Global Science Publishing

将神经影像学融入精神医学教学——基于医学教育改革的探索

杨家诚[1]，唐云翔[2]，程祺[3]，蔡文鹏[2]
1. 中国人民解放军海军军医大学第一附属医院，上海200433；
2. 中国人民解放军海军军医大学心理系，上海200433；
3. 联勤保障部队904医院常州医疗区，江苏常州213000
DOI:10.62836/medicine.v3i5.1462

摘要：随着脑科学、人工智能及医学影像技术的发展，神经影像学已成为研究精神疾病神经生物学机制、探索生物标志物及辅助临床评估的重要工具。结构磁共振成像（*MRI*）、功能磁共振成像（*fMRI*）、弥散张量成像（*DTI*）及正电子发射断层显像（*PET*）等技术不断用于精神分裂症、抑郁障碍、双相情感障碍及认知障碍等疾病研究，推动精神医学由单一脑区向脑网络和神经环路层面发展。与研究进展相比，神经影像学在精神医学教学中的系统应用仍较有限。本文综述神经影像学在精神疾病中的应用及教学价值，分析当前教学中课程体系、知识衔接、师资资源、教学模式及评价体系等方面的问题，并从分层课程、“理论—影像—病例”一体化教学、主动学习、数字化与人工智能辅助教学及多维评价等方面总结实施路径，进一步展望多模态影像、人工智能和多学科协同在精神医学教学中的应用，为相关课程改革提供参考。

关键词：神经影像学；精神医学；医学教育；教学改革；课程建设

The Integration of Neuroimaging into Psychiatric Education A Medical Education Reform–Oriented Inquiry

Jiacheng Yang[1], Yunxiang Tang[2], Qi Cheng[3], WenPeng Cai[2]
1.The First Affiliated Hospital of Naval Medical University, PLA, 200433, Shanghai;
2.Department of Psychology, Naval Medical University, PLA, 200433, Shanghai;
3.Changzhou Medical District, No. 904 Hospital of the Joint Logistics Support Force, Changzhou 213000, Jiangsu

Abstract: With the rapid development of neuroscience, artificial intelligence, and medical imaging, neuroimaging has become an important tool for studying the neurobiological mechanisms of psychiatric disorders, exploring biomarkers, and assisting clinical assessment. Structural MRI, functional MRI, diffusion tensor imaging, and PET are increasingly used in research on schizophrenia, depressive disorders, bipolar disorder, and cognitive disorders. However, the systematic integration of neuroimaging into psychiatric education remains limited. This review summarizes the applications and educational value of neuroimaging in psychiatry, analyzes current problems in

*作者简介：杨家诚，男，汉族，1995年3月生，硕士，海军军医大学第一附属医院放射诊断科医师、助教。国家三级心理咨询师。主要从事人工智能与影像诊断的教学和研究。参与国家级课题2项，参编出版教材1部，发表学术论文1篇。
通讯作者：蔡文鹏，男，汉族，1990年9月生，博士，海军军医大学心理系副教授，Email:wpcai@smmu.edu.cn。

curriculum design, knowledge integration, faculty and resources, teaching methods, and assessment, and discusses implementation pathways including tiered curricula, theory–imaging–case integration, active learning, digital and AI-assisted teaching, and multidimensional assessment. The application of multimodal imaging, artificial intelligence and multidisciplinary collaboration in psychiatric teaching is further prospected to provide reference for relevant curriculum reform.

Keywords: neuroimaging; psychiatry; medical education; educational reform; curriculum development

1 引言

精神医学以脑科学和神经科学为重要基础，同时综合心理及社会因素，主要涉及精神分裂症、抑郁障碍、双相情感障碍、焦虑障碍及认知障碍等疾病。长期以来，精神疾病诊断主要依据临床症状、病程及功能损害，并参照相关诊断分类体系。现有诊断体系具有较好的临床可操作性，但总体仍属于以症状和临床表型为基础的描述性分类体系，尚缺乏可广泛应用于临床的特异性生物学指标[1]。因此，将神经生物学研究成果与临床识别和诊疗相结合，是现代精神医学发展的重要问题。

随着脑科学、精准医学和人类连接组研究发展，MRI、fMRI、DTI及PET可从脑结构、功能、白质连接和代谢等层面揭示精神疾病特征[2]。连接组研究进一步推动研究视角由单一脑区转向脑网络和神经环路，并为客观影像特征和精准精神医学研究提供新思路[3]。这些研究也为基于客观脑影像特征开展精准精神医学研究提供了新思路[4]。神经影像学的价值也逐步拓展至临床辅助评估、疗效预测、预后研究及器质性疾病鉴别。精神科医师掌握基本神经影像知识的必要性随之增加。

与研究和临床应用相比，神经影像学在精神医学教育中的系统应用仍不足。调查显示，83%的美国精神科住院医师认为神经影像学教育重要，但仅少数认为现有培训充分，多数希望建立正式课程[5]；相关课程实践也提示，神经影像教学有助于理解功能神经解剖、脑影像和神经科学知识[6]。不同培训机构在课程设置、师资和资源方面仍存在差异[7]。我国“新医科”建设强调医学教育与信息技术及多学科融合[8]，将神经影像学适当融入精神医学教学，有助于学生建立“脑—行为—疾病”整体思维，提高临床影像分析和跨学科综合能力。

2 神经影像学在精神疾病中的应用及其教学价值

2.1 神经影像学在主要精神疾病中的应用

精神分裂症结构MRI研究发现患者存在广泛皮层形态异常，额叶和颞叶皮层变薄较为突出[9]；功能影像研究显示其异常连接涉及边缘网络、额顶执行网络、默认模式网络和显著性网络，并与岛叶、纹状体及丘脑等区域改变存在重叠[10]。抑郁障碍研究主要关注情绪加工和认知调节网络，Meta分析发现杏仁核、岛叶、背侧前扣带皮层及背外侧前额叶皮层等区域存在异常[11]。有研究尝试利用功能连接特征识别神经环路表型及预测治疗反应[4]。双相情感障碍多模态Meta分析显示，岛叶、额叶、颞叶、前扣带皮层和丘脑等区域存在结构或功能改变，同时涉及默认模式网络及额叶—纹状体—丘脑网络[12]。此外，神经影像也用于强迫障碍、焦虑障碍等疾病的机制研究；MRI、CT和PET在认知障碍及神经退行性疾病评估中具有较明确的辅助价值，并可帮助识别导致精神行为症状的器质性脑部疾病[2]。

2.2 神经影像学在精神医学中的教学价值

将神经影像融入精神医学教学，有助于建立“脑结构—脑功能—精神症状—临床表现”的认

知框架。MRI、fMRI和DTI可将抽象症状与脑结构、神经环路及脑网络联系起来，帮助学生理解疾病机制[2,4]。例如，在精神分裂症教学中结合结构MRI和功能连接图，可将症状、脑网络和临床表现联系起来，减少对孤立脑区的机械记忆。真实MRI或CT病例还可与病史、精神检查及实验室结果结合，用于首发精神病、老年期精神障碍及伴神经系统体征病例的鉴别诊断训练。由于神经影像涉及神经解剖、神经科学、影像医学、核医学和生物信息学等领域，其教学还可促进基础医学与临床知识迁移[2]。需要强调的是，研究性影像标志物尚不能等同于成熟的临床诊断工具，教学中应明确其应用边界。

神经影像研究还提示精神疾病具有明显的异质性。不同患者可能表现出不同的脑网络和神经环路异常，因此教学中应引导学生认识群体研究结果与个体临床表现之间的差异，理解影像研究结果需要结合症状、病程及其他临床资料进行解释。

3 神经影像学融入精神医学教学面临的主要问题

教学中神经影像学内容相对薄弱。目前精神医学教育中神经科学与神经影像学的系统整合仍有限，不同培训体系在课程设置和培养要求方面存在差异[5,7,13]。美国调查显示，83%的住院医师认可神经影像学培训价值，仅7%认为现有培训充分，80%希望建立正规课程[5]。因此，应明确神经影像教学目标、核心知识和能力要求，将结构MRI、功能MRI等基础内容与典型精神疾病病例结合，形成连续、分层的课程体系。

学生神经科学基础与临床知识衔接不足。精神医学教学既要求掌握症状识别、诊断和治疗，也需要理解脑结构、神经环路及脑网络与临床症状的关系。传统分科教学容易造成基础医学与临床知识脱节。Porter-Stransky等[13]通过病例教学整合神经解剖、神经科学和精神医学，提示病例可促进跨学科知识整合。教学可围绕典型疾病建立“临床症状—脑区与神经环路—影像表现—鉴别诊断与治疗”的知识链，促进学生由记忆诊断标准转向疾病机制和临床推理。

师资队伍与教学资源不足。神经影像教学具有多学科属性，单一专业教师难以覆盖疾病表现、脑结构功能、影像原理及结果解释。相关研究指出，课程建设需要复合型或协同型师资[14]；美国神经病学会的神经科学课程框架也强调不同专业教师共同参与[15]。此外，课程依赖具有代表性的MRI、fMRI等病例及配套临床资料。建设标准化、可重复使用的教学案例库，并加强教师联合备课和培训，是提高课程实施质量的基础。

教学模式相对传统，影像与临床融合不足。传统课堂以教师讲授为主，适合知识传授，但难以充分培养影像分析、信息整合和临床推理能力。若影像仅作为辅助图片呈现，学生容易将其视为孤立知识点。可采用“课前基础学习—课堂病例分析—影像判读—小组讨论—临床推理—课后反思”的流程，将影像资料与病史、精神检查及诊断信息整合，提高教学的临床相关性。

缺乏科学、统一的教学评价体系。神经影像教学目标包括知识、影像识别、信息整合、病例分析和临床推理等能力，单纯理论考试难以全面评价学习效果。OSCE可用于标准化临床情境下的综合评价，但考站和评分标准需合理设计[16]。形成性评价可结合课堂讨论、病例分析、影像判读和阶段测试；项目化评价则通过整合多种评价信息支持学习反馈和能力发展[17]。课程可建立“知识—技能—临床推理—综合能力”多维评价体系，并结合数字化平台记录学习过程。

此外，教学资源标准化程度不足也会影响课程推广。不同病例的影像质量、临床信息完整性和教学难度存在差异，容易造成学习目标不一致。因此，案例库建设应明确病例选择标准、影像质量要求、教学目标及评价指标，并根据学生层次设置不同难度。

4 神经影像学融入精神医学教学的实施路径

构建分层递进的神经影像学课程体系。课程不宜简单叠加知识点，而应根据学生阶段采用“基础—应用—实践”模式[15]。基础阶段介绍与精

神功能相关的主要脑结构及CT、MRI基本知识；专业课程阶段围绕精神分裂症、抑郁障碍、双相障碍和认知障碍，将结构MRI、fMRI、弥散成像及PET嵌入疾病教学。例如，抑郁障碍相关影像可用于讲解脑网络与精神症状的关系[18]；精神分裂症相关弥散MRI可用于理解白质连接异常[19]；认知障碍可结合MRI结构改变和PET代谢异常进行教学[20]；临床实践阶段结合见习、实习和住院医师培训开展病例讨论，使学生综合病史、精神检查、实验室和影像资料，理解神经影像在临床鉴别诊断中的作用[5,7]。

建立“理论—影像—病例”一体化教学模式。以完整病例为主线，先分析症状和病史，再呈现MRI、功能影像或弥散成像，引导学生识别相关脑区、网络和白质通路，最后回到临床问题，讨论影像信息的研究和临床意义。Porter-Stransky等[13]的病例式教学提示，该模式有助于整合基础神经科学与精神医学知识。教学中应明确研究性影像标志物的局限，避免将其作为成熟诊断工具。

创新教学方法，强化主动学习能力。PBL、CBL、翻转课堂和团队学习与神经影像观察、分析和综合解释的特点较为契合。PBL总体有助于临床技能和批判性思维培养，但现有证据存在异质性，不宜绝对化[21]。可将PBL与CBL结合，由学生围绕病例讨论诊断、检查及影像意义，教师负责引导和纠偏[22]。翻转课堂可将脑解剖、MRI基础等内容制作成微课，课堂重点用于病例分析和影像判读；其效果并非必然优于传统教学，应结合课程和资源条件合理应用[23]。

利用数字化平台与人工智能赋能教学。可建设标准化神经影像教学资源库，将MRI、fMRI、DTI和PET病例与临床资料、脑区标注、教学目标及思考题关联，支持自主学习和形成性评价。AI可用于脑结构可视化、脑区标注、自动分割结果展示、脑网络可视化和模拟影像判读，也可在高年级介绍机器学习、深度学习的基本概念[24,25]。目前AI仍存在可靠性、泛化能力、数据偏倚、可解释性和伦理问题，因此应定位为辅助工具，而非替代教师或临床医生。

建立多维度教学评价体系。评价应关注学生能否识别影像、理解其神经生物学意义并与临床资料综合分析。形成性评价可采用课堂讨论、病例分析、影像判读、文献报告和线上学习记录；终结性评价可增加结构化影像判读、病例分析及OSCE。项目化评价可整合理论考试、影像判读、病例讨论、OSCE及线上学习记录，形成连续的能力评价[17]。同时，应通过满意度调查、同行评价和课程目标达成度分析评价课程实施质量，并根据反馈持续改进。

课程实施还应控制教学负荷。神经影像技术种类较多，若缺乏明确的教学重点，容易增加学生记忆负担。因此，应围绕精神医学核心能力选择代表性影像和典型病例，突出“少而精、重应用”，将有限教学时间用于影像理解、临床推理和知识迁移。

5 神经影像学融入精神医学教学的未来与展望

神经影像学教育正由知识传授向能力培养转变。胜任力导向医学教育强调临床实践、综合决策和持续学习能力[26,27]。未来教学应减少对脑区名称、影像序列及影像表现的机械记忆，强化影像信息与病史、精神症状、神经心理学表现及疾病机制的综合分析，通过病例驱动、影像判读、文献评价和临床决策训练，促进学生由识别影像向解释和应用影像转变[5,7]。

多模态神经影像将推动教学内容更新。sMRI、fMRI、DTI、MRS和PET可分别提供结构、白质微结构、神经活动、代谢及分子病理信息，多模态融合有助于形成对脑结构与功能的整体认识[28]。教学应重点说明不同技术的适用范围和局限，突出多种影像信息之间的相互印证，而非简单增加技术和术语。

人工智能和数字化教学将进一步拓展神经影像教育。AI已用于影像分割、特征提取、疾病分类、脑网络分析及结局预测[29-31]；数字化病例库、三维可视化及扩展现实可构建更加直观的学习环境，VR在影像教育中的应用也显示出一定潜力，

但长期效果仍需验证[32,33]。教学中应强调AI的辅助定位，避免学生机械依赖自动分析结果，保留独立思考和批判性评价能力。

多学科协同将成为教学改革的重要方向。神经影像学涉及精神病学、神经病学、影像医学、核医学、神经科学、生物信息学和人工智能等领域，应逐步建立协同教学机制。精神科、神经科、放射科及核医学科教师共同参与，可将神经解剖、影像技术、临床病例与科研证据有机结合[6]。未来可将真实病例纳入MDT教学，结合文献阅读和科研训练，构建“基础神经科学—神经影像—临床精神医学—人工智能—科研实践”贯通的教学体系。

总体而言，神经影像学融入精神医学教学的重点不是增加单纯的影像学知识，而是借助影像建立基础神经科学与临床精神医学之间的联系。未来课程建设还需要通过教学研究持续评价学生能力变化，并根据临床需求和技术进步动态调整教学内容。

参考文献

[1]Moller H J, Bandelow B, Bauer M, et al. DSM-5 reviewed from different angles: goal attainment, rationality, use of evidence, consequences-part 2: bipolar disorders, schizophrenia spectrum disorders, anxiety disorders, obsessive-compulsive disorders, trauma- and stressor-related disorders, personality disorders, substance-related and addictive disorders, neurocognitive disorders[J]. Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci, 2015, 265(2): 87-106.

[2]Iorio-Morin C, Sarica C, Elias G J B, et al. Neuroimaging of psychiatric disorders[J]. Prog Brain Res, 2022, 270(1): 149-169.

[3]Sporns O. The human connectome: origins and challenges[J]. Neuroimage, 2013, 80: 53-61.

[4]Williams L M, Whitfield Gabrieli S. Neuroimaging for precision medicine in psychiatry[J]. Neuropsychopharmacology, 2024, 50(1): 246-257.

[5]Medina M, Lee D, Garza D M, et al. Neuroimaging Education in Psychiatry Residency Training: Needs Assessment[J]. Acad Psychiatry, 2020, 44(3): 311-315.

[6]Downar J, Krizova A, Ghaffar O, et al. Neuroimaging week: a novel, engaging, and effective curriculum for teaching neuroimaging to junior psychiatric residents[J]. Acad Psychiatry, 2010, 34(2): 119-24.

[7]Cooper J J, Valencia V A, Niu K. Neuroimaging education in psychiatric training[J]. Neuropsychopharmacology, 2024, 50(1): 298-304.

[8]国务院办公厅.国务院办公厅关于加快医学教育创新发展的指导意见[EB/OL]. (2020-09-23) [2026-08-27]. https://www.nhc.gov.cn/bgt/gwywj2/202009/54f4a57e6eaf40afa48b608e4fed35b6.shtml.

[9]Van Erp T G M, Walton E, Hibar D P, et al. Cortical Brain Abnormalities in 4474 Individuals With Schizophrenia and 5098 Control Subjects via the Enhancing Neuro Imaging Genetics Through Meta Analysis (ENIGMA) Consortium[J]. Biol Psychiatry, 2018, 84(9): 644-654.

[10]Brandl F, Avram M, Weise B, et al. Specific Substantial Dysconnectivity in Schizophrenia: A Transdiagnostic Multimodal Meta-analysis of Resting-State Functional and Structural Magnetic Resonance Imaging Studies[J]. Biol Psychiatry, 2019, 85(7): 573-583.

[11]Hamilton J P, Etkin A, Furman D J, et al. Functional neuroimaging of major depressive disorder: a meta-analysis and new integration of base line activation and neural response data[J]. Am J Psychiatry, 2012, 169(7): 693-703.

[12]Chen G, Wang J, Gong J, et al. Functional and structural brain differences in bipolar disorder: a multimodal meta-analysis of neuroimaging studies[J]. Psychol Med, 2022, 52(14): 2861-2873.

[13]Porter-Stransky K A, Vollbrecht P J, Riddle D R. A Case-Based Neuroanatomy Laboratory on the Neurobiology of Psychiatric Conditions for Second-Year Medical Students[J]. Med Sci Educ, 2021, 31(1): 15-16.

[14]Benjamin S, Travis M J, Cooper J J, et al. Neuropsychiatry and neuroscience education of psychiatry trainees: attitudes and barriers[J]. Acad Psychiatry, 2014, 38(2): 135-40.

[15]Gelb D J, Kraakevik J, Safdieh J E, et al. Contemporary Neuroscience Core Curriculum for Medical Schools[J]. Neurology, 2021, 97(14): 675-684.

[16]Brannick M T, Erol-Korkmaz H T, Prewett M. A systematic review of the reliability of objective structured clinical examination scores[J]. Med Educ, 2011, 45(12): 1181-9.

[17]Schut S, Maggio L A, Heeneman S, et al. Where the rubber meets the road - An integrative review of programmatic assessment in health care professions education[J]. Perspect Med Educ, 2021, 10(1): 6-13.

[18]Wang X, Nie X, Zhang F, et al. Functional magnetic resonance imaging of depression: a bibliometrics and meta-analysis[J]. Ann Gen Psychiatry, 2024, 23(1): 39.

[19]Parsaei M, Sheipouri A, Partovifar P, et al. Diffusion magnetic resonance imaging for treatment response prediction in schizophrenia spectrum disorders: A systematic review[J]. Psychiatry Res Neuroimaging, 2024, 342: 111841.

[20]Raut S, Bhalerao A, Powers M, et al. Hypometabolism, Alzheimer’s Disease, and Possible Therapeutic Targets: An Overview[J]. Cells, 2023, 12(16).

[21]Ge W L, Zhu X Y, Lin J B, et al. Critical thinking and clinical skills by problem-based learning educational methods: an umbrella systematic review[J]. BMC Med Educ, 2025, 25(1): 455.

[22]Adams S N, Kater K A, Khan A, et al. Development of a Case-Based Learning Framework for Medical Education: A Scoping Review[J]. Med Sci Educ, 2026, 36(2): 975-987.

[23]Chen F, Lui A M, Martinelli S M. A systematic review of the effectiveness of flipped classrooms in medical education[J]. Med Educ, 2017, 51(6): 585-597.

[24]Hui M L, Sacoransky E, Chung A, et al. Exploring the integration of artificial intelligence in radiology education: A scoping review[J]. Curr Probl Diagn Radiol, 2025, 54(3): 332-338.

[25]Hassankhani A, Amoukhteh M, Valizadeh P, et al. Radiology as a Specialty in the Era of Artificial Intelligence: A Systematic Review and Meta-analysis on Medical Students, Radiology Trainees, and Radiologists[J]. Acad Radiol, 2024, 31(1): 306-321.

[26]Frank J R, Snell L S, Cate O T, et al. Competency-based medical education: theory to practice[J]. Med Teach, 2010, 32(8): 638-45.

[27]Iobst W F, Sherbino J, Cate O T, et al. Competency-based medical education in postgraduate medical education[J]. Med Teach, 2010, 32(8): 651-6.

[28]Calhoun V D, Sui J. Multimodal fusion of brain imaging data: A key to finding the missing link(s) in complex mental illness[J]. Biol Psychiatry Cogn Neurosci Neuroimaging, 2016, 1(3): 230-244.

[29]Quaak M, Van De Mortel L, Thomas R M, et al. Deep learning applications for the classification of psychiatric disorders using neuroimaging data: Systematic review and meta-analysis[J]. Neuroimage Clin, 2021, 30: 102584.

[30]Smucny J, Shi G, Davidson I. Deep Learning in Neuroimaging: Overcoming Challenges With Emerging Approaches[J]. Front Psychiatry, 2022, 13: 912600.

[31]Andrews M, Di Ieva A. Artificial intelligence for brain neuroanatomical segmentation in magnetic resonance imaging: A literature review[J]. J Clin Neurosci, 2025, 134: 111073.

[32]Shetty S, Bhat S, Al Bayatti S, et al. The Scope of Virtual Reality Simulators in Radiology Education: Systematic Literature Review[J]. JMIR Med Educ, 2024, 10: e52953.

[33]Wu Y, Mondal P, Stewart M, et al. Bringing Radiology Education to a New Reality: A Pilot Study of Using Virtual Reality as a Remote Educational Tool[J]. Can Assoc Radiol J, 2023, 74(2): 251-263.

Copyright © 2026 by author(s) and Global Science Publishing Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access