脑损伤修复研究室

本研究室围绕脑损伤及神经系统疾病所致功能障碍的核心科学问题，深度融合应用基础研究与临床转化研究，聚焦损伤机制、修复机理及康复技术创新三大方向。研究覆盖脑卒中、颅脑创伤、意识障碍、帕金森病、阿尔茨海默病等高致残性神经系统疾病，以解析脑功能障碍病理机制、创新康复关键技术、构建标准化康复体系为核心目标，面向神经系统功能残障群体的长效康复需求，产出原创性科研成果与实用化技术方案，为科技助残领域的技术革新、体系建设与普惠应用提供坚实的理论支撑、技术储备和科研依据。

一、应用基础研究方向

1.昼夜节律时序调控机制

①节律紊乱通过 Bmal1/AKT/mTOR 通路损伤内侧前额叶皮层和海马CA1区域的髓鞘，诱发焦虑抑郁，为节律调控干预焦虑抑郁提供了新的分子靶点和理论依据（图1a）[1]；
②机体活跃期开展康复训练可促进神经发生，显著增强康复效果，提示临床应结合昼夜节律优化康复时间，搭建 “时间生物学” 康复理论体系（图1b）[2]。

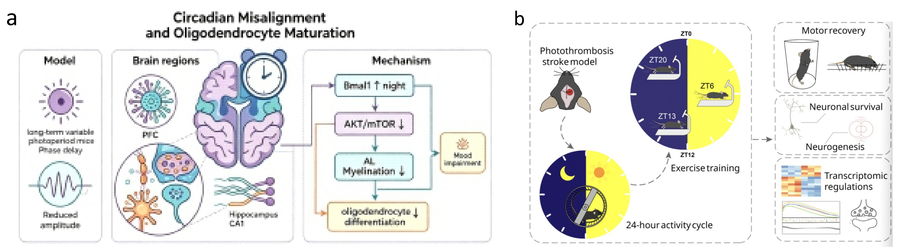


图1. a. 昼夜节律失调损害少突胶质细胞，阻碍髓鞘形成。b.时间依赖性康复策略：在活跃期锻炼有助于提升脑卒中的康复效果。

2.针对脑损伤的新型纳米/小分子药物的研制

① 设计新型药物，如单原子纳米酶FeCo-N/C和CAQK-Cu SA/MXene（图2a）[3-5]、载药纳米颗粒 PUE@PDA@CMs和CBD@fMLO等，实现损伤部位靶向递药与微环境调控，促进神经元存活；
②普拉克索经Nrf2/SLC7A11/GPX4通路抑制铁死亡，减轻缺血再灌注损伤，为中枢神经损伤多靶点干预提供新策略（图2b）[6]。

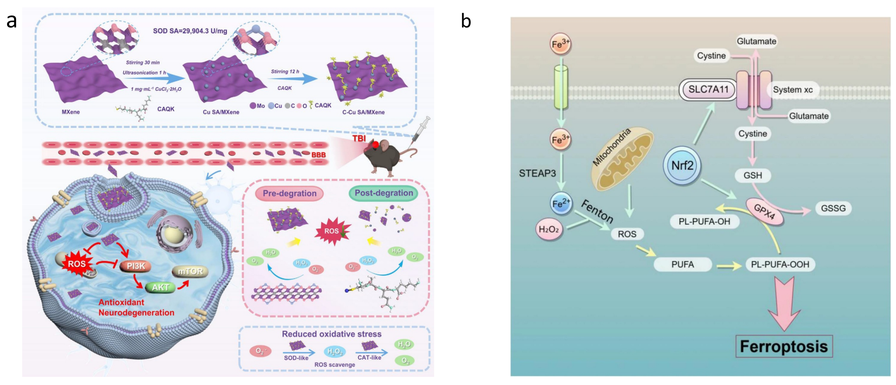


图2. a.金属–肽协同设计构建降解激活型纳米酶用于创伤性脑损伤的持续抗氧化治疗。b.普拉克索通过Nrf2/SLC7A11/GPX4通路缓解小鼠海马细胞铁死亡。

3.无创物理疗法的应用

① 不同模式 θ 爆发磁刺激经脑－肠－内分泌轴差异化改善孤独症社交、认知、焦虑症状，为孤独症治疗提供了基于轴靶向的模式选择依据与个体化神经调控策略（图3a）[7]；
② 低强度脉冲超声（LIPUS）调控甘油磷脂代谢，促进海马神经发生，修复颅脑创伤认知障碍（图3b），为LIPUS未来临床转化提供理论依据[8]。

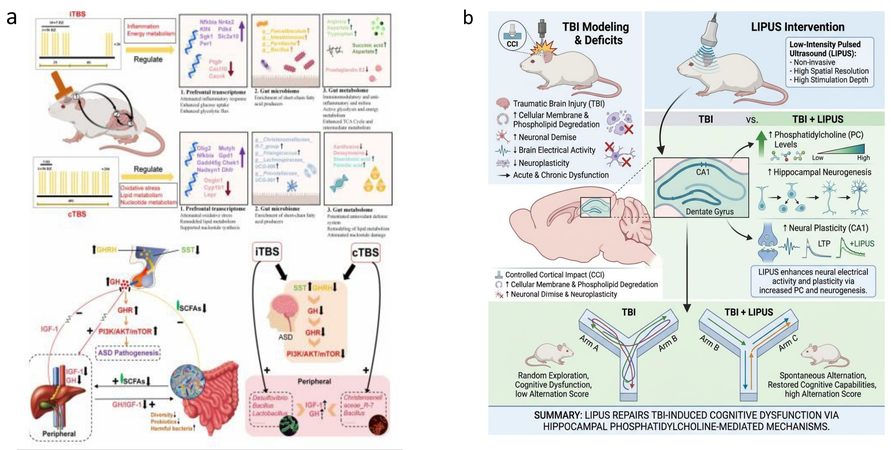


图3. a.间歇性 θ 爆发式磁刺激（iTBS）与连续性 θ 爆发式磁刺激（cTBS）均可改善社交障碍和重复刻板行为，但作用侧重点不同：iTBS更有利于学习记忆能力的提升，而cTBS缓解焦虑样行为。b. LIPUS诱导小鼠海马区神经发生，改善创伤性脑损伤认知功能障碍。

二、临床研究方向

1. 神经调控技术与精准靶向干预

应用个体化fMRI导航下高剂量 θ 爆发式磁刺激（TBS）
①每日分别以不同脉冲精准靶向脑卒中患者上肢感觉运动网络及额顶认知网络，可改善其上肢运动功能，并与提升记忆及智力评分，且安全性良好（图4a）[9-10]；
②每日精准靶向左侧背外侧前额叶皮层（DLPFC）进行治疗，改善孤独症谱系障碍儿童核心症状及社交能力（图4b）[11]；

以上研究为脑损伤康复提供了精准、安全、有效的全新神经调控方案，有力推动了神经康复从“通用模式”向“个体化脑网络靶向”的跨越式发展。

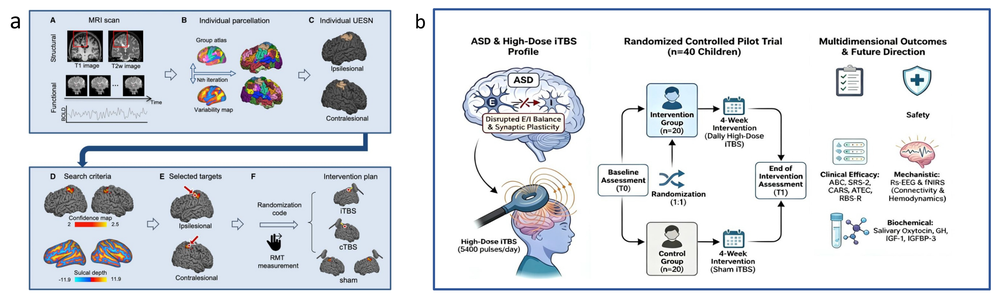


图4. a.高剂量TBS改善卒中后上肢运动功能障碍。b.高剂量TBS可改善孤独症谱系障碍儿童核心症状。

2.多模态评估与功能网络解析

① 通过高密度脑电（EEG）技术，评估个体化音乐治疗对微意识状态患者的脑激活响应及其康复效果（图5a）[12]；
② 采用结构MRI及表面形态学分析， 揭示卒中后构音障碍的皮层形态学特征及其与临床量表的关系，为言语功能评估提供潜在影像学标志物（图5b）[13]。

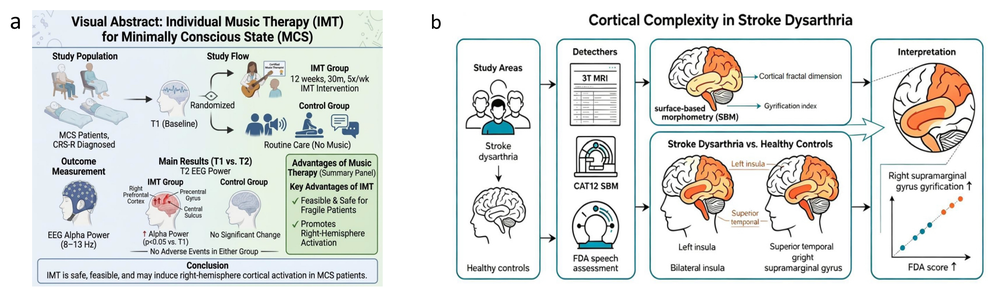


图5. a.联合脑电图评估个体化音乐治疗对微意识状态患者的疗效。b.卒中后构音障碍患者的皮层形态学改变。

3. 制定神经康复领域的团体标准

牵头制定脑机接口神经调控的团体标准《无创脑机接口闭环神经调控系统技术要求》和《卒中后失语经颅磁刺激技术要求》，推动经颅磁刺激与脑机接口技术在神经康复领域的规范化、标准化应用（图6）。

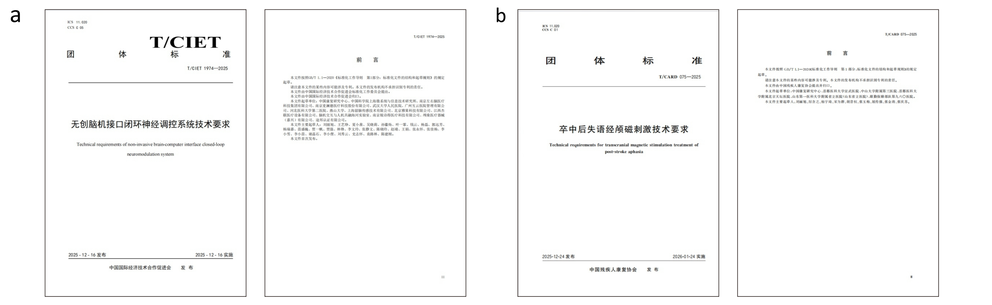


图6. a.《无创脑机接口闭环神经调控系统技术要求》封皮页。b.《卒中后失语经颅磁刺激技术要求》封皮页。

发表文章

[1] Zuo Y., et al. Journal of Pineal Research, 2024, 76(1):e12935.
[2] Yuan L., et al. Stroke,2025,56(8):2277-2290.
[3] Huan Y., et al. Advanced Functional Materials, 2026, 0:e76786.
[4] LiM., et al. Advanced Healthcare Materials, 2026, 15(10): e05735.
[5] Li T., et al. International Journal of Pharmaceutics, 2025, 672:125329.
[6] Zhang L., et al. Scientific Reports,2026, 16(1):11134.
[7] Long, J., et al. Cellular and molecular life sciences, 2026, 83(1), 98.
[8] Wang W., et al. Experimental Neurology,2024, 371: 114588.
[9] Tang Z., et al. Stroke, 2024, 55(9):2212-2220.
[10] Ren J.,etal. Brain stimulation,2025,18(2),249 -258.
[11] Long J.,etal. Frontiers in Psychiatry, 2025,16:1549982.
[12] Zhang X., et al. Neural Plasticity, 2026, 1:e8832006.
[13] Zhou J., et al. .Frontiers in Neurology, 2026, 17:1766268