

# 基于本体推理和语义网检索的中西药 相互作用知识发现研究

杨乐乐<sup>1</sup>, 龙海<sup>2</sup>, 姚克宇<sup>1</sup>, 刘丽红<sup>1</sup>, 朱彦<sup>1</sup>

(1. 中国中医科学院中医药信息研究所, 北京 100700;

2. 莱比锡大学医学信息统计学暨流行病学研究所 ONTO - MED 课题组, 德国 莱比锡 04103)

**摘要:** 中西药物联用是国内医疗界和学术界共同关注的焦点问题之一。目前, 中西药相互作用信息化研究基本处于数据库构建探索阶段, 相关研究成果较少; 中西药相互作用类别及途径信息不完整, 相关数据来源单一, 检索结果缺乏证据评价; 存在信息分散、缺乏统一语义参照等问题, 难以满足本领域理论研究与临床合理用药的需要。在大语言模型的技术背景下, 探讨基于本体推理和语义网检索的中西药相互作用知识发现方法。首先, 解析中西药相互作用领域概念及关系, 构建中西药相互作用本体; 其次, 在中西药联合使用时, 根据设定的中西药相互作用规则发现隐含的中西药相互作用信息知识, 利用语义检索获得的中西药相互作用结果, 制定评价指标, 通过对中西药相互作用结果的证据等级推荐, 对中西药联用场景进行风险预警提示; 最后, 构建中西药相互作用知识图谱并开发应用示范系统。同时, 积极探索借助大语言模型的多任务处理功能, 辅助信息抽取、结构化和知识表示, 知识发现结果智能输出。

**关键词:** 中西药物相互作用; 本体推理; 语义网检索; 知识发现

中图分类号: R2-03

文献标志码: A

文章编号: 1673-7717(2024)09-0013-05

## Research on Knowledge Discovery of Traditional Chinese and Western Medicine Interaction Based on Ontology Reasoning and Semantic Web Retrieval

YANG Lele<sup>1</sup>, LONG Hai<sup>2</sup>, YAO Keyu<sup>1</sup>, LIU Lihong<sup>1</sup>, ZHU Yan<sup>1</sup>

(1. Institute of Information on Traditional Chinese Medicine, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China;

2. Institute of Medical Informatics, Statistics and Epidemiology (IMISE), ONTO - MED Research Group, University of Leipzig, Leipzig 04103, Germany)

**Abstract:** The combination of traditional Chinese and Western medicine is one of the focal issues of common concern in domestic medical and academic circles. At present, the information technology research on the interaction between traditional Chinese and Western medicine is basically in the exploration stage of database construction, and there are relatively few related research results. There is incomplete information on the types and pathways of interactions between traditional Chinese and Western medicine, single data sources and lack of evidence evaluation in search results. There are problems such as scattered information and lack of unified semantic reference, which are difficult to meet the needs of theoretical research and rational clinical drug use in this field. In the technical background of large language model, this study initially explored the knowledge discovery method of traditional Chinese and Western medicine based on ontology reasoning and semantic web retrieval. First, it analyzes the concepts and relationships in the field of interaction between traditional Chinese and Western medicine, and constructs the ontology of interaction between traditional Chinese and Western medicine. Secondly, when traditional Chinese and Western medicines are used in combination, based on the set rules of interaction between traditional Chinese and Western medicine, the hidden knowledge of interaction between traditional Chinese and Western medicine is discovered. The results of interaction between traditional Chinese and Western medicine obtained through semantic retrieval are used to develop the evaluation indicators. By recommending the evidence level of the results of interaction between traditional Chinese and Western medicine, the risk warning prompts are provided for the scenario of combination of traditional Chinese and Western medicine. Finally, the knowledge map of traditional Chinese and Western medicine interactions is constructed and an application demonstration system is developed. At the same time, it actively explores the computer multitasking function of large language model to assist in information extraction and structuration, knowledge representation and reasoning, intelligent output of knowledge discovery results.

**Keywords:** traditional Chinese and Western medicine interaction; ontological reasoning; semantic web retrieval; knowledge discovery

**基金项目:** 国家自然科学基金面上项目(82274684); 中国中医科学院科技创新工程项目(CI2021A05409); 中国中医科学院基本科研业务费自主选题项目(ZZ150316)

**作者简介:** 杨乐乐(1999-), 女, 安徽阜阳人, 硕士在读, 研究方向: 中药领域术语标准化。

**通讯作者:** 刘丽红(1979-), 女(满族), 河北遵化人, 副研究员, 硕士研究生导师, 硕士, 研究方向: 中医药知识组织。E-mail: llhong\_2008@163.com。

朱彦(1983-), 男, 湖南长沙人, 副研究员, 硕士研究生导师, 博士, 研究方向: 中医药本体研究。E-mail: zhuyan166@126.com。

中西药物相互作用是指中药(单味药、复方制剂、中成药或汤剂)与西药合用或先后序贯使用时,所引起的药物作用与药效的变化<sup>[1]</sup>。随着中西医结合的发展,中西药物联合使用在临床药物治疗中已经占有较大的比例,同时,中西药物的不合理联用会导致药物疗效降低,不良反应增加,甚至导致疾病的严重不良转归,这是长期的临床实践及药理研究所得结论。目前,该领域文献多为案例性的内容而少有框架性的认识,且中西药物种类繁多,成分复杂,药物之间潜在的相互作用很难发现。

基于本体推理的语义技术,构建中西药相互作用本体以及设定相互作用规则,将本体中隐性知识用规则语言进行表示,利用语义网技术进行语义检索和查询扩展,能在中西药联合使用时发现隐含的中西药相互作用知识。同时,尝试结合提示(prompt)进行知识推理,利用大语言模型辅助进行信息抽取、结构化和知识表示,知识发现结果智能输出等。从而在中西药联用场景下进行潜在风险预警提示,减少药物间相互作用引起的不良反应,促进临床中西药合理联用。

### 1 中西药相互作用信息化研究现状

在临床上,中西药物联合使用的现象越来越常见<sup>[2-7]</sup>,合理的中西药联用可以提高疗效,具有相加或协同作用,但是中西药联用产生的不良反应也呈逐步增多的趋势<sup>[8]</sup>。在各自的理论指导下,中药和西药广泛应用于临床治疗。然而,目前尚缺乏系统统筹的设计理念与互补机制,存在大量未知的用药安全性风险。当前医学研究亟待回答的重要问题,是如何系统性地梳理和解析中西药物复杂的相互作用关系网络,如何全面而准确地评估中西药物联用方案的合理性与科学性<sup>[9]</sup>。随着计算机技术引入,中西药相互作用领域信息化研究逐步深入。

在中西药相互作用领域,较成熟的合理用药监测软件及系统,有医口袋、用药专家、PASS(Prescription Automatic Screening System,合理用药监测系统)系统等<sup>[10]</sup>,相关数据库有医脉通“用药参考”<sup>[11]</sup>、药智网“药物相互作用数据库”<sup>[12]</sup>等,但以上合理用药软件仅仅负责简单地编入与整理药物说明书中已提及的药物相互作用信息,且中成药说明书普遍存在严重的项目缺失问题与内容不够详实完善等问题,导致这些数据库对中西药联合使用的监测基本空白,只能提供简单的查询、分析功能<sup>[13]</sup>。中西药物在性质、成分、相互作用等方面的信息量非常大,变化因素多,利用计算机进行现代化的管理和数据处理势在必行。

有学者已经开展中西药相互作用数据库构建研究。王宏蕾等<sup>[10]</sup>探讨中成药、西药联用禁忌数据库建设,收集药品说明书、文献和书籍数据,建立中成药、中药饮片、西药表关联并基于关联进行相关查询。周燕玲<sup>[14]</sup>基于文本挖掘和数据库系统将中医儿科常用中西药物与发表文献进行有机整合,构建中医儿科中西药配伍禁忌数据库,该研究涉及的相互作用的药物类别较少,未涉及中药化学成分、西药的活性成分以及西药类别,且在发生相互作用途径方面未做明确划分,亦未对查询结果进行证据等级划分和合用推荐。

目前,中西药相互作用领域信息化建设水平较低,对于中西药联用还处于基于用药经验上,缺乏警戒提示;缺乏具有统一语义的核心本体作为参照,在研究中也容易产生重复建设的情况,阻碍该领域信息集成。正确认识临床疾病治疗中可能发生的中西药物相互作用,在推进中西药相互作用研究的信息

化进程,指导临床合理用药方面有着非常重要的意义<sup>[6,15-17]</sup>。

### 2 中西药相互作用研究面临的难点与挑战

2.1 中西药相互作用要素及作用途径不够明晰 研究表明<sup>[18-21]</sup>,在中西药相互作用信息化建设过程中,目前难点在于中西药联用发生影响的要素和作用途径不够明晰。谢又佳等<sup>[22]</sup>提出在临床联合应用中与西药进行治疗时,中药与西药之间可能存在通过细胞色素P450代谢酶途径发生的相互作用。金锐等<sup>[23]</sup>将中西药相互作用的途径分为三类并作为其研究框架。胡智超等<sup>[24]</sup>通过分析如何关注中西药相互作用在真实世界研究中的安全性评估,提出只有关注基于大数据下不良反应数据的关联性,才能对中西药相互作用安全性进行准确评估。上述研究大多是从理论层面对中西药相互作用机制进行分析,从实践层面来进行信息化建设的探索目前仍然处于初级阶段。

基于中西药相互作用领域多源数据,对中西药相互作用机制及途径进行梳理,利用领域术语集构建中西药相互作用本体,明晰相互作用体系,有利于理清中西药相互作用要素及途径。

2.2 中西药相互作用信息化研究发表成果少 中西药相互作用领域文献主要集中在某一具体方向或药理机制的探讨<sup>[25-31]</sup>,从整体意义构建信息化框架或提供思路的综述文献比较缺乏。相关的本体论研究成果较少,无法发挥信息技术在中西药相互作用知识表达和智能化管理的优势。很多学者尝试运用新方法和新技术解决中西药联用问题,刘丽红等<sup>[32]</sup>基于中西药相互作用原理和本体推理规则,对中西药相互作用进行自动发现研究,还处于前期示范探索阶段,且未对推理结果进行评价。

现阶段,该领域将信息化理论与应用结合的研究成果较少,相关数据来源单一,检索结果缺乏证据评价,未形成完整推荐建议。

2.3 缺乏统一语义的核心本体作为参照 在中西药相互作用研究领域,存在相互作用知识表达不统一<sup>[33]</sup>和标准化问题。中西药相互作用信息来源复杂<sup>[34]</sup>,表达形式多样<sup>[35]</sup>,如文字叙述、表格数据、病案报告等,缺乏统一规范的知识表达,计算机难以识别与运用,制约了相互作用知识的自动分析、推理及应用<sup>[36]</sup>。没有统一语义的核心本体,在中西药相互作用信息化研究过程中也较易出现无参考标准的重复建设的情况,这将阻碍该研究领域知识的有效集成。

### 3 研究中西药相互作用知识获取的新技术和新方法

3.1 基于本体推理和语义网技术发现隐含知识 语义网<sup>[37]</sup>是在对网络上的源文档进行知识提取与语义分析基础上,添加语义注释与元数据,使计算机能够在一定程度上理解网络文档所蕴含的知识与信息。本体<sup>[38]</sup>是实现语义网的基础架构,是知识表示与建模的重要手段,能以一种形式化的、计算机可理解的方式描述知识内容的语义特征与内涵。本体以描述逻辑(description logic, DL)为基础<sup>[39]</sup>,因此语义网上的信息检索可以实现基于一阶谓词逻辑的显性关系的推理。然而,实际应用场景中不仅存在显性关系,还蕴含大量隐性关系。在语义网检索中,不仅可以实现显性关系的推理,还可以处理隐性关系,实现基于隐性知识的推理。

中西药物联用种类上有中药单味,复方制剂,汤剂或中成药与西药并用,在具体方式上有中+西、中+西联、方剂+西联

等<sup>[40]</sup>。中西药物联用的相互作用方式十分复杂,根据以往学者研究总结,中西药物相互作用的机制探索主要集中在三个作用途径,包括直接接触的物理或者化学反应、以药代动力学为中介的相互作用以及通过药理效应或者生物学通路引起的药效学作用<sup>[23]</sup>。

基于中西药物联用方式以及中西药物相互作用规则分析,利用本体推理与语义网技术,进行中西药相互作用知识发现研究,一方面能在中西药联合使用时发现隐含相互作用的知识从而进行风险预警,减少不良反应发生;另一方面,可以在语义层面上顶层上融合集成知识,提供知识的共享与重用,从而实现中西药相互作用领域知识的共同理解。

采用顶层本体框架,利用自顶向下的方法构建领域本体,描述药物、作用机制、相互作用类型等概念,为具体领域建模提供概念框架,从而构建中西药相互作用本体模型。通过数据采集和信息抽取技术<sup>[41]</sup>,从文献和数据库中识别中西药物相互作用实体和语义关系,映射到本体,同时构建中西药物相互作用规则库,即通过融合书籍、文献报道、临床不良反应知识,来设定不同类型的中西药物相互作用推理规则。基于构建的本体知识库,使用推理工具判断实体和实体之间是否存在某种关联关系,推理得出隐含知识。通过交互验证改进推理结果,即提供一个交互界面,专家可以查询和浏览本体中的中西药物相互作用知识,对推理结果进行证据等级评价,形成推荐性建议,并可对发现的知识进行分析验证,将评估和反馈结果输入系统。

本体推理和语义网技术为知识发现和关系提取提供基础的方法论。由推理所产生隐性知识,通过专家评估和交叉验证来提高结论的准确性;通过不断更新和扩充知识库又发现未知的中西药物相互作用隐性知识,形成微循环,符合一般规律。

**3.2 借鉴其他领域相关研究技术成果** 相关领域在本体构建和语义网检索方面的丰富经验,可以为中西药相互作用研究提供有益的借鉴与参考。金燕等<sup>[39]</sup>提出基于推理的语义网检索模型,解决语义网检索过程中缺少推理导致语义检索性能不高的问题,并对相关技术方法进行了研究。刘鹏等<sup>[42]</sup>利用OWL构建矿山危险源本体,依托本体与瓦斯爆炸事故的内在联系构建事故树知识库,并通过自定义的推理规则实现危险性推理,以辅助瓦斯爆炸事故预警决策。张英俊等<sup>[43]</sup>采用本体工程方法对煤矿井下环境信息进行形式化建模,利用经改进的证据推理理论完成推理规则的融合与冲突消解,实现对井下安全状况的评估。

谢琪等<sup>[44]</sup>讨论中医临床常用术语本体构建的关键技术步骤,建立中医临床常用术语本体,从本体的角度对中医临床常用术语进行概念识别与描述,为中西药物相互作用隐性知识的发现开拓新思路。曹睿杰<sup>[45]</sup>完成面向中医领域的本体构建与知识发现的应用研究,通过深入分析和调研中医学科理论体系与中医本体的应用需求,参考中医专家的指导与建议,其成果为构建中西药相互作用本体提供经验。

在中西药相互作用领域,基于本体推理和语义网检索进行模型构建研究更为复杂,数据内涵更为丰富,需要厘清中西药联用发生的影响因素,保证语义网检索结果的完整度,重要的是从实用性和警戒性角度,提供更多隐性知识的查询。基于广泛的理论视野和跨领域的知识积累,借鉴其他领域在本体构建、语义网与人工智能等方面积累的丰富经验,促进中西药相

互作用相关研究在理论方法、技术框架与案例指导方面的创新运用。

**3.3 积极探索新思路和新方法** 在中西药物相互机制知识库构建的方法论研究上,除了上述的传统方式,结合当前的技术发展趋势,HASSANI和SILVA认为<sup>[46]</sup>,聊天生成预训练转换器(Chat Generative Pre-trained Transformer, ChatGPT)有可能极大地提高数据科学工作流的生产率和准确性,讨论了如何用ChatGPT来进行数据清洗和预处理、模型训练并对结果提供解释。HU X等<sup>[47]</sup>通过对设计领域的案例研究,展示了ChatGPT所能提供的大量信息和语境感知,通过迭代式的语言互动,为用户提供全面知识库,并且强调适当的prompt在确保生成信息的准确性和相关性方面起到的关键作用。笔者也积极探索引入大语言模型框架来辅助构建相关知识图谱。例如,在模式层设计上,可以通过prompt,让ChatGPT<sup>[49-50]</sup>参与到本体语义模型的构建过程,利用大模型的参数化知识库来优化实体识别和信息抽取过程;同时也可尝试使用prompt,让大语言模型来执行相应的信息抽取和推理任务。比如预训练的语言模型,由于已经具备了针对多任务的统一化处理能力,在对非结构化的数据来源进行信息抽取时会更加高效和准确,从而优化知识图谱的建模过程;最终,大模型也可以利用构建好的知识图谱对其原有的参数化知识库进行更新和集成,通过接口调用和插件的形式,将大模型的参数化知识库嵌入到中西药物相互作用知识图谱的应用系统当中,作为一种智能而高效的副驾驶(co-pilot)存在,与原有的形式化知识库相辅相成,可以帮助用户极大地提升工作效率<sup>[51-52]</sup>。

#### 4 基于本体推理和语义网检索的中西药相互作用研究框架

课题组前期进行了基于本体推理的中西药物相互作用自动发现研究<sup>[32]</sup>,该研究证明,基于本体推理工具,可通过设定规则,对中西药相互作用本体中类与类、类与属性间关系的表达及深度推理方面进行规则扩展获得隐含知识,实现从药物间相互作用到药物使用风险推理。基于此,综合考量本体推理与语义网检索的技术优势与应用经验,积极探索和利用大语言模型的多任务统一处理能力,进行中西药相互作用知识发现研究。如图1所示,研究思路如下:

首先,构建中西药物相互作用本体。基于前期研究成果,面向临床用药的实际场景和中西药联用途径,参考现有药物相互作用本体框架设计,收集中西药相互作用文献报道、书籍、临床不良反应数据,解析中西药联用相互作用机制,探索利用大语言模型,构建高质量的中西药物相互作用本体知识库,充分利用预训练语言模型的文本挖掘能力,从大规模非结构化医学文本中提取知识。比如ChatGPT的多任务统一处理能力,对数据集进行信息抽取和结构化转换,基于通用形式化本体顶层本体(general formal ontology, GFO)<sup>[48]</sup>框架构建中西药相互作用本体。

其次,设定中西药相互作用规则。利用已经构建的中西药相互作用本体库中类及属性关系,对可能潜在的、隐性的知识进行推理发现。通过深入研究中西药相互作用途径及作用特征,并参考前期已完成工作中本体推理规则的设定与实现,完善扩展规则。涉及的规则主要是基于本体的语义网规则语言(Semantic Web Rule Language, SWRL)语言进行构建,通过Jena或Pellet推理机进行推理获得隐性知识;同时结合利用大语言模型的预训练模型和prompt提示词来进行规则抽取。

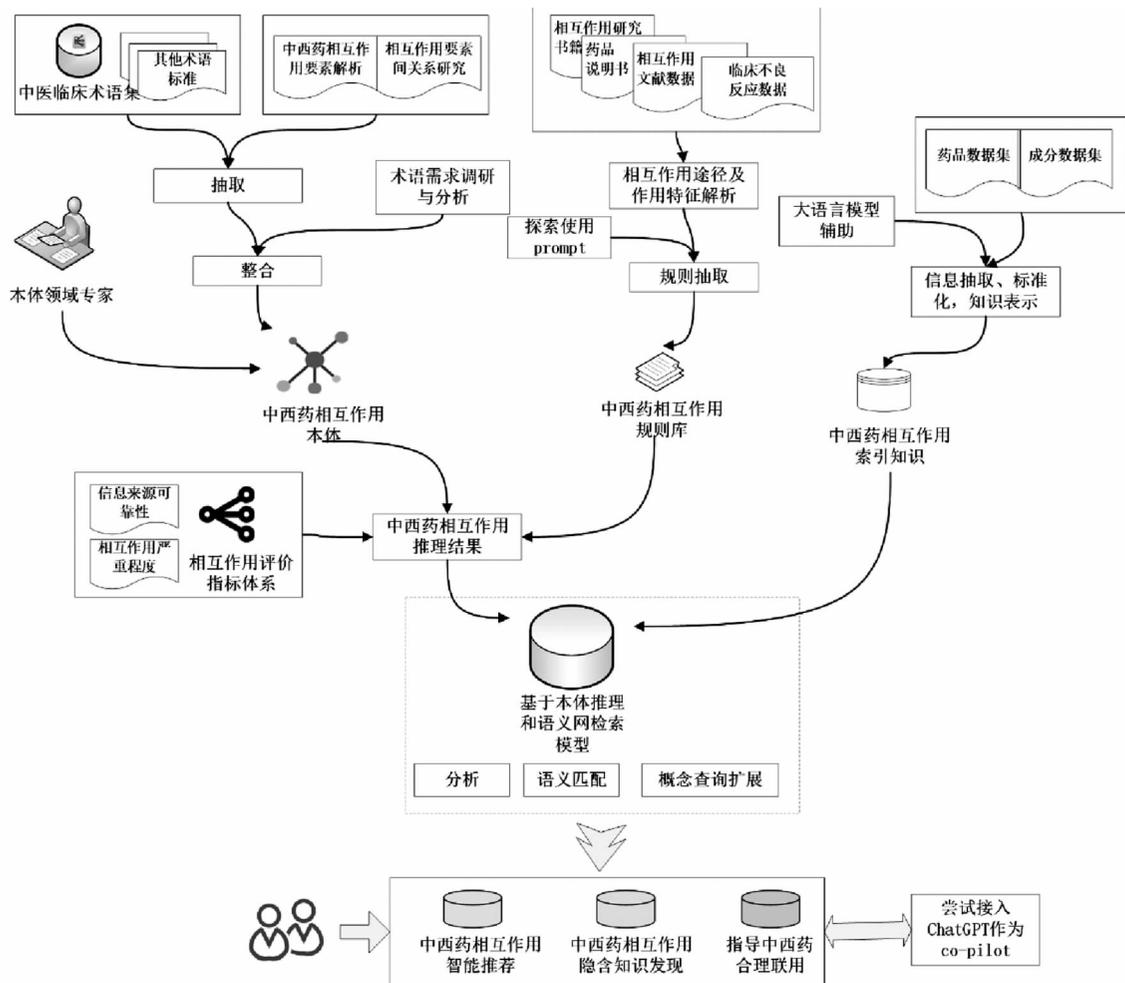


图1 基于本体推理和语义网检索的中西药相互作用知识发现构想

第三,对中西药相互作用知识发现结果进行等级推荐。通过对药物联用进行严重程度分级和证据分级,收集中西药相互作用信息来源,对中西药相互作用知识发现推理结果进行推荐等级评价体系研究,形成推荐建议,供临床中西药联合使用时进行警戒提示,减少或避免因中西药联用导致的不良反应发生。

最后,构建中西药相互作用知识图谱并开发应用示范系统。基于中西药相互作用本体库和规则库进行语义网检索,通过定义概念之间的语义规则以及查询时的概念扩展,将本体库与获取的源数据知识进行匹配,获得更多检索结果,发现语义关联之间推理出来的更多隐性知识,从而实现中西药相互作用知识发现。实现与临床数据的融合应用,以丰富案例不断迭代更新知识库,开发智能辅助决策系统。同时,探索借助大语言模型的多任务统一处理能力,通过插件和应用程序编程接口(Application Programming Interface, API)接口调用的方式,用户在系统当中可以同时实现形式化知识库查询和 co-pilot 参数化知识库的查询,进一步推动在中西药物相互作用这一研究领域的信息化建设水平。

### 5 结语

综上,本体推理与语义网检索技术为发掘中西药相互作用隐性知识提供了崭新的思路与手段。构建中西药相互作用本体可以解决相互作用知识表达的不统一与非标准化问题,促进

该领域知识的共享与集成;使用规则语言对本体中的隐性知识进行表示,利用推理规则获得中西药相互作用结果,有助于隐性知识发现;根据药物相互作用的严重程度与相应证据的分级评定,对推理过程中发现的中西药潜在相互作用知识进行推荐等级的评估,这能够有效过滤与筛选知识发现结果;最后构建中西药相互作用知识图谱并开发应用示范系统,为有效发现隐含的相互作用药物,减少药物相互作用引起的不良反应,促进临床中西药合理联用提供支持。新技术和新方法的发展为中西药相互作用领域研究提供了新的助力。

### 参考文献

- [1] 龙项,李浩,湛延风,等. 中西药物相互作用探讨 [J]. 中国中西医结合杂志,2009,29(5): 457-460.
- [2] 张洁. 中西药配伍禁忌及常见中西药相互作用 [J]. 健康大视野,2021(19): 152.
- [3] 张凤瑞,杨明慧,刘明欣,等. 中西药配伍相互作用研究 [J]. 亚太传统医药,2017,13(8): 70-71.
- [4] 宋如璐,徐德生. 中西药联合应用研究现状分析 [J]. 中国药业,2016,25(1): 1-5.
- [5] 徐德生,宋如璐,刘力. 中西药联合应用研究现状分析 [C]//中华中医药学会,世界中医药学会联合会中药专业委员会,北京药师协会. 中华中医药学会2014年医院药学会学术年会暨世界中医药学会2014年国际学术会议暨北京药师协会慢病防治药专业委员会成立大会论文汇编,2014: 5.

- [6] 石国芳. 中药与西药联合应用的分析[J]. 中国医药指南, 2014, 12(26): 283-284.
- [7] 颜玺, 张罗. 探讨中西药物结合配合发声训练治疗儿童声带小结的临床疗效[J]. 辽宁中医杂志, 2013, 40(4): 747-749.
- [8] 孔雪云, 陈琦, 吴祥, 等. 中西药联用相互作用研究进展[J]. 南京中医药大学学报, 2018, 34(1): 5-11.
- [9] 金锐, 王宇光, 薛春苗, 等. 中成药处方点评的标准与尺度探索(七): 中西药相互作用[J]. 中国医院药学杂志, 2015, 35(19): 1713-1718.
- [10] 王宏蕾, 范峥, 时琳, 等. 北京中医医院中成药、西药联用禁忌数据库建设探讨[J]. 临床药物治疗杂志, 2016, 14(2): 57-58.
- [11] 医脉通用药参考[DB/OL]. (2023-04-05)[2023-06-09]. <http://drugs.medlive.cn/drugref/drugCheckIndex.do>.
- [12] 药智数据[DB/OL]. (2023-04-09)[2023-06-09]. <https://db.yaozh.com/interaction>.
- [13] 罗艳, 黄显金, 裴丽, 等. 我院211份中成药说明书的调查分析[J]. 实用药物与临床, 2013, 16(10): 981-984.
- [14] 周燕玲. 中医儿科中西药配伍禁忌数据库研究[J]. 科技广场, 2016, 170(1): 27-30.
- [15] 王媛, 陈有志, 张本翠. 中西药相互作用的机制及其意义[J]. 内蒙古中医药, 2016, 35(14): 153-154.
- [16] 张琬迎, 吴洁, 崔峥. 浅谈中西药的相互作用[J]. 中国医院用药评价与分析, 2011, 11(12): 1148-1150.
- [17] 朱用晖, 冯春雷. 中西药的相互作用[J]. 中国现代医生, 2010, 48(10): 19-20, 26.
- [18] 廖朝峰, 张吕钊, 刘莹珍. 我院心血管内科老年患者潜在药物相互作用导致药物不良事件的影响因素分析[J]. 中国药房, 2017, 28(14): 1924-1927.
- [19] 谭连翠. 论药物的相互作用和影响因素[J]. 科学中国人, 2016(20): 54.
- [20] 曾涛. 影响药物作用的因素及药物相互作用[J]. 中国卫生产业, 2012, 9(12): 189.
- [21] 王洪贵. 影响药物作用的因素及药物相互作用[J]. 中国医药指南, 2011, 9(31): 44-45.
- [22] 谢又佳, 梁虹艺, 林伟斌, 等. 中西医结合治疗新型冠状病毒肺炎中潜在药物相互作用途径[J]. 实用医学杂志, 2020, 36(7): 842-848.
- [23] 金锐, 黄建梅, 王宇光, 等. 中西药物相互作用研究框架: I/II/III类途径的构建[J]. 中国中药杂志, 2016, 41(3): 545-549.
- [24] 胡智超, 葛利达, 柳涛, 等. 真实世界研究中如何关注中西药相互作用的安全性评价[J]. 中国循证医学杂志, 2018, 18(11): 1158-1162.
- [25] 赵姣, 张会宗, 李国信. 中西药合用ADR现况分析[J]. 辽宁中医药大学学报, 2016, 18(2): 48-53.
- [26] 韩伯杨, 姚玉红. 中西药物合用的药理学相互作用及机制[J]. 医学综述, 2014, 20(16): 2996-2998.
- [27] 王梦旻. 中草药与西药相互作用的机制探讨[J]. 中国实用医药, 2012, 7(35): 146-147.
- [28] 李今玉, 金松竹. 浅谈中草药与西药的相互作用机制[J]. 求医问药(下半月), 2012, 10(8): 3.
- [29] 吕洪策. 中西药化学成分及相互作用机制探讨[J]. 现代中西医结合杂志, 2008, 17(10): 1548-1549, 1571.
- [30] 余细勇. 中草药与西药相互作用的机制探讨[C]//中国中西医结合学会. 第三届世界中西医结合大会论文摘要集, 2007: 1.
- [31] 范岚, 谢海棠, 周宏灏. 中西药合用治疗肿瘤的相互作用及其机制探讨[J]. 中国临床药理学与治疗学, 2007(2): 134-139.
- [32] 刘丽红, 贾李蓉, 李凯. 基于本体推理的中西药物相互作用自动发现研究[J]. 中华医学图书情报杂志, 2021, 30(1): 12-16.
- [33] 赵丹宁. 药物相互作用领域知识库构建研究[D]. 长春: 吉林大学, 2021.
- [34] 朱兰, 朱彦, 刘丽红, 等. 文献来源的上市后药品不良反应报告常见问题分析[J]. 中国药物警戒, 2021, 18(12): 1155-1158.
- [35] 林鑫, 郭进京, 任慧玲. 药品不良反应术语系统构建探析[J]. 医学信息学杂志, 2019, 40(6): 60-65.
- [36] HERRERO - ZAZO M, SECURA - BEDMAR I, HASTINGS J, et al. DINTO: using OWL ontologies and SWRL rules to infer drug - drug interactions and their mechanisms [J]. Journal Of Chemical Information And Modeling, 2015, 55(8): 1698-1707.
- [37] 叶育鑫, 欧阳丹彤. 语义 Web 搜索技术研究进展[J]. 计算机科学, 2010, 37(1): 1-5.
- [38] 杜小勇, 李曼, 王珊. 本体学习研究综述[J]. 软件学报, 2006, (9): 1837-1847.
- [39] 金燕, 王志华. 基于推理的语义网检索模型及关键技术研究[J]. 计算机工程与设计, 2013, 34(7): 2585-2589.
- [40] 王宁宁, 戴莹, 翟华强. 浅谈中西药物联合使用的合理应用[C]//中国药学会临床中药学专业委员会. 北京: 第二届临床中药学大会论文集, 2018: 3.
- [41] 石康乐, 谢晴宇, 孟庆刚. 大数据时代的中医药小数据研究探讨[J]. 中华中医药学刊, 2019, 37(2): 372-377.
- [42] 刘鹏, 赵慧含, 仰彦妍, 等. 基于 OWL 的瓦斯爆炸事故语义本体构建及推理[J]. 煤炭科学技术, 2018, 46(8): 16-23.
- [43] 张英俊, 李婉婉, 潘理虎, 等. 基于证据理论和本体推理的井下环境评估[J]. 中国煤炭, 2018, 44(11): 130-134.
- [44] 谢琪, 刘亮亮, 曹馨宇, 等. 中医临床常用术语的本体构建技术探讨[J]. 中医杂志, 2016, 57(11): 919-923, 937.
- [45] 曹睿杰. 面向中医领域的本体构建与知识发现应用研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2021.
- [46] HASSANI H, SILVA E S. The role of ChatGPT in data science: how ai - assisted conversational interfaces are revolutionizing the field [J]. Big data and cognitive computing, 2023, 7(2): 62.
- [47] HU X, TIAN Y, NAGATO K, et al. Opportunities and challenges of ChatGPT for design knowledge management [J]. Procedia CIRP, 2023, 4(2): 21-23.
- [48] LOEBE F, BUREK P, HERRE H. GFO: the general formal ontology [J]. Applied Ontology, 2023, 119: 21-28.
- [49] 张华锋, 曾光. 中西医结合模式在医院开展合理用药咨询门诊中对药物不良事件发生率的影响[J]. 实用中医内科杂志, 2023, 37(3): 76-78.
- [50] ChatGPT: Optimizing Language Models for Dialogue [EB/OL]. (2023-05-01)[2023-06-10]. <https://openai.com/blog/chatgpt/#r12>.
- [51] 刘焕勇. 浅谈大模型与知识图谱的结合: 近期的几点方向探索与心得总结[EB/OL]. (2023-05-04)[2023-06-10]. <https://www.ccf.org.cn/Activities/Training/TF/tfzyxw/2023-05-04/791127.shtml>.
- [52] 漆桂林. 知识增强语言模型技术与双知识平台融合思考[EB/OL]. (2023-05-04)[2023-06-10]. <https://www.ccf.org.cn/Activities/Training/TF/tfzyxw/2023-05-04/791127.shtml>.