

分会场七：纳米生医分会

一种新型无线神经调控手段用于近视治疗

尚岳洋²、高天雨¹、丰培坚^{*1}

1. 首都医科大学药学院

2. 首都医科大学第四临床医学院

近视已成为导致视力下降的高发疾病，现有近视防控手段多存在视觉质量受限、长期效果不确定与损伤角膜风险等局限性。多巴胺（DA）是一种由视网膜多巴胺能无长突细胞合成的关键神经递质，对近视的发生发展起抑制作用。本研究设计了一种基于钛酸钡纳米颗粒，用于无线神经调控，仿效自然光对眼轴长度的调节，开发一种治疗高度近视的新方案并探究其机制。

研究表明，压电纳米材料产生的超声压电效应可以远程调控神经元中的钙流信号，进而上调神经元中酪氨酸羟化酶的表达，提升多巴胺的合成能力。[1, 2]仿效自然光线对视网膜细胞的影响，增加无长突细胞多巴胺分泌，有望成为一种新型手段调节眼轴距离。PC12细胞系源于大鼠肾上腺髓质嗜铬细胞瘤，因其能合成、储存并释放多巴胺，常被用于研究多巴胺分泌的调节机制。本研究对包被左旋多巴的钛酸钡纳米颗粒进行表征和压电性能测试后进行了体外细胞实验验证，即利用PC12细胞验证其细胞内吞、生物相容性（细胞活性）以及促多巴胺神经递质释放作用。本研究发现，经包被左旋多巴的钛酸钡纳米颗粒与超声处理后的PC12细胞细胞内钙离子浓度与细胞培养上清液中多巴胺浓度显著高于对照组。本研究聚焦于高度近视这一亟待攻克的难题，巧妙借助压电纳米材料独特的超声压电效应，成功开辟出一种极具潜力、有望应用于治疗高度近视的全新策略，为众多深受高度近视困扰的患者带来了新的希望。

关键词 神经调控；近视；纳米材料；压电效应

针对免疫微环境调控的材料设计

郭信慇*

北京化工大学

疾病的发生、发展和治疗与病变部位的免疫微环境有着千丝万缕的联系。在免疫微环境中，免疫细胞和非免疫细胞通过分泌各种细胞因子、趋化因子和代谢物来协同维持组织的平衡和功能。然而，过度激活或过度抑制免疫微环境往往会破坏这种微妙的平衡，进而推动疾病的发生与发展。因此，设计匹配疾病发展，恢复免疫稳态的免疫调节材料已成为免疫治疗领域的研究热点。本研究以感染性骨缺损的免疫激活微环境和肿瘤的免疫抑制微环境为例。通过逆向模拟疾病发展过程中免疫稳态失衡的过程，设计免疫微环境反向调控材料。这些材料可以引导巨噬细胞和T细胞等免疫细胞的极化偏转，重塑免疫微环境，实现骨组织的再生修复和肿瘤的免疫治疗。

关键词免疫微环境；巨噬细胞；T细胞

纳米催化材料在杀菌治疗方面的应用

于欣*

济南大学

细菌感染每年困扰着数百万人，已成为一个全球严峻的公共卫生问题。与普通抗生素相比，光催化材料抗菌剂具有以下两个优点：1) 对革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌普遍具有杀灭作用；2) 具有极高的稳定性从而对细菌的预防具有持久的作用效果。但是在体内抗菌治疗时，光催化需要持续敞开光照；而伤口必须包扎与光照的矛盾难调和。目前虽然可以利用可见光增加其穿透深度进行光催化杀菌，但其效果一直不是很理想。而且，光催化过程中产生的ROS寿命极短，扩散半径有限，使其无法作用到细菌表面就会消失，也降低了杀菌效果。针对光催化材料在杀菌治疗中可见光效果差，材料对细菌的捕获能力不足及需要持续光照的问题，我们专注于将光催化材料应用到杀菌治疗中。首先，通过光催化机理研究，实现了近红外光响应的具有增强载流子分离能力的光催化性能；接着，通过纳米-生物表界面的调控，实现了材料对细菌的捕获，使产生的ROS能够迅速的作用到捕获细菌的表面，增强了杀菌能力；进一步，将光催化与酶催化结合起来，解决了杀菌需要持续光照的问题，实现了“白”加“黑”的治疗，为实际应用的推进提供了理论依据和技术支持。

关键词光催化；纳米酶；杀菌；皮肤治疗；协同作用



报告人简介：

于欣，本科毕业于河北工业大学，硕博毕业于中国科学院大学。现为济南大学前沿交叉研究院教授。主要研究方向：纳米催化诊疗。获得了山东省杰青，泰山学者青年专家等的资助。以第一/通讯在Angew.Chem.Int.Edit., Adv.Mater.等期刊发表论文50余篇。

生物活性聚氨基酸材料

丁建勋*

中国科学院长春应用化学研究所

调控肿瘤微环境是肿瘤治疗的关键之一。发展了基于生物活性聚氨基酸材料的肿瘤微环境靶向调控技术，开发了生物响应聚氨基酸材料，在肿瘤细胞或亚细胞结构时空可控递送药物，精准调控肿瘤细胞内微环境，解决肿瘤细胞无限增殖的问题；合成了动态变构聚氨基酸材料，在肿瘤周围组织特异性构筑高分子网络或原位引发生物矿化，调控细胞外基质微环境，解决细胞外基质辅助肿瘤生长与转移的问题；制备了免疫效应聚氨基酸材料，高效激活抗肿瘤免疫反应，解决基质细胞导致免疫逃逸的问题。创新发展了通过生物活性聚氨基酸材料精准调控肿瘤微环境的策略，为多模式肿瘤治疗提供了材料基础。

关键词聚氨基酸；增殖抑制；转移抑制；免疫逃逸抑制；肿瘤治疗

报告人简介：



丁建勋，博士，中国科学院长春应用化学研究所研究员。2007年获得中国科学技术大学理学学士学位，2012年获得中国科学院长春应用化学研究所理学博士学位。2017-2019年赴美国哈佛医学院开展博士后研究。

聚硫辛酸的生物医学应用

刘文广*、崔春燕、孙雅格、齐莹

天津大学

硫辛酸是一种参与线粒体能量代谢的小分子辅酶，具有出色的抗氧化和抗炎特性。然而，高的开环温度、聚硫辛酸在室温下的不稳定性等问题均限制了其在体内的应用。为了解决这些问题，我们通过将硫辛酸与其盐结构结合，在不引入任何外源性分子的情况下开发了一种开环温度降低至体温附近、可自稳定的聚硫辛酸弹性体贴片和可注射热熔胶[1]。此外，我们利用精氨酸等天然活性分子增溶硫辛酸，并通过原位聚集诱导硫辛酸开环聚合以及氢键驱动自组装，创建了一系列的聚硫辛酸基水凝胶[2]。基于硫辛酸优异的生物相容性以及硫辛酸基活性小分子的原位持续释放，这些黏合剂在口腔黏膜损伤修复、外科手术缝合线替代、牙周炎治疗以及乳腺癌术后恢复等方面均表现出令人满意的治疗效果。此外，受珊瑚骨骼在海水中多孔结构形成过程的启发，通过在上述热熔胶内简单加入可促进骨再生的生物活性玻璃，构建了一种可原位成孔的生物活性骨黏合剂，其在兔的桡骨骨折缺损模型中展现出了明显的促进骨再生的能力[3]。考虑到硫辛酸独特的两亲性分子结构及其与维生素B的结构相似性，我们采用一步自组装法构建硫辛酸基纳米酶，在其中负载苯妥英并络合钙离子，通过高效跨越血脑屏障的药物递送实现急性癫痫治疗[4]。该纳米系统能够打破炎症与癫痫发生之间的恶性循环，而钙离子的生物活性有助于延长抗癫痫药物在病灶部位的驻留时间，从而在缓解急性癫痫方面表现出显著优势，并有望拓展应用于其他中枢神经系统疾病的治疗。

参考文献

- [1] Chunyan Cui, Li Mei, Danyang Wang, et al., A self-stabilized and water-responsive deliverable coenzyme-based polymer binary elastomer adhesive patch for treating oral ulcer, *Nat. Commun.*, 2023, 4, 7701.
- [2] Ying Qi, Chenyu Xu, Zhuodan Zhang, et al., Wet environment-induced adhesion and softening of coenzyme-based polymer elastic patch for treating periodontitis, *Bioact. Mater.*, 2024, 35, 259–273.
- [3] Zhen Luo, Qingqian Zhao, Yiming Zhang, et al., Coral-inspired bioactive porous adhesive for fractured bone repair, *Adv. Funct. Mater.*, 2025, 2507592.
- [4] Yage Sun, Xinrui Zhao, Rong Yang, et al., α -Lipoic acid-based nanozyme for treating acute epilepsy, *Adv. Funct. Mater.*, 2025, 35, 2412633.

关键词 硫辛酸；弹性体；组织黏合剂；纳米酶

纳米递送系统抗生物被膜感染的渗透机制研究

史林启*

南开大学

南开大学化学院教授，博士生导师，1984年河北大学本科毕业，1993年中科院长春应化所获博士学位，1995年至今在南开大学化学院高分子化学研究所工作，2003年10月-2004年5月蒙特利尔大学和纽约州立大学石溪分校访问教授。2004年入选“教育部新世纪人才”，2006年获国家杰出青年基金，2012年教育部“创新团队”负责人，离子交换与吸附副主编，高分子学报和化学通报编委。作为第一作者或通讯联系人发表研究论文150余篇，包括

Nature Nanotechnology, Accounts Chemical Research, Angew. Chem. Int. Ed., Macromolecules等，他引6000余次，出版专著3部，授权专利3项，三项成果实现产业化。

生物被膜的凝胶状基质具有屏障效应，其耐药性是浮游细菌10-1000倍，单纯的抗生素治疗不能有效抑制这类感染，严重影响了人类健康。针对体内细菌生物被膜感染，发展了多种具有不同结构特点高分子纳米药物递送系统，探索了不同纳米药物在生物被膜中的渗透过程，提出并验证了生物被膜微环境响应渗透机制和唐南平衡渗透机制。在此基础上，设计制备了可有效的渗透进入生物被膜纳米药物，可以通过血液循环，在感染部位富集，高效杀灭生物被膜中的细菌，抗感染效果优于万古霉素。

关键词 生物被膜，细菌耐药，渗透，唐南平衡

生物材料赋能细胞治疗

李明强*

中山大学

细胞治疗作为肿瘤及器官退行性疾病等重大疾病的新型治疗策略，通过调控免疫细胞和干细胞功能，展现出巨大潜力。然而，细胞治疗在临床转化中仍面临工程化改造技术缺乏、靶向递送效率低、移植细胞存活率低、作用效能不足等瓶颈问题。通过生物材料构建功能性载体系统，为提升治疗细胞的存活、递送及功能调控提供了创新解决方案。

本报告聚焦两个研究方向：基于膜融合材料的免疫细胞治疗，以及多模态生物材料辅助的干细胞治疗。我们提出了膜融合载体工程化免疫细胞新概念，通过构建仿生递送系统显著提升效应细胞的肿瘤靶向性与治疗效能。在干细胞治疗领域，我们发展了具有微环境调控功能的生物材料体系，证实其在肝衰竭治疗中可有效促进移植干细胞的定向分化、功能重建及宿主整合，为解决细胞存活率低和功能维持难题提供了关键技术支撑。

本报告将系统阐述生物材料在突破细胞治疗瓶颈中的核心作用，为发展高效、长效的精准治疗策略提供新思路。相关研究不仅推动了细胞治疗技术的迭代升级，更为拓展其临床应用场景、提升治疗效果奠定了科学基础，对细胞治疗的发展具有指导意义。

关键词 免疫细胞；干细胞；纳米材料；水凝胶

结合光动力疗法和级联化疗增强肿瘤细胞毒性：CTT2P@B纳米颗粒的作用

韩博傲、张家婧*

滨州医学院

Mitochondria act as the main producers of reactive oxygen species (ROS) within cells. Elevated levels of ROS can activate the mitochondrial apoptotic pathway, leading to cell apoptosis. In this study, we devised a molecular prodrug named CTT2P, demonstrating notable efficacy in facilitating mitochondrial apoptosis. To develop a nanomedicine, we enveloped CTT2P within bovine serum albumin (BSA), resulting in the formulation known as CTT2P@B. The molecular prodrug CTT2P is achieved by covalently conjugating mitochondrial targeting triphenylphosphine (PPh₃), photosensitizer TPPH₂, ROS-sensitive thioketal (TK), and chemotherapeutic drug camptothecin (CPT). The prodrug, which is chemically bonded, prevents the escape of drugs while they circulate throughout the body, guaranteeing the coordinated dispersion of both medications inside the organism. Additionally, the concurrent integration of targeted photodynamic therapy and cascade chemotherapy synergistically enhances the therapeutic efficacy of pharmaceutical agents. Experimental results indicated that the covalently attached prodrugs significantly mitigated CPT cytotoxicity under dark conditions. In contrast, TPPH₂, CTT2, CTT2P, and CTT2P@B nanoparticles exhibited increasing tumor cell-killing effects and suppressed tumor growth when exposed to light at 660 nm with an intensity of 280 mW/cm². Consequently, this laser-triggered, mitochondria-targeted, combined photodynamic therapy and chemotherapy nanodrug delivery system, adept at efficiently promoting mitochondrial apoptosis, presents a promising and innovative approach to cancer treatment.

关键词 Mitochondria-targeting, photodynamic therapy, bovine serum albumin, camptothecin, ROS-responsive

多功能抗生物被膜材料

于谦*

苏州大学

细菌生物被膜感染给人类的生命健康带来了严重的威胁。其中，医疗器械/植入物相关感染和机体组织相关感染是最常见的两种感染形式，每年导致数千万人发病和死亡。因此，开发具有抗生物被膜功能的涂层和药物对于应对生物被膜感染危机具有重要意义。然而，目前开发的抗生物被膜材料因各自的缺陷而限制了其进一步的临床转化进程。简单来说，对于抗生物被膜涂层，抑制器械表面形成生物被膜是首要目标。然而，当前开发的抗生物被膜涂层仅在使用初期奏效，难以应用于需要长期使用的生物医用场景。对于抗生物被膜药物，其生物毒性和治疗效率难以获得平衡，往往在清除患者体内生物被膜的同时带来强烈的副作用。因此，如何开发长效的抗生物被膜涂层和高效的抗生物被膜药物至关重要。我们从预防生物被膜形成和清除成熟生物被膜两个角度出发，开展了系列研究工作，分别以“针对生物被膜形成的不同阶段”和“针对成熟生物被膜的不同组分”为设计核心构建了一系列多功能抗生物被膜材料。

关键词生物被膜；细菌感染；抗生物被膜材料

免疫调控高分子材料及抗肿瘤应用

杜金志*

华南理工大学

近年来，肿瘤免疫治疗取得了突破性进展，但其临床应用仍受限于肿瘤微环境免疫抑制强、药物递送效率低等关键问题。生物材料的发展为解决上述挑战提供了创新工具，但目前多数材料仍局限于“惰性”递送载体，缺乏主动免疫调控功能。我们发现了一类基于树枝状大分子聚酰胺-胺（PAMAM）的巨噬细胞功能调控高分子材料。其中，四代PAMAM（G4P）表面修饰七元环状三级胺（C7A）所制备的衍生物（G4P-C7A）可激活肿瘤细胞高表达“吃我”信号钙网蛋白（CALR），从而增强巨噬细胞对肿瘤细胞的识别和吞噬。该效应在乳腺癌、结直肠癌、黑色素瘤、肝癌、胶质母细胞瘤等诸多肿瘤类型中均得到验证，具有普遍性，显著抑制肿瘤生长，并提高免疫检查点抗体（如PD-1抗体）的疗效。在此基础上，以五代PAMAM（G5P）作为母核，当接枝的C7A数量达到一定阈值后，筛选的G5P-C7A兼具促吞噬和重编程巨噬细胞功能。G5P-C7A与醛基葡聚糖交联制备的可注射水凝胶在不负载任何药物的情况下，显著抑制原发及远端结直肠癌肿瘤生长。我们的研究为开发免疫激活型高分子材料提供了借鉴。

关键词免疫活性材料；高分子；肿瘤治疗；巨噬细胞

基于开环反应构建糖基阳离子生物大分子递送载体及生物应用

俞丙然*、欧阳宏宇、徐福建

北京化工大学

通过多氨基与多环氧的简便“一锅法”开环反应，成功构建了系列糖基的可降解支化阳离子材料，实现了同时灵活引入还原响应、pH敏感、靶向，构建策略高效、灵活且解决了烯烃聚合造成聚合物骨架不可降解的问题。靶向支化阳离子材料实现了对肺癌高效基因编辑，还可大幅提高化疗药物治疗效果；氟化阳离子材料运输多功能质粒实现了针对乳腺癌的光增强免疫治疗。进一步地，我们通过巯基引发的双硫交换聚合反应，探讨不同功能引发剂、胺基取代硫辛酸衍生物在水缓冲溶液中的高效制备方法及其调控规律，构建了一系列具有响应性、治疗功能为一体的主链可降解阳离子递送载体。并通过递送治疗核酸、融合级联蛋白实现了针对肿瘤的多模式治疗；针对细菌性肺炎的抗菌抗感染治疗，以及与抗生素联合使用实现了克服细菌耐药。

关键词开环反应；阳离子聚合物；递送载体

报告人简介：

俞丙然，男，博士，北京化工大学副教授，硕士生导师。1983年8月出生，2006年毕业于兰州大学，获学士学位；2010年毕业于兰州大学，获硕士学位；2013年毕业于兰州大学，获博士学位。2014年加入北京化工大学材料科学与工程学院。主要从事生物医用高分子方面的基础研究工作，基于药物、基因控释生物材料以及抗菌抗感染生物医用材料等方面开展了广泛的研究。在Advanced Functional Materials、Biomaterials等国际期刊上发表论文40余篇。

气体药物可控递送与生物功能应用

胡进明*

中国科学技术大学

Nitric oxide (NO), carbon monoxide (CO), and hydrogen sulfide (H₂S) are endogenous gasotransmitters in living organisms that play vital physiological and pathological roles, while also exhibiting potent anti-inflammatory and antimicrobial activities. Given their unique advantages and proven therapeutic efficacy in treating many diseases, the development of gasotransmitter-based therapeutics has attracted considerable attention. Unlike conventional solid or liquid drugs, gasotransmitters cannot be administered orally, by injection, or transdermally; they are rapidly metabolized under physiological conditions and have extremely short half-lives. Inhalation delivery primarily targets the lungs, making it difficult for the gases to reach other diseased tissues. To address these challenges, we have conducted a series of studies on the controlled delivery of gasotransmitters and have preliminarily explored the potential of gasotransmitter-based polymeric materials for the treatment of inflammation- and infection-related diseases.

关键词 一氧化氮，一氧化碳，光氧化还原催化，气体治疗

报告人简介：



胡进明，中国科学技术大学高分子科学与工程系教授。主要从事响应性高分子材料可控合成、自组装调控及其生物医学功能应用研究，近期集中在气体信号分子（一氧化氮、一氧化碳和硫化氢）递送高分子材料的可控合成及其在炎症（如风湿性关节炎、炎症性肠病、哮喘等）、细菌/病毒感染等相关疾病的应用研究。在JACS(5篇), AngewChem(11篇), NatCommun等期刊以通讯/第一作者发表论文80余篇；所有论文共被引用8800余次，H因子为48。主持国家自然科

学基金委员会优秀青年基金和面上项目等，作为项目骨干参与基金委重大项目和国家重点研发项目；获安徽省自然科学一等奖(第二完成人)，第二届生物医用高分子材料大会青年学者优秀奖。

一种基于OMPs β -信号关键保守肽序列的抗菌肽类抑制剂GLIP16的构建及活性评价

许妍、魏光成*

滨州医学院

抗菌肽（AMPs）因其广谱抗菌活性与低耐药性倾向，被视为应对抗生素耐药性的潜在替代策略。本研究基于抗菌肽的生物学特性及外膜蛋白（OMPs） β -signal保守基序，通过固相合成法与N/C-端酰胺化修饰，构建系列抗菌肽抑制剂。经最小抑菌浓度（MIC）测定筛选，获得对大肠杆菌与金黄色葡萄球菌具显著抑制活性的糖脂肽GLIP16。该肽在4~60℃、血清环境及胰酶处理下均表现良好稳定性，且具备良好生物相容性与膜裂解能力。进一步研究发现，GLIP16可在水相中自组装形成类球形纳米聚集体，并高效包载疏水性抗生素四环素（TC）形成GLIP16@TC复合物，实现TC的缓释控释，二者通过协同作用增强抗菌效果。小鼠感染模型证实，GLIP16与GLIP16@TC均具有显著体内抗菌活性。综上，抗菌肽抑制剂GLIP16展现出作为新型抗生素替代疗法的巨大潜力。

关键词 纳米药；抗菌肽；抑制剂；联合用药

单宁酸/聚六亚甲基胍盐酸盐改性聚乳酸纳米纤维膜表面抗菌性和促愈合性能研究

孙玉洁^{*1}、刘轩志¹、徐弛¹、孙美州³、段顺²、徐福建²

1. 首都医科大学附属北京口腔医院

2. 北京化工大学

3. 石河子大学

引言：口腔软组织缺损是口腔临床最常见的软组织疾患，而口腔特殊有菌环境以及病理因素均会影响创面的正常愈合，造成创面感染，甚至迁延不愈。本研究旨在构建一种多功能表面修饰敷料，并探究其抗菌、促愈合性能，以及促进口腔软组织缺损愈合的能力。

材料与方法：首先在聚乳酸纳米纤维膜表面形成聚单宁酸（PTA）涂层，再以天然多酚单宁酸为反应活性位点，通过迈克尔加成和希夫碱反应化学偶联可控数量的抗菌组分聚六亚甲基胍盐酸盐（PHMG），形成抗菌、促愈合多功能修饰表面。并对其进行核磁共振氢谱、水接触角等测试。通过体内外实验评估材料的生物相容性、抗菌效果，并在大鼠颊粘膜软组织缺损模型中评估了PTA-PHMG纳米纤维膜的促愈合效果。

结果与讨论：核磁共振氢谱显示，成功在聚乳酸纳米纤维膜表面修饰了PTA-PHMG。水接触角测试表明，材料亲水性明显改善。体外抗菌实验及生物相容性实验显示，当PHMG浓度在10mg/ml时，材料具备良好的生物相容性和抗菌性能。通过建立大鼠颊粘膜软组织缺损模型，验证了材料具备促口腔软组织创面愈合的能力。

结论：本研究通过迈克尔加成和希夫碱反应，成功在聚乳酸纳米纤维膜表面构建了PTA-PHMG涂层，并通过体外实验证明了材料具备良好的抗菌性和生物相容性，通过体内实验验证了材料促口腔软组织缺损愈合能力，本研究的上述结果为今后发展更优的表面修饰方法打下基础，为口腔软组织缺损修复材料提供了新思路。

关键词表面修饰；抗菌；口腔软组织缺损；

微相分离变构纳米抗生素

李莉莉*

北京理工大学

细菌中二硫键的存在赋予了许多蛋白质的稳定性，这些蛋白质可以输出到细胞包膜或更远的地方，包括 β -内酰胺酶、鞭毛蛋白和细菌毒力因子。通过细菌外膜(OM)渗透靶向DsbA及其对二硫键形成的抑制对抗 β -内酰胺酶诱导的抗性和运动性诱导的扩散具有重要意义。我们通过酶抑制剂脂肽(ELp组分)、膜破坏脂肽(MLp组分)和头孢哌酮(Cefo)药物的共组装，开发了一类异质相分离的纳米抗生素NCefoTs。目标是加强药物输送并协同克服多药耐药(MDR)。ELp和MLp的自组装成分基于NCefoTs上的“集中的岛状簇”来促进其生物功能。我们开发的纳米抗生素变压器有效地恢复了第二代和第三代碳青霉烯类抗生素的敏感性，均将大肠杆菌MDR的MIC从300 μ M以上降低到1.56 μ M。NCefoTs在保护脓毒症小鼠方面表现出显著的疗效，静脉给药后存活率为92%，而释放Cefo给药则没有明显的治疗效果[1]。“按需”时空动态递送策略提供了一种有前景且普遍适用的亚细胞特异性递送系统[2]，用于靶向周质中的可药物结构域来对抗多药耐药细菌菌株。

关键词 多肽、自组装、纳米抗生素、相分离、抗菌

多酶活性纳米酶修饰水凝胶与3D打印钛合金支架的结合用于治疗感染性骨缺损

王正光¹、田耘¹、郑玉峰^{*1}、刘冰川¹、高立增²

1. 北京大学第三医院

2. 中国科学院生物物理研究所

Infected bone defects are characterized by severe infection, lack of blood supply and bone destruction. Effective treatment of these defects necessitates the eradication of pathogenic periodontal bacteria and the restoration of a healthy bone ecosystem. Iron-based nanozymes have been reported to combat infections; however, its on-demand liberation and the elucidation of the underlying antibacterial mechanism remain challenging. To overcome this daunting issue, we developed a versatile orthopedic implant comprising 3D-printed titanium alloy scaffolds and Fe₃S₄ nanozyme by crosslinking polydopamine/hyaluronic acid hydrogel, serving as a pH-gated nano-coating to improve infectious bone defect osseointegration. The morphology of Fe₃S₄ was synthesized via a hydrothermal method, which facilitated the exposure of additional active centers and significantly enhanced enzyme catalytic activity. Fe₃S₄ nanozyme exhibiting multiple enzymatic activities were developed for antibacterial and anti-biofilm applications through a ferroptosis-like mechanism. Transcriptomic analysis revealed that intracellular Fe overload induced by excessive Fe(II)-mediated dysregulation of the two-component system disrupts bacterial metabolism, ultimately leading to bacterial ferroptosis-like death. It demonstrated that the engineered platform demonstrated exceptional controllable antibacterial properties and reinforced osteogenicity in vitro. Moreover, employing an in vivo model of infectious bone defect, it is confirmed that the platform can considerably boost bone regeneration through pathogen elimination, angiogenesis promotion, and osteogenesis. Together, the present study offers a viable approach for addressing infected bone defects through a multiple enzyme-like activities platform.

关键词 1. Multiple Enzyme-Like Activities 2. Ferroptosis 3. Angiogenic 4. Osteogenesis

仿生杂化纳米体系的生物医学应用研究

赵娜娜*

北京化工大学

受自然界中生命体结构与功能启发的仿生策略，通过模拟生物系统识别与响应机制，增强材料与生物体之间的相互作用，提升治疗效果，为高性能生物医用材料开发提供了新的策略。受病毒利用尖刺表面及丝状病毒（如埃博拉病毒）高长径比特性介导增强宿主细胞感染行为的启发，通过形貌设计提高纳米材料性能，所得粗糙表面形貌及一维结构的纳米材料具有与细胞和细菌更强的相互作用，进而展现出高效的肿瘤及细菌杀伤效果，并可利用一维形貌在外场作用下的机械力杀伤肿瘤细胞提高治疗效果。受分子马达动态跨膜机制的启发，构建了Janus结构的纳米颗粒，其具有的自驱运动性能可更好的穿越细胞膜、细菌生物膜等屏障，结合纳米颗粒的自身性质杀伤肿瘤细胞或清除生物膜。另外，结合黑色素、外泌体、细菌等活性组分构建杂化纳米体系，并与天然多糖水凝胶、气凝胶等结合位三维支架用于组织修复、肿瘤治疗及抗菌等。这些仿生纳米体系的设计和制备为多功能纳米颗粒的构建提供了新的思路，也有利于研究纳米材料与生物体系的相互作用，并拓展其在生物医学领域的应用。

关键词 仿生；杂化；形貌；活性材料；生物医学

二氧化硅负载碳点纳米酶通过CDT及激活STING通路增强肝癌的微波热疗

周士朝¹、卫迎迎¹、陈琳²、杨永珍²、于世平^{*1}

1. 山西省肿瘤医院

2. 太原理工大学

微波热疗（MWTT）已被公认为肝细胞癌（HCC）治疗中一种有前景的局部消融策略，其具有穿透组织深、创伤小等优点。然而MWTT存在不完全微波消融（iMWA）的风险，同时复杂的肿瘤微环境（TME）和免疫抑制状态进一步降低了其疗效，纳米酶是一种具有内在酶样活性的纳米材料，其中，碳点纳米酶作为一种尺寸小于10nm的零维碳材料，因其具有丰富的表面官能团、优异的光学性质和良好的生物安全性被广泛用于癌症治疗中。目前许多研究者将碳点纳米酶作为纳米催化剂，以实现肿瘤的高效化学动力治疗（CDT）和免疫激活。本文以树枝状SiO₂为载体，将Cu-CDs、氯金酸及相变材料十四醇（PCM）吸附至其内部后包覆透明质酸（HA），构建了一种的微波响应纳米复合材料（CASP-H），其有良好的微波升温、POD和CAT酶活性以及GSH消耗能力。研究结果表明：其在体外和体内均具有良好的肿瘤靶向能力。在微波辐照下可迅速产生大量ROS和O₂，改善异常TME，肿瘤抑制率可达85%以上，展现出良好的抗肿瘤能力，为进一步增强肝癌MWTT提供了新的方向。

关键词微波热疗，碳点纳米酶，微波增敏

双靶向碳点纳米酶在肝细胞癌改善乏氧增强基因治疗中的应用

曹洋溢、卫迎迎、陈琳、杨永珍、于世平*

山西省肿瘤医院

肝细胞癌（HCC）因增殖、复发和转移导致疗效受限。高尔基体蛋白73（GP73）在HCC中过表达，通过调控鞘糖脂代谢与TGF- β /Smad通路促进侵袭转移，且其表达受乏氧微环境中HIF-1 α 诱导。本研究构建了一种新型双靶向纳米载体（Mn-CDs-PEI-HA），以中性红为碳源、L-半胱氨酸为高尔基体靶向剂、掺杂MnO₂赋予其过氧化氢酶（CAT）活性以及荧光成像（FL）磁共振成像（MR）功能，表面修饰PEI-透明质酸（HA）实现HCC细胞主动靶向。该载体递送GP73-siRNA（Mn-CDs-PEI-HA/GP73-siRNA），通过缓解肿瘤乏氧（催化H₂O₂产氧）与沉默GP73表达的双重机制，显著抑制HCC进展。肿瘤抑制率可达85%以上，为HCC的联合治疗与双模态成像（FL/MR）提供了新策略。

关键词肝细胞癌高尔基体蛋白73双模态成像

新型微波响应型双金属Mg-Ga-MOF驱动的免疫代谢疗法用于肝癌治疗

李亚杰*

山西省肿瘤医院

乳酸是肿瘤生长的能量来源，更因为癌细胞大量乳酸外排抑制了T细胞功能，从而抑制肿瘤免疫监视。这正是微波后肿瘤复发及转移的关键所在。为此，我们设计了一种具有微波响应及酸性响应的金属有机框架（Dis@Mg-Ga-MOF@Ta@Fa, DMGTFNCs）的纳米反应器递送双氯芬酸钠，显示了免疫代谢联合作用治疗肿瘤的互推作用。准确的说，静脉给药后叶酸包裹的纳米粒子靶向肝癌细胞，实现精准微波热疗及动力治疗。十四醇的热开关作用进一步发挥功能，导致抑制乳酸转运蛋白MCT4的双氯芬酸钠和增强免疫的Mg²⁺的加速释放。抑制乳酸的代谢减弱对免疫细胞的抑制作用，同时还通过Mg²⁺激活CD8⁺T细胞，增强抗肿瘤免疫应答和刺激免疫记忆。因此，在DMGTFNCs纳米反应器的作用下，实现MW热力学治疗后利用免疫代谢联合疗法，显著抑制了肿瘤的生长和转移。为开发微波结合免疫代谢高效抗癌方法提供了新的见解。

关键词微波、免疫代谢、双氯芬酸钠，镁离子

硼溴氮掺杂磷光碳点及复合材料的合成与性能

宋政枢¹、卫迎迎²、陈琳¹、杨永珍¹、于世平^{*1}

1. 太原理工大学

2. 山西省肿瘤医院介入治疗科

光动力疗法（PDT）作为一种新兴的肿瘤治疗手段，核心机制是借助光敏剂在特定波长光照射下产生活性氧，通过氧化损伤破坏癌细胞结构以达到治疗目的。其优势在于对正常细胞创伤性小、治疗时间短和可重复协同治疗。然而，当前临床及研究中使用的常规光敏剂普遍存在稳定性欠佳、光动力治疗效率低下，以及对正常健康细胞易产生毒副作用等问题，制约了PDT在肿瘤治疗领域的进一步发展与应用。针对以上问题本研究采用硼溴氮共掺杂磷光碳点（B-Br-N-CDs）作为新型光敏剂，为实现其水溶液环境下的精准磷光成像，通过溶胶凝胶法对B-Br-N-CDs进行二氧化硅（SiO₂）包覆修饰，制备出液态B-Br-N-CDs@SiO₂复合材料，并对其结构和性能进行相应的表征，探索其在肿瘤PDT治疗与磷光成像中的应用潜力。本研究将为提升肿瘤PDT治疗效果并降低副作用提供新思路。

关键词 光动力治疗，碳点，磷光

具有免疫调节功能的纳米颗粒的构建及其在肿瘤治疗中的应用

赵晓艺*、赵娜娜、徐福建

北京化工大学

针对免疫应答不足和免疫抑制限制肿瘤治疗效果的问题，同时为了充分发掘纳米颗粒的理化性质及内在免疫调节效应，通过优化纳米颗粒的组成并利用形貌优势，设计构建了系列具有免疫调节功能的杂化纳米颗粒，激活抗肿瘤免疫，逆转免疫抑制，实现肿瘤治疗效果的提升。杂化纳米颗粒固有的免疫调节作用，能将巨噬细胞重编程为抗肿瘤M1表型，诱导树突状细胞成熟。此外，杂化纳米颗粒的化学、光学和磁性等有助于诱导肿瘤细胞的免疫原性死亡。同时杂化纳米颗粒还能进一步作为载体递送药物、质粒、抗原等进一步多重增强抗肿瘤免疫，协同逆转免疫抑制，能有效抑制肿瘤转移，预防术后复发等。目前的工作为充分发掘杂化纳米颗粒的内在特性实现肿瘤免疫治疗提供了简便的策略，为提升肿瘤治疗效果提供了新思路。

关键词杂化纳米材料；免疫调节；肿瘤治疗

靶向细胞核钆掺杂碳点载药体系及其肝癌诊疗一体化性能

薛博洋¹、邢艳娇¹、穆弘凯³、卫迎迎²、李强³、陈琳¹、杨永珍^{*1}、于世平⁴

1. 太原理工大学

2. 山西医科大学附属肿瘤医院

3. 山西医科大学第二医院介入治疗科

4. 山西省肿瘤医院介入治疗科

为克服肝细胞癌（HCC）治疗效果不佳和检测延迟的双重挑战，本研究提出了一种基于钆掺杂碳点（GdCDs）的靶向细胞核的诊疗纳米平台。GdCDs通过一步水热法合成，使用中性红和柠檬酸作为前体，六水合氯化钆作为钆源，显示出良好的荧光（FL）和磁共振成像（MRI）能力。经过核定位序列（NLS）修饰后，GdCDs被负载上阿霉素（DOX），从而产生集成的诊疗平台：靶向细胞核的钆掺杂碳点药物递送系统（NT-GdCDs-DDS），用于FL/MRI双模态成像和靶向细胞核的药物递送。NT-GdCDs-DDS在497和596nm处表现出最佳的激发和发射波长，具有 $23.11\text{ mM}^{-1}\text{ s}^{-1}$ 的高纵向弛豫率（ r_1 ），以及61.9%的DOX载药率。体外抗肿瘤活性测定结果表明，HepG2细胞与 $400\text{ }\mu\text{g/mL}$ NT-GdCDs-DDS孵育24小时后的细胞活力为8.12%，表明其具有很强的抗肿瘤活性。此外，在为期15天的观察期内，使用NT-GdCDs-DDS治疗的小鼠肿瘤生长受到显著抑制，优于游离DOX。这些发现确立了NT-GdCDs-DDS作为一种有效的诊疗纳米平台，可用于同时进行HCC成像和治疗。

关键词 靶向细胞核；碳点；荧光成像；磁共振成像

靶向和跨越内涵体捕获的基因编辑递送系统

尤业宇

中国科学技术大学化学与材料学院，安徽省合肥市包河区金寨路96号，230026

yzyou@ustc.edu.cn

基因编辑体系（CRISPR-Cas9）有可能治疗多种难以治愈的遗传和复杂疾病。成功的 CRISPR-Cas9 基因编辑通常需要同时将多个生物大分子高效地递送到靶细胞的胞质中，以安全有效的方式进行特异性 DNA 序列的切割。然而，将 CRISPR-Cas9 基因编辑系统有效、安全地递送到靶细胞的胞质中仍然是一个重大挑战。病毒的载体已广泛用于 CRISPR-Cas9 递送，但仍存在许多内在缺陷，如对含有高分子量的生物分子基因组编辑体系的包装能力低，此外还会诱发肿瘤、免疫原性和脱靶编辑等，极大地阻碍了它们的临床转化。使用阳离子聚合物、脂质体或纳米粒子等非病毒体系的递送策略，可以通过细胞内吞作用将基因组编辑大分子转运到靶细胞的细胞质中。然而，这些载体具有低靶向能力，而且难以跨越内涵体捕获，因此，只有极小一部分递送的基因组编辑分子可以进入靶细胞的细胞质中，而它们中的大多数在内涵体或溶酶体中被降解。迄今为止，靶向和绕过内涵体捕获的递送策略仍然具有挑战。非常有趣的是，我们在纳米表面上修饰 DPA-Zn 结构就可以帮助递送纳米粒子直接将基因组编辑分子转运到靶细胞的细胞质中，而不会通过严重的内涵体捕获。这一过程不是经典的细胞内吞途径，而是通过一种新的磷脂酰丝氨酸介导的细胞内吞途径。此外，DPA-Zn 可以高效靶向肿瘤，从而大大提高了基因编辑效率。该方法提供了一种创新方法，可以成功靶向和绕过内涵体捕获将不同生物大分子递送到癌细胞中（如图-1）。

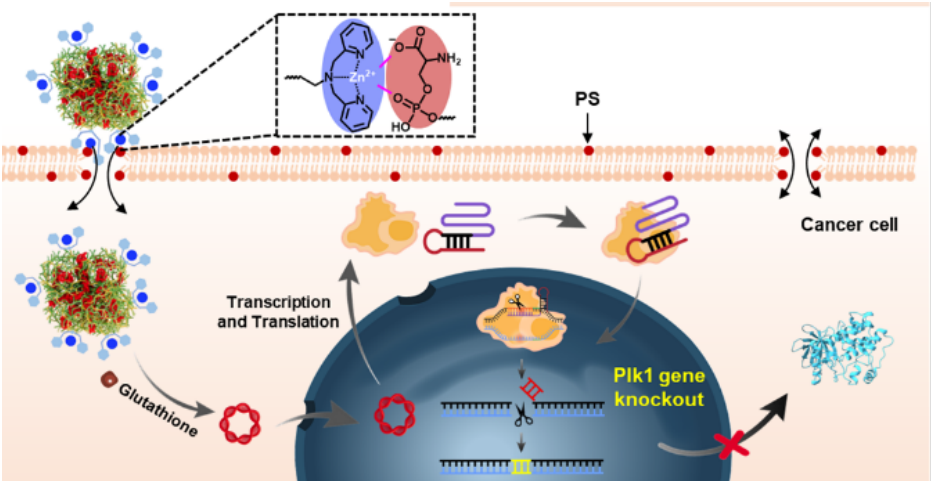


图-1

个人简介



中国科学技术大学化学与材料科学讲席教授、博士生导师、国家自然科学基金杰出青年基金获得者。1996年本科毕业于合肥工业大学，2000年获中国科学技术大学硕士学位，2003年获得中国科学技术大学博士学位，并获中科院院长奖学金。随后，去日本东京工业大学资源化学研究所做访问研究员，2005年到美国韦恩州立大学药学院进行博士后研究。2007年12月，回到中国科学技术大学高分子科学与工程系，任副教授；2012.12至今 中国科学技术大学高分子科学与工程系教授、博士生导师；主要从事高分子可控合成、生物医用高分子材料、肿瘤的基因、化疗和免疫治疗研究。主持国家杰出青年基金、基金委重点项目、联合创新基金、科技部重点研发项目等。在Nat Nanotechnol, Nat Metab, Nat Biomed Eng, Nat Commun, Adv Mater, JACS, Angew Chem, ACS Nano等国际学术期刊发表研究论文170余篇。