

中医体质辨识技术研究与方向^{*}

吴浩然, 梁雪, 白明华, 张妍, 王琦^{**}

(北京中医药大学国家中医体质与治未病研究院 北京 100029)

摘要: 中医体质辨识是实现“治未病”理念的重要环节。近年来,《中医体质量表》作为标准化工具在中医体质辨识领域取得了显著成效,仍需进一步提高量表的有效性和适用性。虽然多维表型的中医体质辨识技术不断涌现,但尚未构建可推广的体质判定模型。本文提出了自评量表、基于体质表型的无创即时检测模型和基于复合表型的体质辨识平台的研发方向,并以基于呼出气分析的中医体质辨识技术为例,概述了具体研发思路。

关键词: 中医体质 辨识技术 标准化 数字化 表型 呼出气分析

DOI: 10.11842/wst.20241003001 CSTR: 32150.14.wst.20241003001 中图分类号: R229 文献标识码: A

基于“治未病”思想的中医特色健康管理对推动实施健康中国行动具有重大战略意义。与“以治病为中心转变为以人民健康为中心”的战略思想相呼应,中医体质学对生命个体差异的认识是从疾病医学的理论框架向人类体质分类系统的跨越^[1],而中医体质辨识为“治未病”提供了方法、工具与评估体系^[2]。本课题组基于中医体质学理论,在广泛调研、专家访谈、分析评价的基础上,已完成《中医体质量表》的编制^[3],并将其作为中医体质辨识的标准化工具,进一步形成《中医体质分类与判定》标准。在四十余载的实践积累中,课题组不断完善体质辨识理论、研发辨识新方法、创新辨识应用模式,推动建立了“体质辨识理论—辨识方法—应用模式”的中医体质辨识体系,已在“治未病”中广泛应用,并于2024年荣获国家科技进步奖二等奖。

当前,我国面临慢性病高发与人口老龄化的严峻挑战^[4]。在此背景下,中医体质辨识作为“治未病”的抓手,在慢性病防控与老年人群主动健康管理方面展现出一定的优势^[2,5],并被纳入《国家基本公共卫生服务规范》,从政策引导到临床实践,这一中医药特色服

务展示出极大的需求空间。2024年7月19日,国家中医药管理局会同国家数据局印发《关于促进数字中医药发展的若干意见》,提出“全力打造‘数智中医药’,为中医药现代化发展提供有力支撑”。如何以数字技术赋能中医体质学发展,在深入阐释中医体质的科学性的同时,加快完善中医体质辨识标准化体系,助推中医药健康管理,有效提升中医服务能力,是当前中医体质学发展面临的重大问题。

近年来,众多专家学者基于《中医体质量表》进行了开发与应用研究^[6],并提出了关于客观化、多元化、可量化的中医体质辨识技术发展的研究设想,如中医诊断装备辅助辨识^[7]、中医体质智能辨识方法^[8]等,有力推动了中医体质学的发展。本文初步总结中医体质辨识技术现状并指出深化研究的思路。

1 中医体质量表辨识技术发展现状

《中医体质量表》自2006年正式发表以来,已在全国范围内广泛应用于中医体质与治未病相关研究。该量表涵盖了形体特征、生理特征、心理特征、发病倾向、对外界环境适应性五个方面的内容,经过多次修

收稿日期:2024-10-03

修回日期:2024-12-29

^{*} 国家社会科学基金重大项目(17ZDA331):中医原创思维的方法论研究,负责人:王琦;北京中医药大学2024年基本科研业务费科研平台建设项目(2024-JYB-KYPT-13):国家中医药管理局中医体质辨识重点实验室,负责人:王琦,梁雪。

^{**} 通讯作者:王琦(ORCID:0000-0002-4290-0117),中国工程院院士,教授,博士研究生导师,主要研究方向:中医体质学。

订和完善,已满足实际应用需求^[9]。为降低受试者疲劳度、提高量表填写效率,本课题组还进一步开发了《中医体质量表(简易版)》^[10-11],为体质辨识提供了更为高效的新工具。此外,为推动中医体质学的国际化发展,课题组以中文版《中医体质量表》为蓝本,积极研发英^[12]、日^[13]、韩^[14]等多个语种的中医体质量表,为人类卫生健康共同体贡献中医力量。

为实现中医体质对生命全周期的健康管理,团队针对不同年龄段人群的体质特点开发出专门的量表版本,如适用于0-1岁^[15]、0-3岁^[16]、1-14岁^[17]、7-14岁^[18]的婴幼儿/青少年体质量表,及65岁以上的《中医体质量表(老年人版)》^[19]。其中,老年人版体质量表及相关判定标准已被纳入国家中医药管理局《中医药健康管理服务规范》老年人中医药健康管理服务项目中。

近年来,随着“以患者为中心”的临床研究理念和“治未病”的健康管理思想的推动,基于患者自身感受及功能状态评估的临床结局评价类型,即患者报告结局日益受到关注,国内专家学者也在积极探索中国特色的健康效用积分体系和测量工具^[20]。《中医体质量表》不仅可与六维健康调查简表建立良好的映射^[21],以其为蓝本的《中医健康自评量表》也展现出较好的健康评估表现^[22-23],有望为中医药临床研究、临床决策和卫生经济学评价提供新工具。

基于中医体质量表的各类研究不断涌现^[24],但在量表应用中发现,一方面存在受试者对量表条目和评估标准的理解差异,另一方面存在量表判定与专家判定不一致、专家之间判定不一致的矛盾^[25],特别是在兼夹体质的辨识处理上存在难点^[26],亟需不断更新量表研制方法、规范量表术语、开展大样本测量^[6],以持续提升中医体质量表的信度、效度、反应度等。

2 基于多维表型的中医体质辨识技术研究

多维度、跨尺度的表型组学研究不仅加速了中医体质学的发展,也为中医体质学与现代生命科学、医学的融合发展提供了契机。基于生物学、遗传学、心理、自然社会适应能力等多维度的表型,扩展测量层面,优化计量算法,助力完善中医体质辨识技术标准与体系^[27]。

在宏观表型方面,目前已有多种前沿技术应用于体质辨识技术研发。基于宏观表型的体质辨识的一

个主要研究方向是将传统中医四诊与人工智能(特别是机器学习、深度学习、计算机视觉)等相结合,如通过卷积神经网络、迁移学习等构建面部体质辨识算法^[28],采用决策树和贝叶斯融合分类算法构建基于面部皮肤的体质辨识模型^[29],应用支持向量机、人工神经网络建立客观化舌象辅助体质辨识模型^[30],使用基于深度卷积神经网络分析系统的中医舌诊仪^[31]发掘不同体质的舌象特征^[32],以及基于神经网络的中医脉诊体质判定模型^[33]。

此外,中医体质作为复杂的生命现象,亦包含中医四诊之外的人体结构、功能、代谢等宏观表型。课题组前期采用红外热成像识别技术,从能量角度客观化、直观化、动态化地评估人体健康状态^[34],发现不同体质的红外热成像图中呈现出差异化代谢特征^[35],这也提示基于人体全身特征的体质辨识具有可行性^[36]。亦有学者基于人体骨骼特征开展体质辨识研究,采用深度学习姿态估计算法对室内光学摄像头采集的骨骼特征进行分析,进一步基于深度神经网络构建体质辨识模型^[37]。

在微观表型方面,相关研究从血液生化指标、细胞因子、血液和尿液代谢组学、基因表达分析等多角度探索九种体质的生物学基础,以期揭示中医体质理论的科学内涵,并试图从分子层面发掘体质生物标志物,为体质辨识提供新方法。如过敏体质与平和体质在白介素-4等多种免疫因子的表达上存在差异^[38],且差异可能源于嗜酸性粒细胞^[39]及Ⅱ型固有淋巴样细胞^[40];气虚体质与平和体质在血液、尿液中均存在差异代谢物,并可能成为气虚体质的生物标志物^[41-42];痰湿体质与平和体质之间在DNA甲基化位点^[43],lncRNA、mRNA表达水平^[44]和糖脂代谢^[45]方面均存在差异;阳虚体质、湿热体质均与平和体质之间存在不同的肠道菌群结构^[46-47]。

中医体质微观表型的研究目前以区分偏颇体质与平和体质为主,仅停留在差异性分析上,且研究样本量有限,缺少多地点、人群验证,其特异性、敏感性等指标难以评估,尚未构建可推广的体质判定模型。中医体质微观表型研究需要不断地探索和积累,在提高研究质量的同时,通过人体网络多层次信息的关联耦合,发掘体质表型间的关联规律,或可有机融合中医体质宏观表型与微观表型^[48],丰富体质辨识技术,并促进解码中医体质与“治未病”的科学意义。

3 中医体质辨识技术研发方向

基于中医体质辨识的研究现状及发展需求,本文提出中医体质辨识技术的三大研发方向,见图1。

方向一是以中医体质量表为代表的自评量表,以受试者自我感觉、生活状态等为基础,结合不同人群的生理、心理等特征及中医专业认识,以自我健康管理、促进健康生活方式为目的,主要应用在家庭健康管理、社区健康服务、学生健康教育等领域,如成年女性版^[49]、老年版^[19]、不同年龄段儿童青少年版^[15-16,18]等。相关量表研究需要在优化量表设计、提高量表性能的同时,采用遗传算法^[50]等方法简化量表结构以提高受试者依从性,并积极开发数字化平台以加速在各人群中的推广使用。

方向二是基于中医体质表型的即时、动态、无创

检测,以可量化、可重复、能够反映生命活动的发展态势和生命进程的体质表型为检测对象,采用自然状态下的长时程、实时、无创检测方法,为中医门诊、基层医疗机构等提供诊疗建议。如基于中医舌象、面象^[51-52]、红外热成像^[34]等信息的体质辨识模型。此方向需要在真实世界的大数据支撑下,结合人工智能算法,不断发掘、不断验证,制定统一的数字化操作标准体系,研发智能化装备,以解决体质偏颇程度难以测量、量化结果难以重复、体质干预疗效难以评价等问题。

方向三是基于复合表型的中医体质辨识模型,在专业医疗机构、健康管理中心内进行,采集多种检验、检查数据,基于多维度、多特征信息融合的分类模型,一方面开发智能化的辅助决策系统,为临床诊断与治疗提供参考,一方面在以体质为载体的健康风险评估

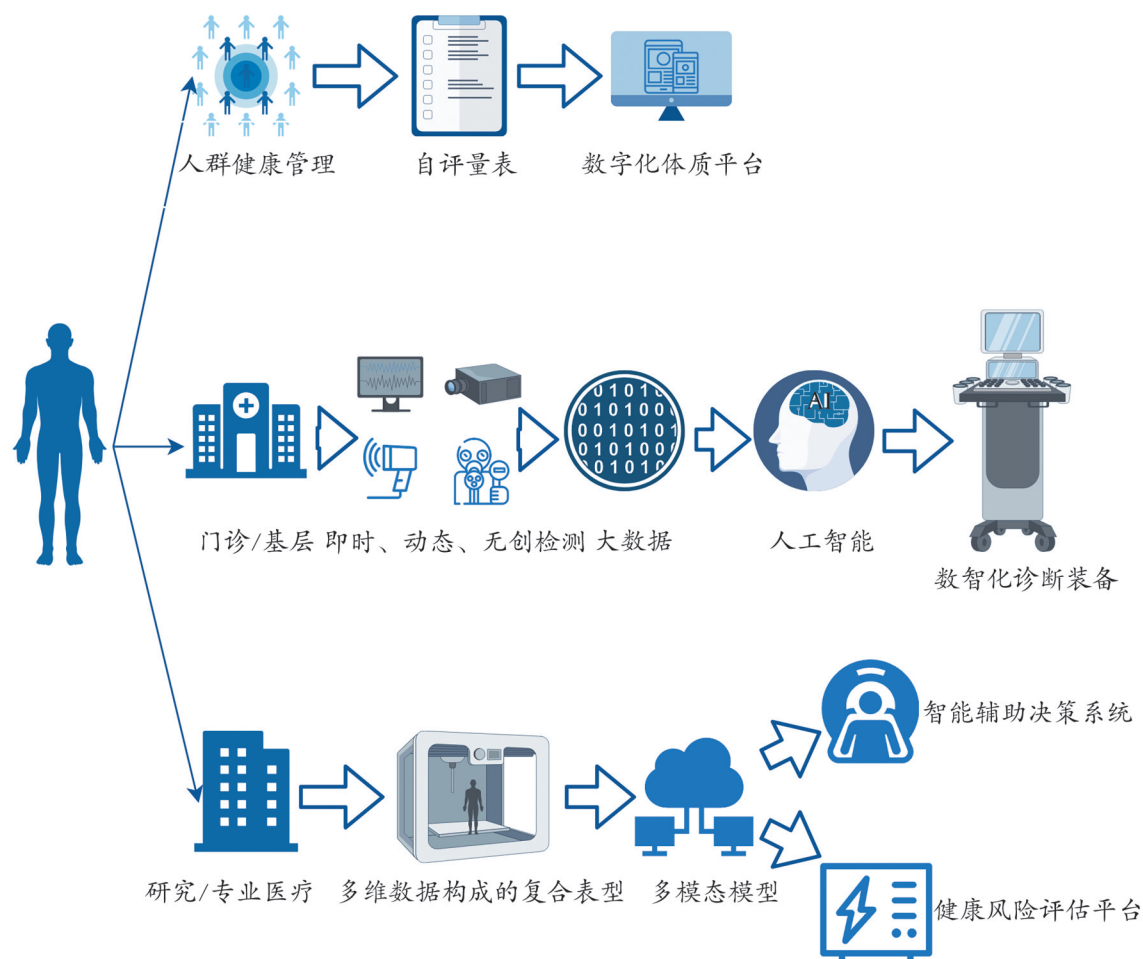


图1 中医体质辨识技术的三大研发方向

Fig. 1 Three Key Research and Development Directions for Traditional Chinese Medicine (TCM) Constitution Identification Technology

注:本图由Figdraw绘制。

平台上,提供个性化的系统性健康管理方案。中医体质作为一门研究人体状态的科学,动态、多维的大数据信息与人工智能的结合是体质辨识研究未来的重要方向,是提高中医体质辨识的客观性、规范性与准确性的必经之路,在此过程中,如何筛选表型、提取特征、整合信息、构建模型还需要深入探索。

以上三个研究方向都有独特的价值与挑战,但均致力于提升中医体质辨识的准确性和实用性,实际应用中辨识方式的选取需综合考虑目标人群的需求、可用资源以及预期的健康获益。从卫生经济学角度来看,方向一简便易行,开发及维护成本相对较低,成本效益较高,适用于普及健康知识和自我健康管理;方向二在提高诊断效能的同时,保留了一定的可推广性,前期成本及检测设备需要较高投入,随着科技发展可能会成为连接自我健康管理 and 高级健康服务的桥梁,具有较高的潜在价值;方向三符合现代精准医学发展方向,且可推动体质可分、体病相关等研究领域的科学研究,但需高昂的技术成本和大量的社会资源,目前可能仅适用于特定人群的精准医疗或科学研究。

4 基于呼出气分析的中医体质辨识技术开发

本文以基于呼出气分析的中医体质辨识技术为例,概述基于中医体质表型的即时、动态、无创检测研

究方向的研究新思路。

人体的呼出气主要成分有挥发性有机物、非挥发性有机物等,其来源主要为呼吸道、胃肠道、机体(通过肺部血液-空气屏障)及外界环境^[53]。目前呼出气检测指标以气体信号分子(如一氧化氮^[54]),呼出气冷凝液^[55],挥发性有机化合物^[56]为主。其中挥发性有机化合物来源于机体内多种代谢途径,以及微生物(口腔、肺等)与环境。诺贝尔奖获得者 Linus Carl Pauling 首次采用气相色谱仪发现呼出气体中含有 250 多种与机体代谢相关的挥发性有机化合物,开创了现代呼出气分析领域^[57]。瑞士苏黎世联邦理工学院研究发现呼出气挥发性有机物存在个体差异,尽管呼出气会受时间等因素影响,但人体的呼出气挥发性有机物仍具有独特的代谢表型^[58]。

《黄帝内经·素问》已提出五脏与气味存在关系,“东方青色,入通于肝……其臭臊”^[59]。在西方医学中,亦存在气味与疾病的相关性,如糖尿病酮症酸中毒与烂苹果味,肝性脑病与腥臭味等。目前临床上呼气检测以疾病诊断为主,检测对象多为气体信号分子,操作较为简易且无创,易于接受。随着超高灵敏度气体分析技术的发展,基于气体分析的即时检验获得了极大关注^[60],如与机体代谢密切相关的呼出气挥发性有机物,相关检测在胃癌、食管癌^[61]等肿瘤、肺隐球病^[62]

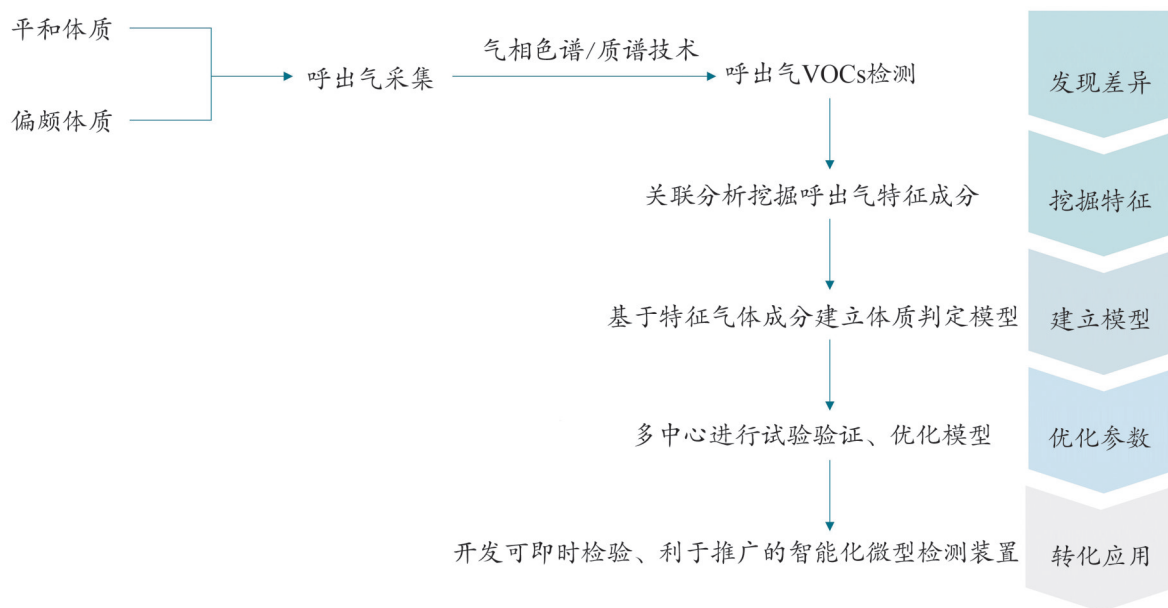


图2 基于呼出气分析的中医体质辨识技术研发路线图

Fig. 2 Research and development roadmap for Traditional Chinese Medicine (TCM) constitution identification technology based on exhaled breath analysis

等感染性疾病及阿尔茨海默病^[63]在内的多种疾病^[64]诊断上均取得了一定进展,具有较高的临床价值,目前常用检测技术以基于气相色谱/质谱分析的化学分析技术与基于模式识别技术的“电子鼻”为主^[65]。

综上,呼出气分析是一种非侵入性的生物标志物检测方法,它可以通过检测人体呼出气中的挥发性有机化合物等来评估个体的健康状况。基于这一背景,本文提出基于呼出气分析的体质辨识技术研发思路。首先采用气相色谱/质谱技术对九种体质人群开展大样本量呼出气成分检测与鉴定(发现差异);应用先进的机器学习算法、特征选择方法等发掘每种体质的呼出气特征成分(挖掘特征);进一步建立基于特征气体成分的体质判定模型,通过交叉验证、外部验证等方法优化模型参数,并评估模型的准确性、敏感性、特异性等指标(建立模型);在多中心进行试验验证模型的

稳定性与适用性,根据不同地区人群差异进行参数校正(优化参数);根据模型相关特征气体成分,采用集成小型化封装技术进行气体传感器设计,开发可即时检验、利于推广的智能化微型检测装置(转化应用)。技术路线见图2。

中医体质辨识技术的发展旨在通过多维度的方法提高体质辨识的准确性,提供更加精准和个性化的健康管理方案,同时为中医体质学与现代生命科学的融合提供新的可能性。在具体实施中,应该以临床问题为导向,以关键技术环节为重点,积极转化科研成果,研发智能化装备,制定数字化标准体系,助推体质辨识质量提升,以加速中医体质辨识技术、健康服务及相关医疗产品的推广,从而更好地服务于“治未病”的健康管理理念。

〔利益冲突〕本文不存在任何利益冲突。

参考文献

- 王琦. 中医体质学运用复杂系统科学思维解码生命科学[J]. 北京中医药大学学报, 2023, 46(7):889-896.
Wang Q. Decoding life sciences through the application of complex systems science thinking in traditional Chinese medicine (TCM) constitutology[J]. Journal of Beijing University of Traditional Chinese Medicine, 2023, 46(7):889-896.
- 王琦. 中医体质学在大健康问题中的应对与优势[J]. 北京中医药大学学报, 2021, 44(3):197-202.
Wang Q. Coping strategies and advantages of TCM constitutology in addressing major health issues[J]. Journal of Beijing University of Traditional Chinese Medicine, 2021, 44(3):197-202.
- 王琦, 朱燕波, 薛生, 等. 中医体质量表的编制及其应用[J]. 中华中医药杂志, 2006, 21(S):54-57.
- Lv Y B, Fan L, Zhou J H, et al. Burden of non-communicable diseases due to population ageing in China: Challenges to healthcare delivery and long term care services[J]. BMJ, 2024, 387:e076529.
- 陈龙娇, 王琦, 王济, 等. 从中医体质学角度建立老年健康状态管理新模式[J]. 中华中医药杂志, 2022, 37(7):3961-3965.
Chen L J, Wang Q, Wang J, et al. Establishing a new model for elderly health status management from the perspective of TCM constitutology [J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2022, 37(7): 3961-3965.
- 白明华, 李倩茹, 李竹青, 等. 中医体质量表的国内外研究概述[J]. 中华中医药杂志, 2021, 36(10):5993-5996.
Bai M H, Li Q R, Li Z Q, et al. Overview of domestic and international research on the constitution in Chinese medicine questionnaire[J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2021, 36(10):5993-5996.
- 郭壮, 于丽丽, 张娟, 等. 中医诊断装备辅助体质辨识的文献研究[J]. 世界中医药, 2024, 19(18):2790-2794.
Guo Z, Yu L L, Zhang J, et al. Literature review on TCM diagnostic equipment-assisted constitution identification[J]. World Journal of Traditional Chinese Medicine, 2024, 19(18):2790-2794.
- 梁洁欣, 冯跃, 李健忠, 等. 中医体质智能辨识方法的研究综述[J]. 计算机科学与探索:1-28[2024-10-25]. <https://link.cnki.net/urlid/11.5602.TP.20240826.1607.008>.
- Liang J X, Feng Y, Li J Z, et al. A review of research on intelligent identification methods for TCM constitutions. Journal of Frontiers of Computer Science and Technology:1-28[2024-10-25][J]. <https://link.cnki.net/urlid/11.5602.TP.20240826.1607.008>.
- 朱丽冰. 成人版《中医体质分类与判定》标准及《中医体质量表》修订[D]. 北京: 北京中医药大学, 2017.
Zhu L B. Revision of the adult version of the "Classification and Determination of Constitution in Chinese Medicine" standard and the "Constitution in Chinese Medicine Questionnaire"[D]. Beijing: Beijing University of Chinese Medicine, 2017.
- Bai M H, Wong W, Hou S J, et al. Development and evaluation of short form of constitution in Chinese medicine questionnaire: A national epidemiological survey data of 21 948 case[J]. Journal of Traditional Chinese Medicine, 2022, 42(1):122-131.
- Bai M H, Li Z Q, Wang H Y, et al. Development and evaluation of short-form version of the constitution in Chinese medicine questionnaire: Study a new and best brief instrument of Chinese medicine for health management[J]. Chinese Medicine, 2023, 18(1):140.
- 井慧如, 王济, 王琦. 英文版《中医体质量表》的初步编译[J]. 安徽中

- 医药大学学报, 2015, 34(5):21-25.
- Jing H R, Wang J, Wang Q. Preliminary compilation of the English version of the "Constitution in Chinese Medicine Questionnaire"[J]. Journal of Anhui University of Chinese Medicine, 2015, 34(5):21-25.
- 13 Zhu Y B, Origasa H, Uebaba K, et al. Development and validation of the Japanese version of the constitution in Chinese medicine questionnaire (CCMQ)[J]. Kampo Medicine, 2008, 59(6):783-792.
 - 14 李炳旻. 韩文版中医体质质量表开发与韩国人群中中医体质流行病学调查研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2015.
 - Li B M. Development of the Korean version of the constitution in Chinese medicine questionnaire and an epidemiological investigation of TCM constitutions in the Korean population[D]. Beijing: Beijing University of Chinese Medicine, 2015.
 - 15 王雪峰, 王琦, 许华, 等. 《中医体质质量表(0~1岁儿童试行版)》的评价与修订研究[J]. 中华中医药学刊, 2022, 40(5):8-13.
 - Wang X F, Wang Q, Xu H, et al. Evaluation and revision of the "Constitution in Chinese Medicine Questionnaire (Trial Version for Children Aged 0-1 Year)"[J]. Chinese Archives of Traditional Chinese Medicine, 2022, 40(5):8-13.
 - 16 李竹青. 《王琦九种中医体质质量表(0~3岁婴幼儿版)》的编制与评价研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2021.
 - Li Z Q. Development and evaluation of the "Wang Qi's Nine Types of Constitution in Chinese Medicine Questionnaire (Infant Version for 0-3 Years Old)"[D]. Beijing: Beijing University of Chinese Medicine, 2021.
 - 17 王琦, 王雪峰, 赵霞, 等. 儿童中医体质特征及调护专家共识[J]. 中国中西医结合儿科学, 2023, 15(4):277-282.
 - Wang Q, Wang X F, Zhao X, et al. Expert consensus on the characteristics and nursing of TCM constitutions in children[J]. Chinese Journal of Integrated Traditional and Western Medicine in Pediatrics, 2023, 15(4):277-282.
 - 18 杨寅. 《7-14岁儿童中医体质质量表》的编制研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2015.
 - Yang Y. Development of the "Constitution in Chinese Medicine Questionnaire for Children Aged 7-14 Years"[D]. Beijing: Beijing University of Chinese Medicine, 2015.
 - 19 柳璇. 《老年版中医体质分类与判定》量表研制与初步应用分析[D]. 北京: 北京中医药大学, 2013.
 - Liu X. Development and preliminary application analysis of the "Classification and Determination of Constitution in Chinese Medicine for the Elderly" scale[D]. Beijing: Beijing University of Chinese Medicine, 2013.
 - 20 史钊, 窦蕾, 李顺平. 国内外患者报告结局的应用现状与研究进展[J]. 中国全科医学, 2023(4):401-408.
 - Shi Z, Dou L, Li S P. Current application status and research progress of patient-reported outcomes at home and abroad[J]. Chinese General Practice, 2023(4):401-408.
 - 21 朱燕波, 丛建妮, 史会梅. 中医体质质量表与六维健康调查简表第一版(SF-6Dv1)的映射研究[J]. 中医杂志, 2023, 64(18):1866-1871.
 - Zhu Y B, Cong J N, Shi H M. Mapping study between the constitution in Chinese medicine questionnaire and the first version of the six-dimensional health state short form (SF-6Dv1) [J]. Journal of Traditional Chinese Medicine, 2023, 64(18):1866-1871.
 - 22 Zhang H M, Bai M H, Wang Q. Development, reliability and validity of traditional Chinese medicine health self-evaluation scale (TCM-50)[J]. Chinese Journal of Integrative Medicine, 2017, 23(5):350-356.
 - 23 李倩茹. 基于《中医健康测评量表》的健康状况调查及简化量表的编制和初步评价[D]. 北京: 北京中医药大学, 2020.
 - Li Q R. Health status survey based on the "Traditional Chinese Medicine Health Assessment Scale" and development and preliminary evaluation of a simplified scale[D]. Beijing: Beijing University of Chinese Medicine, 2020.
 - 24 严辉. 中医体质质量表应用现状的文献计量与内容分析[D]. 北京: 北京中医药大学, 2018.
 - Yan H. Bibliometric and content analysis of the current application status of the constitution in Chinese medicine questionnaire[D]. Beijing: Beijing University of Chinese Medicine, 2018.
 - 25 李英帅, 杨寅, 李玲璐, 等. 中医体质质量表应用中的疑难问题解读[J]. 中医杂志, 2015, 56(10):844-846.
 - Li Y S, Yang Y, Li L R, et al. Interpretation of difficult problems in the application of the constitution in Chinese medicine questionnaire[J]. Journal of Traditional Chinese Medicine, 2015, 56(10):844-846.
 - 26 李竹青, 白明华, 杨帆, 等. 兼夹体质质量表研发思路探讨[J]. 北京中医药大学学报, 2022, 45(9):956-959.
 - Li Z Q, Bai M H, Yang F, et al. Discussion on the development ideas of a concurrent constitution questionnaire[J]. Journal of Beijing University of Traditional Chinese Medicine, 2022, 45(9):956-959.
 - 27 吴浩然, 陈雪梅, 王琦. 基于表型组学的中医体质学研究及方向[J]. 中医杂志, 2022, 63(22):2101-2106.
 - Wu H R, Chen X M, Wang Q. Research and directions of TCM constitutology based on phenomics[J]. Journal of Traditional Chinese Medicine, 2022, 63(22):2101-2106.
 - 28 郇二洋. 基于深度神经网络的面部体质分类关键技术研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2020.
 - Huan E Y. Research on key technologies for facial constitution classification based on deep neural networks[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2020.
 - 29 张慧妍, 李爽, 王小艺, 等. 基于关联性的动态分类模型——以皮肤与体质为例[J]. 工程科学与技术, 2017, 49(3):137-143.
 - Zhang H Y, Li S, Wang X Y, et al. A dynamic classification model based on correlation: Taking skin and constitution as examples[J]. Advanced Engineering Sciences, 2017, 49(3):137-143.
 - 30 潘思行, 林育, 周苏娟, 等. 基于神经网络和支持向量机的中医体质辨识模型研究[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2020, 22(4):1341-1347.
 - Pan S X, Lin Y, Zhou S J, et al. Research on TCM constitution identification models based on neural networks and support vector machines[J]. Modernization of Traditional Chinese Medicine and

- Materia Medica-World Science and Technology, 2020, 22(4): 1341-1347.
- 31 Jiang T, Hu X J, Yao X H, et al. Tongue image quality assessment based on a deep convolutional neural network[J]. BMC Medical Informatics and Decision Making, 2021, 21(1):147.
 - 32 段梦遥, 毛伯, 周恒宇, 等. 不同中医体质类型的舌象特征定量分析[J]. 中华中医药杂志, 2023, 38(10):4955-4958.
Duan M Y, Mao B, Zhou H Y, et al. Quantitative analysis of tongue characteristics in different TCM constitution types[J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2023, 38(10):4955-4958.
 - 33 王颖纯, 白丽娜. 基于BP神经网络的中医脉诊体质类型判定[J]. 中医杂志, 2014, 55(15):1288-1291.
Wang Y C, Bai L N. Determination of TCM pulse diagnosis constitution types based on BP neural networks[J]. Journal of Traditional Chinese Medicine, 2014, 55(15):1288-1291.
 - 34 李竹青, 孟月, 赵晓山, 等. 红外热成像检测在中医体质辨识中的优势及方法[J]. 中华中医药杂志, 2023, 38(8):3529-3532.
Li Z Q, Meng Y, Zhao X S, et al. Advantages and methods of infrared thermal imaging detection in TCM constitution identification[J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2023, 38(8):3529-3532.
 - 35 白彤彤. 中医体质红外热成像特征提取方法学探讨及实验验证研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2018.
Bai T T. Methodological discussion and experimental verification of infrared thermal imaging feature extraction for TCM constitutions[D]. Beijing: Beijing University of Chinese Medicine, 2018.
 - 36 崔殿坤, 王琦, 白彤彤, 等. 中医体质红外热成像敏感区域的提取和研究思路探讨[J]. 中华中医药杂志, 2020, 35(2):780-783.
Cui D K, Wang Q, Bai T T, et al. Extraction and research ideas of sensitive regions in infrared thermal imaging for TCM constitutions[J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2020, 35(2):780-783.
 - 37 王子琰, 李红岩, 周作建, 等. 基于人体骨骼特征的中医体质辨识模型研究[J]. 中华中医药学刊, 2024, 42(8):37-40.
Wang Z Y, Li H Y, Zhou Z J, et al. Research on TCM constitution identification model based on human skeletal characteristics[J]. Chinese Archives of Traditional Chinese Medicine, 2024, 42(8):37-40.
 - 38 闵佳钰. 过敏体质IgE抗体类别转换相关分子表达及过敏康调体干预机制研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2017.
Min J Y. Research on the molecular expression related to IgE antibody class switching in allergic constitution and the intervention mechanism of Guomingkang in regulating constitution[D]. Beijing: Beijing University of Chinese Medicine, 2017.
 - 39 杨帆, 孔靖玮, 宗玉涵, 等. 基于中医体质学基本原理探讨嗜酸性粒细胞与过敏体质内涵相关性[J]. 中华中医药杂志, 2023, 38(2):775-778.
Yang F, Kong J W, Zong Y H, et al. Exploring the correlation between eosinophils and the connotation of allergic constitution based on the basic principles of TCM constitutology[J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2023, 38(2):775-778.
 - 40 孔靖玮, 赵晓山, 杨帆, 等. 从2型固有淋巴样细胞的免疫特征探讨过敏体质“体质可调论”[J]. 中华中医药杂志, 2023, 38(8):3605-3608.
Kong J W, Zhao X S, Yang F, et al. Exploring the "adjustability of constitution" theory in allergic constitution from the perspective of the immune characteristics of type 2 innate lymphoid cells[J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2023, 38(8):3605-3608.
 - 41 黄超东, 李冰涛, 张启云, 等. 基于血清代谢组学的中医气虚体质代谢特征研究[J]. 中药药理与临床, 2022, 38(5):131-136.
Huang C D, Li B T, Zhang Q Y, et al. Research on the metabolic characteristics of qi-deficiency constitution in TCM based on serum metabolomics[J]. Pharmacology and Clinics of Chinese Materia Medica, 2022, 38(5):131-136.
 - 42 马柯, 肖雅, 陈洁瑜, 等. 健康气虚体质人群的尿液代谢特征研究[J]. 江西中医药, 2023, 54(7):32-35.
Ma K, Xiao Y, Chen J Y, et al. Research on the urinary metabolic characteristics of healthy individuals with qi-deficiency constitution[J]. Jiangxi Journal of Traditional Chinese Medicine, 2023, 54(7):32-35.
 - 43 Yao H Q, Mo S L, Wang J, et al. Genome-wide DNA methylation profiles of phlegm-dampness constitution[J]. Cellular Physiology and Biochemistry, 2018, 45(5):1999-2008.
 - 44 Dong L D, Zheng Y F, Liu D, et al. Analyses of long noncoding RNA and mRNA profiles in subjects with the phlegm-dampness constitution [J]. BioMed Research International, 2021, 2021:4896282.
 - 45 王志永. 基于核磁共振技术对痰湿体质、气虚体质与平和质的代谢组学比较[D]. 北京: 北京中医药大学, 2017.
Wang Z Y. Metabolomics comparison among phlegm-dampness constitution, qi-deficiency constitution, and balanced constitution based on nuclear magnetic resonance (NMR) technology[D]. Beijing: Beijing University of Chinese Medicine, 2017.
 - 46 Huang T J, Li Q Z, Yin Y Q, et al. Composition of intestinal microflora associated with Yang-deficiency[J]. Journal of Traditional Chinese Medical Sciences, 2017, 4(3):254-260.
 - 47 李剑莹, 莫秀云, 韦芳宁. 湿热体质人群肠道菌群分布特征分析[J]. 中国医药导刊, 2023, 25(7):733-738.
Li J Y, Mo X Y, Wei F N. Analysis of the distribution characteristics of intestinal flora in individuals with damp-heat constitution[J]. Chinese Journal of Medical Guide, 2023, 25(7):733-738.
 - 48 湛攀, 吴博文, 张鹏, 等. 基于生物网络的中医药学原理探索[J]. 科学通报, 2024, 69(1):17-29.
Chen P, Wu B W, Zhang P, et al. Exploration of the principles of traditional Chinese medicine based on biological networks[J]. Chinese Science Bulletin, 2024, 69(1):17-29.
 - 49 董思颖. 《王琦九种中医体质量表(成年女性版)》的编制研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2022.
Dong S Y. Development of the "Wang Qi's Nine Types of Constitution in Chinese Medicine Questionnaire (Adult Female Version)"[D]. Beijing: Beijing University of Chinese Medicine, 2022.

- 50 管树桃, 李红岩, 郎许锋, 等. 基于遗传算法与KNN融合的中医体质量表简化研究[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2023, 25(10): 3364-3369.
Guan S T, Li H Y, Lang X F, et al. Simplification research on the constitution in Chinese medicine questionnaire based on the fusion of genetic algorithm and KNN[J]. Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica-World Science and Technology, 2023, 25(10):3364-3369.
- 51 董易杭, 王建勋, 王晶, 等. 基于深度学习的阳虚质与阴虚质舌象分类研究[J]. 中华中医药学刊, 2024, 42(7):27-30.
Dong Y H, Wang J X, Wang J, et al. Research on tongue image classification of yang-deficiency constitution and yin-deficiency constitution based on deep learning[J]. Chinese Archives of Traditional Chinese Medicine, 2024, 42(7):27-30.
- 52 陆冠龙, 黄益栓, 张琦, 等. 融合舌象和形体特征的辅助中医体质辨识模型研究[J]. 时珍国医国药, 2019, 30(1):244-246.
Lu G L, Huang Y S, Zhang Q, et al. Research on an auxiliary TCM constitution identification model integrating tongue and body characteristics[J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2019, 30(1):244-246.
- 53 Bruderer T, Gaisl T, Gaugg M T, et al. On-line analysis of exhaled breath[J]. Chemical Reviews, 2019, 119(19):10803-10828.
- 54 Lundberg J O, Weitzberg E. Nitric oxide signaling in health and disease [J]. Cell, 2022, 185(16):2853-2878.
- 55 Połomska J, Bar K, Sozańska B. Exhaled breath condensate—a non-invasive approach for diagnostic methods in asthma[J]. Journal of Clinical Medicine, 2021, 10(12):2697.
- 56 Moura P C, Raposo M, Vassilenko V. Breath volatile organic compounds (VOCs) as biomarkers for the diagnosis of pathological conditions: A review[J]. Biomedical Journal, 2023, 46(4):100623.
- 57 Pauling L, Robinson A B, Teranishi R, et al. Quantitative analysis of urine vapor and breath by gas-liquid partition chromatography[J]. PNAS, 1971, 68(10):2374-2376.
- 58 Martinez-Lozano Sinues P, Kohler M, Zenobi R. Human breath analysis may support the existence of individual metabolic phenotypes [J]. PLoS One, 2013, 8(4):e59909.
- 59 唐·王冰. 黄帝内经素问[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2014:8-9.
- 60 Chan L W, Anahtar M N, Ong T H, et al. Engineering synthetic breath biomarkers for respiratory disease[J]. Nature Nanotechnology, 2020, 15 (9):792-800.
- 61 Markar S R, Wiggins T, Antonowicz S, et al. Assessment of a noninvasive exhaled breath test for the diagnosis of oesophagogastric cancer[J]. JAMA Oncology, 2018, 4(7):970-976.
- 62 王彤, 曾沛炎, 王明蝶, 等. 基于气相离子迁移谱研究肺隐球病患者呼出气中特征挥发性有机物[J]. 分析测试学报, 2020, 39(4): 467-472.
Wang T, Zeng P Y, Wang M D, et al. Research on characteristic volatile organic compounds in the exhaled breath of patients with pulmonary cryptococcosis based on gas chromatography-ion mobility spectrometry[J]. Journal of Instrumental Analysis, 2020, 39(4): 467-472.
- 63 Jiao B, Zhang S Z, Bei Y Z, et al. A detection model for cognitive dysfunction based on volatile organic compounds from a large Chinese community cohort[J]. Alzheimer's & Dementia, 2023, 19(11): 4852-4862.
- 64 Nakhleh M K, Amal H, Jeries R, et al. Diagnosis and classification of 17 diseases from 1404 subjects via pattern analysis of exhaled molecules[J]. ACS Nano, 2017, 11(1):112-125.
- 65 Van der Schee M P, Paff T, Brinkman P, et al. Breathomics in lung disease[J]. Chest, 2015, 147(1):224-231.

Research and Direction for Traditional Chinese Medicine Constitution Identification Technology

WU Haoran, LIANG Xue, BAI Minghua, ZHANG Yan, WANG Qi

(National Institute of TCM Constitution and Preventive Medicine, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100029, China)

Abstract: The identification of constitutional types in traditional Chinese medicine (TCM) is a crucial component in realizing the concept of "treatment before the onset of disease". In recent years, the "Constitution in Chinese Medicine Questionnaire" has been employed as a standardized tool and has achieved notable success in the field of TCM constitution identification. However, there remains scope for further enhancement of its validity and applicability. Techniques for identifying TCM constitutions based on multidimensional phenotypes continue to emerge, yet a universally applicable constitutional determination model has yet to be established. We propose three research and development directions: The self-assessment questionnaires, the non-invasive point-of-care testing models based on

TCM constitution phenotype, and the multidimensional phenotype-based constitution identification platforms. By way of an example, we outline specific developmental ideas with a focus on TCM constitution identification technology based on the analysis of exhaled breath.

Keywords: Traditional Chinese medicine constitution, Identification technology, Standardization, Digitalization, Phenotype, Breath analysis

(责任编辑: 刘玥辰)