

引用:何宗卿,陈宇轩,朱智琦,王小琳,赵敏.数智技术在中西医失眠障碍诊疗中的应用研究进展及展望[J].中医药导报,2025,31(8):237-244.



数智技术在中西医失眠障碍诊疗中的应用研究进展及展望^{*}

何宗卿¹,陈宇轩²,朱智琦¹,王小琳¹,赵敏¹

(1.河南中医药大学第一附属医院,河南 郑州 450099;

2.江苏万维艾斯网络智能产业创新中心有限公司,江苏 南京 211135)

[摘要] 通过总结数智技术在中西医失眠障碍诊疗中的应用,提出利用数智技术将中医的整体观念与现代医学信息技术相结合,形成失眠病证结合诊疗范式的观点。依中医体质理论构建风险预测模型,融合四诊信息与微观数据开发知识图谱及辨证模型,利用智能算法联合网络药理学挖掘证治规律,研发中医特色数字疗法及设备,并以多元指标优化疗效预测模型,从而提升诊疗精准性与患者健康水平。然而,该领域面临数据质量不足、多模态融合技术不成熟、模型解释性差等挑战。未来需构建多模态数据平台,研发适配算法,强化中西医数据协同,以提升失眠障碍诊疗的精准性与科学性。

[关键词] 失眠障碍;数智技术;机器学习;病症结合;中西医结合;综述

[中图分类号] R2-03 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-951X(2025)08-0237-08

DOI:10.13862/j.cn43-1446/r.2025.08.041

Research Progress and Prospect of Digital Intelligence Technology in the Diagnosis and Treatment of Insomnia Disorder in Integrative Chinese and Western Medicine

HE Zongqin¹, CHEN Yuxuan², ZHU Zhiqi¹, WANG Xiaolin¹, ZHAO Min¹

(1.The First Affiliated Hospital of Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou Henan 450099, China;

2.Jiangsu WanweiAisi Network Intelligent Industry Innovation Center Co. Ltd, Nanjing Jiangsu 211135, China)

[Abstract] By summarizing application of digital intelligence technology in diagnosis and treatment of insomnia disorder in integrative Chinese and western medicine, this paper proposes viewpoint of integrating the holistic concept of traditional Chinese medicine (TCM) with modern medical information technology via digital intelligence technology to form a disease-syndrome integrated diagnosis and treatment paradigm for insomnia. Specifically, risk prediction models are constructed based on TCM constitution theory, knowledge graphs and syndrome differentiation models are developed by fusing four diagnostic information with micro-data, syndrome-treatment rules are explored using intelligent algorithms combined with network pharmacology. TCM-characteristic digital therapies and devices are researched and developed, and efficacy prediction models are optimized with multiple indicators, so as to improve the accuracy of diagnosis and treatment and the health level of patients. However, this field is faced with challenges such as insufficient data quality, immature multimodal fusion technologies, and poor model interpretability. In the future, it is necessary to construct multimodal data platforms, develop adaptive algorithms, and strengthen the collaboration of data from Chinese and western medicine to enhance the accuracy and scientificity of the diagnosis and treatment of insomnia disorder.

[Keywords] insomnia disorder; digital intelligence technologies; machine learning; disease-syndrome combination; integration of Chinese and western medicine; review

*基金项目:国家重点研发计划(2022YFC3501103);河南中医药大学科技协同创新项目(14207678)

通信作者:赵敏,男,主任医师,教授,研究方向为中西医结合防治脑病

失眠障碍是临床最为常见且至关重要的睡眠问题,其定义为,即便具备适宜的睡眠时机和环境,个体仍持续存在睡眠起始、睡眠维持困难,并引起日间功能损害^[1]。失眠障碍有着较高的发病率,对健康危害极大。长期失眠不仅会干扰患者的正常生活与工作,还会显著提高其罹患精神类及躯体性疾病的风险,导致居民在健康方面经济支出增加,进一步加重国民经济负担^[2-3]。传统的失眠诊疗方式缺乏客观的评估手段和长期监测管理,诊疗的准确率和效率都有待提升^[4]。随着计算机科学、互联网、人工智能及大数据等信息技术的迅速发展,数智化诊疗模式成为医工交叉领域的热门发展方向^[5]。目前,数智技术在远程睡眠监测、失眠的诊断评估、干预管理及疗效预测等多个场景中的应用日益丰富,提升了失眠障碍的诊疗效率与准确率^[6]。然而,这些应用大多聚焦于对单一环节的优化,从整体视角而言,仍缺少能系统把握失眠障碍诊治规律的综合性解决方案。

中医在失眠诊疗领域,凭借其独有的理论体系展现出显著优势。中医诊治失眠遵循辨证论治的基本原则,从整体观出发,认为失眠的发生与阳不入阴、营卫失和及脏腑失调紧密相关。在具体诊疗中,中医先借助望、闻、问、切四诊手段,获取患者局部与整体的症状和体征信息,再将四诊信息进行转化、整合为证型,最后根据证型选择适配的治法与方药,旨在恢复机体阴阳交合、营卫复常、五脏安和的健康状态。在这一传统中医诊疗过程中,数智技术的融入,为中医诊疗迈向现代化提供了重要支持。通过对数智技术对数以千计的四诊数据进行数字化、客观化处理,实现中医信息的量化,能够依托关联规则和推理算法,深入分析症-证-治之间的复杂内在关系。在此基础上,构建智能中医诊疗模型,精准模拟中医辨证论治的逻辑思维流程,从而实现从传统的抽象主观描述向具象客观分析的转变^[7]。

在目前中西医结合的医疗大环境下,充分融合中西医在失眠障碍诊疗方面各自的优势,已成为实现失眠障碍精准防治的必然发展趋势。数智技术以其强大的大数据整合与分析能力,可将中医与西医失眠障碍的诊疗数据进行有机融合,进而构建起病证结合的数智化诊疗全新模式,为实现失眠障碍的精准诊断及系统防治提供了可靠的科学支持^[8]。本文通过系统、全面地梳理数智技术在失眠障碍领域所涉及的具体应用场景,并对其当前的发展现状展开深入的述评,旨在为进一步提升失眠障碍的诊疗水平,提供具有参考价值的理论依据与切实可行的技术思路。

1 失眠障碍中常用数智技术简介

数据和算法,是构建智能诊疗模型的核心基本元素。在失眠诊疗领域,数字技术正积极推动着诊疗数据的采集与治理工作。数据采集环节,主要借助可穿戴设备等工具,对患者的各类信息进行实时且全面的采集,涵盖患者的基本信息、

症状表现、睡眠日记、睡眠质量评估量表、电生理信号、临床检验数据及神经影像资料等。而数字图像处理技术,则着重对采集到的数据进行数字化处理,对于视频数据,可通过分析其中患者的睡眠行为、肢体动作等信息;对生理信号进行精准分割与识别,提取关键特征;对神经影像资料,能够更清晰地分辨脑部的细微结构和病变区域。通过这些处理,将原本复杂多样的数据转换为计算机能够有效利用的信息,可为后续智能诊疗模型的构建与分析提供坚实的数据基础^[9]。

在算法领域,传统的机器学习要求输入已完成降维处理且带有特征标识的数据信息,然后运用相应算法开展分类处理^[10]。在失眠障碍诊疗中,被广泛应用的传统机器学习算法包括分布式梯度增强库(extreme gradient boosting,XGBoost)、支持向量机(support vector machine,SVM)及随机森林(random forest,RF)^[10]。XGBoost是基于梯度提升树的算法,主要用于解决分类和回归问题。XGBoost在分析睡眠调查问卷相关因素以及识别风险因子方面,有着出色的应用表现。SVM则通过寻找最优分割超平面,尽可能扩大不同类别之间的间隔,从而给出预测结果。RF属于一种集成学习方法,可通过构建多个决策树,对复杂数据集进行处理,以此提升分类的准确性与稳定性。深度学习模型的优势在于能够自动从数据中学习特征,无需人工干预。2018年后,深度神经网络(deep neural networks,DNN)、卷积神经网络(convolutional neural network,CNN)及长短时记忆网络(song short-term memory,LSTM)成为应用研究热点。DNN通过多层非线性变换,自动挖掘输入数据的特征表示,这使得深度学习在处理复杂模式识别任务时,表现得更为高效^[11]。CNN尤其适用于处理图像数据,但也被应用于生理信号处理领域,其能自动提取信号中的局部特征,在智能失眠障碍识别中展现出强大的性能。LSTM作为一种特殊的循环神经网络,能够处理和预测时间序列数据中的长期依赖性,在分析睡眠阶段变化及生理信号动态特征方面,具有独特优势。变化时LSTM有着独特的优势。常用算法的类型及场景应用简要概括详见表1。

2 数智技术在失眠障碍中的应用研究

2.1 风险识别 精准识别失眠障碍的风险因子,对于提前开展干预措施、预防失眠障碍的发生具有重要意义。目前,风险识别工作大多依托问卷调查数据以及卫生公共数据库信息,借助算法来实现。XU S T等^[10]基于睡眠相关问卷和人口统计学信息中的特征,运用XGBoost算法构建睡眠障碍的风险因子模型。HUANG A A等^[12]则利用全国健康和营养调查(NHANES)数据集,先通过单变量逻辑回归模型,筛选出与失眠存在显著相关的变量,然后将这些变量纳入最终的机器学习模型。研究结果发现,失眠的风险因素涵盖抑郁症状、年龄、体质、腰围及运动量。这一系列研究结果提示,机器学习能够在无需复杂医学检测的情况下,对睡眠障碍进行简便且有效的风

表1 失眠障碍常用机器学习算法

算法	类型	场景应用
SVM	机器学习	需标注特征,适用于处理小样本简单数据,如量表、风险因子的预测
RF、XGboost	集成学习	集成多种弱学习器,形成一个强学习器,处理复杂数据,对非线性数据有较好的效果
DNN、CNN、LSTM	深度学习	无需人工标注,可识别多模态数据,用于多导睡眠监测图的分期判别、影像资料的分割与分类

险评估,为失眠障碍的初步筛查提供了一种快捷高效的工具。

2.2 睡眠监测 多导睡眠图(polysomnography, PSG)是诊断睡眠障碍的“金标准”,在睡眠障碍诊断领域具有举足轻重的地位。然而,PSG检测存在诸多局限性,不仅检测条件苛刻,对检测环境、设备以及操作人员的专业水平等都有较高要求,且成本昂贵。此外,PSG检测不支持长时间的睡眠跟踪,无法全面、连续地监测患者的睡眠情况^[13]。随着科技的进步,可穿戴设备的出现使远程、移动、实时睡眠监测成为可能。可穿戴设备主要借助各种算法,将采集到的体动信号、脑电信号、自主神经系统信号等转换为常用的睡眠指标,以此识别相应的睡眠状态与阶段。以腕带式体动仪为例,其能根据四肢活动度判断使用者处于清醒还是睡眠状态,但该设备所采集的信号无法区分睡眠阶段,且容易受到环境因素的影响,导致监测结果的准确性不够理想^[14]。便携式PSG的出现为监测睡眠分期提供了新的可能,其基于CNN等先进算法,头戴式^[15]、耳戴式^[16]脑电采集设备能够提供解释性更强的睡眠参数,有助于更准确地判断睡眠分期。此外,自主神经系统的变化与睡眠阶段的转化关系密切,其利用单通道心电图^[17]、基于光电容积脉搏波(photo plethysmo graphic, PPG)的腕带式装备采集并分析心率变异性(heart rate variability, HRV)^[18],可以实现对睡眠分期的识别和监测,但目前这种监测方式的准确度还有待进一步提高。综上,目前便携式睡眠监测设备已经具备处理多种生理信号的能力,其中远程脑电波监测设备在睡眠监测方面具有较高的准确性,为睡眠障碍的诊断和研究提供了更有效的工具。

2.3 失眠障碍的智能诊断 传统的失眠障碍诊断,主要依赖人工对各类量表数据及检查结果进行判读,极易受到诊断者个人主观因素的干扰,诊断的准确率及效率方面存在局限性。对比之下,数智技术凭借机器学习和大数据分析的强大能力,为失眠障碍的诊断开辟了新路径。数智技术能够深入剖析患者的睡眠模式,如入睡时长、夜间觉醒次数、睡眠周期等;精准解读生理信号,像脑电波、心率、呼吸频率等所蕴含的信息;全面整合其他相关数据,包括生活习惯、心理状态、既往病史等。通过对这些多维度数据的综合分析,数智技术能够助力医生更精准、更高效地诊断失眠障碍。数智技术主要通过以下4个方面的数据特征入手,来开展诊断模型的训练工作。

2.3.1 电生理信号 数智技术能对人体电生理信号(脑电、心电、肌电、眼电)进行数据化处理与特征标识,再借助算法开展诊断预测。通常,频域、时域、Hjorth参数及非线性特征等,都被视为电生理信号的关键标识特征。SHAHIN M等^[19]运用深度神经网络对脑电图的Hjorth参数特征进行提取,对比了整晚脑电信号Hjorth参数与阶段脑电信号Hjorth参数在诊断失眠障碍时的准确性,结果发现利用分阶段的脑电信号的准确率达到了92%,略高于使用整晚的脑电信号的诊断准确率。范艺晶等^[20]在SHAHIN M等研究基础上,采用LSTM的深度学习算法,对整晚脑电信号的时间窗进行提取与分析,从中挖掘关键特征,进而构建了更为准确的诊断模型。一项研究将心电(electrocardiogram, ECG)标度图与卷积神经网络(CNN)相结合,基于时频域来识别失眠患者的睡眠质量,并在睡眠

障碍研究中心数据集上进行验证,结果表明评估模型的各项指标均取得了较高的分数^[21]。除了电生理信号,体动信号的研究也有进展。如RANI S等^[22]对体动仪时间序列进行了非线性特征处理,运用多种机器学习算法,深入探索其在急性失眠患者、慢性失眠患者及健康睡眠者之间的差异。结果发现,在这些算法中,SVM算法的准确率能够达到81%,表现最为出色。

2.3.2 影像学资料 数智技术能利用机器学习算法对影像学图片进行分割、识别与分析。失眠患者的脑区连接模式往往与健康人存在差异,而功能磁共振成像技术能有效识别出这种模式的异常情况,并在一定程度上揭示不同失眠表型背后潜在的神经机制。机器学习算法具备高效处理高维数据的能力,能够自动提取特征并发现复杂的脑活动模式。这使得功能磁共振成像分析在深度、准确性及个体化预测能力等方面都得到了显著提升。LEE M H等^[23]基于多模态功能性磁共振成像数据(functional magnetic resonance imaging, fMRI),利用主成分分析法对图像特征进行降维处理后输入到支持向量机(SVM)中,运用最小绝对收缩和选择算子来区分失眠患者与健康对照组之间脑活动模式的差异。研究结果表明,主成分分析法联合SVM算法能高效且准确地对fMRI影像进行分析,为识别失眠患者提供了有力支持。MA X F等^[24]基于多变量相关向量回归(relevance vector regression, RVR)算法,对急性与慢性失眠患者各脑区的节点功能性连接强度进行分析,结果发现该模型不仅可有效区分急性和慢性失眠,还能准确预测失眠的严重程度,且具有良好的泛化能力,即能够在不同的数据集和场景中保持较好的性能表现。YANG N等^[25]通过将逻辑回归与机器学习相结合,利用fMRI的低频波动幅度和功能连接特征,实现了对慢性失眠障碍的准确识别。这些研究都充分展示了机器学习算法在失眠影像学研究中的重要价值和广阔应用前景。

2.3.3 可穿戴设备 数智技术能借助人工智能对可穿戴设备与传统睡眠质量表结合产生的数据进行分析与识别。传统的睡眠量表评估方式存在明显弊端:其一,主观性过强,评估结果易受评估者主观判断和被评估者主观描述的影响;其二,量表的条目数量众多且内容复杂,在实际操作中,不仅耗费时间和精力,对诊断的效率和准确率也会产生不利影响。BITKINA O V等^[26]将体动仪转化得到的客观睡眠数据与匹兹堡睡眠质量指数(pittsburgh sleep quality index, PSQI)评分相结合,运用多种机器学习方法构建评估睡眠质量的模型。研究结果显示,不同机器学习方法构建的模型在诊断方面的准确率处于80%~86%之间,说明数智技术能够较为准确地诊断失眠障碍,为失眠诊断提供了一种更高效、更客观的新途径。

2.3.4 生物标志物 WANG Q F等^[27]通过机器学习算法探寻失眠诊断的生物标志物。研究人员运用LASSO回归算法,识别出了76个差异表达基因。此外,研究人员利用支持向量机递归特征消除分析,在这些差异表达基因里又识别出15个特征子集。两种机器学习算法存在5个重叠特征最终被选定为与诊断失眠的关键基因对这些关键基因展开研究并通过实验验证,证实了所发现的这些生物标志物的有效性。此项研究成果表明,人工智能技术在开发新型失眠诊断生物标志物方

面具有一定的潜力。

综上,数智技术凭借其强大的处理复杂信号的能力,能够从多个维度出发,实现对失眠障碍的智能识别。数智技术不仅能提供客观、可靠的诊断依据,还能对失眠的不同表型进行准确评估。通过提升诊断的效率和准确性,数智技术为个性化地制定患者治疗方案提供了关键的数据支持。

2.4 辅助治疗与管理 数智技术依托高质量的移动软件及可穿戴设备,开展失眠障碍的数字疗法和慢病管理工作。以数字化失眠认知行为疗法(dCBT)为代表的数字疗法,成功突破了线下CBT在时间、空间等方面的限制,其治疗效果相较于传统药物疗法更为显著^[28-29]。PHILIP P等^[30]研发的KANOPEE手机应用程序,具备自动筛查睡眠质量的功能,并能依据用户个体情况提供个性化数字化失眠认知行为疗法(dCBT-I)服务。大量应用反馈表明,该应用使多数中重度失眠患者的睡眠状况得到明显改善。VEDAA Ø等^[31]通过在线程序针对868名患者实施数字化干预,有效减轻了患者的失眠症状,优化了睡眠-觉醒模式,减少了药物使用频率并缓解了日间功能障碍问题。在慢性疾病管理领域,钟代曲等^[32]构建的慢性失眠网络平台,通过为患者建立健全档案、精准评估、推送个性化治疗方案及开展远程管理等一系列举措,使得患者对治疗方案的依从性治疗效果均有显著提升。总之,数智技术极大地提升了CBT-I治疗的便捷程度,降低了治疗成本,减少了患者对药物的依赖,并能为患者提供远程的个性化治疗方案,为失眠障碍的治疗与管理带来了全新的变革与发展机遇。

此外,数智技术在失眠障碍疗效预测方面也有着重要的应用。精准的疗效预测可为临床医生在动态调整治疗决策时提供参考,制定更加科学、合理的治疗方案。BREMER V等^[33]运用逻辑回归、SVM和增强决策树等多种机器学习技术,深入分析了影响dCBT-I依从性的相关因素,成功识别出了哪些患者可能不适合采用该疗法,避免了不适当的治疗选择。LU Q等^[34]通过机器学习分析失眠症患者的功能连接(FC)特征,并识别重复经颅磁刺激和药物治疗反应的预测因素。研究结果发现,治疗响应者在基线时的FC异常数量相对更高。由此可见,借助数智技术构建的疗效预测模型,其功能不仅能对治疗效果进行评估,还能对患者依从性做出预测。通过综合考虑疗效和依从性等多方面因素,医生能够更好地为患者实施个性化的干预方案,提高治疗的成功率和患者的满意度,进一步推动失眠障碍治疗的精准化和个体化发展。

3 数智技术在中医诊疗失眠障碍中的应用研究

3.1 治未病 中医认为体质影响疾病的易感性,明确体质类别有助于人们实现未病先防的目标。中医体质量表研发后,体质判定得以实现准化。在此基础上,结合智能算法对体质评价量表进行深入分析,可以揭示中医体质类型与失眠严重程度之间的复杂多面关联提供全新的视角与见解。LI S G等^[35]以体质评价量表的数据为基础,运用机器学习探索建立针对失眠严重程度的体质预测模型,发现在众多体质类型中,湿热体质是预测失眠严重程度最为关键的因素。其中,随机森林分类器在各项指标上均展现出卓越的性能,充分体现了机器学习对失眠严重程度进行分类时的高效性与准确

性。这项研究成果凸显了将机器学习与中医体质分类有机结合的巨大潜力,有望实现更具个性化的失眠预防策略。

3.2 数智四诊 传统的中医四诊在实际应用中受医生主观经验影响,因个人经验、认知水平和判断标准的差异,存在一定的局限性。尤其是对于症状表现不典型的患者,医生往往无法给出可靠的诊断依据,与西医诊断相比,中医四诊缺乏客观量化的指标,这使得在明确诊断方面存在一定的困难,难以通过具体的数值或图像等客观数据来准确判断病情。数字图像处理技术能够将中医四诊信息转化为数字信号,实现对关键特征的量化和客观化^[36]。该技术已被广泛应用在各类诊断仪器当中,为中医诊断的现代化提供了有力支持。机器学习算法能够对大量的症状体征数据进行分析和学习,模拟中医的辨证过程,从而辅助中医临床诊断^[37]。

3.2.1 数字舌诊 舌诊是中医诊断的重要方法之一,通过观察舌象的变化来了解机体生理功能及病理变化,进而诊察和判断疾病。舌诊仪能够对舌质、舌苔的颜色及性质等方面进行定量分析与识别,进而量化舌象特征。李欢欢等^[38]针对失眠患者和健康人的舌象展开量化研究,分别使用颜色矩方法提取舌色特征,采用Tramura纹理方法提取舌象的纹理特征,借助Graham凸包算法提取舌象特征。研究结果发现,失眠患者舌色的R、G、B值,纹理的粗糙程度及舌形特征与健康人比较,均存在显著差异。于志峰等^[39]也进行了类似研究,使用舌象仪对70例失眠患者和70例健康人进行舌象采集并识别分析,结果发现相较于健康人,失眠患者舌象多呈现舌红、舌紫、点刺、舌尖红、瘀斑、舌胖大、齿痕、黄苔、舌苔厚等特征。这些研究均表明,通过舌诊仪和相关技术对舌象进行量化分析,能够发现失眠患者与健康人舌象的明显差异,为中医通过舌诊辅助诊断失眠提供了客观的量化依据,有助于提高中医诊断失眠的准确性和科学性。

3.2.2 数字脉诊 双腕不同位置的动脉脉搏与相应脏腑的气血盛衰密切相关。利用智能脉诊仪可形成脉图参数,为脉象特征的可视化提供了技术支持。于艺等^[40]为探索不同证型失眠患者的脉象特征,利用智能脉诊仪采集并对比了心脾两虚证、火热证失眠患者和健康人的脉图参数,结果发现右尺相位6/左关能量6、右关能量4/右尺能量4及左寸相位12/右寸相位7可能分别为失眠心脾两虚证、火热证及心脾两虚证火热证的特征指标。党娇娇等^[41]使用智能脉诊仪对慢性失眠火热证的脉图特征进行探索,结果显示,相较于无慢性失眠的受试者,火热证组的脉位参数更沉,且右尺脉的沉位最为显著,这与中医郁火内伏的病机认识相契合。张喜等^[42]通过脉图量化失眠患者的脉象特征,发现左寸、右关和右尺脉的参数在两组人群(失眠患者与健康人)分类中影响最大,为从中医脉学角度诊疗失眠提供了一定的参考依据。

3.2.3 模拟辨证 李书五等^[43]设计了居家智能辨识失眠证候系统,先依据专家经验构建肝郁化火证失眠病中医望诊及问诊各维度标准化证候信息的知识图谱,再运用色谱分解技术对面诊、舌诊特征数据进行分区域提取与分析,并与知识库中的信息对比分类。临床应用显示,该系统对肝郁化火证失眠病的辨识准确率达89%,取得了较好的辨识效果,为居家智

能辨识失眠证候提供了可行的方法和技术支持。TANG Y Q等^[44]利用随机森林、频率分析、关联规则和层次聚类等方法分析失眠患者的基线资料、四诊信息及证候处方,构建辨证论治模型。研究发现五脏辨证方法对失眠证候的判断贡献最大,这表明机器学习在模拟中医失眠辨证论治思维方面具有较大潜力,有助于推动中医辨证论治的客观化、标准化和智能化发展。

由此可见,数字化技术能够精准采集与失眠相关的舌脉信息,并将其转化为直观的可视化形式,为进一步研究舌象、脉象在失眠证候中的意义提供可靠参考。其次,智能算法能够对中医四诊收集到的丰富信息进行全面且深入的综合分析,在模拟中医辨证论治的复杂过程中,展现出一定的可行性。

3.3 挖掘证治规律

中医的治疗以证候为基础,针对不同的证候类型采用相应的干预手段。数据挖掘技术、网络药理学及机器学习等前沿技术被引入中医领域,为深入探索中医处方的配伍规律提供了多元化的分析方法。王妙然^[45]借助Apriori算法结合复杂网络分析方法,对李秋艳治疗失眠的临床经验展开系统研究,总结出验方枢鼓舒眠方,并运用网络药理学进一步揭示了该方的关键成分及作用靶点。王嫣然等^[46]广泛收集失眠的真实诊疗数据,通过构建失眠中药网络模型,创新性地引入复杂网络节点中心性评估单指标算法,对众多治疗失眠的中药进行系统分析。结果显示,甘草、当归、柴胡、茯苓、远志等中药在治疗失眠症的过程中处于核心地位。

3.4 经验传承

数据挖掘技术在中医领域发挥着独特且关键的作用,能够对经典古籍及资深中医从业者积累的大量非结构化知识进行高效整合与结构化处理。这些宝贵的知识资源往往蕴含着丰富的中医智慧与实践经验,但由于其形式的复杂性,传统方法难以充分挖掘利用。数据挖掘技术的介入,使得这些知识得以系统化梳理,为后续的深入研究和应用奠定了坚实基础。由人工智能指导的中医传承模型,具备模拟中医诊疗过程的强大能力。通过对海量诊疗数据及中医理论知识的学习与分析,该模型能够精准复刻名老中医的诊疗思维模式。韩露露^[47]运用复杂网络分析,深入探索黄世敬治疗缺血性脑白质病合并慢性失眠障碍的方药规律,发现培元通滞为黄世敬在这类病症治疗中常用的治法。李天丽等^[48]借助中医传承辅助平台,对侯振民用药规律展开分析,发现其使用的高频药物均为乌梅丸的组成成分,体现了侯振民在治疗中秉持寒热并调的治疗思想。唐雨奇^[49]采用随机森林算法,研究杨东东诊疗失眠的经验,结果发现该算法能有效模拟杨东东的辨证过程。综上所述,这些应用研究从不同角度充分展示了数据挖掘技术、人工智能及机器学习等现代技术在中医失眠诊疗经验传承与研究中的重要价值,为中医的现代化发展注入了新的活力。

3.5 疗效预测

精准化和个体化治疗是提升疗效的关键路径,而识别优势获益人群则是达成这一目标的重要手段。王驰等^[50]通过XGBoost方法建模,深入挖掘通督调卫法针刺治疗失眠的优势获益人群特征。研究结果表明,当患者具备以下特征时,应用通督调卫法针刺治疗失眠可获得更高的疗效。在睡眠结构方面,N1期占总睡眠时长的比例处于6%~70%区

间;自关灯时间起,N2期潜伏期低于约40 min;入睡后清醒时长小于约75 min,或者在100~300 min范围;自关灯时间起,R期潜伏期大于约75 min;N2期占总睡眠时长比例处于20%~50%区间。在睡眠质量评估指标上,PSQI中的睡眠效率得分为2或者3分。此外,从中医舌象特征来看,舌象无“老舌”表现的患者也更适合该治疗方法。

4 失眠障碍数智化诊疗应用的展望

经过对数智技术在中西医失眠诊疗领域应用的系统梳理,笔者清晰地发现其在不同医学体系中的特点与局限。(1)在西医失眠诊疗中,数智技术主要将精力集中于分析睡眠状况、局部生理信号及神经影像等方面。凭借这些技术,西医在失眠疾病的诊断和治疗环节取得了一定成果。然而,这种应用模式存在明显不足,即过于关注疾病的局部特征。在对机体整体状态的评估及全面防治手段的构建上有所欠缺,忽视了人体作为一个有机整体,各系统之间相互关联、相互影响的关系,未能从宏观角度把握患者的整体健康状况,难以实现对失眠的全方位防治。(2)在中医领域,数智技术的应用为失眠证候的判断带来了积极变化。不仅推动了证候判断的量化和客观化进程,能够辅助医生对患者的脏腑功能进行评估与调整。但目前数智技术在中医失眠诊疗中的应用仍存在短板,尽管在某些方面实现了量化和客观化,但由于失眠证候的复杂性以及人体生理病理状态的动态变化,现有的数智技术手段还无法全面、精准地反映患者当下的失眠证候。这使得医生在制定治疗方案时,难以做到精准无误,无法充分发挥中医辨证论治的优势,距离实现精准防治失眠的目标仍有一定差距。

随着数智技术的迅速发展,其强大的大规模数据处理和分析能力为中西医失眠诊疗优势的结合提供了新的契机,构建病证结合诊疗模式已成为可能。病证结合精准诊疗研究模式,是在中医理论指导下开展,借助智能化诊疗装备,能准确捕捉患者潜在的中医脏腑功能状态及健康与疾病之间的转归变化情况。该诊疗模式将中医证候与辨证论治过程科学量化表达,同时对疾病过程的“病-证”规律进行定量表征,从而实现对病症的精确防治。

目前病证结合数智化诊疗在心脑血管、肿瘤等慢性疾病的防治及预后预测方面已取得一定的进展。代炜等^[51]基于机器学习算法,巧妙地将中医体质与一般资料、生活方式及实验室检查指标相结合,成功构建了高血压风险预测模型,能够个性化地筛查出高血压病的高风险人群,有助于医生提前制定干预措施,实现早期防治,降低高血压的发病风险。杨燕^[52]利用机器学习算法,分别构建了基于客观化舌诊图像、中医症状和西医理化检查指标的冠心病智能诊断模型,并将这3种诊断模型按照一定的权重进行整合,形成了中西医特征融合的冠心病智能诊断模型。研究发现,这种融合多模态特征的方式,能够显著提高冠心病诊断预测模型的效率,成功实现了中西医结合诊断模型的开发,为冠心病的准确诊断提供了更有力的工具。陈浩然等^[53]为构建冠心病稳定型心绞痛痰浊闭阻证病证结合诊断模型,收集了包括中医症状、心脏超声、理化指标等34个潜在特征,经SHAP可视化分析发现除了中医

症状、体征,一些理化检查指标如三酰甘油、总胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇等也是判断该证型的重要依据。TANG M等^[54]基于多中心诊疗数据,运用机器学习算法,融合中医干预、中医证型特征及肿瘤病理分型特征,构建了结直肠癌术后3~5年转移复发的预测模型。该模型具有较强的实用价值,能够帮助医生对结直肠癌患者的预后进行更准确的评估,提前制定预防转移复发的策略,提高患者的生存率和生活质量。

基于其他疾病在数智中西医领域的应用场景经验,在失眠障碍的诊疗体系建设中,可从以下多个关键方面展开深入探索与实践。(1)防治维度。以中医体质学说作为理论基石,将证素信息与失眠障碍的危险因素进行有机融合,构建个性化的失眠障碍风险预测模型。(2)诊断视角。将睡眠相关的微观指标与中医宏观四诊信息进行深度融合,如生理信号参数特征、神经影像表征、神经递质、多组学表征等理化指标等与宏观四诊信息有机整合,能够从多个维度对患者进行全面、系统的评估。(3)证治规律挖掘领域。充分应用粗糙集、关联规则、聚类分析、隐结构等多种数据挖掘技术及其组合方式,深入剖析失眠障碍的用药规律。应用网络药理学,挖掘中药复方活性成分、分析复方药物靶点和信号通路,与中医学“整体观念”的核心思想颇为契合,为阐明复方多成分、多靶点、多环节的作用机制以及老药新用方面提供了新的思路和方法^[55]。(4)治疗创新方向。数智技术为失眠数字疗法的创新发展提供了强大动力。依托互联网平台的广泛覆盖与便捷交互特性,研发具备睡眠监测功能及中医特色的可穿戴设备。如将虚拟现实(VR)技术与中医五音、五色理念相结合,研发身心疏导治疗设备、智能居家治疗设备、推拿机器人及搭建传统功法训练与指导平台等。基于循证医学理念,开发具有科学依据的干预方案。(5)疗效预测范畴。依托数智技术,整合电生理信号、神经影像资料、微观指标及中医证候量表等多源信息,构建个性化疗效评价体系,明确不同治疗方案的适宜人群,实现个性化治疗方案的推荐^[56]。失眠病证结合诊疗模型的构建思路详见图1。

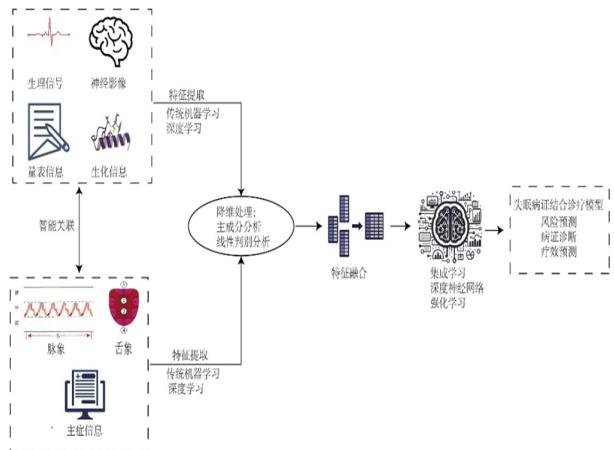


图1 失眠障碍病证结合数智诊疗模型构建流程图

5 失眠病证结合数智诊疗模型构建的挑战

在医疗科技快速发展的当下,构建失眠病证结合数智化诊疗模型虽前景广阔,但也面临诸多严峻挑战,主要体现在输入数据的质量把控、数据融合方式的抉择及输出结果可解

释性的阐释这3个关键方面。(1)数据质量与循证证据难题。模型的输出结果的精准度与数据质量密切相关,尤其是深度学习算法,海量的样本及高质量的标识数据是其准确运行的基础。目前,睡眠监测相关数据,如多导睡眠监测(PSG)、脑电图(EEG)、心电图(ECG)等,获取途径存在诸多不便。在中医领域,中医四诊信息采集的标准化和结构化程度不足问题突出。不同医疗机构使用的舌象、脉象采集设备及操作规范存在差异,缺乏统一标准,极大地影响了数智模型的诊疗准确性与泛化能力,即模型难以在不同医疗机构或不同患者群体中保持稳定且准确的诊断效果。此外,用于训练机器学习的数据普遍存在循证证据不足的情况。由于缺乏足够的循证证据,基于这些数据训练出来的模型所产生的结果可信度较低,难以在临床实践中得到广泛认可和应用。(2)多模态数据融合困境。病证结合的失眠诊疗模型涉及多维度、复杂的多模态数据。这些数据涵盖中医四诊内容(望、闻、问、切所获取的信息)、临床症状描述、各类生理信号(如脑电、心电、肌电等)及影像资料(如脑部磁共振成像等)。如何将这些不同类型、不同来源的数据进行系统整合并用于建模,是构建该诊疗模型的一大难点。在智能诊疗研究中,需综合运用高维数据降维、多维特征融合等处理技术,系统考量多模态数据间的互补价值、冗余信息及互斥关系。只有通过科学处理数据间的复杂关联,才能充分释放多源数据的协同价值,最终实现精准化的智能诊疗目标。但目前多模态数据融合技术还不够成熟,缺乏能够兼顾各种特性的有效方法,制约了失眠病证结合数智化诊疗模型的构建与应用。(3)模型解释性障碍。机器学习和深度学习在数据处理和模型构建方面展现出强大的算力,但其运算过程、特征提取过程及结果往往难以解释,被视为“黑箱”模型。在模型评价方面,现有的评价指标主要侧重于衡量预测模型的准确性,如准确率、召回率等。然而,这些指标无法全面反映模型在实际应用中的效信度。尤其是对于结合了宏观中医指标和微观西医指标的输出模型,其输出结果可能与传统中西医理论相悖。由于缺乏合理的解释,难以得到临床医生的认可和应用,这极大地限制了模型在临床实践中的推广和应用潜力。为应对上述挑战,有必要将数据与知识相结合来驱动模型。具体而言,可以构建中西医失眠诊疗的知识图谱。以知识图谱为基础,融入中西医专家的临床案例,利用这些丰富的知识和实际案例来构建智能诊疗模型。这样的模型不仅能够利用数据驱动的方法进行学习和预测,还能够基于知识图谱中的知识进行推理和解释。

6 小 结

综上所述,数智技术于失眠障碍的监测筛查及诊断治疗领域正展现出蓬勃的发展态势。该技术成功突破了传统诊疗方式所存在的主观局限性,以及干预措施可行性欠佳等难题,通过客观数据的采集与分析,极大地提升诊疗的准确性与科学性。尽管目前中医诊疗失眠障碍在数智化应用方面尚处于起步阶段,但其已开展的研究成果已充分彰显出该应用的可行性和有效性。数智技术与中医诊疗模式的深度融合,无疑将成为未来该领域的重要发展趋势。未来研究,应当以中医思维为主导,进一步推进四诊信息的客观化,多源多维采

集失眠障碍临床数据,探索可解释性、泛化性较强的算法,构建出多模态的病证结合风险诊疗模型。此外,将中医特色干预方法融入可穿戴设备具有广阔的应用前景。根据中医证素与微观指标创新疗效评价指标,建立疗效预测模型,提前预测治疗效果,可为失眠障碍疾病的中医精准防治提供关键的方法支持,助力提升中医在失眠障碍诊疗领域的整体水平。

参考文献

- [1] RIEMANN D, ESPIE C A, ALTENA E, et al. The European Insomnia Guideline: An update on the diagnosis and treatment of insomnia 2023[J]. J Sleep Res, 2023, 32(6):e14035.
- [2] MORIN C M, JARRIN D C. Epidemiology of insomnia: Prevalence, course, risk factors, and public health burden[J]. Sleep Med Clin, 2022, 17(2):173–191.
- [3] WANG J, WU J X, LIU J M, et al. Prevalence of sleep disturbances and associated factors among Chinese residents: A web-based empirical survey of 2019[J]. J Glob Health, 2023, 13:04071.
- [4] FERINI-STRAMBI L, AUER R, BJORVATN B, et al. Insomnia disorder: Clinical and research challenges for the 21st century[J]. Eur J Neurol, 2021, 28(7):2156–2167.
- [5] 杨凯涵,王旭亚,冯晓彬,等.肿瘤数智诊疗研究的现状及前景[J].中国肿瘤临床,2023,50(16):855–860.
- [6] 雷彬斌,周婧青,张怡,等.失眠障碍诊疗的数字化应用[J].中国临床医生杂志,2023,51(12):1401–1404.
- [7] 王宇立,唐禹,林佳成,等.机器学习方法在中医证治规律研究中的应用进展及述评[J].中华中医药学刊,2024,42(10):17–21.
- [8] 高颖.基于中医整体观构建脑卒中病证结合诊疗方案的思路[J].北京中医药大学学报,2024,47(1):4–8.
- [9] HAUG C J, DRAZEN J M. Artificial intelligence and machine learning in clinical medicine, 2023[J]. N Engl J Med, 2023, 388(13):1201–1208.
- [10] XU S T, FAUST O, SEONI S, et al. A review of automated sleep disorder detection[J]. Comput Biol Med, 2022, 150:106100.
- [11] HA S, CHOI S J, LEE S J, et al. Predicting the risk of sleep disorders using a machine learning-based simple questionnaire: Development and validation study[J]. J Med Internet Res, 2023, 25:e46520.
- [12] HUANG A A, HUANG S Y. Use of machine learning to identify risk factors for insomnia[J]. PLoS One, 2023, 18(4):e0282622.
- [13] ROSENBERG R P, KRISTAL A D. Diagnosing and treating insomnia in adults and older adults[J]. J Clin Psychiatry, 2021, 82(6):E120008AH5C.
- [14] REITER A M, ROACH G D, SARGENT C, et al. Finger twitches are more frequent in REM sleep than in non-REM sleep[J]. Nat Sci Sleep, 2020, 12:49–56.
- [15] MARKWALD R R, BESSMAN S C, REINI S A, et al. Performance of a portable sleep monitoring device in individuals with high versus low sleep efficiency[J]. J Clin Sleep Med, 2016, 12(1):95–103.
- [16] GOVERDOVSKY V, VON ROSENBERG W, NAKAMURA T, et al. Hearables: Multimodal physiological in-ear sensing[J]. Sci Rep, 2017, 7(1):6948.
- [17] BAEK H J, CHO J. Novel heart rate variability index for wrist-worn wearable devices subject to motion artifacts that complicate measurement of the continuous pulse interval[J]. Physiol Meas, 2019, 40(10):105010.
- [18] YOON H, HWANG S H, CHOI J W, et al. Slow-wave sleep estimation for healthy subjects and OSA patients using R-R intervals[J]. IEEE J Biomed Health Inform, 2018, 22(1):119–128.
- [19] SHAHIN M, AHMED B, HAMIDA S T, et al. Deep learning and insomnia: Assisting clinicians with their diagnosis[J]. IEEE J Biomed Health Inform, 2017, 21(6):1546–1553.
- [20] 范艺晶,罗涛,李剑峰,等.基于脑电时-空特征的深度学习失眠障碍检测算法[J].北京生物医学工程,2022,41(2):161–166.
- [21] KUMAR K, GUPTA K, SHARMA M, et al. INSOM-Net: Automated insomnia detection using scalogram and deep neural networks with ECG signals[J]. Med Eng Phys, 2023, 119:104028.
- [22] RANI S, SHELYAG S, KARMAKAR C, et al. Differentiating acute from chronic insomnia with machine learning from actigraphy time series data[J]. Front Neurosci, 2022, 2:1036832.
- [23] LEE M H, KIM N, YOO J, et al. Multitask fMRI and machine learning approach improve prediction of differential brain activity pattern in patients with insomnia disorder[J]. Sci Rep, 2021, 11(1):9402.
- [24] MA X F, WU D Y, MAI Y Q, et al. Functional connectome fingerprint of sleep quality in insomnia patients: Individualized out-of-sample prediction using machine learning[J]. Neuroimage Clin, 2020, 28:102439.
- [25] YANG N, YUAN S Y, LI C L, et al. Diagnostic identification of chronic insomnia using ALFF and FC features of resting-state functional MRI and logistic regression approach[J]. Sci Rep, 2023, 13(1):406.
- [26] BITKINA O V, PARK J, KIM J. Modeling sleep quality depending on objective actigraphic indicators based on machine learning methods[J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19(16):9890.
- [27] WANG Q F, LIU D, GAO T C, et al. Experimental verification and identifying biomarkers related to insomnia[J].

- Front Neurol, 2023, 14:1189076.
- [28] LU M L, ZHANG Y Y, ZHANG J H, et al. Comparative effectiveness of digital cognitive behavioral therapy vs medication therapy among patients with insomnia[J]. JAMA Netw Open, 2023, 6(4):e237597.
- [29] SOH H L, HO R C, HO C S, et al. Efficacy of digital cognitive behavioural therapy for insomnia: A meta-analysis of randomised controlled trials[J]. Sleep Med, 2020, 75:315–325.
- [30] PHILIP P, DUPUY L, MORIN C M, et al. Smartphone-based virtual agents to help individuals with sleep concerns during COVID-19 confinement: Feasibility study[J]. J Med Internet Res, 2020, 22(12):e24268.
- [31] VEDAA Ø, KALLESTAD H, SCOTT J, et al. Effects of digital cognitive behavioural therapy for insomnia on insomnia severity: A large-scale randomised controlled trial[J]. Lancet Digit Health, 2020, 2(8):e397–e406.
- [32] 钟代曲,蒋晓江,许志强,等.慢性失眠症患者网络管理平台的建立与应用效果研究[J].中华护理杂志,2017,52(6):702–706.
- [33] BREMER V, CHOW P I, FUNK B, et al. Developing a process for the analysis of user journeys and the prediction of dropout in digital health interventions: Machine learning approach[J]. J Med Internet Res, 2020, 22(10):e17738.
- [34] LU Q, ZHANG W T, YAN H L, et al. Connectomic disturbances underlying insomnia disorder and predictors of treatment response[J]. Front Hum Neurosci, 2022, 16: 960350.
- [35] LI S G, ZHU P, CAI G Y, et al. Application of machine learning models in predicting insomnia severity: An integrative approach with constitution of traditional Chinese medicine[J]. Front Med (Lausanne), 2023, 10: 1292761.
- [36] 张钰莹,周华,詹松华,等.中医四诊新技术的应用及研究进展[J].中国医学计算机成像杂志,2021,27(1):83–86.
- [37] 倪澎涛.研究数字图像处理技术的现状及其发展方向[J].信息通信,2017,30(8):110–111.
- [38] 李欢欢,张新峰,胡广芹,等.失眠舌象特征的量化研究[J].北京生物医学工程,2013,32(3):267–271.
- [39] 于志峰,陆小左,胡广芹.失眠患者舌诊客观化研究[J].光明中医,2013,28(12):2567–2569.
- [40] 于艺,党娇娇,袁霭凤,等.不同证型失眠患者与健康人群脉图特征参数图谱比较[J].中国中西医结合杂志,2022, 42(2):176–180.
- [41] 党娇娇,于艺,雷洪涛,等.火热相关证候慢性失眠脉图特征研究[J].西部中医药,2024,37(2):65–68.
- [42] 张喜,袁霭凤,党娇娇,等.应用脉图参数探析失眠对人体的影响[J].世界中医药,2019,14(12):3386–3388,3393.
- [43] 李书五,刘佳丽,李凯.失眠病中医证型居家移动智能辨识系统:以肝郁化火证失眠病为例[J].智慧健康,2021,7 (13):1–6.
- [44] TANG Y Q, LI Z C, YANG D D, et al. Research of insomnia on traditional Chinese medicine diagnosis and treatment based on machine learning[J]. Chin Med, 2021, 16(1):2.
- [45] 王妙然.基于医案挖掘李秋艳教授治疗失眠核心药物并探讨其作用机制[D].北京:中国中医科学院,2023.
- [46] 王嫣然,王明珠,胡梦宇,等.基于CNM-Centrality算法的失眠症辨证论治中核心中药及配伍研究[J].中草药, 2017, 48(18):3897–3900.
- [47] 韩露露.黄世敬教授治疗缺血性脑白质病合并慢性失眠的用药规律及临床研究[D].北京:北京中医药大学,2020.
- [48] 李天丽,刘爱军,孙新宽.基于数据挖掘分析侯振民教授治疗寒热错杂失眠用药规律[J].中医临床研究,2023,15 (11):97–101.
- [49] 唐雨奇.基于机器学习的杨东东教授治疗不寐证的诊疗思路研究[D].成都:成都中医药大学,2021.
- [50] 王驰,秦珊,刘成勇,等.针刺通督调卫组方治疗失眠症的适宜人群画像构建研究[J/OL].针刺研究,2024:1–13 [2024–10–15].<https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?filename=XCYJ20241014002&dbname=CJFD&dbcode=CJFQ>.
- [51] 代炜,黄沂,赵玉玲,等.健康体检人群发生正常高值血压的风险预测列线图模型构建及验证[J].实用心脑肺血管病杂志,2024,32(10):46–51.
- [52] 杨燕.基于舌象客观化的冠心病中西医多模态特征融合证候诊断模型的构建[D].北京:北京中医药大学,2023.
- [53] 陈浩然,姜童,郑一,等.基于机器学习的冠心病稳定型心绞痛痰浊阻证诊断模型研究[J].中国中医药信息杂志, 2024, 31(12):142–150.
- [54] TANG M, GAO L H, HE B, et al. Machine learning based prognostic model of Chinese medicine affecting the recurrence and metastasis of I–III stage colorectal cancer: A retrospective study in China[J]. Front Oncol, 2022, 12:1044344.
- [55] 谷文超,陈聪,宋咏梅,等.网络药理学在中医复方研究中的应用现状[J].山东中医杂志,2021,40(6):662–667.
- [56] 尹涛,何昭璇,兰蕾,等.基于机器学习与神经影像表征的针灸疗效预测研究现状与展望[J].世界中医药,2020,15 (11):1551–1554.

(收稿日期:2024-11-25 编辑:时格格)