

# 中草药相关肝损伤的研究热点及趋势分析<sup>△</sup>

齐旭鹤<sup>1,2\*</sup>, 陈清<sup>3</sup>, 黄珊<sup>3</sup>, 肖扬<sup>1,2#</sup> (1. 福建中医药大学第一临床医学院, 福州 350122; 2. 中国人民解放军联勤保障部队第九〇〇医院信息科, 福州 350025; 3. 中国人民解放军联勤保障部队第九〇〇医院临床药学科, 福州 350025)

中图分类号 R932 文献标志码 A 文章编号 1672-2124(2025)04-0425-05  
DOI 10.14009/j.issn.1672-2124.2025.04.010



**摘要** 目的: 基于 CiteSpace 和 VOSviewer 软件, 可视化分析中草药相关肝损伤(HILI)的研究现状, 并探索其研究热点和发展趋势。方法: 检索 2003—2023 年 Web of Science 核心合集数据库中收录的相关文献, 利用 CiteSpace、VOSviewer 等软件对发文趋势、国家、机构、作者、期刊、参考文献和关键词分别进行统计描述和可视化分析。结果: 共纳入 64 个国家/地区 742 家机构的 2 649 名作者撰写的 510 篇文献, 涉及 1 162 个关键词。HILI 的年发文量呈上升趋势, 我国以总发文量 261 篇居第 1 位。德国的法兰克福大学和我国的北京中医药大学总发文量较高。氧化应激是 HILI 作用机制的重点研究方向, 中草药中含有的吡咯里西啶类生物碱等特定致肝损伤成分是近期的研究热点。结论: 与肝损伤相关的中草药的作用成分和分子机制是目前的研究热点, 未来应加强团队合作, 深度挖掘中草药致肝损伤的药理学信息, 预防 HILI 的发生。  
**关键词** 中草药相关肝损伤; VOSviewer; CiteSpace; 可视化分析

## Research Hotspots and Trends of Herb-Induced Liver Injury<sup>△</sup>

QI Xuge<sup>1,2</sup>, CHEN Qing<sup>3</sup>, HUANG Shan<sup>3</sup>, XIAO Yang<sup>1,2</sup> (1. The First Clinical Medical College, Fujian University of Traditional Chinese Medicine, Fuzhou 350122, China; 2. Dept. of Information, the 900th Hospital of People's Liberation Army Joint Logistic Support Force, Fuzhou 350025, China; 3. Dept. of Pharmacy, the 900th Hospital of People's Liberation Army Joint Logistic Support Force, Fuzhou 350025, China)

**ABSTRACT** **OBJECTIVE:** To perform visualized analysis on research status of herbal-induced liver injury (HILI) based on CiteSpace and VOSviewer, and to explore the research hotspots and development trends. **METHODS:** Relevant literature included in the Web of Science Core Collection database from 2003 to 2023 was searched, statistical description and visualized analysis were performed on the publication trends, countries, institutions, authors, journals, references and keywords by using software such as CiteSpace and VOSviewer. **RESULTS:** A total of 510 articles written by 2 649 authors from 742 institutions in 64 countries/regions were enrolled, including 1 162 keywords. The annual number of published articles related to HILI showed an increasing trend, and China ranked the 1st with a total of 261 articles. The Goethe University Frankfurt in Germany and Beijing University of Traditional Chinese Medicine in China had a higher total number of published articles. Oxidative stress was a key research direction for the mechanism of HILI, and specific liver injury-inducing components such as pyrrolizidine alkaloids contained in Chinese herbs were the research hotspots. **CONCLUSIONS:** The action components and molecular mechanism of Chinese herbs related to liver injury are the current research hotspots, and teamwork should be strengthened in the future to deeply explore the pharmacological information of liver injury caused by Chinese herbs to prevent the occurrence of HILI.  
**KEYWORDS** Herb-induced liver injury; VOSviewer; CiteSpace; Visual analysis

中草药相关肝损伤 (herb-induced liver injury, HILI) 是指由中药、天然药物及其相关制剂引发的肝损伤<sup>[1]</sup>。近年来, 随着中草药在全球的广泛应用及药品不良反应监测体系的不断完

善, 中草药相关因素引起药物性肝损伤的报道呈升高趋势, HILI 开始受到广泛关注。HILI 的发生受性别、体质、基础疾病、药物配伍等诸多因素的影响, 可引起肝区疼痛、皮肤瘙痒, 严重者可出现肝衰竭甚至死亡<sup>[2]</sup>。据报道, 西班牙药物性肝损伤登记处中 HILI 所占比例从 1998 年的 2% 升高至 2016 年的 6%<sup>[3]</sup>; 墨西哥的 HILI 所占比例为 7%~20%<sup>[4]</sup>; 而在亚洲尤其是我国, 中草药常是导致药物性肝损伤的主要原因, HILI 约占药物性肝损伤的 30%<sup>[5]</sup>。因此, 对 HILI 的研究热点及趋势进行定量评估至关重要。文献计量学是一个集数学、统计

△ 基金项目: 2024 年福建省科技创新联合资金项目 (No. 2024Y9648)

\* 硕士研究生。研究方向: 中医药信息学。E-mail: xuge9899@163.com

# 通信作者: 高级工程师。研究方向: 大数据健康、医学信息学。E-mail: xuehuo1720@163.com

学和文献学等多种学科于一体的交叉学科,可用于量化和可视化研究趋势,文献计量学分析已经成为评估学术著作质量和影响的重要方法<sup>[6]</sup>。本研究利用 CiteSpace 和 VOSviewer 软件,对 HILI 领域发表的文献进行系统梳理与归纳,探究该领域的研究热点与未来发展趋势,为后续相关研究提供参考。

## 1 资料与方法

### 1.1 数据来源与检索策略

Web of Science 是国际公认的最权威的科学文献检索工具之一。本研究采用 Web of Science 核心合集(WOSCC)中的科学引文索引扩展数据库作为主要数据源。检索策略:TS=(“liver injury” OR “hepatic injury” OR “liver damage” OR “hepatic damage” OR “liver toxicity” OR “hepatic toxicity” OR “liver disease” OR “hepatotoxicity” OR “toxic hepatitis” OR “drug-induced hepatitis”) AND (“Chinese medicine” OR “herb” OR “herbal” OR “Chinese materia medica” OR “Chinese drug” OR “natural drug” OR “traditional medicine” OR “chinese patent medicines” OR “chinese traditional drugs” OR “plant” OR “Tang” OR “decoction” OR “wan” OR “san”)。检索时间为 2003—2023 年。所有的筛选与导出工作于 2024 年 3 月 14 日完成。

### 1.2 文献筛选

(1) 纳入标准:与主题相关并且题录信息完整的文献;文献类型限定为论文或综述;在 2003—2023 年发表的英文学术文献。(2) 排除标准:重复发表的文献或与主题不符的文献;文献为非论文或综述类型的文献;信息不全的文献。

### 1.3 数据分析

使用 Microsoft PowerPoint 2021 软件制作流程图,用 Microsoft Office Excel 2021 软件制作统计表和趋势图,用 VOSviewer 1.6.19 和 Citespace 6.3.R1 软件对国家/地区、机构、作者、期刊、参考文献和关键词进行文献计量分析。

## 2 结果

### 2.1 发文趋势

共检索到 6 850 篇文献,根据发表时间、文献类型和发表语言设置排除标准,最终筛选出 510 篇文献进行文献计量学分析。HILI 领域的年发文章量和年累计发文章量整体呈增长趋势,见图 1。年发文章量从 2003 年的 10 篇增长至 2023 年 38 篇,其中 2022 年发文章量最高,达到 44 篇,说明世界各地学者对 HILI 的关注度逐步增加。

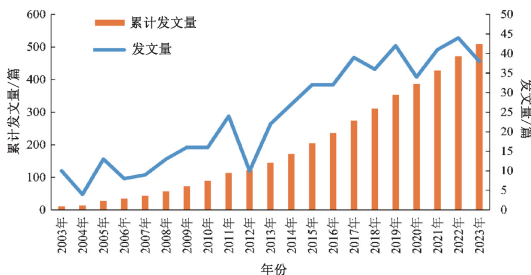


图 1 HILI 领域年发文章量和年累计发文章量

### 2.2 国家分析

HILI 领域的 510 篇文献共涉及 64 个国家,发文章量排序居

前 10 位的国家见表 1。其中,我国的发文章量最高(261 篇,占 51.18%),其次为美国(88 篇,占 17.25%)和德国(59 篇,占 11.57%)。我国发文章量呈现大幅度领先的原因可能是中医药是我国传统医学的一部分,因此有更多的学者专注于该领域研究。

表 1 发文章量排序居前 10 位国家在 HILI 领域的贡献

序号	国家	发文章量/篇	占总发文章量的比例/%	中心性	被引频次/次
1	中国	261	51.18	0.27	6 541
2	美国	88	17.25	0.62	3 904
3	德国	59	11.57	0.2	2 662
4	意大利	16	3.14	0.01	798
5	韩国	16	3.14	0.09	500
6	澳大利亚	11	2.16	0.01	376
7	日本	11	2.16	0.01	316
8	西班牙	10	1.96	0.29	402
9	巴西	9	1.76	0.09	63
10	印度	9	1.76	0.06	221

### 2.3 机构分析

HILI 领域的 510 篇文献共涉及 742 家机构,发文章量排序居前 10 位的机构中,有 9 家来自我国;法兰克福大学以发文章量 36 篇居第 1 位,北京中医药大学以 31 篇居第 2 位,见表 2。利用 CiteSpace 软件对研究机构进行分析,机构之间虽有合作但联系并不密切,其中发文章量排序前 10 位的机构之间合作比较活跃,见图 2。

表 2 发文章量排序居前 10 位的机构在 HILI 领域的贡献

序号	机构	所属国家	发文章量/篇	占总发文章量的比例/%
1	法兰克福大学	德国	36	7.06
2	北京中医药大学	中国	31	6.08
3	中国药科大学	中国	22	4.31
4	解放军总医院第五医学中心	中国	22	4.31
5	成都中医药大学	中国	19	3.73
6	首都医科大学	中国	17	3.33
7	天津中医药大学	中国	17	3.33
8	上海中医药大学	中国	16	3.14
9	中国医学科学院-北京协和医学院	中国	14	2.75
10	中国人民解放军总医院	中国	13	2.55

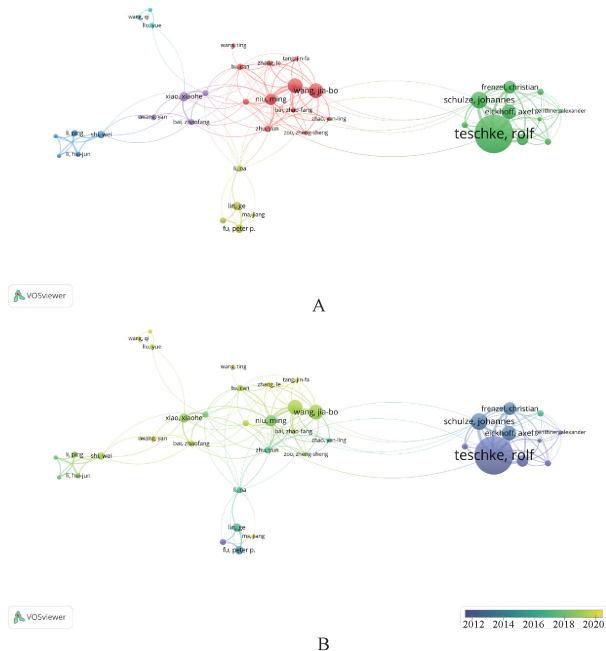


图 2 HILI 领域机构共现图谱

### 2.4 作者分析

2 649 名作者在 HILI 领域发表了文献,其中 Teschke Rolf 以发文章量 37 篇居第 1 位,引用次数高达 1 752 次;肖小河、王伽伯分别以 23、20 篇居第 2、3 位,见图 3(A)。使用 VOSviewer 软件描述该领域作者之间的合作关系,发文章量排序居前 3 位的作者分别形成了自己的研究团队,并且各团队之间也有合

作,见图3(A)。其中 Teschke Rolf 在 2012 年前后发文量较多,而肖小河和王伽伯在 2018 年之后发文量较多,见图 3(B)。



A. HILI 领域作者共现图谱; B. HILI 领域作者合作随时间变化图谱,节点颜色从紫色到黄色表明时间越来越接近 2023 年。

图 3 HILI 领域作者分析图谱

## 2.5 关键词分析

2.5.1 关键词共现分析:使用 VOSviewer 软件对 1 162 个关键词进行可视化分析,共现频次最高的前 5 个关键词(除搜索词外)为氧化应激、雷公藤甲素、膳食补充剂、何首乌和卡瓦胡椒,见图 4(A)。

2.5.2 关键词聚类及时间线分析:使用 CiteSpace 软件的 LLR 模式对关键词进行聚类分析,聚类的标签越小,代表聚类包含的节点越多。 $Q=0.6718$ , $S=0.9231$ ,表明聚类的结构显著,具有较高可信度,见图 4(B)。对聚类进行时间线分析,得到关键词时间线图。 $\#6$ 和 $\#9$ 为肝损伤的作用成分和分子机制,是近期研究热点,见图 4(C)。

2.5.3 关键词突现分析:对突现词进行分析可以掌握不同时期关键词的热点趋势。早期(2004—2010 年),突现词主要为卡瓦胡椒、卡瓦肝毒性、黑升麻、不良反应、中药提取物;中期(2011—2018 年),突现词显著减少,其中氧化应激的突现强度最高;晚期(2019—2023 年),研究重点与中草药致肝损伤特定成分的作用机制有关,如吡咯里西啶的致肝损伤作用机制,表明中草药的作用成分及分子机制一直是 HILI 领域的研究热点,见图 4(D)。

## 3 讨论

### 3.1 整体分析概述

本研究使用 VOSviewer 和 CiteSpace 等软件分析了来自 WOSCC 数据库中 HILI 领域的 510 篇文献,结果表明,自 2003 年起,该领域的总发文量总体呈缓步上升趋势,我国占主导地位,凸显出我国在该领域的重大贡献。发文量排序居第 1 位的机构为德国的法兰克福大学,证明该学校在 HILI 研究领域

有较高的学术水平。Teschke Rolf、肖小河和王伽伯是该领域的开拓者和领跑者,在发表文献数量和引用频次方面都做出了巨大贡献,显示出优秀的学术水平。他们重点总结了从过去到现在的研究进展,分析了中草药致肝损伤的作用机制,并提出了各种切实有效的诊疗方案<sup>[7-12]</sup>。此外,他们的研究还涉及卡瓦、黑升麻、何首乌、雷公藤等特定中草药导致肝损伤的作用机制<sup>[8,13-15]</sup>。分析可视化图谱发现,来自不同国家/地区和机构的作者已经形成了自己的合作团队,各团队之间虽有合作但并不十分活跃,团队之间存有较大的合作空间。

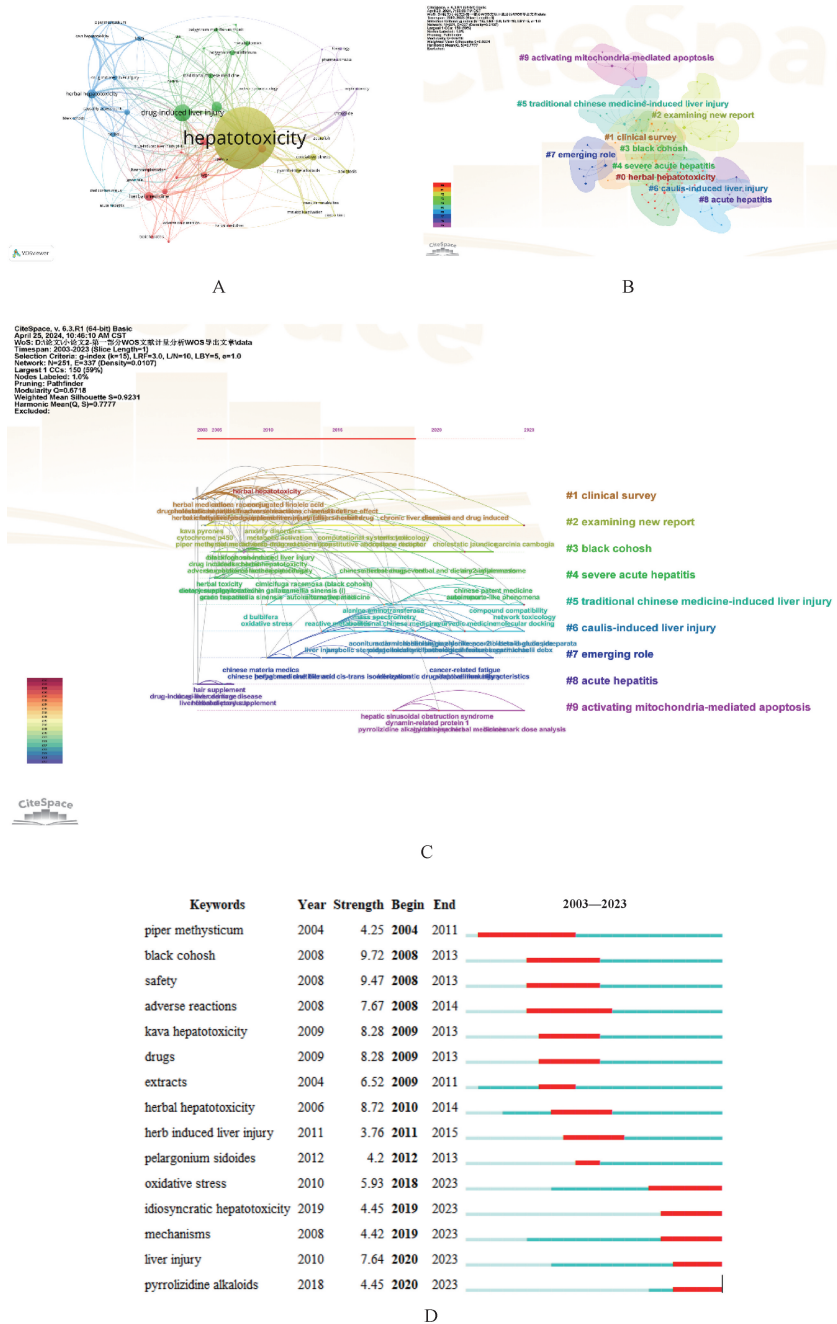
### 3.2 热点与趋势

对关键词共现和聚类进行分析,致肝损伤的中草药研究从卡瓦胡椒转向何首乌、雷公藤等。近年来,越来越多的研究结果表明何首乌和雷公藤含有肝毒性因素,尤其是何首乌,对于其诱发因素、肝毒性成分、作用机制等方面的研究越来越深入<sup>[16]</sup>。对关键词突现进行分析,中草药的作用成分及分子机制一直是 HILI 领域的研究热点。

早期 HILI 的突现词与卡瓦胡椒和黑升麻相关。卡瓦胡椒是一种抗焦虑草药,用于治疗失眠和焦虑症,随着临床使用范围的不断扩大,发现使用卡瓦胡椒后肝酶水平出现不同程度的升高,甚至发生爆发性肝衰竭或者死亡<sup>[17-18]</sup>。卡瓦胡椒肝毒性的机制研究较早,因此其突现时间较早,突现持续时间也较长。黑升麻的突现时间和突现持续时间都小于卡瓦胡椒,但其突现强度最高。黑升麻主要通过积聚在肝实质中的内合蛋白引起的肝细胞氧化损伤,进一步导致肝酶升高、胆汁淤积,出现实质性肝损伤<sup>[19]</sup>。

中期阶段,氧化应激在关键词中的突现强度最高。服用相关中药导致肝细胞损伤、变性、坏死后,机体释放大量的活性氧,引起机体氧化与抗氧化系统失衡,从而导致氧化应激<sup>[20]</sup>。其中,过氧化氢是肝细胞产生的主要活性氧,其是一种信号分子,可以通过氧化还原信号促进肝细胞的变性坏死<sup>[21]</sup>。研究发现,氧化应激是肝损伤的常见作用机制,其调节途径包括丝裂原激活的蛋白激酶、细胞外信号调节激酶、c-Jun 氨基末端激酶和核因子  $\kappa B$  信号通路<sup>[22]</sup>。一项基于网络药理学和生物信息学富集分析的研究确定了 10 个中药调节的氧化肝毒性靶点,包括超氧化物歧化酶、丙二醛、谷胱甘肽、活性氧、谷胱甘肽过氧化物酶、钙蛋白酶 I、升高 B 细胞淋巴瘤-2、升高 B 细胞淋巴瘤-2 相关 X 蛋白、核因子红系 2 相关因子 2 和一氧化氮,科学地揭示了中药潜在的致病机制<sup>[23]</sup>。上述研究表明,关于 HILI 的研究取得了一定进展,但还远远不够,未来需要更多的研究来明确中草药与肝损伤之间的关系。

后期阶段,中草药中致肝损伤的作用成分分析成为 1 个突出的研究领域。目前的报道中,具有潜在肝损伤风险的中草药成分包括生物碱类、苷类、毒蛋白类、多肽类、萜与内酯类等<sup>[24-28]</sup>。其中,吡咯里西啶生物碱类具有较高的突现强度,为近期的研究热点。根据吡咯里西啶生物碱的毒性表现,可将其分为急性毒性、慢性毒性、亚急性 3 种类型<sup>[29]</sup>。除了肝毒性,还有肺、心、肾、脑等毒性及致癌、致畸、致突变作用<sup>[30]</sup>。有研究发现,吡咯里西啶生物碱本身没有毒性,毒性主要来自其代谢产物,后者可与蛋白质、DNA、RNA 结合,引起肝细胞损伤<sup>[31]</sup>。另一项研究结果表明,吡咯里西啶生



A. HILI 领域关键词共现图谱; B. HILI 领域关键词聚类图谱; C. HILI 领域关键词聚类时间线图谱; D. HILI 领域突现开始年份排序居前 15 位的关键词突现图谱。

图 4 HILI 领域关键词分析图谱

物碱具有明确的抗肿瘤活性、抗菌作用、抗胃十二指肠溃疡作用等药理作用<sup>[32-33]</sup>。因此,在研究中草药的毒理学作用机制时,应结合其特有的药理学特性,最大程度发挥中草药的临床疗效。

本研究结果表明,HILI 领域的发文量呈上升趋势,标志着 HILI 领域相关理论的蓬勃发展。但通过进一步分析可知,HILI 领域仍存在一定的限制:(1) 由于地域、文化等因素的限制,国家/地区、机构、作者之间的合作交流相对较少,不利于实现资源共享以加速相关领域的研究发展。因此,各国家/地区研究团队之间应进一步加强交流合作,为 HILI 的发展助力。

(2) 随着卡瓦胡椒、何首乌、雷公藤等中草药相继被证实具有肝毒性,对于中草药肝毒性的认识逐渐深入,然而其潜在的作用成分及作用机制仍需深入研究来进一步阐明。(3) 中草药作为我国医学文化的瑰宝已广泛应用于临床,如何平衡中草药的毒理作用与药理作用,最大程度地发挥中草药的临床效能,是未来研究者们需重点努力的方向。

综上所述,HILI 领域的关注度逐步升高,然而对于致肝损伤中草药的作用机制及有效成分的了解仍处于初级阶段,未来需重点研究如何合理利用中草药的临床效能,这对于中医药领域与人类健康的发展至关重要。

## 参考文献

- [1] 刘玉娟, 冉姗, 陈志东, 等. 关于中药相关药物性肝损伤的规范化报告程序的探讨[J]. 北京中医药大学学报, 2023, 46(11): 1582-1586.
- [2] 中华中医药学会肝胆病分会, 中华中医药学会中成药分会. 中草药相关肝损伤临床诊疗指南[J]. 临床肝胆病杂志, 2016, 32(5): 835-843.
- [3] GARCÍA-CORTÉS M, BORRAZ Y, LUCENA M I, et al. Liver injury induced by “natural remedies”: an analysis of cases submitted to the Spanish Liver Toxicity Registry[J]. Rev Esp Enferm Dig, 2008, 100(11): 688-695.
- [4] VALDIVIA-CORREA B, GÓMEZ-GUTIÉRREZ C, URIBE M, et al. Herbal medicine in Mexico: a cause of hepatotoxicity. A critical review[J]. Int J Mol Sci, 2016, 17(2): 235.
- [5] DEVARBHAVI H, AITHAL G, TREEPRASERTSUK S, et al. Drug-induced liver injury: Asia Pacific Association of Study of Liver consensus guidelines[J]. Hepatol Int, 2021, 15(2): 258-282.
- [6] 张文洁, 张军. 我国文献计量学发展历程及其在科技期刊评价中的应用[J]. 天津科技, 2024, 51(1): 109-112, 117.
- [7] JING J, WANG R L, ZHAO X Y, et al. Association between the concurrence of pre-existing chronic liver disease and worse prognosis in patients with an herb- *Polygonum multiflorum* thunb. induced liver injury: a case-control study from a specialised liver disease center in China[J]. BMJ Open, 2019, 9(1): e023567.
- [8] MA Z T, SHI Z, XIAO X H, et al. New insights into herb-induced liver injury[J]. Antioxid Redox Signal, 2023, 38(16/18): 1138-1149.
- [9] TESCHKE R. Molecular idiosyncratic toxicology of drugs in the human liver compared with animals; basic considerations[J]. Int J Mol Sci, 2023, 24(7): 6663.
- [10] TESCHKE R. Treatment of drug-induced liver injury [J]. Biomedicines, 2023, 11(1): 15.
- [11] TESCHKE R, DANAN G. Advances in idiosyncratic drug-induced liver injury issues; new clinical and mechanistic analysis due to rousset uclaf causality assessment method use[J]. Int J Mol Sci, 2023, 24(13): 10855.
- [12] ZHU Y, NIU M, WANG J B, et al. Predictors of poor outcomes in 488 patients with herb-induced liver injury [J]. Turk J Gastroenterol, 2019, 30(1): 47-58.
- [13] ZHANG L, NIU M, WEI A W, et al. Clinical correlation between serum cytokines and the susceptibility to polygonum multiflorum-induced liver injury and an experimental study[J]. Food Funct, 2022, 13(2): 825-833.
- [14] TESCHKE R, BAHRE R, FUCHS J, et al. Black cohosh hepatotoxicity: quantitative causality evaluation in nine suspected cases[J]. Menopause, 2009, 16(5): 956-965.
- [15] TESCHKE R, QIU S X, LEBOT V. Herbal hepatotoxicity by kava: update on pipermethystine, flavokavain B, and mould hepatotoxins as primarily assumed culprits[J]. Dig Liver Dis, 2011, 43(9): 676-681.
- [16] ZHAI X R, ZOU Z S, WANG J B, et al. Herb-Induced liver injury related to *Reynoutria multiflora* (thunb.) moldenke: risk factors, molecular and mechanistic specifics[J]. Front Pharmacol, 2021, 12: 738577.
- [17] TESCHKE R, SCHWARZENBOECK A, AKINCI A. Kava hepatotoxicity: a European view [J]. N Z Med J, 2008, 121(1283): 90-98.
- [18] AMORIM M F D, DINIZ M F F M, ARAÚJO M S T, et al. The controvertible role of kava (*Piper methysticum* G. foster) an anxiolytic herb, on toxic hepatitis[J]. Rev Bras Farmacogn, 2007, 17(3): 448-454.
- [19] ENBOM E T, LE M D, OESTERICH L, et al. Mechanism of hepatotoxicity due to black cohosh (*Cimicifuga racemosa*): histological, immunohistochemical and electron microscopy analysis of two liver biopsies with clinical correlation[J]. Exp Mol Pathol, 2014, 96(3): 279-283.
- [20] SCHMIDT S, MESSNER C J, GAISER C, et al. Methotrexate-induced liver injury is associated with oxidative stress, impaired mitochondrial respiration, and endoplasmic reticulum stress *in vitro* [J]. Int J Mol Sci, 2022, 23(23): 15116.
- [21] XU P J, LI Y Y, YU Z C, et al. Protective effect of vitamin C on triptolide-induced acute hepatotoxicity in mice through mitigation of oxidative stress[J]. An Acad Bras Cienc, 2019, 91(2): e20181257.
- [22] CZAJA M J. Cell signaling in oxidative stress-induced liver injury [J]. Semin Liver Dis, 2007, 27(4): 378-389.
- [23] ZHANG C, WANG N, XU Y, et al. Molecular mechanisms involved in oxidative stress-associated liver injury induced by Chinese herbal medicine: an experimental evidence-based literature review and network pharmacology study[J]. Int J Mol Sci, 2018, 19(9): 2745.
- [24] HE S B, ZHANG C Y, ZHOU P, et al. Herb-induced liver injury: phylogenetic relationship, structure-toxicity relationship, and herb-ingredient network analysis[J]. Int J Mol Sci, 2019, 20(15): 3633.
- [25] LI H L, WANG X B, LIU Y, et al. Hepatoprotection and hepatotoxicity of *Heshouwu*, a Chinese medicinal herb: context of the paradoxical effect[J]. Food Chem Toxicol, 2017, 108(Pt B): 407-418.
- [26] PAN X Q, ZHOU J, CHEN Y, et al. Classification, hepatotoxic mechanisms, and targets of the risk ingredients in traditional Chinese medicine-induced liver injury [J]. Toxicol Lett, 2020, 323: 48-56.
- [27] WANG L L, HE X, JIN C H, et al. Mechanism-based inhibitors from phytomedicine: risks of hepatotoxicity and their potential hepatotoxic substructures[J]. Curr Drug Metab, 2016, 17(10): 971-991.
- [28] ZÁRYBNICKY T, BOUŠOVÁ I, AMBROŽ M, et al. Hepatotoxicity of monoterpenes and sesquiterpenes [J]. Arch Toxicol, 2018, 92(1): 1-13.
- [29] 李芝奇, 范琦琦, 陈美琳, 等. 中药肝毒性的物质基础与作用机制研究进展[J]. 中草药, 2021, 52(13): 4082-4095.
- [30] LU Y S, QIU J, MU X Y, et al. Levels, toxic effects, and risk assessment of pyrrolizidine alkaloids in foods: a review[J]. Foods, 2024, 13(4): 536.
- [31] 马跃新, 冯有龙, 吴嫣艳, 等. 中草药中毒性吡咯里西啶类生物碱分析方法研究进展及控制现状[J]. 中草药, 2021, 52(24): 7645-7657.
- [32] HUANG Z L, WU Z Q, GU X N, et al. Diagnosis, toxicological mechanism, and detoxification for hepatotoxicity induced by pyrrolizidine alkaloids from herbal medicines or other plants[J]. Crit Rev Toxicol, 2024, 54(2): 123-133.
- [33] 程敏, 汤俊. 菊三七中吡咯里西啶类化学成分及其药理毒理作用的研究进展[J]. 中国药师, 2018, 21(12): 2206-2210.

(收稿日期:2024-08-29 修回日期:2024-10-11)