

拟推荐 2026 年中华医学科技奖候选项目/候选人 公示内容

推荐奖种	医学科学技术奖（非基础医学类）								
项目名称	基于数学模型方法的人工关节及手术器械结构与临床应用								
推荐单位/科学家	江苏省医学会								
项目简介	<p>当前中国社会正处于深度老龄化向超级老龄化的过渡阶段，骨关节疾病作为一种退行性疾病，不仅严重影响老龄人群生活质量，同时也是致死主因之一。骨关节疾病一旦发生，往往无法逆转，最终只能进行手术治疗。当前临床手术治疗使用的关节假体与器械，与国外同类产品相比主要存在问题是：1）关节假体力学性能与天然骨组织不匹配，无法保持长期稳定骨整合；2）手术器械设计简单，难以匹配不同术式，无法实现高精度手术操作。</p> <p>基于以上情况，本项目依托国家自然科学基金、江苏省自然科学基金等项目开展近 10 年研究，创新性采用数学模型方法优化关节假体生物力学性能，增强成骨能力，提升手术器械结构可用性，有力推动了国产关节假体与手术器械技术的进步，提升远期预后效果，造福广大骨关节病患者，具体成果如下：</p> <p>1）首创骨再生力学环境适配拓扑优化与多元刺激仿生构建理论，揭示结构设计-力学行为-成骨效果作用机制，实现骨再生过程动态耦合分析预测，极大提升仿生结构设计效能。提出基于三周期极小曲面方法的骨再生力学环境适配拓扑优化理论，揭示梯度多孔支架生物力学性能优化与应力传导互作机制，实现异质结构造孔单元形貌的线性过渡，降低应力屏蔽并刺激骨整合。提出基于泰森多边形的多元刺激仿生构建理论，揭示不规则多孔结构疲劳行为与骨再生机制的耦合关系，通过泰森多边形方法模拟组织再生过程中形成的天然无序结构，实现流场与力场双重仿生，为营养物质交换、血管内生、及细胞长入提供合适的多元刺激微环境，进一步增强其骨整合效果。通过多种数学模型描述骨再生过程生物学行为，构建骨再生过程全周期动态耦合分析与再生结果预测，提出适度疲劳损伤促进骨再生新假设。</p> <p>2）技术产品创新：基于力学适配拓扑优化理论开发高精度手术器械，揭示多尺度涂层结构调控机理并开发动态降解-矿化智能涂层，基于多元仿生刺激理论设计假体表面仿生不规则性结构，发明强骨诱导生物型关节假体。基于力学适配拓扑优化理论研发模块化组配手术器械，对手术器械进行模块优化与组配式设计，实现毫米级高精度截骨与 1° 下肢力线恢复精度，节约手术时间，实现个性化手术治疗。揭示宏-微-纳三级尺度涂层结构成型调控机理并改良微弧氧化涂层制备工艺，开发动态降解-矿化耦合调控智能涂层，实现涂层稳定结合与 Ca/P 的长期释放。通过泰森多边形方法对假体表面类骨小梁结构进行参数化设计，优化内部流体力学特征，增大比表面积，增强骨再生效果；同时通过微弧氧化等表面改性工艺进一步增强功能活性，开发强骨诱导生物型关节假体，实现早期快速骨整合与远期稳定不松动的“快慢结合”，关键技术指标达到国际并跑水平。</p> <p>以上成果在 Journal of Orthopaedic Translation、Journal of Materials Science Technology 等骨科转化与金属材料顶级期刊发表研究论文 32 篇，授权发明专利 45 项，取得 III 类医疗器械注册证 9 个，近 3 年产品销售 28 万套，实现经济效益 3 亿元，纳税 1500 万元，取得优异社会效益。</p>								
代表性论文目录									
序号	论文名称	刊名	年,卷(期)及页码	影响因子	全部作者(国内作者须填写)	通讯作者(含共同,国内作)	检索数据	他引总次数	通讯作者单位是否

					中文姓名)	者须填写中文姓名)	库		含国外单位
1	Early osteointegration evaluation of porous Ti6Al4V scaffolds designed based on triply periodic minimal surface models.	Journal of Orthopaedic Translation	2019, 19, 94-105	7.8	李澜, 施建平, 张开嘉, 杨龙飞, 于飞, 朱莉娅, 梁绘昕, 王兴松, 蒋青	王兴松, 蒋青	WOS	119	否
2	Mechanical characterization of 3D printed multi-morphology porous Ti6Al4V scaffolds based on triply periodic minimal surface architectures.	American Journal of Translational Research	2018, 10(11), 3443-3454	1.6	朱莉娅, 李澜, 施建平, 李宗安, 杨继全	李宗安	WOS	30	否
3	Design and fabrication of graduated porous Ti-based alloy implants for biomedical applications.	Journal of Alloys & Compounds	2017, 728, 1043-1048	6.3	施建平, 杨继全, 李宗安, 朱莉娅, 李澜, 王兴松	王兴松	WOS	51	否
4	Trabecular-like Ti-6Al-4V scaffolds for orthopedic: fabrication by selective laser melting and in vitro biocompatibility.	Journal of Materials Science and Technology	2019, 35(7), 1284-1297	14.3	梁绘昕, 杨友文, 谢德巧, 李澜, 毛宁, 王长江, 田宗军, 蒋青, 沈理达	蒋青, 沈理达	WOS	202	否
5	Trabecular-like Ti-6Al-4V scaffold for bone repair: A diversified	Composites Part B: Engineering	2022, 241, 110057	14.2	梁绘昕, 晁龙, 谢德巧, 杨友文, 施建平, 张运, 薛斌, 沈理达, 田宗军, 李澜, 蒋	李澜, 蒋青	WOS	75	否

	mechanical stimulation environment for bone regeneration.				青				
6	Analysis of Mechanical Properties and Permeability of Trabecular-Like Porous Scaffold by Additive Manufacturing .	Frontiers In Bioengineering And Biotechnology	2021, 9:779854	4.8	晁龙, 焦晨, 梁绘昕, 谢德巧, 沈理达,	梁绘昕, 沈理达	WOS	67	否
7	Design and Compressive Fatigue Properties of Irregular Porous Scaffolds for Orthopedics Fabricated Using Selective Laser Melting.	ACS Biomaterials Science and Engineering	2021, 7(4):1663-1672	5.5	朱磊, 梁绘昕, 吕非, 谢德巧, 王长江, 冒浴沂, 杨友文, 田宗军, 沈理达	梁绘昕, 沈理达	WOS	32	否
8	Fabrication and properties of 3D printed zirconia scaffold coated with calcium silicate/hydroxyapatite.	Ceramics International	2021, 19(47):27032-27041	5.6	张寒旭, 焦晨, 何志静, 葛梦醒, 田宗军, 王长江, 卓威, 沈理达, 梁绘昕	沈理达, 梁绘昕	WOS	28	否
9	Fabrication of a zirconia/calcium silicate composite scaffold based on digital light processing.	Ceramics International	2022, 48(18):25923-25932	5.6	何志静, 张寒旭, 谢德巧, 葛梦醒, 杨友文, 吴冠男, 梁绘昕, 沈理达, 王长江	梁绘昕, 沈理达	WOS	21	否
10	Polydopamine coating promotes early osteogenesis in 3D printing porous	Annals of Translational Medicine	2019, 7(11), 240	3.616	李澜, 李逸轩, 杨龙飞, 于飞, 张开嘉, 金晶, 施建平, 朱莉娅, 梁绘昕, 王兴松, 蒋青	王兴松, 蒋青	WOS	57	否

Ti6Al4V scaffolds.								
--------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

知识产权证明目录

序号	类别	国别	授权号	授权时间	知识产权具体名称	全部发明人
1	中国发明专利	中国	ZL202010621722.4	2023-03-10	一种多孔半月板替代物 建模及其制备方法	朱莉娅、程明、孙文晨、蒋青、李澜
2	中国发明专利	中国	ZL201510164921.6	2016-11-09	一种三维生物打印装置和生物打印方法	朱莉娅、姜杰、杨继全、杨建飞
3	中国发明专利	中国	ZL201710583632.9	2025-04-08	一种空心 and 实心管状结构的三维打印装置	李澜
4	中国发明专利	中国	ZL201811125118.1	2021-01-22	一种 3D 打印方法及打印系统	李澜, 蒋青, 滕华建
5	中国发明专利	中国	ZL202011351612.7	2024-12-31	一种胫骨外架	陆玲玲、王健、魏崇斌
6	中国发明专利	中国	ZL202110737205.8	2026-06-14	一种易操作可调股骨截骨工具系统	毛联甲、闵信群、魏崇斌、黄仁宏、王健
7	中国发明专利	中国	ZL202010219791.2	2022-06-24	具有生物活性功能多孔 钽植入物及加工工艺	魏崇斌、李新宇
8	中国发明专利	中国	ZL202010218908.5	2022-09-23	一种生物活性多孔钽植入物制备方法	魏崇斌、李新宇
9	中国发明专利	中国	ZL202010382369.9	2021-08-03	一种膝关节假体	陆玲玲
10	中国发明专利	中国	ZL202111628016.3	2022-09-23	一种兼具生物活性和抗 菌的涂层及其应用	陆玲玲、魏崇斌

完成人情况表

姓名	排名	完成单位	工作单位	职称	行政职务
李澜	1	南京大学医学院附属鼓楼医院	南京大学医学院附属鼓楼医院	研究员	无
对本项目的贡献	本项目研究思路的提出者, 参与科技创新点 1,2 的研究工作, 在科技创新点一提出基于三周期极小曲面的仿生结构设计理论, 在科技创新点二中负责生物型关节假体表面仿生结构的设计工作。				
姓名	排名	完成单位	工作单位	职称	行政职务
蒋青	2	南京大学医学院附属鼓楼医院	南京大学医学院附属鼓楼医院	教授,主任医师	科室行政主任
对本项目的贡献	参与科技创新点 1 与 2 的研究工作, 提出多元仿生促进成骨的学术思想与强骨诱导生物型假体设计理念, 推动组配式手术器械与生物型关节假体的临床应用。				
姓名	排名	完成单位	工作单位	职称	行政职务
魏崇斌	3	天衍医疗器材有限公司	天衍医疗器材有限公司	教授级高工	总经理
对本项目的贡献	是科技创新点 2 的主要完成人, 手术器械及假体开发与生产的技术负责人, 负责主要技术标准的制定、核心技术的开发、核心产品设计、生产技术问题解决、前后供应链条沟通管理、产品临床验证追踪。				
姓名	排名	完成单位	工作单位	职称	行政职务
梁绘昕	4	南京大学医学院附属鼓楼医院	南京大学医学院附属鼓楼医院	副研究员	无

		院	楼医院		
对本项目的贡献	参与科技创新点 1 的研究工作，通过泰森多边形方法构建与天然松质骨形态高度相似的“小梁状”不规则多孔结构。				
姓名	排名	完成单位	工作单位	职称	行政职务
朱莉娅	5	南京师范大学	南京师范大学	副教授	系主任
对本项目的贡献	主要参与科技创新点 1 的研究工作，包括 TPMS 方法在仿生多孔结构设计中的应用与优化，对梯度多孔结构力学性能精准调控的相关研究。				
姓名	排名	完成单位	工作单位	职称	行政职务
毛联甲	6	天衍医疗器材有限公司	天衍医疗器材有限公司	高级工程师	技术总监
对本项目的贡献	主要参与科技创新点 2 的研究工作，包括生物型假体相关的手术器械的设计与研发，负责手术器械相关技术的开发、核心产品设计及产品临床验证追踪。				
姓名	排名	完成单位	工作单位	职称	行政职务
施建平	7	南京师范大学	南京师范大学	副教授	无
对本项目的贡献	主要参与科技创新点 1 的研究工作，发展了 TPMS 方法在梯度多孔支架设计中的应用，发掘了用于骨组织工程支架设计的关键参数，探索了梯度多孔仿生支架力学性能的调控机理。				
姓名	排名	完成单位	工作单位	职称	行政职务
陆玲玲	8	天衍医疗器材有限公司	天衍医疗器材有限公司	工程师	无
对本项目的贡献	主要参与科技创新点 2 的研究工作，参与组配式手术器械的设计与研发，手术器械产品的标准制定与质量控制，生产技术问题解决、前后供应链条沟通管理。				
完成单位情况表					
单位名称	南京大学医学院附属鼓楼医院			排名	1
对本项目的贡献	本项目所有科技创新点的主要完成单位，包括数学模型方法在仿生结构中的设计理论、设计方法、动物模型验证，以及成骨功能预测模型的开发与验证，组配式手术器械与生物型关节假体的研发、临床应用与推广。				
单位名称	天衍医疗器材有限公司			排名	2
对本项目的贡献	本项目科技创新点 2 的主要完成单位，包括组配式手术器械研发、生物型关节假体的结构设计、表面改性技术工艺优化、手术器械与关节假体数字化生产线建立及产品生产与推广。				
单位名称	南京师范大学			排名	3
对本项目的贡献	参与本项目科技创新点 1 的研究工作，包括 TPMS 方法植入物力学性能仿生结构设计中的应用，相应仿生结构的性能精准调控机理，同时还协助完成了部分生物型关节假体的表面结构设计。				