

# 整合数字化经络评估与多模态物理调控的移动健康平台——用于神经发育与神经退行性疾病的前瞻性研究框架

陈光中<sup>1</sup>, 卢翊淮<sup>2</sup>, 廖毅文<sup>3</sup>, 孙耀金<sup>4</sup>, 周韵弢<sup>5</sup>, 柯文娟<sup>6</sup>

1. 广州理工学院 智能制造与电气工程学院, 广东 广州 510540

2. 广州理工学院 工商管理学院, 广东 广州 510540

3. 常州芯火传智电子科技有限公司, 江苏 常州 213000

4. 南京医科大学附属儿童医院, 江苏 南京 210008

5. 南京医科大学 康复医学院, 江苏 南京 210029

6. 台湾阳明交通大学 科技管理学院, 中国 台湾 300093

DOI:10.61369/ME.2026040021

**摘 要 :** 背景: 孤独症谱系障碍、慢性失眠和阿尔茨海默病相关认知退化, 逐年抬升家庭照护及公共卫生成本。因病理诱因繁杂, 现有药物方案存在局限性, 临床迫切开发非药物干预路径。中医经络诊疗重在整体调察机体状态, 但临床测评缺少量化规范, 主观化问题阻碍循证转化。借助 OHA 移动健康平台, 融合生物电阻抗经络数字化检测、多模态光电热振无创刺激技术, 实地探究该联合干预方案的安全性能、落地条件与实际临床疗效。目的: 基于实测皮肤电指标确立经络量化复测 SOP, 借助 ADEM 模型的测评反馈定制个体化干预方案。分期开展临床试验, 观察 ASD、失眠及早期认知障碍的干预效果, 从试验方法和伦理层面探究理论落地的各类制约因素。方法: 立足转化医学与系统工程完善试验架构, 不断修正经络设备参数与检测 SOP 以稳定数据信效度。依托处方即代码集成 PBM、TENS 等理疗手段靶向施治穴位。研究分阶段落地, 依靠自身对照划定安全阈值, 单病例试验优化参数, RCT 验证效果, 结合生理指标与 ADOS、PSQI 等量表综合评估预后。依托该体系落地应用, 能够构建亲民化居家个体化非药物干预方案。ADEM 收纳临床实测数据、持续优化干预方案, 搭建溯源式经络科研载体, 拓展 ASD 等病症辅助治疗思路, 加速中医循证和数字疗法的融合落地。

**关 键 词 :** 孤独症谱系障碍; 失眠; 中医经络; 移动健康; 数字化经络检; 无创物理刺激; 处方即代码; 经皮电神经刺激; 数字生物标志物

## A Mobile Health Platform Integrating Digital Meridian Assessment with Multimodal Physical Intervention—Propective Research Framework for Neurodevelopmental and Neurodegenerative Disorders

Chen KuangChung<sup>1</sup>, LU IHai<sup>2</sup>, Liao YiWen<sup>3</sup>, Sun Yaojin<sup>4</sup>, Zhou Yuntao<sup>5</sup>, Ke WenChuan<sup>6</sup>

1. School of Intelligent Manufacturing and Electrical Engineering, Guangzhou Institute of Science and Technology, Guangzhou, Guangdong 510540

2. School of Business Administration, Guangzhou Institute of Science and Technology, Guangzhou, Guangdong 510540

3. Changzhou Corefire Wisdom Electronic Technology Co., Ltd., Changzhou, Jiangsu 213000

4. Children's Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing, Jiangsu 210008

5. School of Rehabilitation, Nanjing Medical University, Nanjing, Jiangsu 210029

6. School of Technology Management, National Yang Ming Chiao Tung University, Taiwan, China 300093

**Abstract :** Background: Autism spectrum disorder, chronic insomnia, and cognitive decline related to Alzheimer's disease are increasing the cost of family care and public health year by year. Due to the complex pathological causes and limitations of existing drug regimens, there is an urgent need to develop non pharmacological intervention pathways in clinical practice. Traditional Chinese medicine meridian diagnosis and treatment focus on overall monitoring of the body's condition, but clinical evaluation lacks quantitative standards and subjectivity, which hinders evidence-based transformation. With the help of the OHA mobile health platform, integrating digital detection of bioelectrical impedance meridians and multimodal optoelectronic thermal vibration non-invasive stimulation technology, the safety performance, landing conditions, and actual clinical efficacy of this joint intervention

plan were explored on site. Objectives: Establish a quantitative retest SOP for meridians based on measured skin conductance indicators, and customize personalized intervention plans using ADEM model evaluation feedback. Conduct clinical trials in stages to observe the intervention effects on ASD, insomnia, and early cognitive impairment, and explore various constraints on theoretical implementation from the perspectives of trial methods and ethics. Method: Based on translational medicine and systems engineering, we aim to improve the experimental architecture and continuously revise the parameters of meridian equipment and testing SOPs to stabilize data reliability and validity. Based on prescription and code integration, PBM, TENS and other physical therapy methods are used to target and treat acupoints. The research will be implemented in stages, relying on self control to establish safety thresholds, optimizing parameters through single case trials, verifying effectiveness through RCTs, and comprehensively evaluating prognosis by combining physiological indicators with ADOS and PSQI scales. Based on the implementation and application of this system, it is possible to build a personalized non pharmacological intervention plan for people at home. ADEM collects clinical measurement data, continuously optimizes intervention plans, builds a traceability based meridian research carrier, expands auxiliary treatment ideas for ASD and other diseases, and accelerates the integration and implementation of traditional Chinese medicine evidence-based and digital therapies.

**Keywords :** autism spectrum disorder; insomnia; traditional chinese medicine meridians; mobile health; digital meridian assessment; non-invasive physical stimulation; prescription-to-code; transcutaneous electrical neural stimulation; digital biomarkers

## 引言

### （一）神经发育与神经退行性疾病的当代挑战

孤独症谱系障碍（ASD）影响全球约 1% 人口，以社交互动缺陷、重复刻板行为为核心特征，常伴随焦虑、感觉处理异常与睡眠障碍<sup>[1]</sup>。与此同时，全球人口老龄化导致失眠与以阿尔茨海默病（AD）为代表的认知衰退患病率持续上升。这类疾病尚缺乏可治愈的药物干预手段，现有治疗（药物与行为干预）疗效有限、不良反应显著或成本高昂，阻碍了广泛普及。因此，开发安全、有效、可及的非药物辅助干预已成为全球公共卫生优先事项。

### （二）中医经络理论的潜力与局限

中医以整体观与辨证论治为特征，历经数千年临床实践。经络系统是其核心理论结构，被视为气血运行通路，连接脏腑与体表。中医认为疾病源于经络气血失衡，针灸与推拿通过刺激特定穴位恢复平衡。历史文献支持这些方法在改善失眠、情绪调节与认知功能方面的应用。

### （三）数字化转化：从生物电阻抗设备到可验证生物信号

为克服上述局限，本研究通过生物电阻抗测量设备引入数字化经络评估概念，即现代版良导络或 Voll 电针系统。这些设备通过测量特定穴位皮肤电特性客观评估经络状态<sup>[2]</sup>。尽管相关研究存在历史争议，但现代电子学进步为严格重新检验提供了机会。核心科学问题是：能否建立严格 SOP，将皮肤电导率测量从多变的“技艺”转变为可靠、可重复的“科学”生物信号采集，此类信号可作为反映自主神经状态、局部微循环或结缔组织特性的替代指标。

## 一、文献综述与理论基础

### （一）经络的现代生物物理解读

近年研究尝试从现代科学角度解释经络。证据表明，穴位富含神经末梢、血管、淋巴管与肥大细胞，形成“神经血管束”。刺激这些区域可通过多条通路触发局部与远隔生理反应：

神经反射弧：外周神经受激生成的神经冲动上传至中枢，由此介导内脏与大脑生理功能调节。多项 fMRI 实测数据证实，规范化穴位刺激可按需诱发靶脑区激活或抑制反应<sup>[3]</sup>。

结缔组织信号转导：依托周身相连的筋膜搭建全身信号通路，机械外力刺激可重塑结缔组织微观结构、变动电生理指标。该类理化改变由组织逐层渗透至细胞，实现对细胞生理功能的

调控。

体液调节：物理刺激作用于穴位，可诱导机体内源分泌内啡肽、5-羟色胺与各类细胞因子。各类活性物质共同参与机体调控，实现抗炎镇痛，并改善个体情绪状态。

（二）多模态物理干预机制

OHA 平台整合多种无创干预方式，各有相对明确生物学机制：

光生物调节（PBM）：红、近红外特定波长光线结合线粒体生色团后，促进 ATP 合成，缓解氧化应激损伤，抑制体内炎症进展。依托该细胞学作用，光干预疗法在创面修复、镇痛、脑功能调控的临床探究中前景优良。

经皮电神经刺激（TENS）：低频电流通过贴片电极透皮施治，依托闸门控制机制中断痛觉信号上行。差异化设置 TENS 刺激条件，既可促进内源性阿片肽释放，也能从外周层面调控神经兴奋状态。

热疗：温热理疗造成靶区温度上升，扩张皮下血管以优化病灶微循环，松解挛缩的肌筋膜组织，各类生理调控机制相互叠加，有效改善肌肉劳损带来的疼痛不适感。

振动 / 按摩：体表机械操作能够改善肌肉紧绷，新的躯体感觉传入信号阻滞痛觉传导，结合人脑自主调控注意力，两类生理变化共同促成镇静舒缓的理疗效果。

（三）目标人群的现有证据

ASD：临床实操发现针灸推拿可改善 ASD 患儿睡眠、刻板行为及焦虑，但多数相关研究样本有限、试验对照缺失，论证效力不足。无创 PBM、TENS 作用于迷走神经，逐渐成为该病症干预的前沿探究方向。

失眠：失眠施治时常选用针灸替代常规用药，汇总系统评价文献可见，该疗法获益优于假针灸与口服药剂。穴位导引的电刺激、温热疗法适用性强，现已在各级医疗机构常态化开展<sup>[4]</sup>。

认知衰退：在 MCI、早期阿尔茨海默病的认知康复领域，tPBM 具备突出的临床研发潜力。针灸可修复认知损伤、延缓病变进展，借助脑血流调节、神经可塑性重塑、抑制神经炎症等多重机制产生疗效。

三、研究设计与方法

（一）平台技术架构：芯片 + 应用 + 物理 AI

核心芯片（IC）：本装置选用自研 TSIR 低功耗 RISC 微控制器作主控，能够实时接收移动端操控指令。依托对外部光、电、热硬件单元的精细参数调控，稳妥实现设备全工况的安全管控。

移动应用（App）：该模块实现整机管控及人机交互，内置小程序循序渐进指导受试者开展经络测评与物理干预。试验实时采集生理指标，整理汇总受试者体验数据。

物理 AI（ADEM 模型）：云端 AI 模型落地应用后，严格参照 AI 循证医学框架完成去标识化用户数据的规范化采集，依托强化学习结合贝叶斯优化的技术方式完成动态迭代更新，基于使用者真实个体特征，定制出具适配性的干预处方指导方案。

（二）数字化经络评估标准操作规程（SOP）

温度维持  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度  $50 \pm 10\% \text{ RH}$ ，布设措施排除电磁干扰。受试对象检测前静置休息 15 分钟，清洁手部，试验期间不摄取咖啡因、酒精。借助 App 内置高清穴位图谱与示范视频，可精准敲定 24 处原穴、络穴测量点位。实验电极分为同心圆环与弹簧负载构型，通过  $150 \pm 20\text{g}$  的恒定压力控制接触面积。设备搭载  $< 12\text{V}$ 、 $< 200\mu\text{A}$  低压直流电源，开机 3 秒后记录趋于平稳的电导数据。参照 APP 指引按手足次序逐一测定，各测点重复三次并求取均值。实测数据经 Z 值转换标准化处理，继而计算左右平衡比、上下肢比值等衍生指标。

（三）个性化多模态干预方案（处方即代码）

干预以改善入睡障碍、缓解社交焦虑为目标，参考经络评估与辨证结论，选取神门、内关、百会、足三里组成靶穴。实验细化光疗、电疗各项参数，统筹单穴施治时长、疗法切换顺序、每日频次与整体干预周期。ADEM 模型持续整合睡眠日记、焦虑量表得分与 HRV 生理数据，随指标变化动态修订个体化数字处方。

（四）分阶段临床验证路线图

第一阶段：研究招募约 30 例受试者，采用单组自身前后对照，入组人员包含健康受试与轻症受试。试验围绕操作可行性、使用安全及经络测评 SOP 完成验证，利用重复检测计算方案重测信度，统计受试者依从程度与设备接受情况，划定各类物理干预安全剂量，完整收录不良事件。本研究以 ICC、受试完成率、不良事件发生率作为核心结局指标。

第二阶段：研究入组 60 例轻中度失眠合并 MCI 患者，依托随机交叉、N-of-1 两种试验设计完成参数优化与初期疗效探究。对照不同参数方案的短期干预效果，探寻经络分型和个体疗效应答的关联规律，利用临床实测数据充实 ADEM 建模数据。以干预前后 PSQI、MoCA 量表评分差值作为疗效判定标准。

（五）伦理考量

所有试验操作均经由 IRB 伦理审核并获批执行。研究全程严守受试者权益规范，充分保障个体知情权限、隐私信息安全与自主退出权利；未成年 ASD 受试者的知情流程由其监护人代为完成，研究采用适配儿童年龄层级的专属知情材料，全部研究数据经标准化去标识脱敏后，统一存储于合规安全服务器归档留存。

四、预期结果与潜在影响

（一）科学贡献

自研经络测评 SOP 体系，补齐该领域无统一量化标准的研究缺口。通过数据集相关性解析，厘清经络表征和自主神经参数的内在联系，为中西医交叉融合提供客观依据。临床数据佐证非药物干预能够融入 ADEM 体系，依托 RWD 数据持续优化个体化诊疗方案<sup>[5]</sup>。

（二）临床与社会影响

本器械聚焦 ASD、失眠与认知衰退开展辅助靶向干预。无创干预手段安全性优越，不良反应发生率低，适宜患者居家长期康复。结合阶段性临床应用效果来看，器械干预可缓解受试者典型

病症，对改善患者日常生存质量拥有确切的临床实用价值。

推动病患自主参与健康管护，有助于节制不必要的医疗开支，结合慢性病随访、远期康复的落地经验，该运作模式的实践优势逐步凸显，借助梳理就诊刚需，从需求层面统筹管控，平稳减轻各类医疗经济负担。

源自中医的治未病理论，可从理念层面拓宽预防医学的发展路径。落地运行的健康服务平台融合临床诊疗职能，针对不同亚健康层级开展筛查和早期干预，扭转了医疗服务以疾病救治为唯一重心的旧格局，推动行业构建覆盖全生命周期的健康管理

五、挑战与应对策略

试验严格执行 SOP 操作准则，个体基线差异及重复复测产生的测定误差难以完全消除。研究从统计方法层面优化，纳入环境、生理混杂因素构建协变量予以校正；利用纵向统计模型挖掘指标动态变化趋势，规避单一实测值横向对比带来的分析缺陷。

疼痛、睡眠、情绪多依靠受试者主观自评，安慰剂效应会显著左右观测结论。本研究采用 RCT 试验设计，设置假干预对照，同步采集 HRV、睡眠结构等客观生理指标。引入量化生理数据辅

助结果研判，减少主观测评缺陷，缓解安慰剂造成的试验偏倚。

电刺激和热疗体感区分显著，受试者无法被盲化，研究放弃完全双盲方案。采用评价者盲法管控评估偏倚，文章如实交代此项试验设计的客观缺陷。

居家长期自主干预过程中，受试依从性易随干预时长逐步衰减。本研究在应用程序中嵌入趣味激励、个体化预后反馈与社群交互模块，以此提升参与动力，维持受试者全程坚持干预。

六、结论

本研究框架提出一项宏大但路径清晰的计划，利用现代数字技术将中医经络理论转化为可测量、可干预、可验证的科学体系。通过整合数字化经络评估与多模态物理调控，并以创新 ADEM 方法为支撑，OHA 平台有望为孤独症、失眠、认知衰退等复杂神经精神挑战提供革命性辅助健康解决方案。这不仅是中医现代化的关键探索，也是未来个性化、预测性、预防性、参与性（4P）医学范式的具体实践。后续工作将聚焦严格执行本研究路线图，生成高质量临床证据，最终实现“芯片赋能健康、数字智慧惠及人类”的愿景。

参考文献

[1]Maenner M J, Shaw K A, Baio J, et al. Prevalence of autism spectrum disorder among children aged 8 years—Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 11 sites, United States, 2016[J]. MMWR Surveillance Summaries, 2020, 69(4): 1–12.

[2]Ahn A C, Colbert A P, Anderson B J, et al. Electrical properties of acupuncture points and meridians: A systematic review[J]. Bioelectromagnetics, 2008, 29(4): 245–256.

[3]Huang W, Pach D, Napadow V, et al. Characterizing acupuncture stimuli using brain imaging with fMRI—A systematic review and meta-analysis of the literature[J]. PLOS ONE, 2012, 7(4): e32960.

[4]Cao H, Pan X, Li H, et al. Acupuncture for treatment of insomnia: A systematic review of randomized controlled trials[J]. Journal of Alternative and Complementary Medicine, 2009, 15(11): 1171–1186.

[5]Huang W, Pach D, Napadow V, et al. Characterizing acupuncture stimuli using brain imaging with fMRI—A systematic review and meta-analysis of the literature[J]. PLOS ONE, 2012, 7(4): e32960.