

2026年度陕西省科学技术奖提名项目公示材料

一、项目名称

围术期脑功能保护与神经认知障碍精准防控关键技术及应用

二、提名者及提名意见

提名者：陕西省卫生健康委员会

提名意见：

拟提名该项目为陕西省科学技术进步奖。

三、项目简介

1. 项目背景与总体技术思路

围术期神经认知障碍(Perioperative Neurocognitive Disorders , PND)是老年及高风险手术患者常见的围术期脑功能问题,具有危险因素多、早期识别困难和干预窗口有限等特点,可明显影响术后功能恢复和生活质量。现有临床实践中,高风险患者识别仍较依赖认知量表和少量危险因素,脑保护措施与个体风险分层衔接不足,认知评价、监测预警和工程保障也较为分散。项目自 2019 年起围绕老年及 PND 高风险患者持续开展临床、机制和转化研究,以早期识别高风险患者、提高脑保护干预针对性、增强技术临床可执行性为主线,形成围术期神经认知障碍多维风险识别与精准评估技术、围术期神经认知损伤精准干预与脑保护关键技术、围术期脑功能保护工程保障与数字化决策技术三项关键技术。

2. 多维风险识别与精准评估

在风险识别与精准评估方面,项目将认知功能动态评价、生物标志物和大样本多变量预测用于围术期不同阶段。103例老年全身麻醉患者研究明确血清 miR-124-3p、miR-143-3p与PND发生的关联,两项指标联合识别 AUC为0.890;进一步基于3292例髋关节置换患者的62项围术期变量建立多种预测模型,人工神经网络验证集 ROC达到0.857,使风险评价由术后异常识别进一步前移至术前风

险分层。围绕临床使用需求，形成《一种基于图像处理的术后认知障碍评估方法及系统》《基于智慧医疗的术前麻醉辅助评估方法及系统》两项授权发明专利，分别强化术后客观评价和术前风险信息整理。由此形成认知动态变化、生物标志物、多变量预测和专用评估工具相互补充的风险识别方法，为高风险患者实施差异化脑保护提供更可靠的评价依据。

3. 精准干预与脑保护

在精准干预与脑保护方面，项目以认知结局为核心持续评价右美托咪定等脑保护措施。**397** 例老年全髋关节置换患者临床研究支持相关联合干预改善术后认知状态并减轻炎症反应；陕西省重点研发计划 **2022SF-264**进一步在老年肺叶切除患者中开展研究并通过正式验收，验收意见认为相关右美托咪定干预可减轻围术期炎症和应激反应，降低术后谵妄及术后认知功能障碍发生，有助于改善术后认知功能。在临床证据基础上，项目进一步揭示 **IP3R-GRP75-VDAC1** 复合体介导的内质网—线粒体 Ca^{2+} 转运异常是 **PND** 线粒体功能损伤的重要环节，证实右美托咪定可通过调节该复合体、改善线粒体 Ca^{2+} 稳态，减轻神经元损伤并改善认知功能，使其脑保护机制由一般炎症和氧化应激效应进一步深入到细胞器间 Ca^{2+} 转运这一关键环节。

4. 工程保障与数字化应用

在工程保障与数字化应用方面，项目形成工程装置和数字化工具两类成果。授权发明专利《一种低容量自排气血液变温器》采用低容量流路、自排气结构和变温设计，兼顾液体变温、气体风险控制和安全输注，已完成企业技术许可、样机开发、结构与工艺适配及工程验证。围绕认知筛查与脑保护监测，形成《老年患者术后认知功能障碍早期筛查与干预系统 **V1.0**》《老年患者围术期脑保护多参数监测与预警系统 **V1.0**》两项软件著作权，并进一步集成为

移动端 APP 原型，实现患者信息录入、认知筛查、风险提示、脑保护多参数监测预警和结果展示等核心功能，使前期形成的风险评估、脑保护和监测方法进一步转化为可执行的临床工具。

5. 应用推广与综合效益

项目已形成与核心技术直接相关的授权发明专利 3 项、软件著作权 2 项，成果覆盖术前辅助评估、术后认知评价、脑保护监测和围术期温控输注等关键环节。科技查新围绕三项主要创新开展国内外公开文献检索与技术比较，在检索范围内未见与三项查新点相同的技术组合或完整机制报道。主体临床技术自2022年起在陕西省人民医院持续应用于老年全身麻醉、全髋关节置换、胸腔镜肺叶切除等PND高风险患者，连续应用已超过2年；在此基础上，4家省内医疗科技企业分别参与评估专利适配、数字化原型联合调试和血液变温技术工程承接，推动相关技术由临床实践进一步向评估工具、数字化软件和工程产品转化。

在经济和社会效益方面，低容量自排气血液变温器已完成企业技术许可并通过陕西省技术合同认定，合同交易额 100 万元，实现了临床原创专利由知识产权向技术交易和企业工程承接的实质转化。该成果采用“先使用后付费”方式推进样机开发和工程验证，承接企业进一步开展 30 余家医院产品应用需求调研，并据此推进模块化改造和工程优化。另两项评估类发明专利与两项软件、APP 原型相互衔接，为后续技术许可、软件部署、系统集成和数字化服务提供成果基础。相关成果转化案例受到《科技日报》、陕西新闻联播和《陕西日报》等国家级、省级主流媒体公开报道，形成了较好的医疗科技成果转化示范影响，也使临床需求驱动的医疗科技成果转化模式获得更广泛社会关注。

项目以临床实际问题为牵引，将高风险患者识别、脑保护干预、关键机制研究、工程保障和数字化工具相互衔接。风险评估为高风险人群分层提供依据，脑保护技术形成临床干预和机制支撑，工程与数字化成果提高临床执行和成果转化能力，共同推动围术期神经认知管理由术后发现异常向术前风险识别、围术期脑保护和术后连续评价延伸。相关成果具有持续临床应用基础、明确机制支撑和自主知识产权，并已进入企业工程验证和技术交易阶段，对提升老年及高风险患者围术期脑功能保护水平、促进陕西省医工协同和医疗科技成果转化具有积极意义。

四、客观评价

1. 创新性及国内外技术比较评价

科技查新围绕本项目三项主要科技创新开展了国内外公开文献系统检索与技术对比。在检索范围内，国内外未见与本项目三项查新点相同的技术组合或完整机制报道。三项查新结论分别对应围术期神经认知风险识别与精准评估、右美托咪定脑保护关键机制以及神经认知筛查与脑保护数字化辅助管理，从公开文献比较层面对项目创新性提供了直接依据。（见附件22）

从国内外相关技术发展看，围术期神经认知风险评估已涉及认知量表、生物标志物和预测模型等方法，但多数研究集中于单一评价环节或特定技术手段。本项目将动态认知评价、生物标志物辅助识别、大样本多变量预测及专用评估工具用于不同阶段的风险识别、使评价由术后异常识别进一步前移至术前风险分层，并延伸至围术期连续评估。该路径并非单一指标或单一算法的改进，而是对风险识别时点、信息维度和评估工具的连续整合；查新未检出相同技术组合的公开报道。（见附件 22）

在脑保护方面，国内外关于右美托咪定神经保护作用的研究已涉及炎症反应、氧化应激及细胞损伤等机制。本项目进一步聚焦

IP3R-GRP75-VDAC1 复合体介导的内质网—线粒体 Ca^{2+} 转运及线粒体 Ca^{2+} 稳态，将脑保护作用落实到明确的分子复合体和细胞器功能环节。科技查新未检出右美托咪定通过调控该复合体维持线粒体 Ca^{2+} 稳态用于围术期神经认知障碍脑保护的相同完整机制报道，为该项机制创新提供了公开文献比较依据。（见附件 22）

在数字化辅助管理方面，现有围术期信息化工具多以一般麻醉评估、量表记录、单项风险预测或监测信息展示为主要功能。本项目将认知筛查、风险提示、脑保护多参数监测预警和结果展示进行移动端集成，使前期形成的风险评估与脑保护方法进一步转化为可运行的数字化辅助管理工具。查新未检出与上述功能组合相同的公开报道。三项查新结果分别从风险识别、脑保护机制和数字化应用三个层面对项目主要科技创新形成相互补充的客观支撑。（见附件 22）

2. 正式验收与临床应用效益评价

项目相关脑保护研究获得省级科技计划正式验收支撑。陕西省重点研发计划项目 2022SF-264 已完成研究任务并通过验收。验收意见认为，相关右美托咪定脑保护干预可减轻围术期炎症和应激反应，降低术后谵妄及术后认知功能障碍发生，并有助于改善术后认知功能；实验研究结果亦从神经功能和学习记忆等方面提供支持。省级科技计划的正式验收，对相关研究任务完成情况及脑保护干预的实际效果给予了项目管理层面的客观确认。（见附件 18）

陕西省人民医院出具的应用证明记载，项目形成的围术期神经认知风险识别、认知功能动态评价、脑保护干预及麻醉管理技术自 2022 年 1 月 1 日起持续用于临床，截至 2024 年 8 月 1 日已连续应用超过 2 年，覆盖老年全身麻醉、全髋关节置换、胸腔镜肺叶切除等围术期神经认知高风险患者。持续临床实施使风险识别、认知评价和脑保护干预能够在围术期不同阶段相互衔接，为高风险患者的术前筛查、麻醉管理和术后认知评价形成了稳定的应用基础。（见附件 4）

正式项目验收与医院持续应用材料分别从研究效果和真实临床实施两个层面评价项目应用效益。前者对脑保护干预的研究任务完成及认知结局改善作出正式验收意见，后者记录主体技术在实际临床场景中的连续应用。两类材料相互印证，构成项目由研究验证走向临床应用的重要客观依据，也反映了相关技术在围术期神经认知高风险患者风险识别、脑保护和认知管理中的实际价值。

3. 成果转化及经济社会价值评价

项目形成的低容量自排气血液变温技术已获得国家发明专利授权，并完成企业技术许可和工程化承接。经陕西省技术合同认定，相关技术合同交易额为100万元；企业围绕样机开发、结构优化、材料与工艺适配以及温控、排气等关键功能开展工程适配和产品化验证。从专利授权到技术许可、合同认定和企业工程承接，成果转化路径清晰，形成了明确的技术交易价值和进一步产业化的工程基础。（见附件 7、14）

两项围术期神经认知与脑保护软件已完成联合研发、工程适配和功能验证，相关 APP 原型实现移动端数据录入、认知筛查、风险提示、脑保护多参数监测预警及结果展示等核心功能集成。联合研发及功能验证记录了上述功能从临床需求梳理到工程实现的过程，使项目形成的风险评估和脑保护方法进一步转化为可运行的数字化载体，为临床流程规范实施及后续推广提供了技术基础。（见附件10 、23）

项目持续临床应用、数字化研发和工程转化所形成的社会价值主要表现为围术期神经认知管理的前移与规范化。面向老年及高风险手术患者，相关技术将术前风险识别、围术期脑保护和术后认知评价贯穿于临床管理过程，并通过评估工具、数字化软件和工程技术提高方法的可实施性。项目已形成发明专利、软件著作权、技术许可和企业工程验证等多种成果载体，推动研究成果由临床研究持续向实际应用和成果转化延伸。

综合科技查新、正式项目验收、医院持续应用、国家发明专利授权、技术合同认定及企业工程验证等客观材料，本项目三项主要科技创新具有明确的国内外技术差异，主体技术具备持续临床应用基础，相关成果已进入技术交易和工程转化阶段。上述依据分别对应创新性、应用效益和经济社会价值，并在不同证据层面形成相互印证，项目的临床应用价值、成果转化价值和进一步推广潜力具有较充分的客观支撑。

五、应用情况

本项目面向老年及围术期神经认知障碍（perioperative neurocognitive disorders，PND）高风险患者，围绕风险识别、动态认知评价、脑保护干预、麻醉管理以及相关工具和工程技术开展持续应用。项目主体临床技术自2022年1月1日起在陕西省人民医院实施，相关临床实践可追溯至2019年2月；截至2024年8月1日已连续应用超过2年。随着技术完善，应用内容进一步拓展至术前辅助评估、术后认知评估、移动端辅助管理和围术期温控输注工程保障。

1. 临床主体技术持续应用

在陕西省人民医院，项目将术前风险因素识别、围术期认知功能动态评价与脑保护干预纳入老年及高风险患者麻醉管理。应用对象覆盖老年全身麻醉、全髋关节置换、胸腔镜肺叶切除等患者。既有应用资料覆盖 103 例老年全身麻醉患者的认知动态评价与风险识别，以及 397 例老年全髋关节置换患者的脑保护方案应用；2022—2023年相关技术进一步拓展至胸腔镜肺叶切除等手术场景。持续应用促进了神经认知风险识别前移，规范了术前至术后的认知评价流程，并为脑保护方案选择和围术期麻醉管理优化提供了依据（附件 4、12、18）。

2. 评估工具与数字化技术拓展应用

围绕临床风险评估需求，项目形成术前麻醉辅助评估和术后认知障碍评估两项发明专利，并开展数字化功能验证、流程适配、医学影

像处理及产品化适配。陕西兴念医疗科技有限公司自2025年1月起对术前麻醉辅助评估技术开展数据字段映射、异常指标识别、风险信息提示和系统接口适配；西安佳思诚医疗器械有限公司自2025年3月起对术后认知障碍评估技术开展医学影像数据处理、评估逻辑测试、结果展示及产品化适配。围绕两项软件形成的围术期神经认知与脑保护辅助管理 APP 原型,自2025年12月起由陕西睿熙德医疗器械有限公司参与工程适配和联合调试,已完成数据录入、认知筛查、风险提示、脑保护多参数监测预警及结果展示等核心功能集成(附件8—10、23)。

3. 工程保障技术转化应用

低容量自排气血液变温技术已由专利成果进入企业工程转化。陕西保穗医疗器械有限公司自2025年4月起依据技术转让(专利实施许可)合同开展样机开发、结构优化、材料与工艺适配、温控与排气功能验证及注册准备,推动该技术从专利方案向可制造、可验证的工程实现延伸。相关技术转让合同已完成技术合同认定。临床主体技术的持续实施与评估、数字化和工程技术的后续拓展,使项目形成了较为稳定的临床应用与成果转化基础(附件7)。

主要应用单位情况表

单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	联系人
陕西省人民医院	PND 风险识别、动态认知评价、脑保护干预及围术期麻醉管理	老年及 PND 高风险患者;覆盖老年全麻、全髋关节置换、胸腔镜肺叶切除等临床场景	2022.01—至今	张玉明
陕西保穗医疗器械有限公司	低容量自排气血液变温技术	专利技术 1 项;样机开发、结构优化、工程验证及注册准备	2025.04—至今	王龙祥

陕西兴念医疗科技有限公司	术前麻醉辅助评估方法及系统	专利技术 1 项；数字化功能验证、流程及数据接口适配	2025.01—至今	蔡文婷
西安佳思诚医疗器械有限公司	术后认知障碍评估方法及系统	专利技术 1 项；医学影像处理、评估逻辑及产品化适配	2025.03—至今	贾正红
陕西睿熙德医疗器械有限公司	围术期神经认知与脑保护数字化辅助管理	2 项软件核心功能集成；形成 1 套 APP 原型并完成联合调试与功能验证	2025.12—至今	程煜

目前，项目已形成1家完成单位的持续临床应用、1项发明专利的技术转让与企业工程承接、2项评估类发明专利的工程适配，以及2项软件核心功能集成形成的1套APP原型。应用场景涵盖围术期风险识别与认知评价、脑保护干预、术前辅助评估、术后影像辅助评估、数字化管理和温控输注工程保障，相关成果已由临床方法进一步转化为评估工具、数字化软件和工程技术。

六、主要知识产权和标准规范等目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	论文	Development and validation comparison of multiple models for perioperative neurocognitive disorders during hip arthroplasty	英国	DOI: 10.1038/s41598-025-93324-7	2025年03月19日	Sci Rep	陕西省人民医院	Wang, G（王刚）；Xie, Y（谢毅）；Bai, XR（白夏瑞）；Zhang, YM（张玉明）；Guo, J（郭姣，通讯作者）

2	论文	Dexmedetomidine protects against postoperative neurocognitive disorder by mitigating mitochondrial dysfunction through regulating the IP3R-GRP75-VDAC1 complex-mediated calcium transport	美国	DOI: 10.1007/s1025-09705-7	2025年11月06日	Immunol Res	陕西省人民医院	Huo, QF (霍奇帆); Zhang, YM (张玉明); Guo, JW (郭建伟); Jiang, YA (蒋延安); Zhao, J (赵静, 通讯作者)
3	发明专利	一种基于图像处理的术后认知障碍评估方法及系统	中国	ZL202410817630.1	2024年09月10日	第7364108号	陕西省人民医院 (陕西省临床医学研究院)	郭姣; 侯敏娜
4	论文	血清 miR-124-3p、miR-143-3p 与老年全身麻醉患者围术期神经认知紊乱的相关性	中国	DOI: 10.3969/j.issn.1002-266X.2022.22.001	2022年 (第22期)	山东医药	陕西省人民医院	霍奇帆; 张玉明; 赵静; 郭建伟 (通讯作者)
5	论文	Effects of ulinastatin combined with dexmedetomidine on cognitive dysfunction and emergence agitation in elderly patients who underwent total hip arthroplasty	美国	DOI: 10.5498/wjg.v14.i1.26	2024年01月19日	World J Psychiatry	陕西省人民医院	Huo, QF (霍奇帆); Zhu, LJ (朱利娟); Guo, JW (郭建伟); Jiang, YA (蒋延安); Zhao, J (赵静, 通讯作者)

6	发明专利	基于智慧医疗的术前麻醉辅助评估方法及系统	中国	ZL202410916841.0	2024年10月15日	第7444498号	陕西省人民医院（陕西省临床医学研究院）	赵静；马佳；宋宇龙；朱利娟；郭建伟；王亚亚；王卫博；白沈威；蒋延安
7	发明专利	一种低容量自排气血液变温器	中国	ZL202110379719.0	2023年08月04日	第6204502号	陕西省人民医院（陕西省临床医学研究院）	张玉明
8	论文	Dexmedetomidine ameliorates cognitive and affective deficits by modulating neuroinflammation and neurogenesis in an Alzheimer's disease mouse model	瑞士	DOI: 10.3389/fnagi.2025.1724739	2025年12月15日	Front Aging Neurosci	陕西省人民医院	Li, M（李麦）; An, CY（安婵媛）; Wang, X（王鑫）; Ren, MH（任明鹤）; Liu, SY（刘诗雨）; Chen, RX（陈瑞欣）; Guo, YY（郭雨嫣）; Wang, J（王君）; Fei, YL（费裕朗）; Ma, DF（马大飞）; Ma, KG（马凯歌）; Zhang, YM（张玉明，通讯作者）
9	论文	CTRP3 protects hippocampal neurons from oxygen-glucose deprivation-induced injury through the AMPK/Nrf2/ARE pathway	英国	DOI: 10.1177/0960327121989412	2021年01月27日	Hum Exp Toxicol	陕西省人民医院	Ding, H（丁慧）; Wang, Z（王臻）; Song, W（宋文英，通讯作者）

10	论文	Scutellarin alleviates cerebral ischemia/reperfusion by suppressing oxidative stress and inflammatory responses via MAPK/NF-κB pathways in rats	美国	DOI: 10.1002/tox.23645	2022年08月29日	Environ Toxicol	陕西省人民医院	Zhang, YM (张玉明); Zhang, Z (张振); Wang, J (王君); Zhang, XJ (张霞婧); Zhao, J (赵静); Bai, N (白宁); Annamalai Vijayalakshmi; Huo, QF (霍奇帆, 通讯作者)
----	----	---	----	------------------------	-------------	-----------------	---------	--

七、主要完成人情况

张玉明，副主任医师，副处长，工作单位及完成单位均为陕西省人民医院。负责项目总体技术路线设计及三项主要科技创新的组织整合；参与围术期神经认知障碍风险评估和脑保护研究；完成低容量自排气血液变温器发明专利并推进成果转化，同时统筹神经认知与脑保护数字化技术的总体设计。

宋文英，副主任医师，工作单位及完成单位均为陕西省人民医院。持续开展脑保护相关研究，负责脑保护监测指标、风险预警逻辑及功能需求设计，参与陕西省重点研发计划项目 2022SF-264 相关研究及数字化技术研发。

郭姣，副主任医师，工作单位及完成单位均为陕西省人民医院。组织开展 3292 例髋关节置换患者围术期神经认知障碍多模型预测研究；作为术后认知障碍评估发明专利第一发明人，完善术前风险预测和术后客观评估技术。

霍奇帆，主治医师，工作单位及完成单位均为陕西省人民医院。开展围术期认知动态评价及 miR-124-3p、miR-143-3p 风险识别研究；开展右美托咪定调控IP3R-GRP75-VDAC1 复合体及线粒体 Ca²⁺稳态的围术期神经认知障碍机制研究，并参与临床脑保护研究。

赵静，副主任医师，工作单位及完成单位均为陕西省人民医院。作为陕西省重点研发计划项目 2022SF-264 负责人，组织开展右美托咪定脑保护临床及动物研究；作为术前麻醉辅助评估发明专利第一发明人，推进术前风险评估技术形成。

侯辰，副主任医师，工作单位及完成单位均为陕西省人民医院。负责神经认知评价指标、筛查流程、功能交互及测试验证，参与围术期神经认知与脑保护APP 原型联合调试，推动认知评价流程向数字化辅助管理转化。

王龙祥，陕西保穗医疗器械有限公司法定代表人，工作单位及完成单位均为陕西保穗医疗器械有限公司。组织企业承接低容量自排气血液变温器专利，推进样机开发、结构优化、工程验证及产品化准备，推动专利成果向企业工程化和成果转化延伸。

八、主要完成单位及创新推广贡献

1. 陕西省人民医院

陕西省人民医院为本项目第一完成单位，围绕老年及围术期神经认知高风险患者的脑功能保护需求，组织麻醉学、临床医学、医学工程和信息技术等多学科协同攻关，统筹三项主要科技创新的形成与临床应用。单位持续开展围术期神经认知风险识别、动态认知评价和脑保护干预研究，建立量表动态评价、生物标志物识别、大样本风险预测和专用评估工具相结合的风险评估技术；围绕右美托咪定脑保护开展临床及机制研究，明确

IP3R-GRP75-VDAC1 介导的线粒体 Ca^{2+} 稳态调控作用，形成临床干预与机制支撑相结合的脑保护技术。单位组织完成术前麻醉辅助评估、术后认知障碍评估及低容量自排气血液变温器等发明

专利相关研发，推动两项围术期神经认知与脑保护软件及移动端APP原型形成。核心临床技术自2022年起持续应用，并通过省级科技计划、论文、专利和科技成果登记等形成系统成果。医院同时组织技术许可、工程适配和功能验证，推动低容量自排气血液变温器形成100万元技术合同交易额，并采用先使用后付费方式促进临床原创成果工程化转化，对项目三项科技创新的形成、临床实施和推广转化发挥了核心作用。

2. 陕西保穗医疗器械有限公司

陕西保穗医疗器械有限公司为本项目第二完成单位，主要承担主要科技创新第3项中低容量自排气血液变温技术的企业工程化与成果转化。公司依据与陕西省人民医院签订的技术转让（专利实施许可）合同，自2025年4月起围绕低容量、自排气、变温和安全输注等核心技术开展样机开发、结构优化、材料与制造工艺适配、关键部件选型、温控及排气功能验证，并结合医疗器械产品开发要求推进临床前模拟和注册路径准备。围绕产品应用场景，公司对30余家医院开展需求调研，根据临床和市场反馈持续优化模块化设计及工程参数，推动专利成果由结构设计向可制造、可验证的工程产品转化。公司参与先使用后付费成果转化实践，相关专利技术合同经认定交易额100万元，在降低早期工程化承接风险、促进医院原创技术向企业产品开发转化方面发挥了直接作用，并为项目工程保障技术的产品化、市场验证和后续推广提供了企业实施基础。

九、完成人合作关系说明

第1完成人张玉明与第2至第7完成人宋文英、郭姣、霍奇帆、赵静、侯辰、王龙祥，围绕《围术期脑功能保护与神经认知障碍精准防控关键技术及应用》，通过科研项目协作、论文合著、数字化技术联合研发及成果工程转化，形成了覆盖风险识别与认知评价、脑保护干预及机制研究、数字化辅助管理和工程转化的合作网络。

在临床与机制研究方面，宋文英、霍奇帆、赵静共同参与陕西省重点研发计划项目 2022SF-264，围绕围术期认知评价和右美托咪定脑保护开展协作（附件18）。霍奇帆、张玉明、赵静共同完成围术期神经认知障碍生物标志物研究（附件11），霍奇帆、赵静共同开展397例老年全髋关节置换患者围术期脑保护临床研究（附件12）；其后霍奇帆、张玉明、赵静进一步围绕IP3R-GRP75-VDAC1 复合体介导的线粒体Ca²⁺稳态开展PND 脑保护机制研究（附件2）。张玉明与郭姣共同开展3292例髋关节置换患者围术期神经认知障碍多模型预测研究（附件1）。

在数字化技术研发方面，张玉明、宋文英、侯辰共同参与两项围术期神经认知与脑保护软件的临床需求梳理、功能设计、测试验证及迭代优化， 并与企业完成工程化适配、联合调试和APP原型功能验证（附件10、附件23）。附件6科技成果登记证书列明张玉明、宋文英、郭姣、霍奇帆、赵静、侯辰为成果完成人，进一步佐证核心研发团队的共同完成关系。

第7完成人王龙祥为陕西保穗医疗器械有限公司法定代表人及项目联系人，与第1完成人张玉明围绕发明专利《一种低容量自排气血液变温器》开展专利实施许可、样机开发、结构优化、工

程验证及成果转化合作，推动该项技术由授权专利向企业工程化实施延伸（附件7）。具体合作关系及证明材料详见《完成人合作关系情况汇总表》。