DOI:10.13193/j.issn.1673-7717.2025.11.005

深度学习在中医四诊客观数据一体化集合模式的理论研究

耿嘉蔚[1,2],田雨[1,2],王舒怡[1,2],邓云轩[3],杨杰[1,2]
(1.中国中医科学院中医药信息研究所,北京 100700;2.中国中医科学院中医药数据中心,北京 100700;
3.加利福尼亚大学戴维斯分校农业与环境科学学院,美国 戴维斯 95616)

摘要:对深度学习(deep learning,DL)在中医四诊客观化中的应用优势及未来发展等方面作详细介绍,探索建立一种新型的基于深度学习在中医四诊客观化中的数据一体化集合处理思路。概述深度学习在中医四诊客观化中的研究背景与中医四诊客观化中常用的深度学习方法,并详细介绍了深度学习在中医四诊客观化中的具体应用,其中在望诊中的应用分为在舌诊与面诊中的应用,分别为舌象数据的处理、舌象数据的分析、面诊数据的收集与分析;在闻诊中分为在声诊、嗅诊中的应用;在问诊中分为在医疗推荐类模型和辅助诊断类模型中的应用;在切诊中分为在信号识别和脉象分类中的应用,以及深度学习在中医诊断模型与中医服务平台中的应用,探讨了深度学习在中医四诊客观化中的应用优势与未来展望。基于深度学习的中医四诊客观数据一体化集合模式,是将收集到的原始四诊数据分类进行深度学习处理后分别录入对应的四诊数据库,再和交换平台之间进行输出反馈,最后分类应用。

关键词:深度学习;人工智能;中医四诊客观化;数据挖掘;卷积神经网络
中图分类号:R2-03 **文献标志码**:A **文章编号**:1673-7717(2025)11-0021-08

Theoretical Research of Deep Learning in Integrated Set Mode of Objective Data of Traditional Chinese Medicine Four Diagnoses

GENG Jiawei[1,2],TIAN Yu[1,2],WANG Shuyi[1,2],DENG Yunxuan[3],YANG Jie[1,2]
(1.Institute of Information on Traditional Chinese Medicine,China Academy of Chinese Medical Sciences,Beijing 100700,China;
2.National Data Center,China Academy of Chinese Medical Sciences,Beijing 100700,China;
3.College of Agricultural and Environmental Sciences,University of California,Davis 95616,USA)

Abstract:This paper gave a detailed introduction to the application advantages and future development of deep learning in the objectification of the four diagnoses of traditional Chinese medicine,and explored the establishment of a new data integration collection processing idea based on deep learning in the objectification of the four diagnoses of traditional Chinese medicine. This paper summarized the research background of deep learning in the objectification of the four diagnoses of traditional Chinese medicine and the deep learning methods commonly used in the objectification of the four diagnoses of traditional Chinese medicine, and introduced the specific applications of deep learning in the objectification of the four diagnoses of traditional Chinese medicine in detail. The applications in inspection are divided into tongue diagnosis and face diagnosis,including tongue image data processing,tongue image data analysis,and face diagnosis data collection and analysis. In listening and smelling diagnosis,it is divided into the application of sound diagnosis and sniff diagnosis. It can be divided into the application of medical recommendation model and auxiliary diagnosis model. It is divided into the application of signal recognition and pulse classification,and the application of deep learning in traditional Chinese medicine diagnosis model and service platform,and discussed the application advantages and future prospects of deep learning in the objectification of traditional Chinese medicine four diagnoses. Based on deep learning,the integrated collection mode of objective data of the four diagnoses of traditional Chinese medicine is to classify the collected original four diagnoses data into the corresponding four diagnoses database after deep learning processing,and then output feedback with the exchange platform,and finally classify and apply.

Keywords:deep learning;artificial intelligence;objectification of four diagnoses of traditional Chinese medicine;data mining;convolutional neural network

基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFC1703502);中国中医科学院科技创新工程项目(CI2021A05402);中国中医科学院中医药信息研究所临床科研一体化数据管理平台传染病/慢病随访示范应用项目(JY202301SJZX-2020YFC0845000);中国中医科学院基本科研业务费新入职科研人员启动资金专项(N2Z16-XRZ-099);中国中医科学院中医药数据中心基本科研业务费自主选题项目(ZZ1718-XRZ-108-SJ)

作者简介:耿嘉蔚(2001-),女,河南平顶山人,硕士在读,研究方向:中医药信息学。
通讯作者:杨杰(1974-),女,辽宁沈阳人,主任医师,硕士研究生导师,博士,研究方向:中医药大数据、中医药信息学、中医诊断学研究。E-mail:seainheart@126.com。

中医四诊客观化的发展可提高中医临床诊断的便利程度，亦是推进中医药事业进步的关键力量。人工智能与中医药的结合推动了医疗健康事业的快速发展，使传统中医药逐步走向成熟。为尽快适应广大民众对医疗健康的更高追求，中医诊断急需建立统一标准，形成客观诊疗体系。辨证论治逻辑的差异、科学技术引进的缺乏、数据库建立的不完善等都阻碍着中医诊断客观化的发展[1]。在中医四诊客观化的研究中，学者们通过多种途径收集数据，将传统中医与现代科技充分融合，将数据不断细化分类、对比归纳，为四诊仪等的中医诊断设备及中医服务平台的研究提供数据支持，以此推动中医四诊客观化的发展[2]。在基于深度学习（deep learning，DL）的中医四诊客观数据一体化集合模式中，客观化的采集设备是基础，智能化的数据融合与分析是重点[3]。该模式有利于推进四诊融合，强化整体观念，可促进中医药行业越来越趋向智能化、现代化。

1 深度学习在中医四诊客观化中的研究背景

如今我国逐年人口老龄化程度不断加深，为给群众提供更好的医疗服务，中医诊断凭借无创性、方便便捷、价格低廉等优势受到越来越多人民群众的青睐。近年来随着科学技术的蓬勃发展，人工智能广泛应用于中医四诊的各个领域，在中医诊断模型的完善、临床数据库的建立、电子诊疗仪器的发展等方面均提供重要的理论支撑。传统中医诊疗强调个体的差异化，在具有针对性的“一人一方”的同时兼备整体观念；而人工智能具有复杂的整体性、多样性，拥有较强的学习能力和归纳能力，对数据的分析更加精确[4]。如何将中医传统逻辑理念客观化，人工智能与中医组合如何发挥出最大效果，是需要进一步探索的课题。中医与人工智能的发展步伐近代以来多有重合，如今深度学习广泛应用于中医诊断的各个方面，在望诊、闻诊、问诊、切诊等方面发挥显著作用。

2 中医四诊客观化中常用的深度学习方法

深度学习属于现代机器学习，是机器学习的方法之一，相较于传统的机器学习而言拥有强大的自主学习能力，在自动提取各类数据的同时拥有预测性[5]。深度学习在文本、图像、音频、语言等数据的提取识别与归类方面具有较高精确性，其依靠模仿人脑对获取信息的处理方式，通过层次结构去繁化简，提取有效信息，剥离其本质[6]。深度学习包括卷积神经网络、迁移学习、强化学习、对抗学习、循环神经网络、自动编码器、深度置信网络算法等。以下简要介绍3种在中医四诊客观化中较为常用的深度学习方法。

2.1 卷积神经网络（convolutional neural network，CNN）

卷积神经网络的基本结构由输入层、卷积层（convolutional layer）、池化层（pooling layer，也称为取样层）、全连接层及输出层构成，是深度学习的代表算法之一[7]。卷积神经网络作为目前DL应用最广泛的主要形式，其处理数据的能力可随着一次又一次的训练不断优化[8]。卷积神经网络在特征提取方面具有突出优势，例如中医舌诊、面诊、掌纹等图像中的纹理、形状、颜色等特征，能为中医诊断提供精准的图像分析[9]。其凭借卷积操作在建模方面也有广泛应用，例如语言分析板块、针灸腧穴领域、药品选择等，通过不同层级依次映射可将复杂程序精简化，减少运算量[10]。卷积神经网络较传统机器学习在中医诊断研究结果当中拥有更高准确率，数据采集也更加专业，可将现有医疗资源最大利用[11]。

2.2 迁移学习

迁移学习可依据已知数据来解决未知领域的问题，可通过现有知识总结到的客观规律迁移至另一个任务当中，相对于传统机器学习而言可降低数据样本不足的影响，减少人力物力的消耗。针对中医诊断方面，多个领域难以直接获得成体系的数据，或收集到的数据由于语义定义不同而产生差异，如此可显示出迁移学习的优势[12]。此外，只有当两个领域出现相关因素时，才可运用迁移学习方法进行研究，否则可能会出现负面影响，造成负迁移[13]。迁移学习可节约数据训练的时间，同时能有效防止深度学习网络的过拟合。

2.3 强化学习（reinforcement learning，RL）

强化学习可通过从环境中学习到的行为逐步迭代增加，结合现有知识和未知问题得出优良结果，是一种集现代各项科学技术发展而来的一种学习技术[14]。强化学习对比传统机器学习在新环境的预测方面具有突出优势，可有效缩短训练时间[15]，建立仿真新环境，根据识别数据提供动态规划，在不依赖以往经验的情况下建立自己的评价系统[16]，以此弥补专家资源的缺乏[17]。强化学习广泛应用于多种中医大模型中，在中医诊疗方案制定、中医药服务推荐、中医智能问答系统等方面发挥着重要作用，具有较强可行性。

3 深度学习在中医四诊客观化中的应用

3.1 在望诊中的应用

3.1.1 舌诊 《黄帝内经》最早提出了关于舌诊的诊断概念[18]，在《灵枢·经脉》《素问·至真要大论篇》等中将舌与心相连，初步建立舌诊在中医四诊中的地位。汉代张仲景著《伤寒杂病论》，确立“辨证论治”的诊断核心，尤其注重观察舌苔变化[19]。近年来随着对中医客观化要求的发展，舌诊仪等一系列现代设备在临床实践中的广泛应用，令中医舌诊取得了成功进步。在有关深度学习的应用中，舌象数据的处理与分析可分为以下几个方面。

（1）舌象数据的处理：舌象数据的处理包括色彩校正、舌体分割等处理步骤。①在色彩校正方面，卷积神经网络既可以先对舌图像进行客观化校正，再采用lαβ颜色空间的颜色调整策略进行调整，使实验结果误差降低，灵活性增强[20]；也可对采集舌象直接进行色彩校正，以加强显示色彩的真实性[21]。利用布谷鸟巢寄生性以及levy飞行机制优化BP神经网络校正舌图颜色，可针对多时段的不同环境呈现不同的拍摄效果，对舌图色彩亦有良好的校正性[22]。②在舌体分割方面，基于深度学习法可将舌体分割分为粗分割和精分割[23]，可先用卷积层和全连接层相结合构建粗分割网络，再用卷积层与反卷积层相结合构建精分割网络[24]。同时根据不同研究需求可分别对不同采集数据进行追踪，运用深度学习方法得到分离出的舌质、舌苔[25]、舌脉[26]等的精细数据。

（2）舌象数据的分析：舌象数据的分析包括舌色、舌质、舌

苔、齿痕、纹理等一系列的分类、识别与提取，随着近年来仪器及检测手段的升级，舌象数据的分析越来越精细化、客观化。①在舌象分类方面，基于迁移学习的全连接神经网络舌象分类方法与KNN算法、SVM算法等学习方法相比可有效提高舌象分类的准确率、缩短网络的训练时间[27]；同时可结合其他分类器训练舌图分类模型，在中医舌象辨证分型中提供辅助诊断[28]。卷积神经网络可对提取的舌象特征向量进行聚类分析，实现舌象的自动化分类[29]；在有噪样本下可在提取某区域特征的同时抑制其他区域特征，提升舌色分类的准确性[30]。高光谱舌图像的深度学习算法可提升舌苔和舌质的分类效果[31]。②在齿痕识别方面，基于Faster R-CNN算法的深度学习与迁移学习技术可对齿痕舌与裂纹舌的局部特征进行提取，并识别图像对比分析，在不受舌象中病理变化所在位置影响的同时对舌象局部特征提取方面也具有较强的适应性，是深度学习与迁移学习在中医舌象对比识别中的成功应用[32]。利用深度学习分割模型进行舌体分割，对每张舌图像的齿痕进行标注，基于YoloV5深度学习算法训练齿痕检测模型，可根据检测出的齿痕区域，提取相关特征构建齿痕舌特征向量，实现齿痕舌精确分类[33]。③在舌态识别方面，类比微表情等的面部动态捕捉分析思路，卷积神经网络算法辨别舌态可将舌面划分为若干运动单元，运用CNN-LSTM模型分析其运动特征，得出舌体运动轨迹，总结舌体运动规律[34]。④在舌苔、舌质分离方面，基于直方图均衡化的伽马校正和K-means聚类等的舌苔、舌质分离方法可进一步实现舌苔、舌质分离[35]。

3.1.2 面诊 《难经》云："望而知之谓之神。"[36]《金匮要略》中张仲景多次强调望诊在辨别病因病机时的重要作用[37]。《四诊抉微》云："四诊为岐黄之首务，而望尤为切紧。"[38]可见望诊作为中医辨证论治的重要依据，其中面诊具有重要意义[39]。

在人脸面色分类中，小样本的情况下卷积神经网络与支持向量机对面色识别的效果较好，当样本数量增大时，卷积神经网络的准确率明显优于支持向量机、k-means两种算法[40]。有学者采用基于完整面部的方法对人脸部进行分类，如使用深度学习方法挖掘患者面部与中药处方之间的关系，构建生成中药处方的卷积神经网络；训练深度卷积神经网络，利用患者的面部照片进行冠状动脉疾病检测[41]。事实证明基于完整面部的方法较基于面部特征点的方法与基于面部特征块的方法更加符合传统中医的理论和真实的面诊情况，所包含的特征信息更为丰富，这使得所训练模型对病情的把握更全面。基于视觉和深度学习的智能化中医检测系统以中医望诊思想为基础，可对中医标准下的患者健康状态作进一步分析[42]。

3.1.3 其他 通过收集患者大鱼际图像的原始数据与信息，对照片进行深度学习，已证实大鱼际外在表象与疾病发展之间存在相关性，可用于早期疾病筛查[43]。

3.2 在闻诊中的应用

中医闻诊，是各代医家凭借听觉、嗅觉诊疗患者的一种方法，通过对声响及气味的异变来辨别人体邪正虚实及脏腑病变的经验成果。随着科学的飞速发展，中外学者对于闻诊现代化技术的研究亦有了提高，通过对信号分析提取患者的声音、气味特征，而后利用现代化技术手段，如科学仪器、人工智能机器学习及深度学习方法等推动闻诊现代化进程。目前深度学习与中医闻诊的结合已广泛应用于疾病预测、辅助诊断、疾病预后评估、新药研发、健康管理等多项领域[44]。

(1)声诊客观化：《黄帝内经》为声诊的发展奠定了理论基础，《素问·五脏生成篇》首次提出"五脏相音"，《素问·阴阳应象大论篇》提出了五音和五声的概念，将其与人体脏腑相互对应，"五音"之角、徵、宫、商、羽和"五声"之呼、笑、歌、哭、呻，分别对应人体"五藏"之肝、心、脾、肺、肾[45]。进入现代，声诊客观化由于具有成本低、患者配合程度高、作用范围广等特点，结合人工智能优势，多数已在呼吸系统疾病的初步筛查、儿科肺部疾病的诊断等方面广泛应用。声诊客观化根据机器学习模型的不同可分为以下几类：①卷积神经网络通过卷积神经网络分析收集到的发声片段，可判断受试者身体的虚实[46]。在对咳嗽的多方位研究中，卷积神经网络可对咳嗽分类模型进行训练[47]，基于CNN的咳嗽音频分类器[48]可区分临床咳嗽类型及发展阶段，有利于各种呼吸道疾病的诊断；也可作为筛查呼吸道感染的诊断识别工具[49]，根据咳嗽音频特征判断支气管炎、细支气管炎和百日咳等潜在疾病，具有预测作用。当用卷积神经网络对鼾声进行分类时，当鼾声的完整上气道冲激响应特征作为输入参数，对阻塞性呼吸暂停和中枢性呼吸暂停所致的鼾声的分类识别平均正确率高于其他特征作为输入参数的结果[50]。②人工神经网络(artificial neural network，ANN)：基于人工神经网络的咳嗽声分析方法可用来鉴别咳嗽与哮喘，该方法由于操作简便在儿科领域有着广阔的发展空间[51]。③长短期递归神经网络(long short term mermory network，LSTM)：以新型冠状病毒为例，利用长短期递归神经网络可快速处理咳嗽、呼吸、喷嚏等语音信号，在大规模传染性疾病爆发时具有重要意义[52]。

(2)嗅诊客观化：隋朝巢元方在《诸病源候论·呕哕诸病》中提到可通过判断口中气味与呕吐物的气味来辨别疾病的寒热属性[53]。近代民国时期，嗅诊得到进一步完善，在中医四诊中占据重要的地位。近年来在计算机技术的辅助下，通过对口鼻腔气味、躯干皮肤气味、二便气味、咳痰呕吐物气味等的客观化数据精确分析，得出嗅诊在临床诊断中具有重要意义[54]。用电子鼻采集口腔呼气的气味图谱，采用聚类分析方法与决策树等方法，可提高肺炎等疾病检测的识别率[55]。

3.3 在问诊中的应用

唐代孙思邈在《备急千金要方·大医精诚·论治病略例》中指出"未诊先问，最为有准""问而知之，别病深浅，名曰巧医"明确阐述了问诊的重要性。《丹溪心法》云："凡治病，必先问饮食起居何如"[56]。张景岳在《景岳全书·传忠录·十问篇》中提到："右十问者，乃诊治之要领，临证之首务。"所编撰的十问歌传诵至今[57]。随着科学技术的发展，远程医疗逐步普及，线上问诊也成为中医诊断的形式之一[58]。中医通过与人工智能结合，收集名家经验与经典病例，整合建立起多种中医问诊智能模型。中医辨证诊断的研究从最初的专家系统、机

器学习分类辨证模型到基于深度学习的智能问诊系统，已经取得了显著的成果。自然语言处理、知识图谱、深度学习等技术进一步推动了中医现代化的发展[59]。深度学习在中医问诊中的应用，根据用途不同可分为以下几类。

（1）医疗推荐类：①医生推荐：基于社交媒体的评论数据与现有医疗服务质量评价指标，用深度学习方法以评分为标准向患者推荐医生诊疗，推荐准确率显著提高[60]。利用层次注意力网络（HAN）建立的医生推荐系统，患者可根据医生口碑、业务能力等信息进行自主选择，模型评分机制的准确程度高达 79.7%[61]。②处方药物推荐：图神经网络的中医处方对话推荐方法可根据患者的临床症状智能推荐处方中药[62]。

（2）辅助诊断类：①问答分析：基于 FastText + BERT 模型构建知识图谱，建立的深度学习医疗模型可对收集的医疗问答处理分析，帮助医生更好地理解患者问题[63]。通过深度学习创新开发的中医问诊辅助诊疗系统将名家经验思想多方位结合，采用深度学习 CenterNet 和 EfficientNetV2 神经网络模型，设计出“三级证型优先级”算法，进一步实现了中医诊断客观化[64]。基于卷积神经网络设计的智能聊天机器人可搜集中医问诊数据进行智能分析，根据用户需求有效作答[65]。利用 CNN 的知识融合方法建立的一套中医骨科问诊的疾病知识图谱，可使专业化的语义信息更加准确[66]。②证候分类：利用深度森林算法建立的一种慢性胃炎中医问诊证候分类模型，对慢性胃炎的证型分类有良好效果[67]。基于支持向量机和人工神经网络构建的心血管疾病中医证候分类识别模型，可根据临床信息对心血管疾病中医类型进行分类，具有较高准确性[68]。

3.4 在切诊中的应用

《脉经》作为我国最早的脉学专著，共归纳出 24 种脉象逐一详细分析。隋唐时期，《王叔和脉诀》加入了小儿脉、妇人脉等脉法。明代李时珍所著《濒湖脉学》流传至今，是对中医脉学的深刻理解[69]。现如今，脉诊在临床实践中凭借无创性、成本低、操作便捷等优势使其接受程度日益提高，便携式脉诊仪的应用也更加符合民众对日常健康状态及时检测的需求。深度学习在中医脉诊中的发展，根据用途不同可分为以下几类。

（1）信号识别：①设备升级：基于深度学习的神经元网络对脉象进行精准识别，可提高柔性压力传感器的灵敏度[70]。基于集成学习等深度学习方法设计出的便携式三部脉象采集装置，可用于脉搏信号的识别[71]。基于强化学习采用马尔可夫决策的脉象图分析法，可使脉象识别更加准确[15]。②健康预测：基于强化学习运用马尔可夫决策与蒙特卡罗搜索算法对脉象进行识别，可对老年人健康情况做出进一步推算[72]。基于深度学习方法对脉搏信号进行降噪及特征提取等处理，可通过脉搏检测女性所处的生理周期[73]。③其他信号向电信号的转化：通过采集指端和桡端的脉搏波信号，并与传递函数模型和弹性腔模型进行对比，运用卷积神经网络进行指－桡端脉搏波信号转换，能够较精确地实现指端脉搏波信号到桡端脉搏波信号的转化[74]。利用深度卷积神经网络等方法分析面部视频材料来预测脉象，基于远程光电容积脉搏波描记法的“视觉脉诊”方法创新了非接触式脉诊研究[75]。

（2）脉象分类：①自主分类：基于卷积神经网络建立的脉象分类模型中包含中医基本的脉象分类[76]，迁移学习和残差神经网络算法可对不同脉象进行自主分类[77]。Mobile Netv3 神经网络可对弦脉和滑脉进行精准区分[78]。②辅助诊断：基于混合深度学习的脉诊分类模型通过收集高血压脉诊病例并结合中医问诊，可实现 H 型高血压无创辅助诊断[79]。利用光电脉搏波原理，基于 Keras 深度学习算法对脉象数据进行分析可明确抑郁症的中医证型[80]。通过收集女性脉搏电信号，根据信号分类判断女性是否妊娠，同时可对孕早期妇女进行筛查，具有较高准确性[81]。通过聚类分析将脉搏波信号进行多种分类，并将其运用至哮喘病的辅助诊断当中，已获得一定的可行性[82]。

3.5 中医诊断模型与中医服务平台

现有多种可展现中医思维推理过程的智能模型[83]：基于图深度学习方法创建的智慧中医服务平台可充分实现信息共享[84]；通过收集中医不孕病例，运用 RF、SVC、KNN、ANN 等分析方法建立的不孕症中医辨证模型[85]；通过强化学习模拟新环境，可针对患者具体情况推荐治疗方案，建立中医序贯诊疗方案的优化模型[86]；以及可对临床中医体质进行判断，基于司外揣内原理将舌象表现与体质特征结合，构建的“舌象－体质”深度学习模型[87]。

4 深度学习在中医四诊客观化中的研究思路

4.1 深度学习在中医四诊客观化中的应用优势

随着中医四诊客观化的不断发展和人工智能与中医诊断的进一步融合，深度学习在中医四诊客观化中的作用优势愈发显著，且深度学习在图像、颜色、形状等的处理都明显优于传统机器学习。深度学习在中医四诊客观化中的应用优势主要体现在以下几个方面。

在舌诊方面，虽然舌诊客观化在传统机器学习的加持下已取得了较好发展，但依然难以满足临床一些精细化的需求，对硬件的要求较高。深度学习作为在舌诊客观化中一个新的研究趋势，可在一定程度上减少人工干预，降低误差，并将收集数据深度利用，优化操作。深度学习对中医面诊实验操作同样适应性良好，其收集数据方式可囊括更多实际场景，机器敏感度更高，泛化能力强，区分度明显，标注分类更加明确，检索形式更加完备，可在少量样本下进行自主分析，校正能力突出，结果可信度高，性能上有较大提升，为中医远程诊疗创造进一步可能。

在闻诊方面，深度学习在闻诊中同样逐步适应客观需求，可用于对采集信息的追踪，进一步融合各类知识方法发现规律，建立各组数据之间的新链接，使计算结果有迹可循，利于对今后未知领域的进一步探索，可提高对疾病的预警筛查能力，便于理论研究融入生活。

在问诊方面，深度学习可构建相关知识图谱，可提高问诊当中分词使用的准确率，对语义的理解更加明晰，对关键词的提取更加简洁，对中医问诊的发展具有指导意义。问诊模型可帮助医院分流，缓解部分就诊压力，使线上问诊平台交流更加便利，减少交流分歧，事后存有记录便于用户自查。

在切诊方面,深度学习可提高脉诊疗便捷率,使信号之间的转换更加稳定,减少诊断时间,将碎片化的信息高度整合,能够理解深层次的复杂关系,从而对现有数据进行知识匹配。研究证实深度学习更能适应临床真实情况下的复杂环境。

在中医诊断模型与服务平台方面,深度学习可通过模型帮助中医建立基本逻辑架构,用智能推理寻找内外关联,储存量大,有助于结果稳定。

4.2 基于深度学习在中医四诊客观化中的数据一体化集合处理模式

基于深度学习在中医四诊客观化中的数据一体化集合处理模式令所收集到的诊断数据通过“望、闻、问、切”四条通路进行系统化集中处理,运用深度学习手段进行分析,可加强四诊合参的融合度。

数据来源于医疗机构、医院、科研高校、社区等多处的原始四诊健康相关数据,随后分别对望诊、闻诊、问诊、切诊数据进行选择性深度学习处理,根据数据类型特征提取,选择卷积神经网络、人工神经网络、图神经网络、残差神经网络等深度学习方法,将数据分别录入对应的四诊数据库,后输出至交换平台,再由交换平台将数据接收储存、过滤分类,同时将结果及时反馈回数据库,以增强模式的学习能力。最后由数据交换平台输出进行分类应用,中医四诊客观化中数据一体化集合处理模式的建立,为临床科研一体化应用提供了重要思路。见插页XX图1。

4.3 深度学习在中医四诊客观化中的应用展望

4.3.1 多种学习方式相结合,综合解决问题 由于中医诊断方面数据样本多、收集范围大、数据类型复杂,同时信息标注不准确、不清晰,加上录入标准的不统一依旧需要依靠大量的人工收录,这导致实践过程中对样本的收录难免会产生一定误差。例如单独使用卷积神经网络进行分析,会出现处理时间较长、训练复杂程度直线上升等问题,但减少训练学习层级,又会降低输出结果的准确性。这时引入迁移学习方法,就可通过机器学习获得客观本质,在相似领域之间进行数据迁移,分层次精准对应,简化计算分类步骤,增强模型的鲁棒性,有利于综合性分析解决问题。

4.3.2 捕捉对象从静态到动态的转换 深度学习在四诊客观化方面的研究截至到目前为止以对静态样本的采集居多,例如舌诊中对舌色、舌苔、齿痕、舌下脉络等的收集;望诊中对面色、五官等的收集。近年来也出现了一些对于舌态、姿势、表情等的相关动态数据的捕捉,不过还都停留在初始阶段。数据捕捉对象从静态到动态的转变可开辟新的参考依据,使辅助诊断的判断标准更加完善,有助于实现多维度诊断。

4.3.3 进一步扩大诊断参照依据 精神状态、情绪波动、既往病史、饮食偏好等方面也可纳入辅助诊断的范畴当中,此类数据偏向基于患者的主观描述,较难建立起统一客观标准,还需要利用深度学习方法进一步突破。

4.3.4 建立完善的中医诊断逻辑推理系统 现如今深度学习大多数研究集中在对中医的局部分析,缺乏较为系统的联合诊断。中医四诊在收集临床数据的操作过程中易受周遭环境干扰,影响因素众多。未来可设计一款规范化中医逻辑推理模型,可推广至各个中医诊断区域,各专科之间对于底层逻辑可相互借鉴。深度学习应专注于提高模型对复杂环境的适应性,增强结论的准确性与稳定性,使其能被科学客观化的逻辑推理加以证明,如此才能更好地提高群众的接受程度。中医诊断系统的完善可将其进一步推广至全国范围内使用,提高偏远地区的医疗配置,如此也能够进一步扩大数据的收集范围,由各医院发展至各地区再到全国进行数据共享。

5 讨论

由大量文献资料得出,四诊客观化目前还存在以下问题:一是标准难以达成一致,临床上难以量化某些具体临界值,仍需深入研究形成统一。语义标准的错乱会给数据的归类整理造成困难,在需要时与西医数据库难以形成对照,不易与国际接轨。更多具体的客观化标准还需要大量的实验数据辅助支撑,这需要科研人员的进一步扩充完善[88]。二是研究深度不够,数据收集规模小,覆盖度差。目前对四诊病例的收集多以常见慢性病为主,缺乏对疑难杂症的分析,应扩大信息采集范围[89],精细化数据,相似病例之间做好区分,优化完善数据库,与临床紧密结合。且在四诊客观化的研究中,大部分实验还停留在一系列比较容易量化的研究方面,接下来如何运用计算机将较难客观化的部分形成标准是今后的重中之重。三是应增强各学科与中医的融合,从多方提供理论支撑,论证中医四诊与疾病表现的相关性,扩展中医的辅助诊疗手段。培养交叉学科人才,尤其增强中医与计算机类学科之间的交流。四是应当增强四诊之间的联系,形成中医特有的诊断体系,与西医加以区分,各自独立[90]。中医四诊体现了中医的整体观念,皆属于中医诊断的重要组成部分。

深度学习方法学习能力强,可降低模型计算复杂程度,自动提取数据优化误差,可做各类数据的深度挖掘,提取抽象特征,相较于传统机器学习方法优势明显。未来我们应注重四诊合参,通过深度学习以多种形式广泛收集数据,打破个体认知壁垒[91]。加强数字化辨证与标准化辨病,打造中医独有的智能化辨证体系,分析规律,合理推演,建立统一标准的电子病历数据库与专家系统。发展日常健康管理,将中医客观化成果与智能电子产品结合,把中医康养观念融入百姓的日常生活。我们当在坚持守正的同时不懈创新,在扩大数据共享范围的同时注重隐私保护。我们对深度学习在中医四诊客观化中的研究依旧处于初步阶段,这需要研究者们在四诊客观化领域继续深造,潜心研究,争取早日为四诊客观化的进展迎来新的突破[92]。

参考文献

[1] 周昌乐,张志枫. 智能中医诊断信息处理技术研究进展与展望[J]. 中西医结合学报,2006,4(6):560-566.
[2] 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.
[3] 宋诗博,安二匣,樊西倩,等. 中医四诊合参客观化研究思考[J]. 中华中医药杂志,2021,36(11):6560-6562.
[4] 佘楷杰,袁芳君,马庆宇,等. 机器学习驱动中医诊断智能化的发

展现状、问题及解决路径[J]. 中国中医基础医学杂志,2024,30(3):398 - 406.
[5] 李连新,杨璠,朱兆鑫,等. 中医人工智能辨证研究现状与发展[J]. 世界科学技术 - 中医药现代化,2021,23(11):4268 - 4276.
[6] 孙志军,薛磊,许阳明,等. 深度学习研究综述[J]. 计算机应用研究,2012,29(8):2806 - 2810.
[7] 孙忠人,游小晴,韩其琛,等. 人工智能在中医药领域的应用进展及现状思考[J]. 世界科学技术 - 中医药现代化,2021,23(6):1803 - 1811.
[8] 周飞燕,金林鹏,董军. 卷积神经网络研究综述[J]. 计算机学报,2017,40(6):1229 - 1251.
[9] 苏尤丽,胡宣宇,马世杰,等. 人工智能在中医诊疗领域的研究综述[J]. 计算机工程与应用,2024,60(16):1 - 18.
[10] 马宁,郝秀霞,邢俊凤,等. 卷积神经网络模型在中医辨证论治中的应用现状[J]. 中国数字医学,2023,18(4):37 - 42.
[11] 惠世冀. 基于卷积神经网络和生成对抗网络舌象颜色校正[D]. 广州:广州中医药大学,2023.
[12] 朱博文,李莲,姚建伟. 迁移学习在医疗卫生领域中的应用[J]. 信息与电脑(理论版),2021,33(22):7 - 9,13.
[13] 庄福振,罗平,何清,等. 迁移学习研究进展[J]. 软件学报,2015,26(1):26 - 39.
[14] 高阳,陈世福,陆鑫. 强化学习研究综述[J]. 自动化学报,2004,30(1):86 - 100.
[15] 张嘉琪,张月琴,陈健. 优化强化学习路径特征分类的脉象识别法[J]. 计算机应用,2021,41(11):3402 - 3408.
[16] 马旭日. 一种基于强化学习的失眠症针灸治疗穴位顺序优化方法[D]. 北京:北京化工大学,2023.
[17] 吴胜江. 基于深度强化学习和模仿学习的艾灸应用研究[D]. 重庆:重庆大学,2021.
[18] 陈泽霖. 舌诊史概述[J]. 中华医史杂志,1982(2):73 - 76.
[19] 李浚川.《伤寒杂病论》中的舌诊[J]. 湖北中医杂志,1980,2(5):12 - 14.
[20] 卢运西. 基于深度学习的中医舌象颜色校正、分割研究及服务系统搭建[D]. 北京:北京工业大学,2025.
[21] 赵忠旭,沈兰荪,卫保国,等. 基于人工神经网络的彩色校正方法研究[J]. 中国图象图形学报,2000,5(9):785 - 789.
[22] 赵晓梅,张正平,余颖聪,等. 基于 CS - BP 神经网络的舌诊图像颜色校正算法[J]. 贵州大学学报(自然科学版),2019,36(5):82 - 87.
[23] 刘东华,张伟,顾旋,等. 一种基于深度学习的二阶段舌象分割网络模型[J]. 中医药信息,2022,39(11):35 - 39,46.
[24] 王丽冉,汤一平,陈朋,等. 面向舌体分割的两阶段卷积神经网络设计[J]. 中国图象图形学报,2018,23(10):1571 - 1581.
[25] 王永刚,杨杰,周越,等. 中医舌象颜色识别的研究[J]. 生物医学工程学杂志,2005,22(6):1116 - 1120.
[26] 沈兰荪,蔡铁珩,刘长江,等. 中医舌象信息采集与分析新进展[J]. 世界科学技术 - 中医药现代化,2007,9(5):97 - 101.
[27] 杨晶东,张朋. 基于迁移学习的全连接神经网络舌象分类方法[J]. 第二军医大学学报,2018,39(8):897 - 902.
[28] 王朝雨,黄奎麟,代国威,等. 基于卷积神经网络的脑卒中中医辨证分型舌象分类研究[J]. 湖南中医药大学学报,2023,43(8):1460 - 1467.
[29] 罗思言,王心舟,饶向荣. 基于深度学习的舌象自监督聚类[J]. 中国医学物理学杂志,2023,40(1):120 - 125.
[30] 卓力,李艳萍,张辉,等. 基于区域注意力机制的有噪样本下中医舌色分类算法研究[J]. 世界科学技术 - 中医药现代化,2023,25(8):2873 - 2882.
[31] 蔡铁珩,潘建军,郭雅君,等. 基于高光谱图像的中医舌苔和舌质分类研究[J]. 北京生物医学工程,2023,42(6):559 - 565,611.
[32] 刘梦,王曦廷,周璐,等. 基于深度学习与迁移学习的中医舌象提取识别研究[J]. 中医杂志,2019,60(10):835 - 840.
[33] 颜建军,李东旭,郭睿,等. 基于深度学习和随机森林的齿痕舌分类研究[J]. 中华中医药学刊,2022,40(2):19 - 22,259 - 261.
[34] 田琪,商庆新,张硕,等. 基于卷积神经网络的舌态辨识方法探讨[J]. 时珍国医国药,2022,33(12):2988 - 2990.
[35] 韩立博,胡广芹,张新峰,等. 基于直方图均衡化的伽马校正和 K - means 聚类的舌象苔质分离方法[J]. 北京生物医学工程,2019,38(1):1 - 6.
[36] 杜松,于峥,刘寨华,等. “望诊”源流考[J]. 中国中医基础医学杂志,2017,23(1):12 - 14,32.
[37] 李凯欣,阎小燕. 中医望诊临床应用研究进展[J]. 中医临床研究,2023,15(13):70 - 73.
[38] 王章林,詹杰,赵文,等.《望诊遵经》面部色诊学术特色[J]. 中国中医基础医学杂志,2022,28(1):41 - 43.
[39] 屈馨宁,刘宏潇,陈悦宁. 3D 人脸识别技术辅助中医面诊的研究进展[J/OL]. 中医学报,1 - 7[2025 - 05 - 26]. http://kns.cnki.net/kcms/detail/41.1411.R.20240808.1124.004.html.
[40] 孙康宁,孙琦,李新霞,等. 基于卷积神经网络的中医面色提取识别研究[J]. 中华中医药杂志,2021,36(7):4286 - 4290.
[41] 马圆港,冯跃,林卓胜,等. 基于文献计量学和文本分析法的智能中医面诊分区方法系统性综述[J]. 世界科学技术 - 中医药现代化,2024,26(5):1132 - 1141.
[42] 万治,邹逊,张家齐,等. 基于视觉和深度学习的智能化中医检测系统[J]. 数字通信世界,2022(6):39 - 42.
[43] 刘大胜,李玉坤,赵志伟,等. 基于深度卷积神经网络算法和先验知识构建冠心病患者大鱼际望诊模型的思路与方法[J]. 中华中医药学刊,2024,42(5):17 - 19.
[44] 门韶洋,陈绿洁,赖童,等. 面向中医闻诊的智能化技术研究[J]. 中华中医药学刊. 2024,42(08):25 - 30.
[45] 黄帝内经素问[M]. 北京:人民卫生出版社,1963:37 - 42.
[46] 江益靓,张旭龙,邓晋,等. 数据增强基础上使用卷积神经网络进行闻诊(英文)[J]. 复旦学报(自然科学版),2019,58(3):328 - 334.
[47] AGBLEY B L Y,LI J P,HAQ A,et al. Wavelet - based cough signal decomposition for multimodal classification[C]//2020 17th International Computer Conference on Wavelet Active Media Technology and Information Processing (ICCWAMTIP). Chengdu,China. IEEE,2020:5 - 9.
[48] BANSAL V,PAHWA G,KANNAN N. Cough Classification for COVID - 19 based on audio mfcc features using Convolutional Neural Networks[C]//2020 IEEE International Conference on Computing,

Power and Communication Technologies (GUCON). Greater Noida, India. IEEE,2020: 604 - 608.

[49] BALES C, NABEEL M, JOHN C N, et al. Can machine learning be used to recognize and diagnose coughs? [C]//2020 International Conference on e - Health and Bioengineering (EHB). Iasi, Romania. IEEE,2020: 1 - 4.

[50] 侯丽敏,刘焕成,张新鹏. 基于卷积神经网络的不同病理的鼾声分类[J]. 复旦学报(自然科学版),2021,60(3): 367 - 374.

[51] AMRULLOH Y, ABEYRATNE U, SWARNKAR V, et al. Cough sound analysis for pneumonia and asthma classification in pediatric population[C]//2015 6th International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation. Kuala Lumpur, Malaysia. IEEE,2015: 127 - 131.

[52] HASSAN A, SHAHIN I, ALSABEK M B. COVID - 19 detection system using recurrent neural networks [C]//2020 International Conference on Communications, Computing, Cybersecurity, and Informatics (CCCI). Sharjah, United Arab Emirates. IEEE, 2020: 1 - 5.

[53] 成子已,管翀,陈子颖,等.《诸病源候论》虚劳候导引法探析[J]. 中医文献杂志,2023,41(4): 32 - 35.

[54] 李萍. 中医嗅诊的理论与应用探析[J]. 中华养生保健,2024(12): 66 - 68.

[55] 周福,连梨梨,张劲松,等. 基于电子鼻的社区获得性肺炎常见病位间的气味图谱特征识别[J]. 中华中医药杂志,2019,34(12): 5954 - 5956.

[56] 何建成,王文武. 中医问诊溯洄[J]. 江苏中医药,2009,41(1): 60 - 62.

[57] 梁建庆,何建成. 中医问诊文献综述[J]. 中华中医药学刊,2014,32(10): 2354 - 2356.

[58] 李雅琪,冯晓辉,王哲. 人工智能在医疗产业的发展态势和应用展望[J]. 人工智能,2018,5(4): 12 - 21.

[59] 刘茂. 基于知识图谱的中医问诊系统[D]. 重庆: 西南大学,2023.

[60] 武家伟,孙艳春. 融合知识图谱和深度学习方法的问诊推荐系统[J]. 计算机科学与探索,2021,15(8): 1432 - 1440.

[61] 聂卉,蔡瑞昇. 引入注意力机制的在线问诊推荐研究[J]. 数据分析与知识发现,2023,7(8): 138 - 148.

[62] 周开元. 基于图神经网络的中医处方对话推荐[D]. 广州: 广州大学,2023.

[63] 陈小强,胡翰,陈燕军. 基于深度学习的智能问诊系统设计与实现[J]. 电脑编程技巧与维护,2023(5): 119 - 122.

[64] 陈璐,赵宇涵,李伟峰,等. 基于深度学习的智能中医辅助诊疗系统[J]. 计算机时代,2023(4): 72 - 76,85.

[65] 曹彬,王峰,李诗语. 面向中医领域的智能聊天机器人系统设计[J]. 电脑知识与技术,2019,15(12): 174 - 175,185.

[66] 谢先章. 面向中医骨科问诊的疾病知识图谱构建技术研究[D]. 昆明: 昆明理工大学,2019.

[67] 颜建军,刘章鹏,刘国萍,等. 基于深度森林算法的慢性胃炎中医证候分类[J]. 华东理工大学学报(自然科学版),2019,45(4): 593 - 599.

[68] 许朝霞,王忆勤,颜建军,等. 基于支持向量机和人工神经网络的心血管疾病中医证候分类识别研究[J]. 北京中医药大学学报,2011,34(8): 539 - 543.

[69] 杨梦,胡志希,李琳,等. 中医脉诊的源流与发展[J]. 河南中医,2019,39(6): 829 - 832.

[70] 林雄威. 基于压电复合材料的柔性压力传感器的设计、性能与应用研究[D]. 广州:广东工业大学,2021.

[71] 金陈玲. 便携式三部脉象采集系统与脉象信号处理研究[D]. 上海: 华东理工大学,2019.

[72] 张嘉琪. 基于深度强化学习的老年健康数据挖掘及应用研究[D]. 太原: 太原理工大学,2021.

[73] 王新宇. 基于脉搏的女性生理期分析与识别[D]. 北京: 北京邮电大学,2020.

[74] 周韡鼎,陈兆学. 基于深度学习的指 - 桡端脉搏波信号转换方法[J]. 中国医学物理学杂志,2023,40(2): 202 - 207.

[75] 赵智慧,秦睿,李炜弘,等. 基于多级任务的"视觉脉诊"方法研究[J]. 成都中医药大学学报,2024,47(5):60 - 66.

[76] 陈松晔. 基于深度学习和集成学习的脉象信号分析识别研究[D]. 上海: 华东理工大学,2020.

[77] 徐佳钦. 基于深度残差神经网络和迁移学习的中医脉象识别研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨医科大学,2021.

[78] 王一飞. 基于深度学习的脉象特征提取与分类识别研究[D]. 太原: 太原理工大学,2022.

[79] 杨晶东,陈磊,蔡书琛,等. 混合深度学习机制下的 H 型高血压脉诊预测[J]. 数据采集与处理,2022,37(4): 883 - 893.

[80] 林景峰. 基于多种生理信息与症状体征的抑郁症中医人工智能辨证方案建立[D]. 北京:北京中医药大学,2021.

[81] 黄竹雅. 基于 ResNet 网络的指尖妊娠脉信号分析[D]. 北京: 北京邮电大学,2021.

[82] 张诗雨. 基于信号处理的中医脉象要素分类器和哮喘病脉分类研究[D]. 上海:华东理工大学,2020.

[83] 江启煜,孙晓生,谢波,等. 中医智能推理辨证模型探索[J]. 世界科学技术 - 中医药现代化,2024,26(6): 1644 - 1653.

[84] 白娅鑫,陈邴源,张乐彤,等. 基于图深度学习方法的智慧中医服务平台[J]. 数字技术与应用,2023,41(12): 161 - 163.

[85] 许梦白,刘雁峰,赵宗耀,等. 基于人工智能的不孕症中医辨证模型的构建与应用[J]. 中华中医药杂志,2021,36(9): 5532 - 5536.

[86] 胡晓晨. 基于深度强化学习的中医序贯诊疗方案优化方法研究[D]. 北京: 北京交通大学,2019.

[87] 姜荣荣,高佳奕,杨涛. 基于司外揣内原理的中医"舌象 - 体质"深度学习模型构建研究[J]. 医学信息,2022,35(18): 10 - 13.

[88] 蔡轶珩,胡绍斌,关静,等. 中医舌诊客观化技术发展分析及应用探讨[J]. 世界科学技术 - 中医药现代化,2021,23(7): 2447 - 2453.

[89] 陆俊红,徐艺峰,王忆勤,等. 基于计算机图像技术的中医舌形客观化研究概述[J]. 世界科学技术 - 中医药现代化,2022,24(11): 4568 - 4573.

[90] 韩冰玉,刘源,王一涵,等. 基于人工智能技术的中医四诊客观化知识图谱可视化分析[J]. 现代中医药,2024,44(4): 18 - 25.

[91] 李红岩,李灿,郎许锋,等. 中医四诊智能化现状及关键技术探讨[J]. 中医杂志,2022,63(12): 1101 - 1108.

[92] 罗思言,王心舟,饶向荣. 人工智能在中医诊断中的应用进展[J]. 中国医学物理学杂志,2022,39(5): 647 - 654.

深度学习在中医四诊客观数据一体化集合模式的理论研究

（正文见 21－27 页）

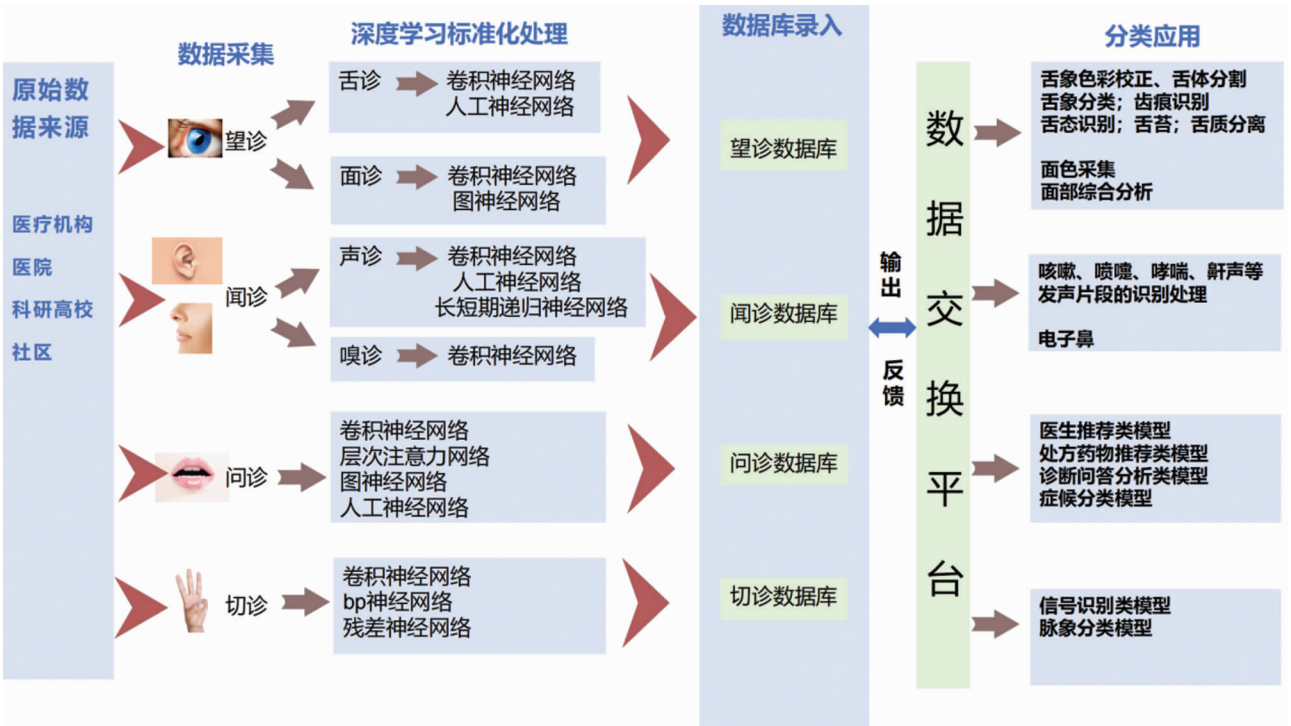
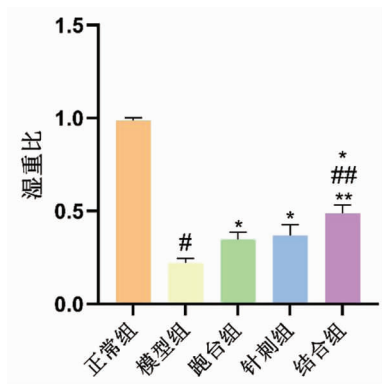


图 1　基于深度学习在中医四诊客观化中的数据一体化集合处理模式

针刺脾经俞募穴结合跑台训练对坐骨神经损伤大鼠腓肠肌骨骼肌蛋白及肌卫星细胞影响的实验研究

（正文见 98－102 页）



注：#与正常组比较，$P<0.05$；＊与模型组比较，$P<0.05$；##与跑台组比较，$P<0.05$；＊＊与针刺组比较，$P<0.05$。

图 1　各组大鼠腓肠肌湿重比