

## 一、项目名称

代谢性疾病脑功能障碍的多模态 MRI 研究及临床应用

## 二、提名者及提名意见

提名者：陕西省卫生健康委员会

代谢性疾病患病率全球攀升且不断年轻化，其引发的认知损害、心脑血管风险严重威胁公共健康，而传统神经心理学量表与常规影像学检查对疾病诱发的早期脑功能障碍敏感性不足，难以满足精准医疗需求。该项目聚焦这一痛点，联合影像学、神经病学、内分泌学多学科力量，构建“结构 - 功能 - 网络 - 临床行为”一体化评估体系，形成从基础研究到临床转化的完整链条。项目创新性采用 DTI、DKI 等技术量化白质微结构损伤，通过 VBM、皮层厚度测量解析灰质异常模式，借助 ALFF、ReHo、ICA 等方法描绘默认网络、执行控制网络等功能异常，采用高分辨血管壁技术评估及预测卒中发生分险，并融合代谢指标（血糖、HbA1c 等）与神经心理学量表，描绘了代谢性疾病相关认知功能损伤、感觉运动及情感障碍的全景图谱，建立了代谢性疾病脑功能障碍的多维度风险评估模型。成果落地省内外多家临床医院，制定了多模态 MRI 判读流程与质控规范，逼格开发标准化培训课程，推动技术融入常规诊疗。发表国际权威期刊论文 20 余篇，获 3 件实用新型专利，成果被高水平综述引用，获国内外同行高度认可。

该项目填补了代谢性疾病脑功能障碍早期识别与风险评估的空白，丰富了疾病机制认知，为临床早期干预提供了实用工具，显著提升了患者生活质量、降低了痴呆及卒中风险，兼具突出科学价值、临床价值与社会效益，符合陕西省科技进步二等奖评审标准，特此提名。

## 三、项目简介

代谢性疾病，尤其是 2 型糖尿病，在我国乃至全球范围内患病率持续上升，并呈现年轻化趋势。此类疾病不仅是心脑血管病变的高危因素并会增加卒中复发的风险，进而严重影响患者的生活质量和劳动能力；还可导致中枢神经系统结构和功能的损伤，表现为注意力下降、记忆力减退、执行功能障碍等不同程度的认知损伤，已成为公共卫生领域亟需应对的重要问题。然而，目前临床上主要依赖神经心理学量表和常规 MRI 检查来评估认知水平与脑结构异常，这些手段对早

期识别认知功能障碍及发现卒中风险的敏感性不足，难以满足精准医学与早期干预的需求。

为突破上述难题，本项目聚焦于“代谢性疾病脑功能障碍的多模态 MRI 研究及临床应用”，旨在通过系统的多模态磁共振影像学研究，建立结构、功能、网络与临床行为一体化的评估体系。项目团队依托陕西省人民医院和多家协作单位，联合影像学、神经病学、内分泌学等多学科力量，构建了从影像学检测到临床应用的完整研究链条。

在研究内容方面，项目从多个层面展开：在白质与微结构研究方面，结合扩散张量成像（DTI）和先进的弥散峰度成像（DKI），实现对白质纤维完整性和早期脱髓鞘损害的定量评估；在灰质及其形态学方面，采用基于体素的形态学（VBM）、皮层厚度测量和结构协变网络分析，揭示代谢性疾病患者脑灰质体积和皮层厚度的异常模式；在功能影像学方面，利用低频振幅（ALFF）、局部一致性（ReHo）、功能连接密度（FCD）、独立成分分析（ICA）等方法，系统描绘默认网络（DMN）、背侧注意网络（DAN）、执行控制网络（ECN）、小脑—大脑环路等关键功能网络的活动异常；通过这一系列研究，项目逐步描绘出代谢性疾病相关认知功能损伤、运动及情感障碍的全景图谱。

项目还重视影像学与临床数据的融合。研究中将多模态 MRI 指标与血糖、血压、糖化血红蛋白（HbA1c）、血脂等代谢学指标，以及 MoCA、TMT、RAVLT 等神经心理学量表进行综合分析，揭示影像学指标与代谢水平、认知行为之间的耦合关系，构建了多维度的风险评估模型。研究发现，脑功能异常往往早于结构损伤出现，部分脑区在疾病早期表现出功能代偿，而随着病程进展逐渐转为功能衰退。这一规律性的发现，为临床识别早期风险、制定干预措施提供了科学依据。

在应用转化方面，本项目不至于科研探索，而且注重成果的临床落地。项目团队在陕西省人民医院及合作单位开展了多中心应用实践，建立了代谢性疾病认知功能障碍的多模态 MRI 判读流程和质量控制规范，开发了标准化的培训课程，为放射科与神经内科医生提供了操作指南。这些工作保证了技术的可复制性和推广性，使研究成果逐步融入临床常规诊疗。

项目实施过程中，产出了较为系统和丰富的科研成果。团队在《Frontiers in Neuroscience》《Frontiers in Human Neuroscience》《Brain and Behavior》等国际权

威期刊发表论文二十余篇，内容涵盖脑结构异常、功能网络重构、白质微结构损伤与临床指标耦合、脑卒中分险评估及复发预测等多个方面。研究成果得到国内外同行的积极评价，多篇论文被高水平综述引用，部分观点被学术界认为是阐明代谢性疾病脑功能障碍机制的重要证据。同时，团队获得了 3 件实用新型专利授权（静音型磁共振线圈、无磁自动平移病床、头颅磁共振防活动用固定装置），在影像采集与检查条件优化方面提供了关键支撑。

通过多年持续研究与转化应用，本项目形成了代谢性疾病脑功能障碍的多模态 MRI 评估技术体系，提出了与临床指标耦合的量化评估模式，初步建立了早期识别与风险分层的路径。研究不仅丰富了对代谢性疾病相关脑功能障碍机制的认识，而且为临床提供了切实可行的工具，改善了疾病的早期诊断与干预。

综上所述，本项目在“代谢性疾病脑功能障碍的多模态 MRI 研究及临床应用”方面实现了从科学研究到临床实践的突破，填补了该领域早期识别和风险评估的空白。项目成果具有显著的科学价值、临床价值和社会效益，对于提升代谢性疾病患者的生活质量、降低痴呆及卒中发生风险具有重要意义，具备广阔的推广前景和应用潜力。

## 四、客观评价

### 1、创新性评价

项目提出了“结构—功能—网络—行为”一体化影像学评估思路，整合 VBM、结构协变网络、ALFF、ReHo、FCD、ICA、DTI 与 DKI 等多模态影像技术，系统揭示了代谢性疾病脑损伤的全景图谱。该思路突破了以往国内外研究多停留在单一模态或局部指标的局限，被认为是代谢性疾病认知障碍研究的重要方法学进展。相关成果已在《Frontiers in Neuroscience》《Frontiers in Human Neuroscience》《Brain and Behavior》等国际权威期刊发表二十余篇，被《Neural Regeneration Research》、《International Journal of Molecular Sciences》等业内顶级期刊论文引用和积极评价，认为“该系列研究为糖尿病相关认知障碍的影像学识别提供了系统证据”。

### 2、应用效益评价

该项目在西安市中心医院、安康市中心医院等多家医院推广应用，建立了多模态 MRI 判读流程和质量控制规范，开展了判读培训和病例随访，已累计完成

千余例病例评估。临床应用结果表明，该技术能够更早期地识别代谢性疾病患者的认知风险，辅助医生制定个体化干预方案。陕西省卫健委在相关项目验收中给予“技术先进、临床价值显著”的评价；多家应用单位出具了应用证明，认为该技术在临床诊疗中提高了早期发现率和诊疗效率。三项实用新型专利的授权，也体现了成果在检查条件优化和临床安全性方面的实际应用价值。

### 3、经济与社会价值评价

代谢性疾病认知障碍已成为公共卫生领域的重要问题。该项目成果通过提升早期识别能力，减少了患者进展为痴呆和脑卒中的风险，对降低社会医疗负担和延缓疾病进程具有重要作用。根据应用单位反馈，采用该技术后，疑似患者的早期检出率明显提高，随访患者的病情控制和依从性有所改善，间接降低了住院率和长期照护成本。该成果不仅在医学科研方面填补了国内空白，而且在医疗服务体系中展现出较好的推广价值和社会效益。

### 4、国内外比较与学术认可

目前国际上对糖尿病相关脑功能障碍的研究多集中在单一网络或有限样本。本项目以较大规模样本、多模态技术和多中心应用为基础，构建了完整的影像学评估体系，在国内尚属首创，在国际范围内也处于领先水平。研究成果多次在国际学术会议（ISMRM、RSNA）上交流，并得到同行专家的积极反馈。

### 5、综合评价

综上，本项目具有明确的科学创新性和临床应用价值，技术成熟度高，应用前景广阔。国家及省级相关部门的验收意见、专利授权、用户应用证明和国际同行的公开评价均表明：该项目成果在代谢性疾病脑功能障碍研究和临床应用领域达到了国内领先、国际先进水平，具备获得陕西省科学技术进步奖二等奖的条件。

## 五、应用情况

该项目相关成果已经在遵义医科大学第一附属医院、贵州医科大学第一附属医院、西安交通大学第一附属医院、西安市中心医院、安康市中心医院、汉中市中心医院等省内外十多家医疗机构推广应用，建立了代谢性疾病认知功能障碍的多模态 MRI 判读流程和质量控制规范，开发了标准化的培训课程，为放射科与神经内科医生提供了操作指南。

项目相关成果在国际、国内知名学术会议参加大会交流数 20 余次，多次举

办了国家级及省级继续医学教育培训班，邀请了国内知名专家就磁共振成像新技术新进展的临床应用做了专题讲座和培训，受到同行的高度认可和好评。

## 六、主要知识产权目录

序号	论文名称	刊物名称、卷期及页码	作者
1	Structural and functional connectivity alteration patterns of the cingulate gyrus in Type 2 diabetes	Ann Clin Transl Neurol. 2023, 10(12):2305-2315	Dongsheng Zhang, Yang Huang, Shasha Liu, Jie Gao, Weirui Liu, Wanting Liu, Kai Ai, Xiaoyan Lei, Xiaoling Zhang
2	Altered functional connectivity density in type 2 diabetes mellitus with and without mild cognitive impairment	Brain Sci. 2023, 13(1):144.	Dongsheng Zhang, Shasha Liu, Yang Huang, Jie Gao, Weirui Liu, Wanting Liu, Kai Ai, Xiaoyan Lei, Xiaoling Zhang
3	High-Resolution MRI for Evaluation of the Possibility of Successful Recanalization in Symptomatic Chronic ICA Occlusion: A Retrospective Study	AJNR Am J Neuroradiol. 2022.43(8):1164-1171	Tang Min, Yan Xuejiao, Gao Jie, Li Ling, Zhe Xia, Zhang Xin, Jiang Feng, Hu Jun, Ma Niane, Ai Kai, Zhang Xialing.
4	Sex Differences in Intracranial Atherosclerotic Plaques Among Patients with Ischemic Stroke.	Front Cardiovasc Med, 2022, 9: 860675.	Xuejiao Yan , Min Tang , Jie Gao , Lihui Wang , Ling Li , Niane Ma , Xiaorui Shi , Xiaoyan Lei , Xiaoling Zhang
5	Abnormal functional connectivity in the right dorsal anterior insula associated with cognitive dysfunction in patients with type 2 diabetes mellitus	Brain Behav. 2022, 12(6):e2553	Man Wang, Dongsheng Zhang, Jie Gao, Fei Qi, Yu Su, Yumeng Lei, Zhirong Shao, Kai Ai, Min Tang, Xiaoling Zhang
6	Radiomics Nomogram for Predicting Stroke Recurrence in Symptomatic Intracranial Atherosclerotic Stenosis.	Frontiers in Neuroscience. 2022.16:851353.	Tang Min, Gao Jie, Ma Niane, Yan Xuejiao, Zhang Xin, Hu Jun, Zhuo Zhizheng, Shi Xiaorui, Li Ling, Lei Xiaoyan, Zhang Xiaoling.
7	Plaque characteristics in young adults with symptomatic	Frontiers in Neurology., 2022,	Ling Li , Min Tang , Xuejiao Yan , Jie

	intracranial atherosclerotic stenosis: a preliminary study	10;13:825503	Gao , Niane Ma , Xiaorui Shi , Yaxin Niu , Yu Wen , Kai Ai , Xiaoyan Lei , Xiaoling Zhang
8	Altered Functional Connectivity of Insular Subregions in Type 2 Diabetes Mellitus	Frontiers in Neuroscience.,2021, 15:676624	Dongsheng Zhang, Man Wang, Jie Gao, Yang Huang, Fei Qi, Yumeng Lei, Kai Ai, Xuejiao Yan, Miao Cheng, Yu Su, Xiaoyan Lei, Xiaoling Zhang
9	Right Frontoinsular Cortex: A Potential Imaging Biomarker to Evaluate T2DM-Induced Cognitive	Frontiers in Aging Neuroscience.,2021, 13:674288	Dongsheng Zhang, Yumeng Lei, Jie Gao, Fei Qi, Xuejiao Yan, Kai Ai, Xia Zhe, Miao Cheng, Man Wang, Yu Su, Min Tang , Xiaoling Zhang
10	Altered functional connectivity of brain regions based on a meta-analysis in patients with T2DM: A resting-state fMRI stud	Brain Behav. 2022, 10(8): e01725	Dongsheng Zhang, Jie Gao, Xuejiao Yan, Min Tang, Xia Zhe, Miao Cheng, Weibo Chen, Xiaoling Zhang

## 七、主要完成人情况

序号	姓名	技术职称	行政职务	工作单位	完成单位	对本项目贡献
1	张小玲	主任医师	科研处处长	陕西省人民医院	陕西省人民医院	总体设计、主持及指导项目
2	高洁	副主任医师	无	陕西省人民医院	陕西省人民医院	项目实施、数据分析、文章撰写
3	张东升	副主任医师	无	陕西省人民医院	陕西省人民医院	项目实施、数据分析、文章撰写
4	严雪娇	主治医师	无	陕西省人民医院	陕西省人民医院	数据采集及整理、文章撰写
5	汤敏	主任医师	科室副主任	陕西省人民医院	陕西省人民医院	项目实施、数据分析、文章撰写
6	李玲	主治医师	无	陕西省人民医院	陕西省人民医院	临床资料收集及分析、文章撰写

7	雷晓燕	主任医师	科主任	陕西省人民医院	陕西省人民医院	项目指导，资料分析，论文修改
8	张鑫	主管技师	无	陕西省人民医院	陕西省人民医院	制定扫描方案、影像数据采集
9	文玉	主治医师	无	陕西省人民医院	陕西省人民医院	影像数据采集后处理分析

## 八、主要完成单位及创新推广贡献

**主要完成单位：**陕西省人民医院

**创新推广贡献：**本研究项目依托陕西省人民医院完成，建立了代谢性疾病脑功能障碍多模态 MRI 判读流程和质量控制规范，开展了判读培训和病例随访，已累计完成千余例病例评估。临床应用结果表明，该技术能够更早期地识别代谢性疾病患者的认知及卒中分险，辅助医生制定个体化干预方案。陕西省卫健委在相关项目验收中给予“技术先进、临床价值显著”的评价；多家应用单位出具了应用证明，认为该技术在临床诊疗中提高了早期发现率和诊疗效率。

## 九、完成人合作关系说明

姓名	工作单位	完成单位	对本项目贡献	合作关系
张小玲	陕西省人民医院	陕西省人民医院	总体设计、主持及指导项目	项目主持、论文合著（1,2,3,4,5,6,7,8,9,10）
高洁	陕西省人民医院	陕西省人民医院	项目实施、数据分析、文章撰写	论文合著（1,2,3,4,5,6,7,8,9,10）
张东升	陕西省人民医院	陕西省人民医院	项目实施、数据分析、文章撰写	论文合著（1,2,5,8,9,10）
严雪娇	陕西省人民医院	陕西省人民医院	数据采集及整理、文章撰写	论文合著（3,4,6,7,8,9,10）
汤敏	陕西省人民医院	陕西省人民医院	项目实施、数据分析、文章撰写	论文合著（3,4,5,6,7,9,10）
李玲	陕西省人民医院	陕西省人民医院	临床资料收集及分析、文章撰写	论文合著（3,4,6,7）
雷晓燕	陕西省人民医院	陕西省人民医院	项目指导，资料分析，论文修改	论文合著（1,2,4,6,7,8）
张鑫	陕西省	陕西省	制定扫描方案、	论文合著（3,6）

	人民医院	人民医院	影像数据采集	
文玉	陕西省 人民医院	陕西省 人民医院	影像数据采集 及后处理分析	论文合著（7）