

# 大数据技术在中医药领域中的应用现状及思考



刘艳飞<sup>1,2</sup>, 孙明月<sup>2</sup>, 姚贺之<sup>2</sup>, 柴露露<sup>2</sup>, 高蕊<sup>2</sup>

1. 北京中医药大学研究生院(北京 100029)

2. 中国中医科学院西苑医院临床药理研究所(北京 100091)

**【摘要】** 大数据技术是信息化时代的必然结果, 不仅促进了生物医学发展, 也为中医药的发展开辟了新途径。本文分析近年来大数据技术在中医药领域中的应用现状, 提出思考与展望, 以为中医药未来的发展方向提供新思路与新方法。

**【关键词】** 大数据; 网络药理学; 中医药; 人工智能; 展望

## Application status and thinking of big data technology in traditional Chinese medicine

LIU Yanfei<sup>1,2</sup>, SUN Mingyue<sup>2</sup>, YAO Hezhi<sup>2</sup>, CHAI Lulu<sup>2</sup>, GAO Rui<sup>2</sup>

1. Graduate School of Beijing University of Chinese Medicine, Beijing, 100029, P.R.China

2. Institute of Clinical Pharmacology of Xiyuan Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing, 100091, P.R.China

Corresponding author: GAO Rui: Email: ruigao@126.com

**【Abstract】** Big data technology is the inevitable result of the information age, which not only promotes the development of biomedical science, but also opens up new ways for the development of traditional Chinese medicine (TCM). This paper introduces the application status of big data technology in the field of TCM in recent years, and puts forward some thinking and prospects, in order to provide new ideas and methods for the future development direction of TCM.

**【Key words】** Big data; Network pharmacology; Traditional Chinese Medicine; Artificial intelligence; Perspective

### 1 大数据技术的定义

大数据(big data)最初仅指大量的数据, 多作为一种概念及研究术语进行使用<sup>[1]</sup>。随着大数据概念的不断发展, 其定义也呈现多元化。国际数据中心 DIC 将大数据定义为: “从大规模多样化的数据中通过高速捕获、发现和分析技术提取数据的价值”, 从而概括出大数据具有体量大(volume)、数据类型多样(variety)、数据处理速度快(velocity)和数据价值密度低(value)等 4 个核心特点<sup>[2]</sup>。Gartner 研究机构认为大数据是需要新处理模式才能具有更强的决策力、洞察发现力和流程优化能力的海量、高增长率和多样化的信息资产<sup>[3]</sup>。美国国家标准和技术研究院(NIST)将大数据分为大数据

科学(big data science)和大数据框架(big data frameworks) 2 大类, 前者主要包括大数据的获取、调节和评估技术的研究; 后者指计算单元集群间解决大数据问题的分布式处理和软件库及算法<sup>[4]</sup>。此外, 还有很多关于大数据定义讨论<sup>[5]</sup>。大数据是数字信息化时代带来的必然结果, 虽然其定义尚无法达成共识, 但我们更关注的是大数据所带来的应用价值<sup>[6,7]</sup>。

2012 年美国率先提出将大数据作为国家重要的战略资源之一, 继而全球各国纷纷开展大数据技术的推进工作。大数据时代的到来, 给生物医学的发展带来了机遇与挑战, 结合高通量芯片、深度测序技术及计算机技术可进行不同层面的基因组学研究, 进而发现疾病进程中不同的分子标志物及调控机制, 这是大数据带给生物医学的机遇, 但在研究过程中如何有效整合产生的海量多水平组学数据, 则是大数据带给生物医学界巨大挑战<sup>[8]</sup>。生物

DOI: 10.7507/1672-2531.201804072

基金项目: “重大新药创制”体现中药特点的重大疾病新药临床评价技术平台建设项目(编号: 2017ZX09304003)

通信作者: 高蕊, Email: ruigao@126.com

医学大数据处于蓬勃发展的状态,适用于生物医学大数据的技术方法一旦发展成熟将更有利于全方位的分析、预测医学发展趋势,更好地探究生命的本质及其规律,为人类的健康提供更全面的服务<sup>[9]</sup>。

大数据促进了生物医学发展,也为中医药发展开辟新途径。大数据技术是人工智能的经验与实践基础。近年来,人工智能在中医药领域的开拓思维不断显现,大数据依托计算机技术可以把中医典籍和临床诊治经验转换为数据,形成海量中医大数据,这使得个性化、碎片化中医临床经验可采用科学方式进行呈现<sup>[10]</sup>。同时基于真实世界医学临床研究方法,借助云平台与互联网+技术,建立标准化的中医健康大数据库,这将把中医健康管理带入人工智能新时代,也是中医药未来发展趋势之一<sup>[11]</sup>。因此,将大数据技术应用于中医药领域,把传统中医理论及临床实践以数学化、科学化的方式进行阐释,将更好地促进中医药学的发展。本文从中医诊断、中医证候研究、中医学术经验传承、中医临床研究等几个方面系统探讨近年来大数据技术在中医药领域中的应用现状。

## 2 大数据技术在中医药领域中的应用现状

### 2.1 大数据技术与中医脉诊及中医证候研究

脉诊是中医四诊“望、闻、问、切”中极为重要的一环。“只可意会不可言传”、“心中了了,指下难明”经常用来形容中医医者学习中医脉诊的无奈,传统脉诊结果更多是依靠中医医者的经验做出判断。有学者利用大数据技术对脉象进行特征分析并总结规律,如李磊等<sup>[12]</sup>利用大数据原理,提出一种结合脉诊大数据分析的中医诊断疾病方法,先采集常见的几种中医脉象证型,如气虚、气阴两虚、气滞和气滞血瘀等证的脉图,利用功率谱基频  $F_0$  (脉搏跳动的基本频率)、倒谱波特征  $RC$  (脉象倒谱波的类型)、倒谱零分量  $C_{x0}$  (脉搏的强度)、谱能比  $SER$  (脉搏能量与频率之间的关系)、倒谱波幅度与倒谱零分量的比值  $C_{x1}/C_{x0}$  (脉搏的顺畅程度)、共振峰的平均距离  $\Delta F$  (传递函数中共振峰的平均距离)、传递函数中共振峰的数目  $M$  (人体脉象共振的特性) 8 个参数进行脉象自身特征的可识别性分析,并分类和关联疾病特征。基于海量数据,利用脉象不同的特征参数、三层前向型 BP 网络建立中医脉象辨识智能判断模型。用中医脉象信息采集系统采集不同人群、不同疾病的信息形成大数据环境,对中医脉象辨识智能判断模型进行测试,测试结果表明利用大数据对脉象进行识

别,能够提高脉象辨识的准确率。大数据时代下,中医脉诊不是小样本的数据分析,而是尽可能地搜集总体样本的数据信息,能够从根本上反映总体样本情况,从一个全新的角度去探索中医脉诊具有重大的实践意义。

李贵华等<sup>[13]</sup>用医院 HIS 数据库提取住院患者信息,并对数据进行标准化,纳入第一诊断为冠心病的住院患者,利用频数分析法对 84 697 名患者的信息进行描述性分析,采用关联原则分析患者合并用药情况,结果发现该数据库冠心病患者中,以老年男性居多,最常见的合并病为高血压、糖尿病、脑梗死、血脂紊乱等。中医证候以气阴两虚、气虚血瘀最为常见,其中血瘀是占比例最高的证候要素,其次为气虚、痰浊、阴虚等。胡金亮等<sup>[14,15]</sup>将 2011 年 8 月~2013 年 1 月的 3 000 份格式化病历导入临床医疗科研信息共享系统构建慢性阻塞性肺疾病急性加重期 (AECOPD) 数据库,数据挖掘结果发现:基于复杂网络的 AECOPD 中医证候分布有 22 个,居于前 3 位的是痰热壅肺证、痰浊阻肺证、肺肾气虚证,并基于复杂网络进行中医证-症相关性研究,各中医证候对应的临床症状频数较多的为咳嗽、咳痰、胸闷、喘息、纳差、乏力、神疲、动则喘甚等。基于中医证-症相关性分析研究,可为 AECOPD 中医证候诊断标准的修订提供参考及方法学研究。李小茜等<sup>[16]</sup>在前期制定的充血性心力衰竭 (CHF) 的中医证候量表<sup>[17]</sup>的基础上,多中心收集 450 例 CHF 住院患者,对用专业术语建立的中医证候量表进行信度、效度评价,结果发现 CHF 中医证候量表具有较好的信度、效度,可行性良好,为 CHF 中医证候研究提供了一定的依据。

大数据技术在中医药领域中的应用具有相通之处,不论是脉诊还是证候的研究,其最终目的是为了指导临床应用。研究者在虚拟网络中,采用人工神经网络技术,通过网络训练和学习,得到了“证候”到治法“方剂”的具有复杂线性关系,实现“证候”到治法“方剂”的相对准确对应,为中医客观化探索提供了一种新的规范中医论治的研究方法<sup>[18,19]</sup>。大数据、云平台也为中医药规范化诊治提供了技术支撑,实现隐性知识的发掘,如能结合真实世界的研究方法,将有效地提高中医临床的决策水平。

### 2.2 大数据技术与中医学术经验传承研究

名老中医的学术思想及临床经验是中医不断发展创新的动力,对名老中医的临床经验进行传承是中医不断发展的重要环节。近年来,国家重点研

发计划设立了专题项目对名老中医学术经验的传承方法进行了系统研究。大数据技术为挖掘名老中医学术经验,传承其学术思想提供了较为可行的技术支持。

蔡永敏等<sup>[20]</sup>以现代名老中医治疗肺系疾病的临床医案为数据来源,通过字段、程序设计建立肺系疾病数据库,共录入 34 414 条数据,在此基础上可针对某一具体的肺系疾病查询其具体的中医病因、病机、中医证候分型、症状、脉象,用不同字段进行不同适应性的挖掘分析,从而探寻各种肺系疾病的诊治规律,该研究构建了大样本临床文献的证-证方药之间的关系,依托大数据技术实现名老中医学术经验的传承。

田甜等<sup>[21]</sup>用本体构建以五脏为中心的中医药领域知识模型,纳入中医学术语 15 040 条,建立概念之间的关系 77 615 条,实现中医学知识的重建与共享,并且应用本体推理技术对“肺与大肠相表里”理论的相关古代文献进行数据挖掘,结果发现“肃降失职”是中医特色理论—“肺与大肠相表里”的主要病机,中医证候以肺热移肠证、痰热壅肺证、肺热炽盛证、肠热气滞证、热毒闭肺证等热性病证为多,治法以清法(清热泻肺、清泻肠热、清热化痰、清热生津等)为主;治疗以清热药(黄连、黄芩、栀子、大黄等)频数最多,其次为理气药(杏仁、桔梗等)、补气药(甘草、人参、茯苓等)和补血药(当归、白芍等);药物归经中归肺经最多。基于大数据建立本体推理技术,并对古代文献进行数据挖掘,能够从不同角度全面揭示中医药临床辨证、处方用药的隐形知识及规律,更好地应用及传承古代医学经典。

运用大数据技术对名老中医的医案进行保存和分析,选择名老中医的医案,将病名、病因、病机、病位、证型、药物剂量等进行标准化处理,选择合适的算法对数据进行整理和挖掘,通过数据统计、分析解释中医临证用药规律,将规律性内容形成中医文献,并再运用到中医临床中去。从而实现名老中医的临证经验传承,从而指导临床<sup>[19,22]</sup>。

### 2.3 大数据技术与中医临床研究

结合大数据研究思维和方法能够帮助改善目前中医临床研究中遇到的问题,建立符合中医特色的一套临床试验系统,中医临床诊疗信息数据化会增强研究的临床真实性,促进研究者进行更贴近临床实际的研究,揭示疾病的发生发展规律,有效指导临床实践,从而扩大中医在临床中的应用范围和信心,为中医这门传统医学在国际上的进一步推广

起到助力作用<sup>[23,24]</sup>。

郜明月等<sup>[25]</sup>基于医院 HIS 数据库分析了 2004 年~2014 年来自全国 25 家三甲医院因腰椎疾病接受鹿瓜多肽注射液的 6 990 例患者的电子医疗数据,结果显示患者年龄以 45~64 岁最多(3 883 例,55.55%),腰椎疾病以腰椎间盘突出症最多(5 519 例,82.5%),中医证候以气滞血瘀证为主,为临床使用鹿瓜多肽提供了一定的指导。夏中尚等<sup>[26]</sup>检索分析了 1995~2015 年间发表的 1 341 篇文献,结果发现,临床治疗糖尿病排名前 3 类的中药为补虚药、清热药、活血化瘀药,单味药频次较高的是黄芪、丹参、山药、当归、茯苓、川芎等,据此数据分析结果可了解如何临床随证加减用药,更好地发挥中药治疗糖尿病的优势。王连心等<sup>[27]</sup>将来自国家药品不良反应中心自发呈报系统的 4 220 例数据及参麦注射液上市后临床安全监测的 32 358 例数据进行分析,发现参麦注射液不良反应发生率为 0.093%,主要症状为胸闷、畏寒、皮肤瘙痒、心悸、发热、恶心等,原发病为慢性肺心病、甲状腺疾病及合并脑血管疾病的患者,使用参麦注射液前连续使用前列地尔、环磷腺苷、喹诺酮类、青霉素类药物是参麦注射液不良反应发生的可疑影响因素,这一结果能够促进临床更合理使用参麦注射液。马金辉等<sup>[28]</sup>分析了全国 16 家三甲医院第一诊断为高血压的 30 034 例住院患者,应用频数分析和关联规则进行分析发现:高血压住院患者以老年人为主,平均年龄为 64 岁,男女比例 1.1:1,多数患者合并冠心病、血脂蛋白紊乱血症,中医证候以痰瘀互结和肝肾阴虚居多,中药以活血化瘀药物为主,西医治疗基本符合指南要求,联合用药较多。该结果提示在高血压的治疗中应该注意联合用药方案的药物种类,结合使用化痰祛瘀的中药,减少靶器官损害及并发症,为临床防治高血压提供了参考。

大数据时代的到来对于针灸、推拿的临床研究具有一定推动作用,对针灸、推拿的临床研究具有一定启示。现在针灸、推拿临床研究以随机对照试验(RCT)为主,因样本量限制无法具体分析疾病的全貌,因此有研究者提出以 RCT 为指导、以大数据应用方法开展的临床研究为今后临床研究方向<sup>[29]</sup>。余韵扬等<sup>[30]</sup>以大数据研究模式为依托,探索了针灸推拿治疗功能性便秘的临床选穴规律,该研究检索了近 5 年收录于 PubMed、The Cochrane Library、CBM、CNKI、WanFang Data 和 VIP 数据库中有关针灸推拿治疗功能性便秘的临床研究,对数据进行分类并建立数据库对其进行统计分析,共纳

入 112 篇文献,发现使用的有效穴位有 63 个,使用频次较多的穴位依次为天枢、上巨虚、中脘、大肠俞、足三里、腹结等,使用频次较多的经络依次为胃经、任脉、膀胱经、脾经等,以腹部和下肢部的穴位使用较为频繁。该结果归纳出针灸推拿治疗功能性便秘临床选穴的规律性,有利于后期指导临床针灸应用。总之,大数据对于中医针灸、推拿临床研究的试验设计、数据采集及其分析、共享等方面均将发挥影响作用,能够为解决中医针灸、推拿在临床研究中存在的困难提供一定的参考<sup>[31]</sup>。

### 3 展望

“科学始于数据,挖掘渗透理论”<sup>[32]</sup>,中医研究者可从大量的临床数据中挖掘其潜在的客观规律,在一定程度上可为阐述中医诊疗疾病的科学性提供证据。在中医药领域,中医古今文献资料、名老中医专家经验等大量数据均呈分散存在,未进行科学化处理。如何对现有中医资料进行数据网络化、规范化,建立中医药应用大数据平台,实现数据的挖掘与共享,是未来中医药发展的重要途径。我们认为,中医药数据需要以数据化、规范化为根基,在将大数据技术应用到中医药领域前,首先必须对中医药内容进行数据化、名词术语规范化,以更好的挖掘其隐性知识。2012 年 4 月启动的科技部科技基础性工作专项重点项目“中医药基础学科名词术语规范研究项目”将规范中药、方剂、针灸、推拿、养生、康复、医史文献等多个学科的名词术语,待项目完成后,规范化中医药名词术语将达 1.3 万条,并建设了中医药同义词查询库<sup>[33]</sup>,此项目的完成可为大数据在中医药领域的应用打下基础。未来,以大数据为基础的数据挖掘应联合计算机、统计学的科研人员与广大医务工作者,基于预警性、预测性、个体化、共享性进行,从海量的知识中发现隐藏其中的规律<sup>[34]</sup>。

大数据时代下的中医临床研究的数据主要来源于医疗机构的电子病历。电子病历的应用范围日趋广泛,但不同的系统数据合并困难,非结构化的数据模式给资料的提取造成了困难,电子病历中可能存在数据重复、缺失等混杂因素,文本数据的收集和真实世界下的医疗数据清洗及整理的过程为后续的数据分析增加了许多困难和时间成本,所以规范临床医疗数据的收集将对大数据的分析有积极帮助。大数据分析的方法还需要更多创新,数据分析的结果存在知识垃圾现象,许多分析出来的结果是无用的,应建立基于临床需求的分析方法和

策略,分析的结果仍需要专业医生的解读。基于真实世界获得的结果和证据更接近于临床实际,也更有助于正确的临床决策,基于大数据的临床决策也是现阶段循证医学发展的主要内容<sup>[35]</sup>。

如何保证中药产品的安全性、有效性是中医药发展过程中面临的一大挑战。中药从田间到加工车间,从天然药材到中药产品,从厂家到医院再到患者,这一系列过程产生了海量数据,采用大数据技术对各类数据进行关联分析,将有助于改进和完善中药质量控制及质量监管体系<sup>[36]</sup>。加强中药生产监管的同时,应对已上市的中药药物进行再评价,可用于中药上市后研究的数据主要有四期临床试验证据、被动监测证据、主动监测证据、医疗数据和文献数据等,将各类数据进行整合,更有利于全面了解上市中药的安全性及有效性,从而为临床合理用药提供更有价值的参考<sup>[37]</sup>。

在临床应用时最先采集的数据被称为原始数据或基础数据。这些数据是非结构化的,对这些有意义的数据进行专业化处理后才能进行数据分析和挖掘。数据处理过程中一方面通过对数据格式和内容的调整,使数据更符合挖掘的需要;另一方面可以通过不同的技术手段对已有数据进行清洗。现有研究表明可以通过数据清洗、数据集成、数据变换、数据规约等预处理,清除冗余数据、纠正错误数据、完善残缺数据,挑选出必需的数据进行集成,达到数据信息精练化、数据格式一致化和数据存储集中化<sup>[38, 39]</sup>。数据处理的目的是为了更好的获取结果,但是数据处理的过程也面临着诸多的问题,如数据处理该遵循何种原则、如何保护患者隐私等。

大数据技术的开展离不开计算机技术的支持,“互联网”思维也改变了中医药的研究思路。基于计算机技术的网络药理学融合了系统生物学、多向药理学、计算生物学、网络分析等多学科的技术和内容<sup>[40, 41]</sup>,在“疾病-基因-靶点-药物”网络的基础上,充分利用基因、靶点等大数据,系统综合地观察药物对疾病网络的干预机制<sup>[42]</sup>。网络药理学日渐成为中医药研究的学科前沿,其常用数据库 DrugBank,截止到 2018 年 3 月,至少收录了 11 037 个药物条目,包括 2 524 个获得批准的小分子药物,951 个获得批准的生物技术药物,112 个保健品和 5 152 个正在实验的药物。常用分析工具 Cytoscape<sup>[43]</sup>可根据基本数据生成庞大的可视化网络结构,提供基础的功能布局和网络查询功能,研究者可分析预测药物的活性成分、潜在作用机制,及其药物安全

性的应用。在大数据时代下,网络药理学为中医药的发展提供新的思路。

在网络药理学大数据的基础上进行中药药物重定位的研究,是新药研发策略中,最快捷、有效的策略之一。我们曾阐述了人参皂苷、川芎嗪、黄连素、青蒿素等中药单体药物重定位的研究现状,并基于小分子(或配体)、药物靶点、网络理论3种研究策略用网络药理学的方法分析了中药药物重定位研究,以期为中医药的新药研发提供了新的研究思路<sup>[44]</sup>。Zhao等<sup>[45]</sup>根据核心成分-靶点-通路网络获取加味四妙丸中30个主要活性成分,证实其可通过炎性细胞因子、尿酸合成酶、转运蛋白通途达到治疗痛风的效果,后期的动物实验也证明这些核心成分可明显增强HUVEC的活性、减弱ICAM-1的表达,从而减轻痛风症状。该研究通过网络药理学的方法预测了加味四妙丸的活性成分,并解释了活性成分和靶点之间的相互作用,为中草药的研究提供了另一种途径。Hong等<sup>[46]</sup>运用网络药理学方法预测中草药潜在的肝损伤靶点,选用代表性中方剂小柴胡汤和单味药何首乌进行分析,从TCMSP数据库和TCM@Taiwan数据库筛选化学成分,建立化学成分数据库,按照药代动力学ADME原则对化学成分进行评估筛选,利用在线软件STITCH、Chemicals and Proteins Herbal Ingredients Targets (HIT)数据库预测小柴胡汤潜在的作用靶标,将活性药物成分及小柴胡汤的作用靶标在Cytoscape中进行网络构建,发现可引起肝损伤的活性物质中,kaempferol和thymol含量最多,其可能是作用于Caspase3 (CASP3)、peroxisome proliferator-activated receptor gamma (PPARG)、myeloid cell leukemia-1 (MCL1)3个靶标引起肝损伤。现有研究者以中医药大数据为支撑,采用人工智能、数据挖掘、网络科学的方法和技术建立中药整合药理数据和计算平台,具有较好的应用前景,能够促进中医药的现代化发展<sup>[47]</sup>。

科技发展改变着世界,也影响了中医,在中医药发展过程中产生的海量数据,其中蕴含了大量有用信息,目前利用大数据技术开展中医药的研究的方法及思路越来越多,如何利用大数据技术高效地研究、发展中医药,将中医药通过开放、共享的方式推向全球是所有中医人面临的一大挑战。

#### 参考文献

- 1 大数据概念与发展. 中国科技术语, 2017, 8(21): 1-8.
- 2 Gantz J, Reinsel D. Extracting value from chaos. Available at:

<https://www.emc.com/collateral/analyst-reports/idc-extracting-value-from-chaos-ar.pdf>.

- 3 Big data. Available at: <http://www.gartner.com/it-glossary/big-data>.
- 4 NIST. Tackling big data. Available at: [https://csrc.nist.gov/csrc/media/projects/forum/documents/2012/fcsm\\_june2012\\_cooper\\_mell.pdf](https://csrc.nist.gov/csrc/media/projects/forum/documents/2012/fcsm_june2012_cooper_mell.pdf).
- 5 O'Reilly Radar Team. Big data now: current perspectives from O'Reilly Radar. O'Reilly Media, 2011, : 1-44.
- 6 Noguchi Y. Following digital breadcrumbs to 'Big Data' gold. Available at: <https://www.npr.org/2011/11/29/142521910/the-digital-breadcrumbs-that-lead-to-big-data>.
- 7 李国杰. 大数据研究的科学价值. 中国计算机学会通讯, 2012, 8(9): 8-15.
- 8 杨力, 魏刚, 唐鲲, 等. 以海量数据计算揭示人类疾病发生机制及相关分子标志物. 中国科学: 生命科学, 2013, 43(1): 72-79.
- 9 宁康, 陈挺. 生物医学大数据的现状与展望. 科学通报, 2015, 60(Z1): 534-546.
- 10 黄欣荣, 钟平玉, 马纲. 人工智能与中医智能化. 中医杂志, 2017, 58(24): 2076-2079, 2106.
- 11 梁文娜, 林雪娟, 俞洁, 等. 真实世界的大数据助推中医健康管理进入人工智能时代. 中华中医药杂志, 2018, 33(4): 1213-1215.
- 12 李磊. 基于大数据分析的中医脉象辨识智能判断. 科技通报, 2016, 8(32): 41-45.
- 13 李贵华, 姜红岩, 谢雁鸣, 等. 基于大数据84697例冠心病中医证候及其中西药使用分析. 中国中药杂志, 2014, 39(18): 3462-3468.
- 14 胡金亮, 张润顺, 周雪忠, 等. 基于临床医疗科研信息共享系统中医病-证-中药关联分析方法的研究. 世界科学技术—中医药现代化, 2013, 15(5): 905-909.
- 15 胡金亮, 李素云, 余海滨, 等. 基于临床医疗科研信息共享系统AECOPD证症相关性分析研究. 世界科学技术—中医药现代化, 2013, 15(7): 1596-1598.
- 16 李小茜, 刘伟, 何建成, 等. 充血性心力衰竭中医证候量表的信度与效度评价. 中医杂志, 2015, 56(7): 594-597.
- 17 刘伟. 充血性心力衰竭中医证候量表的信度与效度评价. 邯郸: 河北大学, 2011.
- 18 胡慧菁, 罗家祺, 刘苓霜, 等. 浅谈“大数据”时代下中医文化的传承和发扬. 转化医学电子杂志, 2018, 5(3): 49-51.
- 19 符宇, 范冠杰, 黄皓月. 基于大数据名老中医学术经验传承研究方法的思考. 中华中医药杂志, 2017, 32(4): 1644-1646.
- 20 蔡永敏, 陈丽平, 李建生, 等. 基于现代名老中医临床著作的肺病数据库建立及数据挖掘. 中国中西医结合杂志, 2015, 35(10): 1186-1191.
- 21 田甜. 基于本体的“肺与大肠相表里”古代医案数据挖掘方法的探索研究. 北京: 北京中医药大学, 2013.
- 22 查青林, 刘红宁, 吕爱平, 等. “互联网+”时代背景下的中医现代传承模式. 江西中医药, 2016, 47(5): 11-13.
- 23 陈澈, 井含光, 孟庆刚. 基于大数据的中医药临床研究. 世界中医药, 2017, 12(11): 2851-2854, 2859.
- 24 崔伟锋, 王素花, 王会丽, 等. 真实世界中医临床研究方法与实践. 中国全科医学, 2016, 19(13): 1586-1590, 1597.
- 25 郝明月, 谢雁鸣, 黎元元, 等. 基于真实世界鹿瓜多肽注射液治疗腰椎疾病的临床用药特征分析. 中国中药杂志, 2017, 42(15): 2895-2899.
- 26 夏中尚, 杜正彩, 邓家刚, 等. 基于大数据分析的中医治疗糖尿病用药规律研究. 世界中医药, 2016, 11(11): 2223-2226, 2230.
- 27 王连心, 谢雁鸣, 艾青华, 等. 参麦注射液上市后临床安全性主动监测与被动监测大数据综合评估. 中国中药杂志, 2015, 40(24): 4752-4756.

- 28 马金辉, 王志飞, 谢雁鸣, 等. 真实世界大数据 30034 例高血压病住院患者中西医诊疗规律初探. 中国中药杂志, 2014, 39(18): 3435-3441.
- 29 Wang SD. Opportunities and challenges of clinical research in the big-data era: from RCT to BCT. *J Thorac Dis*, 2013, 5(6): 721-723.
- 30 余韵扬, 曹必伟, 周晶, 等. 依托大数据研究模式探析针灸推拿治疗功能性便秘的临床选穴规律. 时珍国医国药, 2018, 29(3): 760-762.
- 31 赵天易, 陈波, 潘兴芳, 等. 大数据时代对中医针灸临床研究的启示. 中国针灸, 2015, 35(9): 938-942.
- 32 黄欣荣. 数据密集型科学发现及其哲学问题. 自然辩证法研究, 2015, 31(11): 48-54.
- 33 吴潇湘. 中医药基础学科名词术语规范研究启动. 中医药管理杂志, 2012, 20(4): 34.
- 34 秦文哲, 陈进, 董力. 大数据背景下医学数据挖掘的研究进展及应用. 中国胸心血管外科临床杂志, 2016, 23(1): 55-59.
- 35 阎小妍, 董冲亚, 姚晨. 大数据时代的循证医学研究. 中国循证医学杂志, 2017, 17(3): 249-254.
- 36 李振皓, 钱忠直, 程冀宇. 基于大数据技术的中药质量控制技术创新战略. 中国循证医学杂志, 2015, 40(17): 3374-3378.
- 37 王永炎, 谢雁鸣, 王志飞. 大数据时代中药上市后数据的整合与应用. 中国中药杂志, 2013, 38(18): 2917-2918.
- 38 邓线平. 大数据清洗的方法论考察. 江南论坛, 2018, (3): 31-32.
- 39 孔钦, 叶长青, 孙赞. 大数据下数据预处理方法研究. 计算机技术与发展, 2018, 28(5): 1-4.
- 40 Hopkins AL. Network pharmacology: the next paradigm in drug discovery. *Nat Chem Biol*, 2008, 4(11): 682.
- 41 Hopkins AL. Network pharmacology. *Nat Chem Biol*, 2008, 4(11): 682-690.
- 42 张彦琼, 李梢. 网络药理学与中医药现代研究的若干进展. 中国药理学与毒理学杂志, 2015, 29(6): 883-892.
- 43 Shannon P, Markiel A, Ozier O, *et al*. Cytoscape: a software environment for integrated models of biomolecular interaction networks. *Genome Res*, 2003, 13(11): 2498-2504.
- 44 刘艳飞, 孙明月, 赵莹科, 等. 网络药理学在中药药物重定位研究中的应用现状与思考. 中国循证医学杂志, 2017, 17(11): 1344-1349.
- 45 Zhao F, Guochun L, Yang Y, *et al*. A network pharmacology approach to determine active ingredients and rationality of herb combinations of Modified-Simiaowan for treatment of gout. *J Ethnopharmacol*, 2015, 168: 1-16.
- 46 Hong M, Li S, Tan HY, *et al*. A network-based pharmacology study of the herb-induced liver injury potential of traditional hepatoprotective Chinese herbal medicines. *Molecules*, 2017, 22(4): E632.
- 47 许海玉, 刘振明, 付岩, 等. 中药整合药理学计算平台的开发与应用. 中国中药杂志, 2017, 42(18): 3633-3638.

收稿日期: 2018-04-16 修回日期: 2018-06-21

本文编辑: 樊斯斯