

Relying on innovation to cultivate undergraduate research abilities—taking the project “Exploring the neural circuit characteristics of suicidal behavior in bipolar disorder based on MRI” as an example

Zhilu Chen¹ Shui Tian^{2*}

1. Nanjing Medical University Affiliated Brain Hospital, Nanjing, Jiangsu, 210029, China
2. The First Clinical Medical College of Nanjing Medical University, Nanjing, Jiangsu, 210029, China

Abstract

The College Student Innovation and Entrepreneurship Training Program (Dachuang) is an important platform for enhancing undergraduate students' research and innovation abilities. This article takes the project “Exploring the Neural Loop Characteristics of Suicidal Behavior in Bipolar Disorder Based on MRI” as an example to systematically explore the multidimensional role of Da Chuang in cultivating undergraduate research thinking, practical ability, and team collaboration. A set of “clinical problem driven neuroscience exploration research feedback teaching” undergraduate research ability training model is constructed. By analyzing the process of project design, implementation, and achievement transformation, we summarize the effective path of Da Chuang in cultivating the research ability of medical undergraduate students, especially in the early cultivation of talents in technology intensive fields such as mental illness imaging research, which has demonstrative value and provides reference for similar universities.

Keywords

Dachuang Program; scientific research ability of undergraduate students; medical imaging

依托大创培养本科生科研能力——以“基于MRI探究双相障碍自杀行为的神经环路特征”项目为例

陈志璐¹ 田水^{2*}

1. 南京医科大学附属脑科医院, 中国·江苏南京 210029
2. 南京医科大学第一临床医学院, 中国·江苏南京 210029

摘要

大学生创新创业训练计划(大创)是提升本科生科研创新能力的重要平台。本文以“基于MRI探究双相障碍自杀行为的神经环路特征”项目为例,系统探讨大创在培养本科生科研思维、实践能力及团队协作中的多维作用,构建了一套“临床问题驱动—神经科学探索—科研反哺教学”的本科生科研能力培养模式。通过剖析项目设计、实施与成果转化过程,总结大创对医学本科生科研能力培养的有效路径,特别是在精神疾病影像学研究这类技术密集型领域的人才早期培养方面具有示范价值,为同类院校提供参考。

关键词

大创项目; 本科生科研能力; 医学影像

1 引言

随着“新医科”教育理念的推进,本科生科研创新能

力培养已成为高等医学教育改革的核心议题之一^[1]。大学生创新创业训练计划(以下简称大创)可作为教育部“卓越医生教育培养计划2.0”的重要载体,有助于培育医学生临床科研潜质,拓展学生国际视野,为早期接触科研提供实践平台。

【基金项目】国家自然科学基金(项目编号: 82401788); 大学生创新创业训练计划(项目编号: JX10227001202213)。

【作者简介】陈志璐(1993-),女,中国山西临汾人,博士,主治医师,从事心境障碍的昼夜节律发病机制研究。

【通讯作者】田水(1993-),男,中国山东菏泽人,博士,讲师,从事神经影像数据挖掘,人工智能研究。

双相障碍作为高自杀风险的重性精神疾病,30%~50%的成年患者在其一生中曾试图自杀,5%~20%的患者完成自杀^[2],患者大脑前额叶-边缘系统神经环路的功能连接异常是其功能核磁共振(functional magnetic resonance imaging,

fMRI) 典型特征^[3], 特别是默认模式网络与突显网络的异常协同, 可能通过影响情绪调控与决策功能导致自杀行为^[4]。然而, 现有研究多聚焦于疾病诊断, 对自杀这一致死性行为的特异性神经标记仍存在知识空白。其神经环路机制研究涉及医学影像学、精神病学与生物信息学的深度交叉, 为本科生科研项目提供了创新切入点, 既符合临床需求, 又具有科学探索价值。

相较于传统实验课程, 大创项目通过全程“导师制+自主探究”模式更有效培养科研核心素养。以贵州省为例, 2016—2021年省大创立项和发表核心期刊论文数量之间基本稳定, 说明大创立项对于本科生的科研能力培养是直接有效的^[5]。无独有偶, 北京某“双一流”高校学生为例, 证实创新创业训练计划能够在科研管理等层面选拔出具备科研能力的本科生^[6]。项目遵循临床问题→文献梳理→实验设计→数据分析→成果转化的科研链条, 在实施过程中, 以培养学生科研能力为导向, 引导学生构建整体知识体系, 注重培养严谨的科学态度、科学的统计方法, 以及敢于创新的思维方式。

2 项目设计与实施

2.1 项目团队构建

学生来自南京某医科大学, 学生描述如下: 学生1, 大三, 精神病与精神卫生学, 对科研充满兴趣, 有一定的基础, 成绩优异, 情绪稳定, 有责任心; 学生2, 大三, 精神病与精神卫生学, 做事认真负责, 有持续的耐心, 擅长学习新的知识技能, 能合理规划工作与学习, 对于精神卫生专业及本项目兴趣浓厚, 目标专一; 学生3, 医学影像诊断学, 爱思考, 逻辑能力强, 有一定的计算机基础。高中时期曾获得数学竞赛国家级三等奖和化学竞赛省级二等奖; 学生4, 大三, 临床医学, 勤奋刻苦, 能耐得住寂寞, 做事专一有条理, 为人随和, 能友好交流; 学生5, 大二, 生物统计学, 成绩优秀, 大一上院排名40/436, 核心排名31/436, 学习过编程, 对python较为熟悉, 参加过相关比赛。实施过程中学生根据自身所长, 团队合作分工如表1所示。

指导教师为精神病和精神卫生学以及神经影像学领域老师, 详细信息见作者简介。

表1 项目实施过程学生分工表

成员分工	任务	调查问卷设计、收集及分析	神经影像数据分析	结果汇报答辩及ppt制作	早期预警模型的构建	其他
学生1	参与	参与	参与	负责	负责	
学生2	参与	负责	参与	参与	参与	参与
学生3	负责	参与	参与	参与	参与	参与
学生4	参与	参与	参与	参与	参与	参与
学生5	参与	参与	负责	参与	参与	参与

2.2 项目实施和科研能力培养路径

项目研究目标为: 明确双相障碍自杀行为前额叶-边

缘系统神经环路的局部神经活动强度、神经环路结构连接强度、功能连接强度等神经影像学特征; 基于神经影像学特征构建自杀行为早期预警模型。

实施过程进阶式分为三个阶段, 即文献调研与方案设计、数据采集和分析、成果转化与学术交流阶段。在文献调研与方案设计阶段(0~2月), 组织学生参加南京某脑科医院领域专家科研组会和门诊跟诊, 重点观察双相障碍患者的情感波动与自杀风险评估过程; 根据项目书以及导师引导下将临床问题转化并聚焦一个科学问题, “双相障碍自杀行为的前额叶-边缘系统神经环路特征有哪些?”; 开展文献阅读和交流会, 阅读100余篇并精读10篇高影响力论文, 学习神经环路研究范式。学生通过PubMed、CNKI等数据库系统检索文献, 完成综述撰写以及研究方案设计, 根据预实验结果提出2~3个可验证的科研假说。此阶段着重培养临床问题转化科学研究的思维。

数据采集和分析阶段(3~6月), 在既往已完成MRI和临床评估数据基础上, 学生采用“微实验室”或“结对子”模式分步掌握标准化数据收集和MRI分析技术。导师所在课题组已在精神疾病的神经影像机制领域钻研近20年, 项目本科生根据课题组数据收集标准化流程, 从“结对子”跟随观察到可在导师陪同下独立完成数据收集数例。MRI分析技术分为结构像分析模块、功能像分析模块、神经环路高阶特征分析以及人工智能模型构建模块, 采用“微实验室”模式, 导师、项目成员以及导师所在课题组研究生组成微型实验室完成每个模块的学习和实践。该阶段重点提升多模态影像处理能力, 受训学生均可独立完成数据基础分析。

成果转化与学术交流阶段(7~12月), 项目成员每3周或阶段性汇报工作进展, 讨论分析结果以及存在的问题, 通过“逆向溯源法”引导学生思考“为什么前额叶与边缘系统的功能连接异常可能影响情绪调控及自杀行为”; 学生根据实验结果再次检索文献, 完成论文写作和参加组会交流。目前, 学生已完成研究论文3篇, 参加组会交流10余次。此阶段系统培养规范化学术写作以及表达能力。

3 成效与反思

3.1 教学创新点

构建“临床问题驱动—神经科学探索—科研反哺教学”的闭环培养模式。传统本科生科研训练常停留于技术操作层面, 本项目创新性地建立闭环式教学培养模式。类似于PBL教学模式^[7], 以大创课题为问题, 学生围绕问题独立查阅资料, 寻找方法、解决问题, 但问题不像以往课程内容, 更聚焦领域内热点和前沿, 不仅培养学生自主学习能力, 更注重科研思维和创新能力。本项目闭环培养模式促进同学以项目为基础的分析技术整合能力逐渐增强, 并得到实践验证。

创建“精神卫生—医学影像—人工智能”交叉学科训

练体系。项目需整合精神病学临床症状评估与神经影像学特征并应用人工智能算法构建识别模型，团队成员各具专业优势，完成项目需突破单一专业或学科局限，在基础层面，精神病与精神卫生学专业大学生掌握临床维度量表的评估，医学影像诊断学专业学生提供基础的多参数MRI数据采集与预处理；在进阶层面，团队成员共同梳理最新文献并学习神经影像较为先进的动态功能连接、独立成分分析等前沿方法；在创新层面，团队成员以神经环路特征引入机器学习人工智能算法，构建自杀行为预测模型。项目独创“阶梯式教学方法”，将项目分解为“基础—高阶—创新”三个阶段，引导学生自主进阶学习。

实施“伦理—科研诚信”双轨制教学。针对脑科学研究特殊性，学生需完成被试知情同意书设计、数据匿名化处理等训练；神经影像分析结果需进行重复性检验，要求每次分析经过Bootstrap验证或多重比较校正，培养学生严谨的科研思维；借鉴“错例教学法”，展示研究中的图像质量欠佳案例，强化质量控制意识。通过严格的伦理申请和科研诚信，提高学生学术道德素养。

3.2 教学示范意义

本文以具体大创项目为例，系统阐述实施过程以及“临床问题驱动—神经科学探索—科研反哺教学”培养模式，有助于提升本科生科研能力。基于文献数据库，学生查阅文献自主学习构建自杀行为神经机制的知识框架，实现从“被动学习”转向“主动探究”，掌握“假设—验证”科研逻辑，文献综述能力显著提高。通过项目的实施，学生可掌握分析工具包处理神经影像数据，技术应用能力有所突破。完成从项目书撰写到会议汇报的全流程训练，学术表达能力及项目管理能力得到体现。这证实了大创在转化医学人才培养中的有效性。

3.3 问题与改进

本科生跨学科知识衔接断层显现，如学生无法理解神经环路功能连接矩阵的拓扑属性需稀疏处理，深层原因可能是神经影像学和计算神经科学知识匮乏。需要加强“导师—研究生—本科生”传帮带机制，同时拟在校申请开设“神经影像学前沿”选修课，辐射全校对该领域有兴趣同学。

出现进度管控失效现象，如数据分析在原定计划之上可能延误2周甚至更多。背后的原因是医学生课程较为繁重，尤其考试周，学生复习压力大。需实施“甘特图”，区分学术任务周期与课程日程，合理规划项目进展；同时建立“AB角制度”，两人协作保证项目进度。

成果转化率低，MRI数据采集后，从分析到成文再到投稿，周期长。原因可能是现在科研发展快，投稿质量要求高，且周期长。未来需加强过程要求，尽管在成果转化中学生受益受限，强化项目执行过程中对学生科研能力的培养，使学生在研究生阶段甚至终身受益。此外加强与外部团队合作，优化成果转化进程。

4 结论

本研究依托大创项目为实践案例，构建了一套“临床问题驱动—神经科学探索—科研反哺教学”的本科生科研能力培养模式。通过真实科研任务驱动，有效提升了本科生的科研素养。未来需进一步优化跨学科协作模式，加强过程管理，以培养更多创新型医学人才。

参考文献

- [1] 许维恒, 王彦, 解方园. 医科院校如何依托科研训练培养本科生的科研创新能力[J]. 西部素质教育, 2025,11(03):19-22.
- [2] Oliva V, Fico G, De Prisco M, et al. Bipolar disorders: an update on critical aspects[J]. Lancet Reg Health Eur, 2025,48:101135.
- [3] Carvalho A F, Firth J, Vieta E. Bipolar Disorder[J]. N Engl J Med, 2020,383(1):58-66.
- [4] Wei X, Shao J, Wang H, et al. Individual suicide risk factors with resting-state brain functional connectivity patterns in bipolar disorder patients based on latent Dirichlet allocation model[J]. Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry, 2024,135:111117.
- [5] 李莹莹, 狄思思, 杨凤娇. 贵州省大学生创新创业项目的文献计量研究与思考[J]. 大众文艺, 2022(11):122-124.
- [6] 曹淑江, 唐骏瑶, 顾嘉颖. 创新创业训练计划能否选拔出具备科研能力的本科生——基于某“双一流”高校的实证分析[J]. 创新与创业教育, 2025,16(01):1-11.
- [7] 田玲芳. 基于PBL的数字化教学模式的研究[D]. 云南大学, 2019.