孟凡瑞, 孙建业, 伦俊杰. 观察小柴胡汤加味联合肝动脉化疗栓塞术治疗原发性肝癌的临床疗效[J]. *海峡药学*, 2021, 33(3): 170-172.
- [79] 刘宝义. 小柴胡汤辅助化疗治疗晚期乳腺癌的近期疗效观察[J]. *中国医药指南*, 2019, 17(2): 148.
- [80] 陈宏鹏, 郑霁萱, 陈俊鹏. 小柴胡汤联合静脉化疗对晚期三阴性乳腺癌患者肿瘤标志物及免疫功能的影响[J]. *黑龙江医药*, 2021, 34(3): 614-616.

(收稿日期: 2024-11-04) 编辑: 李丛