

一、成果名称

脊柱脊髓损伤 PII（精准、智能、个体）整体治疗策略及应用

二、成果简介

脊柱脊髓损伤是一种严重的医学问题，给社会医疗保健带来了巨大的挑战，严重影响了患者的生存质量，并增加了社会经济负担。为了更有效地重建和恢复脊柱脊髓损伤患者的肢体功能，提高患者的生活质量，我们在国家级、省部级、校级课题的支撑下，针对脊柱脊髓损伤的治疗难题：1. 精确定位诊断难度大；2. 治疗方法局限；3. 传统手术方式创伤大进行了深入研究。多年来，我们的课题组专注于数字智能骨科技术的临床应用，致力于推动骨科临床技术的发展，并明确地将精准化（Precision）、智能化（Intelligent）、个体化（Individualization）定位为未来脊柱脊髓损伤治疗的重要发展方向。我们提出了 PII（精准、智能、个体）整体治疗策略，并通过以下三个方面入手，发明了系列新技术、新材料和新产品，为脊柱脊髓损伤的治疗提供了先进的治疗手段。

1. 脊柱脊髓损伤机制探索与个体化治疗策略的创新

首次建立了标准化的不同程度脊柱脊髓损伤动物模型，解决了以往模型中损伤程度难以控制的问题，提高了实验结果的重复性和一致性。首次对脊柱脊髓不同程度损伤进行单细胞测序，从组织单细胞层面深入探讨了免疫机制对脊柱脊髓损伤的潜在治疗作用。首次报道了通过阻断 ERCC6 可以缓解脊柱脊髓损伤进程，并阐明了其机制与抑制凋亡、炎症、衰老及氧化应激有关。基于上述研究成果，进一步探索了中药调控修复脊柱脊髓损伤的内源性新靶点和新机制，并首次成功临床应用二仙汤减轻脊柱脊髓损伤，为中医药在脊柱脊髓损伤治疗中的应用提供了新的有力证据。

2. 智能导航技术的研发及其在脊柱脊髓损伤微创治疗中的应用

针对脊柱脊髓损伤手术创伤大。现有光学导航导航飘移的问题，研发了智能化的光学-电磁联合导航架构平台。通过独创的光-电磁异构信号空间对齐技术，解决了光学-电磁工具的全要素实时定位追踪及自由切换难题，实现了术中光电磁双示踪、定位及自由切换功能，推动了导航技术的革新。并在精度、效率以及应用广泛性上取得了显著的提升，处于国际先进水平。研制新型术中导航空间实时注册配准方法、装置及手术导航系统，解决了术中透视影像空间的快速注册

和实时导航，比传统导航注册时间降低 95%，大大提高了脊柱脊髓损伤救治效率。

3. 匹配脊柱脊髓损伤的多样性，定制式个体化设计与增材制造技术的应用

针对脊柱脊髓损伤的多样性，我们采用定制式个体化设计与增材制造技术，以满足快速、精准治疗的需求。针对现有植入物匹配性差、融合率低等问题，创新性选择球形 TC4 钛合金粉末为原材料，提高植入物支撑强度；采用选择性激光熔融（SLM）技术，模拟脊柱骨小梁微结构成功制备出具有仿生多孔骨小梁结构的脊柱植入融合器。采用个体化定制 3D 打印植入融合器，实现了与患者伤椎接触面的深度融合，显著提高了手术质量，并有效避免了术后并发症的发生。通过这一技术的应用，我们能够为患者提供更为精准、个体化的治疗方案，促进康复并提高生活质量。

4. 360 度标准减压策略与 OLIF 术式的创新应用

我们率先创建了脊柱脊髓损伤的 360 度减压融合选择标准，为个体化治疗提供了新的围手术期整体策略。针对不同方式的减压融合，团队从精准、个体化的角度出发，采用现实参数进行评估，并率先进行斜外侧腰椎融合简介减压技术的系统研究及推广，避免了对脊髓神经的手术骚

扰。并进一步在手术入路、操作的时间及精准性、融合器放置、内固定术式方面，做了创新性的研究，率先开展导航辅助下单一体位腰椎 OLIF 手术治疗脊柱脊髓损伤，有效解决了微创手术定位飘移的临床问题。显著提高了手术的时效性、准确性和疗效性，实现了单一切口的减压融合固定。

本项目共获国家专利授权 25 项，发表论文 54 余篇，其中 SCI 论文 19 篇，最高影响因子 15.3 篇；共获批国家三类医疗器械注册证 2 项；获批全军新技术二级甲等、开展国际首例手术 2 项、国内及西北首例手术 8 项；支撑课题：中央军委科技委国防科技 173 计划基础计划加强划重点基础研究项目（2019-JCJQ-ZD-120-10）、国家自然科学基金面上项目（81372045）、国家自然科学基金青年科学基金项目（81102034）等。主编/副主编专著 5 部，组织制定团体标准 2 项，临床应用指南 2 部，专家共识 1 部，相关技术团队获陕西省创新团队 1 项，培养省级杰出青年 1 人，国家资助博士后研究人员 1 人，培养博士/硕士研究生 10 名，举办脊柱内镜技术及导航技术应用培训班 20 余次，培训专科医生 1000 余人。相关技术成果在国内多家三甲医院推广应用，救治患者数万余例，效果满意。

三、完成单位

空军军医大学；重庆博仕康科技有限公司；湖南华翔医疗科技有限公司

四、完成人

廖博；董鑫；李爽；闫康；张小平；马琼；夏桂锋；王国华

五、完成人合作关系情况

序号	合作方式	合作关系人及排名	合作时间	合作成果	证明材料
1	论文合著	廖博、董鑫 /1-2	2014.09-2022.11	A modified impactor for establishing a graded contusion spinal cord injury model in rats	
2	论文合著	廖博、李爽 /1-3	2014.09-2022.11	Single-cell RNA sequencing reveals the role of immune-related autophagy in spinal cord injury rats	
3	共同知识产权	廖博、闫康 /1-4	2014.09-2022.11	一种 OLIF 入路腰椎侧方解剖型锁定钉板内固定装置	
4	共同知识产权	廖博、张小平 /1-5	2014.09-2022.11	一种气囊支具	

5	论文合著	廖博、马琼 /1-6	2014.09-2022.11	; Quantitative phosphoproteomic analysis reveals chemoresistance-related proteins and signaling pathways induced by rhIL-6 in human osteosarcoma cells	
6	共同立项	廖博、夏桂锋 /1-7	2017.12-2021.11	脊柱外科多模态导航关键技术研究立项	
7	共同立项	廖博、王国华 /1-8	2017.12-2021.11	可变弹性结构的椎间融合器研究立项	

六、主要知识产权（标准、规范）目录

序号	知识产权类别	知识产权名称	国家(地区)	授权号(批准号)	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种气囊支具	中国	ZL 2016 1 0716169.6	2018-09-18	3079166	中国人民解放军第四军医大学	廖博; 张吉涛; 张小平
2	发明专利	一种腰椎微创手术的辅助工具及装置	中国	ZL 2017 1 0174447.4	2018-06-22	2971761	中国人民解放军第四军医大学	廖博; 钱济先; 张小平; 郭卫东
3	发明专利	手术导航注册系统	中国	ZL 2019 1 0908465.X	2021-08-10	4607641	重庆博仕康科技有限公司	夏桂锋
4	发明专利	光磁一体穿刺手术导航平台	中国	ZL 2019 1 09018471.3	2021-05-14	4421591	重庆博仕康科技有限公司	夏桂锋

5	发明专利	手术导航空间配准方法、装置以及手术导航系统	中国	ZL 2021 1 0313633.8	2022-11-15	4421591	重庆博仕康科技有限公司	夏桂峰; 邬江; 陈焱
6	发明专利	一种多孔结构材料设计的逆向优化方法	中国	ZL 2020 1 1611654.X	2022-12-30	5640869	湖南华翔医疗科技有限公司	申宇; 王凯; 郭凯旋; 蒋金位; 向小伟; 邹炜民; 宋坤; 刘江; 王国华
7	发明专利	一种可扩展式椎间融合器	中国	ZL 2020 1 1502145.3	2022-09-23	5475439	湖南华翔医疗科技有限公司	邹炜民; 向小伟; 申宇; 蒋金位; 郭凯旋; 王凯; 候凯; 王国华
8	实用新型专利	一种腰椎微创手术的辅助工具及装置	中国	ZL 2017 2 0283118.9	2021-02-15	8480812	中国人民解放军第四军医大学	廖博; 钱济先; 张小平; 郭卫东
9	实用新型专利	一种 OLIF 入路腰椎侧方解剖型锁定钉板内固定装置	中国	ZL 2020 2 2949889.1	2021-12-28	15291264	中国人民解放军空军军医大学	闫康; 王银歌; 廖博; 马琼; 伊江浦; 乔欢欢; 张小平; 梁嘉赫; 张香; 涂莎
10	实用新型专利	侧方骨水泥螺钉钛板内固定融合系统	中国	ZL 2021 2 2755442	2022-09-16	17422232	中国人民解放军空军军医大学	闫康; 王银歌; 廖博; 马琼; 伊江浦; 乔欢欢; 张小平; 梁嘉赫; 张香; 涂莎

七、代表性论文专著目录

序号	论文专著名称	刊名	发表时间	年卷页码 (xx年xx卷xx页)	作者	通讯作者 (含共同作者)	第一作者 (含共同作者)	国内作者 (中文名)	他引 总次数	检索 数据库	参与人(成果 完成人)	知识产权 是否归 国内所有
----	--------	----	------	---------------------	----	-----------------	-----------------	---------------	-----------	-----------	----------------	---------------------

1	Instantaneous death risk, conditional survival and optimal surgery timing in cervical fracture patients with ankylosing spondylitis: A	Frontiers in Immunology	2022-09-15	2022 Sep 15;13:971947	Jinfeng Huang†, Hao Bai†, Quanchang Tan†, Dingjun Hao, Aimin Wu, Qingde Wang, Bing Wang, Linfeng Wang, Hao Liu, Xionsheng Chen, Zhengsong Jiang, Xiaoming Ma, Xinyu Liu, Peng	Bo Liao; Zixiang Wu	Jinfeng Huang, Hao Bai, Quanchang Tan	黄锦锋、白皓、谭权昌、郝定均、吴爱悯、王庆德、王冰、王林峰、刘浩、陈雄生、蒋振松、马小民、刘新宇、刘鹏、蔡卫东、陆鸣、毛宁方、万勇、付索超、赵帅、臧晓方、谢幼专、于海洋、宋若先、孙江波、项良碧、刘祥、李松凯、廖博、吴子祥	1	Web of Science	廖博	是
---	--	-------------------------	------------	-----------------------	---	---------------------	---------------------------------------	--	---	----------------	----	---

	national multic entre retros pectiv e study				Liu, Weihua Cai, Ming Lu , Ningfang Mao , Yong Wang , Suocho Fu , Zhao , Xiaofang Zang, Youzhuan Xie, Haiyang Yu, Ruixian Song, Jiangbo Sun, Liangbi Xiang, Xiang Liu,							
--	---	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--

					Songkai Li, Bo Liao* and Zixiang Wu*							
2	Single -cell RNA sequen cing reveals the role of immune - related autoph agy in spinal cord injury rats	Frontiers in Immunology- Multiple Sclerosis and Neuroimmunology Front Immunol	2022-09-21	2022 Sep 21;13:98 7344.	Erliang Li, Rongbao Yan, Kang Yan , Rui Zhang ,Q ian Zhang, Peng Zou, Huimei Wang, Huan Qiao, Shuang Li, Qiong	Qiong Ma* and Bo Liao*	Erliang Li	李二亮、晏 荣保、闫 康、张瑞、 张谦、邹 鹏、王慧 梅、乔欢、 李爽、马 琼、廖博	1	Web of Science	廖博、马琼、 李爽、闫康	是

					Ma* and Bo Liao*							
3	Erxian decoction inhibits apoptosis by activating Akt1 and repair spinal cord injury in rats	Heliyon	2022-10-20	2022 Oct 27;8(11):e11279	Erliang Li, Rongbao Yan, Kang Yan, Ruqin Huang, Rui Zhang, Yanhua Wen, Shuang Li, Peng Li, Qiong Ma*, Bo Liao*	Peng Li, Qiong Ma*, Bo Liao*	Erliang Li, Rongbao Yan	李二亮、晏荣保、闫康、黄锐琴、张瑞、文艳华、李爽、李鹏、马琼、廖博	3	Pubmed	廖博、马琼、李爽、闫康	是
4	Blockage of ERCC6 Alleviates Spinal	Frontiers in Molecular Biosciences	2022-02-22	2022 Feb 22;9:853654	Peng Zou†, Xiaoping Zhang†, Rui Zhang†, Xin	Junsong Yang* and Bo Liao*	Peng Zou†, Xiaoping Zhang†, Rui Zhang†	邹鹏、张小平、张瑞、柴欣、赵援廷、李二亮、张谦、晏荣保、杨俊松、廖博	2	Pubmed	廖博、张小平	是

	Cord Injury Through Weakening Apoptosis, Inflammation, Senescence, and Oxidative Stress				Chai, Yuanting Zhao, Erliang Li, Qian Zhang, Rongbao Yan, Junsong Yang* and Bo Liao*							
5	A modified impact or for establishing a	Annals of Translational Medicine	2022-01-28	2022 Apr;10(8):436	Rongbao Yan#, Erliang Li#, Kang Yan, Qian Zhang, Yanhua	Xin Dong, Qiong Ma, Bo Liao	Rongbao Yan, Erliang Li	晏荣保、李二亮、闫康、张谦、文艳华、张瑞、吴永红、孙瑾、董鑫、马琼、廖博	3	Web of Science	廖博、马琼、董鑫、闫康	是

	graded contusion spinal cord injury model in rats				Wen, Rui Zhang, Yonghong Wu, Jin Sun, Xin Dong, Qiong Ma, Bo Liao							
6	Biomechanical Evaluation of an Oblique Lateral Locking Plate System for	World Neurosurgery	2021-12-27	2022 Apr;160:e126-e141	Yinge Wang, Jiajia Wang, Sha Tu, Shuang Li, Jiangpu Yi, Haien Zhao, Huanhua n Qiao, Kang Yan, Bo Liao	Kang Yan, Bo Liao	Yinge Wang, Jiajia Wang	王银歌、汪佳佳、涂莎、李爽、伊江浦、赵海恩、乔欢欢、闫康、廖博	9	Web of Science	廖博、闫康、李爽	是

	Oblique Lumbar Interbody Fusion : A Finite Element Analysis											
7	Quantitative phosphoproteomic analysis reveals chemoresistance-related	Cancer Cell International	2021-10-30	2021, 21(1):581	Rui Zhang†, Huan Wang†, Erliang Li, Yonghong Wu, Yanhua Wen, Chenyu Li, Bo Liao* and	Bo Liao* and Qiong Ma*	Rui Zhang†, Huan Wang†	张瑞;王欢;李二亮;吴永红;文艳华;李晨宇;廖博;马琼	4	Web of Science	廖博、马琼	是

	d proteins and signaling pathways induced by rhIL-6 in human osteosarcoma cells				Qiong Ma*							
8	Ryanodine receptor 2 plays a critical role in spinal	Cellular physiology and biochemistry	2016-02-11	2016;38(3):1129-37	Bo Liao, Yong Zhang, Honghui Sun, Baoan Ma, Jixian Qian	Jixian Qian	Bo Liao, Yong Zhang	廖博、张 勇、孙宏 慧、马保 安、钱济先	19	Web of Science	廖博	是

