

# 骨修复材料表面/界面调控及其生物学效应

## 一、提名单位意见

该项目符合自然科学奖报奖条件，同意申报 2023 年度自治区自然科学奖二等奖。

## 二、项目简介

我国是世界人口大国，面临着因创伤、疾病、遗传等引起的器官缺损与功能障碍的严重挑战。为了在全球医疗产业中保持竞争力，十三五规划提出了“健康中国”战略，强调了预防为主、综合施策原则。

细菌骨感染是严重的骨科并发症，会破坏骨组织，导致骨质疏松、骨折和骨坏死。手术植入物易受细菌感染，增加手术失败和并发症风险，这些感染可危及生命，抗生素治疗可导致耐药性，使治疗更加困难和复杂。

抗菌骨涂层作为新技术，可防止细菌附着和繁殖，预防感染，促进愈合和再生。该技术结合生物相容性、机械性能，推动材料、生物技术和医学领域合作，促进创新和进步，对健康产业发展至关重要。

在此背景下，本项目提出了“通过生物大分子多重调控金属离子，构筑材料内部平衡，激发骨再生因子，调控骨稳态”的科学观点，为治疗难愈合骨再生奠定基础，具体如下：

### （一）构建了强效杀菌的壳聚糖调控的羟基磷灰石/银纳米颗粒复合涂层

运用生物活性大分子可驱动金属离子调控理论，有针对性地解决了骨植入材料钛金属表面抗菌率不高的难题。所研发的高效抗菌涂层，在钛金属骨植入体表面展现出卓越的抑菌效果。同时，该涂层能够极大地促进骨细胞的粘附，从而诱导骨细胞的成骨分化，提升治疗效果，具有较好的生物安全性，整个研究还揭示了银是如何调节细胞和细菌行为以及其功能的分子机制。

### （二）构建了多功能的聚吡咯调控的羟基磷灰石/铜（氧化锌）纳米颗粒复合涂层

在解决骨植入材料钛金属表面难以兼顾成血管、抗菌和骨诱导功能的问题方面，我们成功构建了聚吡咯的羟基磷灰石/铜（氧化锌）纳米颗粒涂层。为模拟骨胶原与羟基磷灰石的复合结构，我们在涂层的结构、组分和力学方面进行了精心设计，借助电化学调控技术，实现了铜、锌等离子的精准调控，为构建类似骨的仿生材料提供了新思路。在此基础上，将该多功能涂层应用于钛金属骨植入体表面，成功实现了促进血管生成、有效抗菌和引发骨诱导的多重效果。

### （三）构建了聚乳酸表面强效杀菌的聚吡咯、聚多巴胺调控的银纳米颗粒涂层

为有效应对骨填充材料聚乳酸表面抗菌率低的难题，我们从提升聚乳酸表面的抗菌特性出发，构建了聚乳酸表面的聚吡咯/聚多巴胺涂层。通过电化学调控

银离子，成功构建了稳定的银纳米颗粒涂层，该涂层具有令人瞩目的抗菌效果（100%抗菌率），不仅能有效地促进细胞黏附，稳定释放银颗粒，还表现出持久的抗菌和骨再生功能，获得了材料调控成骨细胞分化的材料学优化条件。

发表第一作者/通讯作者的 SCI 收录论文 18 篇，其中 8 篇代表性论文被引用 209 次，他引 188 次，单篇最高他引 46 次。授权发明专利 2 项，受理发明专利 4 项，充分展示了项目成果的科学价值和应用潜力，培养 10 名硕士生。指导本硕士生斩获中国国际互联网+大学生创新创业大赛，国银 2 项、省银 2 项、省铜 7 项。

该项目多学科融合，诞生新学科生长点，支撑化学一级博/硕士点和自治区重点实验室建设，推动化学学科发展。

### 三、代表性论文目录

序号	论文专著名称	刊名	年卷期	影响因子	发表时间	第一作者
1	Fabrication of Anti-bacterial and Antiwear Hydroxyapatite Coatings via In Situ Chitosan-Mediated Pulse Electrochemical Deposition	ACS applied materials & interface (一区)	2017,9	9.5	2017/1/30	Yan Ling
2	Multifunctional HA/Cu nano-coatings on titanium using PPy coordination and doping via pulse electrochemical polymerization	Biomaterials science (二区)	2018,6	6.6	2018/1/17	Wang Yingbo
3	Stable ZnO-doped hydroxyapatite nanocoating for anti-infection and osteogenic on titanium	Colloids and Surfaces B: Biointer- faces (一区)	2019,186	5.8	2019/12/14	Baikere Maimaiti
4	Osteogenic and antiseptic nanocoating by in situ chitosan regulated electrochemical deposition for promoting osseointegration	Materials Science & Engineering C (一区)	2019,102	7.9	2019/4/20	Wang Xiaohui
5	Hydroxyapatite/silver electrospun fibers for anti-infection and osteoinduction	Journal of Advanced Research (一区)	2019, 21	10.7	2019/10/9	Liu Feifei

6	Inside-outside Ag nanoparticles-loaded polylactic acid electrospun fiber for long-term antibacterial and bone regeneration	International Journal of Biological Macromolecules (一区)	2020,167	8.2	2020/11/21	Liu Feifei
7	Polypyrrole doping-regulated construction of dexamethasone/hydroxyapatite composite coating on titanium surface for sustained osteoinduction	Materials & Design (一区)	2021,202	8.4	2021/2/7	Wu Huajun
8	Multi-metal ions doped hydroxyapatite coatings via electrochemical methods for antibacterial and osteogenesis	Colloid and Interface Science Communications (一区)	2021,43	4.5	2021/5/27	Luo Jianghong
9	Fabrication of Gelatin-Based Electrospun Composite Fibers for Anti-Bacterial Properties and Protein Adsorption	Marine Drugs (一区)	2016,14	5.4	2016/10/14	Gao Ya
10	Accelerated fabrication of antibacterial and osteoinductive electrospun fibrous scaffolds via electrochemical deposition	RSC Advances (二区)	2018,8	3.9	2018/2/2	Wang Yingbo
11	Hydroxyapatite-Nanowires Enhanced Electrospun Fiber via Craze Disperse Stress for Bone Regeneration	Nanoscience and Nanotechnology Letters (四区)	2018,10	1.1	2018/10/1	Wang Yingbo
12	Antibacterial and osteoinductive biomacromolecules composite electrospun fiber	International Journal of Biological Macromolecules (一区)	2019,143	8.2	2019/11/15	Cheng Xuewei

#### 四、主要完成人情况

1.姓名：王英波

排名：第一

行政职务：新疆师范大学研究生处副处长

技术职称：教授

工作单位：新疆师范大学

完成单位：新疆师范大学

对本项目技术创造性贡献：提出生物活性大分子调控金属离子的多重调控理论，仿生人体骨骼的化学修复机理，研发新型生物医用材料，实现骨组织修复。基于材料表征和筛选，鉴定材料调控骨组织修复的关键性材料学因素，揭示植入材料的元素成分、离子释放、微纳结构等材料因素在骨修复环境中激发细胞功能的作用规律，开创了一种普适性制备与细胞/骨组织整合良好的抗菌骨修复多功能骨植入材料的新途径。主要发现点1中（1）、（2）、（3）的主要贡献人。代表性论文1,2,3,4,5,6,7,8的通讯作者。

2.姓名：晏玲

排名：第二

行政职务：无

技术职称：中学教师一级

工作单位：无

完成单位：新疆师范大学

对本项目技术创造性贡献：提出壳聚糖、聚吡咯通过电化学驱动作用多重调控金属离子策略，赋予钛金属骨植入物表面强效杀菌、骨诱导等多功能，解决了骨诱导不足、抗菌率低的难题。基于该策略，研发了系列具有持久抗菌、骨诱导等多功能生物医用骨植入材料。主要发现点1中（1）、（2）的主要贡献人之一。代表性论文1的第一作者，2、4的共一作者。

3.姓名：谢超鸣

排名：第三

行政职务：无

技术职称：教授

工作单位：西南交通大学

完成单位：新疆师范大学

对本项目技术创造性贡献：提出了导电高分子聚吡咯通过电化学驱动调控锌离子和钙离子的策略，赋予钛金属骨植入物表面骨诱导、成血管及抗菌多功能。主要发现点1中（2）的主要贡献人之一。代表性论文3的主要完成人之一。

4.姓名：刘菲菲

排名：第四

行政职务：无

技术职称：讲师

工作单位：昌吉学院

完成单位：新疆师范大学

对本项目技术创造性贡献：提出了导电高分子聚吡咯通过电化学驱动调控银离子的策略，赋予聚乳酸骨植入物表面强效抗菌性能，解决了聚乳酸表面抗菌率低的难题。主要发现点 1 中（3）的主要贡献人之一。代表性论文 5, 6 的第一作者。

5.姓名：马创

排名：第五

行政职务：新疆医科大学第一附属医院骨科中心显微修复外科副主任

技术职称：教授

工作单位：新疆医科大学第一附属医院

完成单位：新疆师范大学

对本项目技术创造性贡献：生物学实验技术的贡献者之一。主要发现点 1 中（1）、（2）、（3）的主要贡献人之一。代表性论文 3, 4, 5, 6, 7, 8 的共同通讯作者。

## 五、完成人合作关系说明

附

序号	合作者 (排名)	合作方式	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	王英波	分工协作（统筹设计、关键科学问题公关）	2016.8.17-2021.8.1	发表论文、专利、人才培养	见代表作 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 及发明专利	
2	晏玲	分工协作（具体实验设计及性能表征）	2016.8.17-2021.8.1	发表论文、人才培养	见代表作 1, 2, 4	
3	谢超鸣	分工协作（技术指导、共同培养研究生）	2016.8.17-2021.8.1	发表论文、人才培养	见代表作 3	
4	刘菲菲	分工协作（具体实验设计及性能表征）	2016.8.17-2021.8.1	发表论文，人才培养	见代表作 5, 6	
5	马创	分工协作（技术指导、共同培养研究生）	2016.8.17-2021.8.1	发表论文、人才培养	见代表作 3, 4, 5, 6, 7, 8	

## 六、知情同意证明

所列完成人同意成果用于此次报奖，同意成果获奖人员排列顺序，相关成果此次报奖之前没有使用，同意以后也不再使用。

对于未列入申报获奖人员的参与者，论文第一作者及合作者同意成果用

于此次报奖，同意不作为报奖完成人，相关成果此次报奖之前没有使用，同意以后也不再使用。