

基于数据挖掘及网络药理学的中医药治疗高脂血症用药规律及作用机制

贾阳烁¹, 孔瑞泽², 杨晶晶¹, 陈霞³, 宋美颖⁴, 杨宏意¹, 张鹏^{2*}

¹云南中医药大学第一临床医学院, 云南 昆明

²云南省第一人民医院血管外科, 云南 昆明

³云南省中医医院脾胃病科, 云南 昆明

⁴云南中医药大学护理学院, 云南 昆明

收稿日期: 2026年3月1日; 录用日期: 2026年3月24日; 发布日期: 2026年4月2日

摘要

目的: 探讨中医药治疗高脂血症(hyperlipidemia)的用药规律及作用机制。方法: 在中国知网等数据库中收集中医药治疗HLD的相关文献, 分析用药规律, 筛选核心药物组合, 系统解析核心组方的关键药效成分、核心作用靶点及核心信号通路, 通过分子对接技术验证核心靶点与活性成分间分子结合的稳定性。结果: 筛选出312首处方, 涉及218味中药, 其中山楂、泽泻、丹参等出现频率最高, 药物性味主要为温、甘, 主要归脾经, 功效以补虚、利湿、化瘀为主。关联规则分析及聚类分析共得到43个药对和4个不同类别的处方。网络药理学研究以白术-赤芍-丹参-茯苓-荷叶-决明子-山楂-泽泻为核心药物, 处理后得到112个共有靶点和5个核心靶点。KEGG分析结果显示主要富集于流体剪切应力与动脉粥样硬化、脂质与动脉粥样硬化等信号通路。分子对接结果显示, 核心靶点与活性成分间的结合均稳定。结论: 中医药治疗HLD的关键活性成分包括隐丹参酮、芍药苷、槲皮素、木犀草素, 通过PPARG、EGFR、IL6、ICAM1、IFNG等靶点发挥促进脂质代谢、干扰促炎因子释放、保护动脉内膜的作用。

关键词

R语言, 高脂血症, 中医药, 数据挖掘, 网络药理学, 用药规律, 作用机制

Medication Rules and Mechanisms of Action of Traditional Chinese Medicine in Treating Hyperlipidemia Based on Data Mining and Network Pharmacology

Yangshuo Jia¹, Ruize Kong², Jingjing Yang¹, Xia Chen³, Meiyong Song⁴, Hongyi Yang¹, Peng Zhang^{2*}

*通讯作者。

文章引用: 贾阳烁, 孔瑞泽, 杨晶晶, 陈霞, 宋美颖, 杨宏意, 张鹏. 基于数据挖掘及网络药理学的中医药治疗高脂血症用药规律及作用机制[J]. 临床医学进展, 2026, 16(4): 986-1002. DOI: 10.12677/acm.2026.1641331

¹The First Clinical Medical College, Yunnan University of Chinese Medicine, Kunming Yunnan

²Department of Vascular Surgery, The First People's Hospital of Yunnan Province, Kunming Yunnan

³Department of Gastroenterology, Yunnan Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Kunming Yunnan

⁴School of Nursing, Yunnan University of Chinese Medicine, Kunming Yunnan

Received: March 1, 2026; accepted: March 24, 2026; published: April 2, 2026

Abstract

Objective: To investigate the medication patterns and mechanisms of action of traditional Chinese medicine (TCM) in the treatment of hyperlipidemia (HLD). **Methods:** Relevant literature on TCM treatment of HLD was systematically collected from databases including China National Knowledge Infrastructure (CNKI). Medication patterns were analyzed, core herb combinations were screened, and the key pharmacological components, core targets, and signaling pathways of the core formula were systematically elucidated. The binding stability between core targets and active components was validated through molecular docking technology. **Results:** A total of 312 prescriptions involving 218 Chinese medicinal herbs were screened. *Crataegi Fructus* (Shanzha), *Alismatis Rhizoma* (Zexie), and *Salviae Miltiorrhizae Radix & Rhizoma* (Danshen) exhibited the highest frequency of occurrence. The predominant medicinal properties were warm in nature and sweet in taste, with primary meridian tropism to the spleen. The therapeutic effects primarily focused on tonifying deficiency, eliminating dampness, and resolving blood stasis. Association rule analysis and cluster analysis yielded 43 herb pairs and four distinct prescription categories. Network pharmacology research identified *Atractylodis Macrocephalae Rhizoma* (Baizhu), *Paeoniae Rubra Radix* (Chishao), *Salviae Miltiorrhizae Radix & Rhizoma* (Danshen), *Poria* (Fuling), *Nelumbinis Folium* (Heye), *Cassiae Semen* (Jueyingzi), *Crataegi Fructus* (Shanzha), and *Alismatis Rhizoma* (Zexie) as core herbs, resulting in 112 common targets and 5 core targets. KEGG pathway analysis demonstrated significant enrichment in "Fluid shear stress and atherosclerosis" and "Lipid and atherosclerosis" signaling pathways. Molecular docking results confirmed stable binding between core targets and active components. **Conclusion:** Key active components in TCM treatment of HLD include cryptotanshinone, paeoniflorin, quercetin, and luteolin, which exert therapeutic effects through PPAR γ , EGFR, IL6, ICAM1, IFNG and other targets by promoting lipid metabolism, inhibiting pro-inflammatory cytokine release and protecting arterial endothelium integrity. These findings provide a scientific foundation for the rational application of TCM in managing hyperlipidemia and its related cardiovascular complications.

Keywords

R Language, Hyperlipidemia, Traditional Chinese Medicine, Data Mining, Network Pharmacology, Medication Patterns, Mechanism of Action

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

高脂血症是脂质代谢紊乱的一种常见类型，可能导致急性胰腺炎、脂肪肝、冠心病、颈动脉狭窄等多种疾病，严重威胁患者的生命健康[1] [2]。近年来，高脂血症的发病率持续上升，数据显示，2018年我

国成年人血脂异常总患病率为 35.6%，较 2015 [2]-[4]年仍有所增加。

尽管高脂血症未在中医典籍中直接记载，但根据其临床症状，可将其归纳于“脂膏”、“痰饮”、“肥胖”等范畴[5][6]。西医治疗主要依赖贝特类和他汀类药物，为患者提供的治疗选择有限，相比之下，中医药凭借其个性化治疗及副作用相对较少等优势，为高脂血症患者提供了更多治疗选择，受到广泛关注[1][7]。

因此本研究旨在探索中医药治疗高脂血症的处方配伍规律及作用机制，以期为此类疾病的临床治疗提供有益参考。

2. 资料与方法

2.1. 数据挖掘

2.1.1. 数据来源

收集 2015 年 1 月 1 日至 2025 年 9 月 30 日发表于中国知网(CNKI)、维普(VIP)及万方(WF)数据库中关于中医药治疗高脂血症的相关文献。

2.1.2. 纳入与排除标准

纳入标准：根据指南[2]确诊为 HLD 的患者；中医药治疗高脂血症的临床随机对照研究；文中需明确药物组成；观察组的治疗有效率显著高于对照组。

排除标准：在不同数据库中检索到一次以上的文献共计 1 篇。

2.1.3. 数据获取统计

文献管理通过软件 EndNote 21 进行，按照纳排标准进行筛选后导入到 Microsoft Excel 2021 中。其中筛选步骤均双人进行，核对无误后最终纳入。

2.1.4. 中药名称标准化处理

为规范化中药名称，通过参照《中药学》[8]及《中华人民共和国药典》[9]标准化。

2.1.5. 数据分析

用药规律通过 R 4.5.1 中的 dplyr 包进行统计分析，通过 ggplot2 与 scales 包实现可视化。药物关联规则挖掘通过 arules 包中的 Apriori 算法进行，通过 arulesViz 包完成网络可视化。聚类分析运用 IBM SPSS Statistics 26 针对用药频率降序排名的前 40 味中药进行分析。

2.2. 网络药理学

2.2.1. 核心中药活性成分及靶点的获取

在 TCMSP 数据库(TCMSP, <https://www.tcmsp-e.com/>)、HERB 数据库(HERB, <http://herb.ac.cn/>)中检索 8 味核心中药，因山楂未在 TCMSP 数据库中收录，故通过 HERB 数据库获得活性成分，后通过 Swiss ADME (<http://www.swissadme.ch/>)平台进行药代动力学特性评估，保留胃肠吸收(GI absorption): High、生物利用度分数(Bioavailability Score) > 0.55 者[10]，通过 Swiss Target Prediction (<https://www.swisstargetprediction.ch/>)平台进行靶点预测，设置物种为“Homo sapiens”，筛选 probability > 0 的靶点。其余药物通过 TCMSP 数据库获得，依据生物利用度 ≥ 30%和类药性 ≥ 0.18 进行筛选。对上述靶点取并集，靶点名称标准化通过 Uniprot 数据库(<https://www.uniprot.org/>)进行处理。

2.2.2. HLD 相关靶点收集

通过在 Genecard (<https://www.genecards.org/>)、OMIM (<https://www.omim.org/>)、TTD (<https://ttd.idrblab.cn/>)

数据库中检索关键词：“Hyperlipidemia”取并集以获取疾病基因。

2.2.3. 获得药物 - 疾病共有基因

通过 Venny 在线平台(<https://bioinfogp.cnb.csic.es/tools/venny/>)对药物靶点、疾病靶点取交集并进行可视化处理。

2.2.4. 药物 - 成分 - 靶点网络图构建

将药物、药物靶点、疾病靶点导入 Cytoscape 3.10.3 软件进行可视化处理。

2.2.5. 蛋白质相互作用(PPI)

将药物 - 疾病共有基因导入 String (<https://cn.string-db.org/>)平台中, 设置物种为 Homo sapiens、最高置信度评分 >0.90 进行分析, 获得分析结果文件后通过 Cytoscape 3.10.3 软件中的 CytoNCA 插件计算的拓扑学特征属性值筛选核心基因, 通过 Cytoscape 3.10.3 进行可视化处理。

2.2.6. GO 功能富集分析、KEGG 通路富集分析

GO、KEGG 富集采用 R clusterProfiler 包进行分析, 该分析采用来自 org.Hs.eg.db 的人类基因组注释信息, 结果可视化的柱状图、气泡图通过 R enrichplot 与 ggplot2 实现。

2.2.7. 分子对接

对核心靶点及对应活性成分进行分子对接。通过 PDB 数据库(<https://www.rcsb.org/>)下载核心基因的蛋白晶体化学结构、Pubchem 数据库(<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>)下载活性成分的 sdf2D 格式文件, 核心活性成分的力场优化通过 ChemBio3D 14.0.0.117 进行, 靶点 - 活性成分的分子对接利用 AutoDock-Tools 1.5.7 软件进行, 以结合能(binding energy, 单位: kcal/mol)作为量化评价指标, 对接构象结果通过 PyMOL 2.6.2 软件进行可视化处理。

3. 结果

3.1. 数据挖掘结果

3.1.1. 高频药物统计

共录入 312 首处方, 涉及 218 味中药, 总记 2904 次, 出现频率排名前 20 见表 1, 柱状图见图 1。

Table 1. High-frequency Chinese medicines

表 1. 高频中药

	中药	频次	序号	中药	频次
1	山楂	207	11	半夏	57
2	泽泻	153	12	川芎	52
3	茯苓	148	13	大黄	50
4	丹参	148	14	党参	47
5	白术	118	15	黄芪	46
6	陈皮	103	16	何首乌	43
7	决明子	95	17	枳实	42
8	甘草	75	18	赤芍	42
9	荷叶	68	19	红花	39
10	柴胡	61	20	当归	36

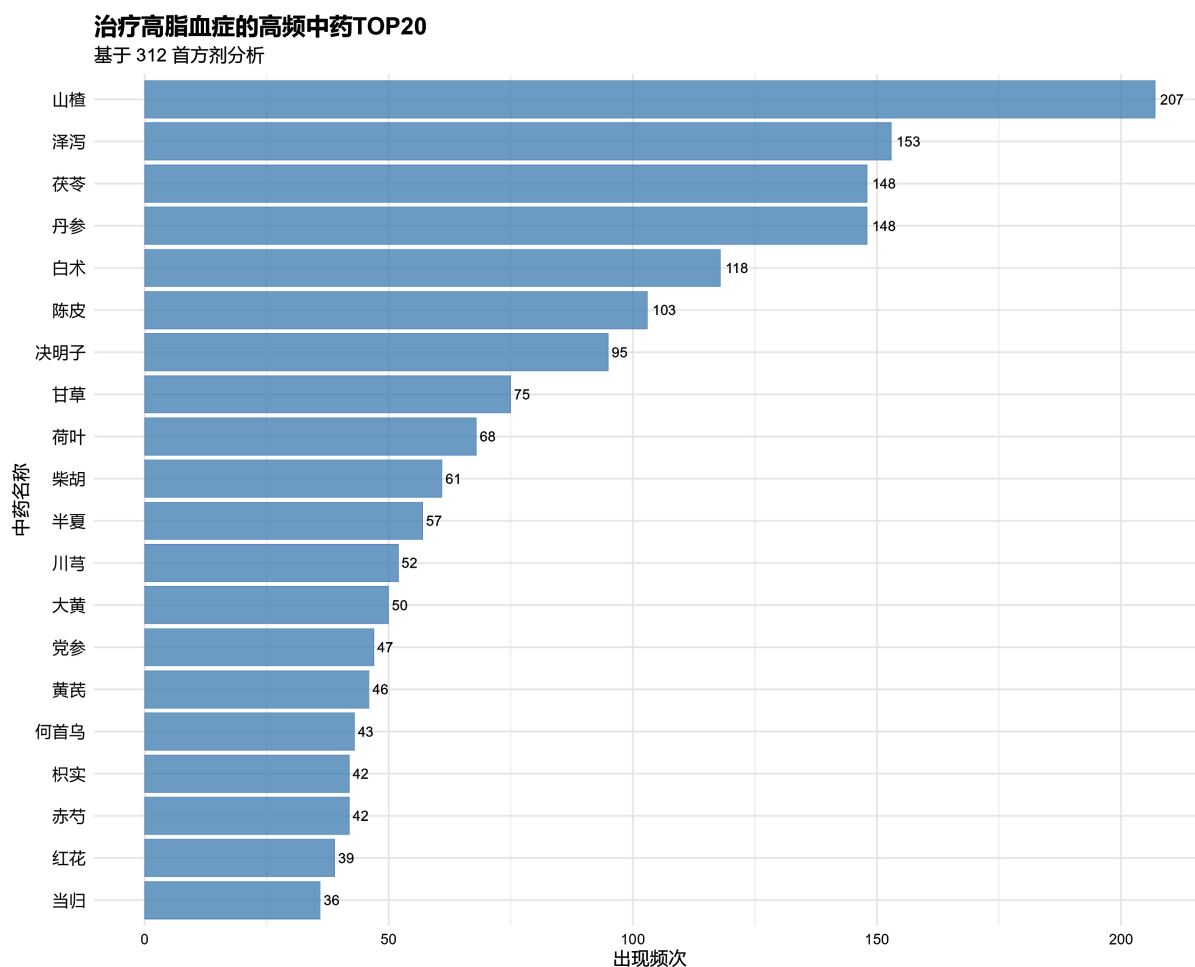


Figure 1. Bar chart of high-frequency Chinese medicines

图 1. 高频中药柱状图

3.1.2. 药效属性统计

对 312 首处方中涉及到的 218 味中药进行用药规律分析, 结果显示四气、五味、归经、功效频次最多者依次为温性(719 次, 占比 25.61%)、甘味(1539 次, 占比 32.5%)、脾经(1614 次, 占比 20.76%)、补虚类(591 次, 占比 21.05%), 见表 2~5、图 2、图 3。

Table 2. Distribution of the four properties of Chinese medicines

表 2. 药物四气分布

四气	频次	百分比
温	719	25.61
平	659	23.47
微寒	544	19.37
寒	393	13.99
微温	385	13.71
凉	83	2.96
大热	14	0.5
热	11	0.39

Table 3. Distribution of the five flavors of Chinese medicines**表 3.** 药物五味分布

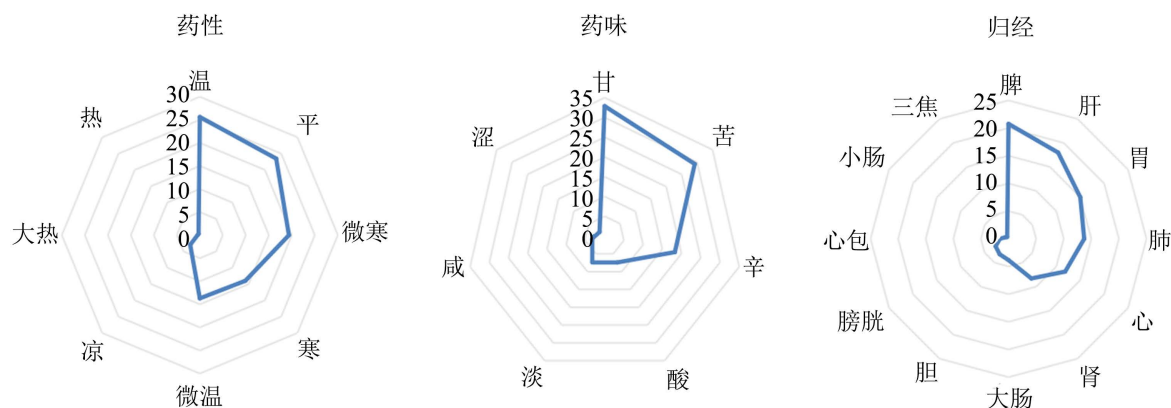
五味	频次	百分比	五味	频次	百分比
甘	1539	32.5	咸	159	3.36
苦	1272	26.86	微苦	112	2.37
辛	865	18.27	涩	78	1.65
酸	350	7.39	微甘	17	0.36
淡	342	7.22	微酸	1	0.02

Table 4. Distribution of meridian tropism of Chinese medicines**表 4.** 药物归经分布

归经	频次	百分比	归经	频次	百分比
脾	1614	20.76	大肠	299	3.85
肝	1398	17.98	胆	250	3.22
胃	1167	15.01	膀胱	210	2.7
肺	1066	13.71	心包	122	1.57
心	921	11.85	小肠	46	0.59
肾	643	8.27	三焦	38	0.49

Table 5. Distribution of therapeutic effects of Chinese medicines**表 5.** 药物功效分布

功效大类	频次	百分比	功效大类	频次	百分比
补虚	591	21.05	泻下	54	1.92
利水渗湿	389	13.85	温里	32	1.14
活血化瘀	371	13.21	息风止痉	20	0.71
清热	326	11.61	收涩	19	0.68
消食	254	9.05	祛风湿	14	0.5
理气	220	7.83	安神	11	0.39
化痰止咳平喘	205	7.3	开窍	9	0.32
解表	141	5.02	平肝潜阳	8	0.28
化湿	84	2.99	攻毒杀虫止痒	3	0.11
止血	56	1.99	拔毒化腐生肌	1	0.04

**Figure 2.** Proportional distribution of medicinal properties, flavors, and meridian tropism**图 2.** 药物性味、归经占比图

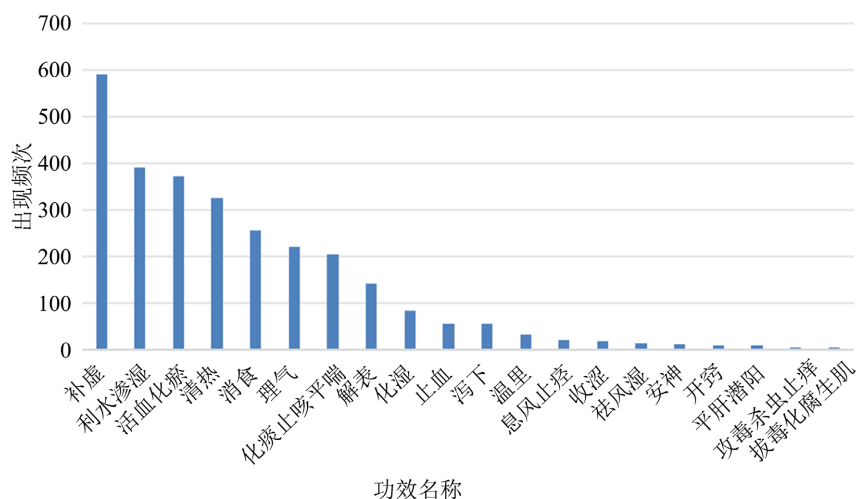


Figure 3. Distribution of therapeutic effects of Chinese medicines
图 3. 药物功效分布

3.1.3. 高频药物关联规则分析

在支持度 $\geq 10\%$ 、置信度 $\geq 80\%$ 的阈值条件下，得到一阶关联规则 8 条、二阶关联规则 22 条、三阶关联规则 13 条，各选取频次排名前 5 展示，见表 6。

Table 6. Association rule analysis of Chinese medicines
表 6. 药物关联规则分析

一阶关联规则	支持度/%	置信度/%
决明子 \Rightarrow 山楂	27.9	91.6
荷叶 \Rightarrow 山楂	18.9	86.8
丹参 \Rightarrow 山楂	40.4	85.1
党参 \Rightarrow 白术	12.8	85.1
陈皮 \Rightarrow 山楂	26.9	81.6
二阶关联规则	支持度	置信度
决明子, 泽泻 \Rightarrow 山楂	19.9	93.9
丹参, 泽泻 \Rightarrow 山楂	26.9	89.4
丹参, 茯苓 \Rightarrow 山楂	20.5	87.7
二阶关联规则	支持度	置信度
白术, 泽泻 \Rightarrow 山楂	20.2	80.8
茯苓, 泽泻 \Rightarrow 山楂	22.8	80.7
三阶关联规则	支持度	置信度
白术, 丹参, 泽泻 \Rightarrow 山楂	14.1	97.8
白术, 赤芍, 茯苓 \Rightarrow 山楂	12.2	97.4
丹参, 茯苓, 泽泻 \Rightarrow 山楂	14.7	92
白术, 茯苓, 泽泻 \Rightarrow 山楂	14.4	81.8
丹参, 决明子, 山楂 \Rightarrow 泽泻	13.8	81.1

3.1.4. 高频药物聚类分析

将药物出现频率由高到低排列，通过 IBM SPSS Statistics 26 进行处理，选择前 40 味中药进行聚类分析，共得到了 4 个核心药物组合，见表 7。树形图见图 4。

Table 7. Cluster analysis of high-frequency Chinese medicines for HLD treatment

表 7. 中药治疗 HLD 高频药物的聚类分析

序号	药物组合
1	枳实、生姜、白芍、黄芩、红花、桃仁、赤芍、当归、枳壳
2	法半夏、三七、葛根、郁金、炙甘草、苍术、绞股蓝、
3	虎杖、水蛭、何首乌、枸杞子
4	薏苡仁、山药、麦芽、神曲、黄连

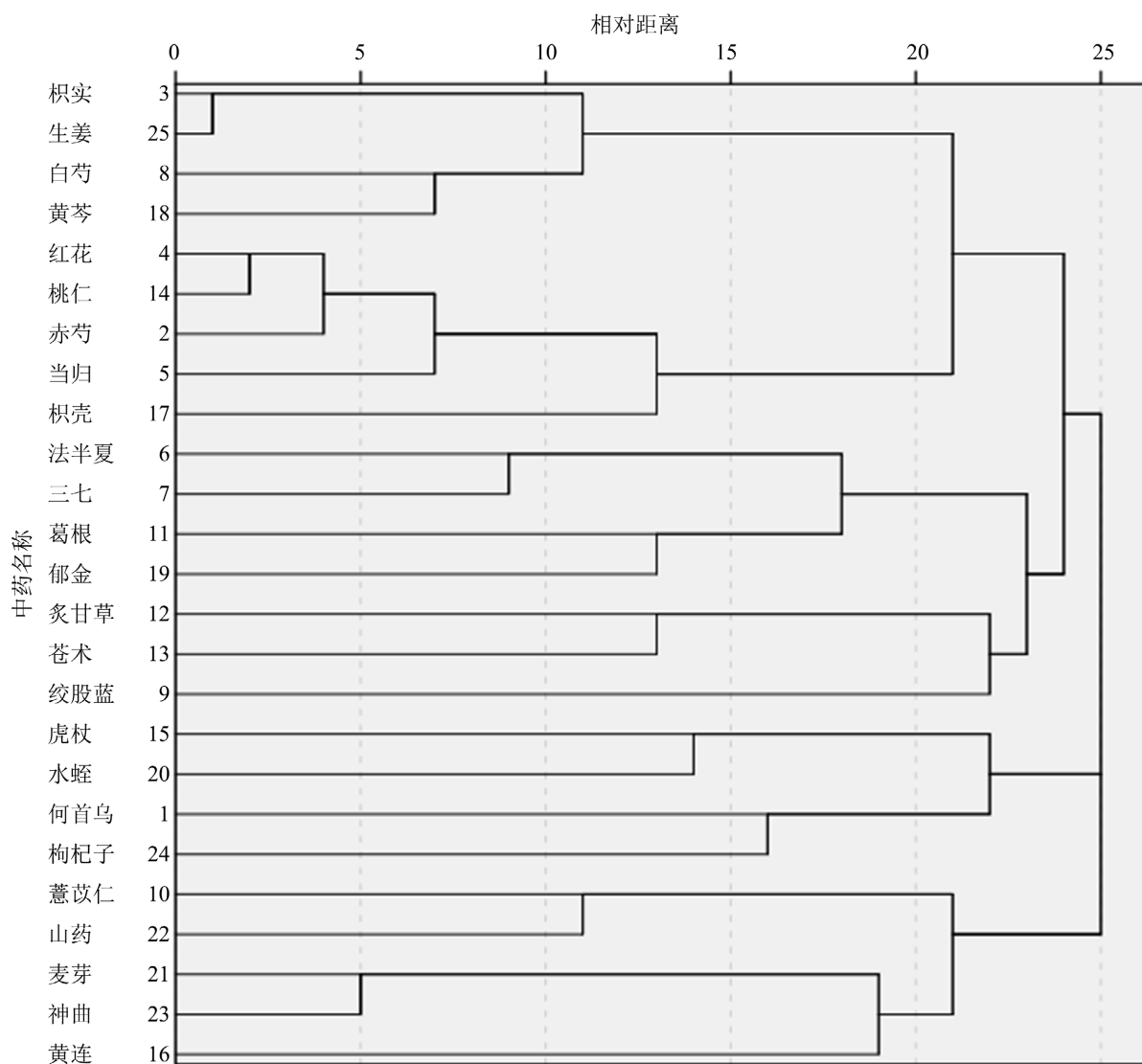


Figure 4. Dendrogram of cluster analysis for high-frequency Chinese medicines in HLD treatment

图 4. 中药治疗 HLD 高频药物聚类分析树形图

3.2. 网络药理学结果

3.2.1. 核心中药活性成分与靶点收集结果

在一阶、二阶、三阶关联规则分析结果中,对置信度最高的前两条(共计 6 条)关联规则中所涉及中药取并集,最终筛选出 8 味核心中药,分别是白术、赤芍、丹参、茯苓、荷叶、决明子、山楂和泽泻。

通过在 TCMSP 数据库及 HERB 数据库检索核心中药,经过筛选、去重后共得到有效活性成分 137 个、潜在靶点 663 个,详见表 8。

Table 8. Detailed information of Chinese medicines, active compounds, and gene targets

表 8. 中药 - 活性成分 - 基因靶点详情表

中药	活性成分/个	基因靶点/个
白术	3	18
赤芍	13	156
丹参	58	866
茯苓	6	30
荷叶	14	401
决明子	13	118
山楂	28	1458
泽泻	7	9

3.2.2. HLD 相关靶点收集结果

在 GeneCards、TTD、OMIM 数据库分别检索“hyperlipidemia”,分别得到了 897、9、110 个靶点,对所得靶点进行去重取并集后共得到了 972 个疾病相关靶点。

3.2.3. 共有基因结果

将中药活性成分基因靶点与 HDL 疾病基因靶点取交集后共得到 118 个共有基因,见图 5。

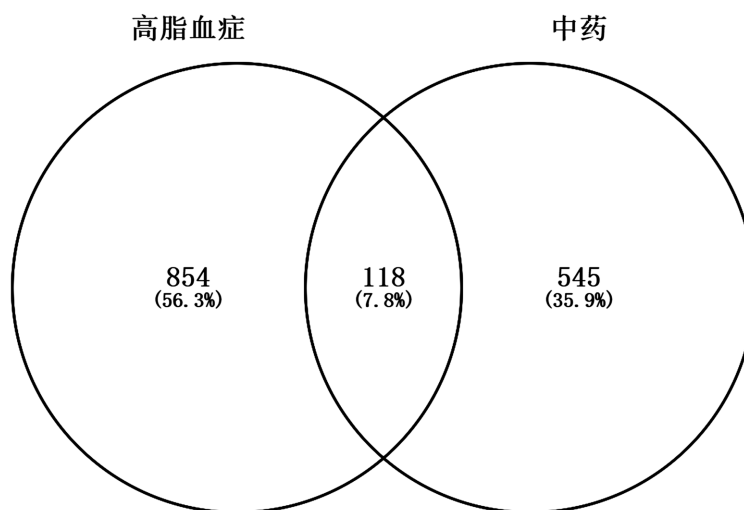


Figure 5. Venn diagram of overlapping genes

图 5. 共有基因韦恩图

3.2.4. 中药 - 成分 - 靶点网络图构建结果

将中药靶点、HLD 疾病靶点导入 Cytoscape 3.10.3 软件中构建药物 - 成分 - 靶点网络图, 见图 6。

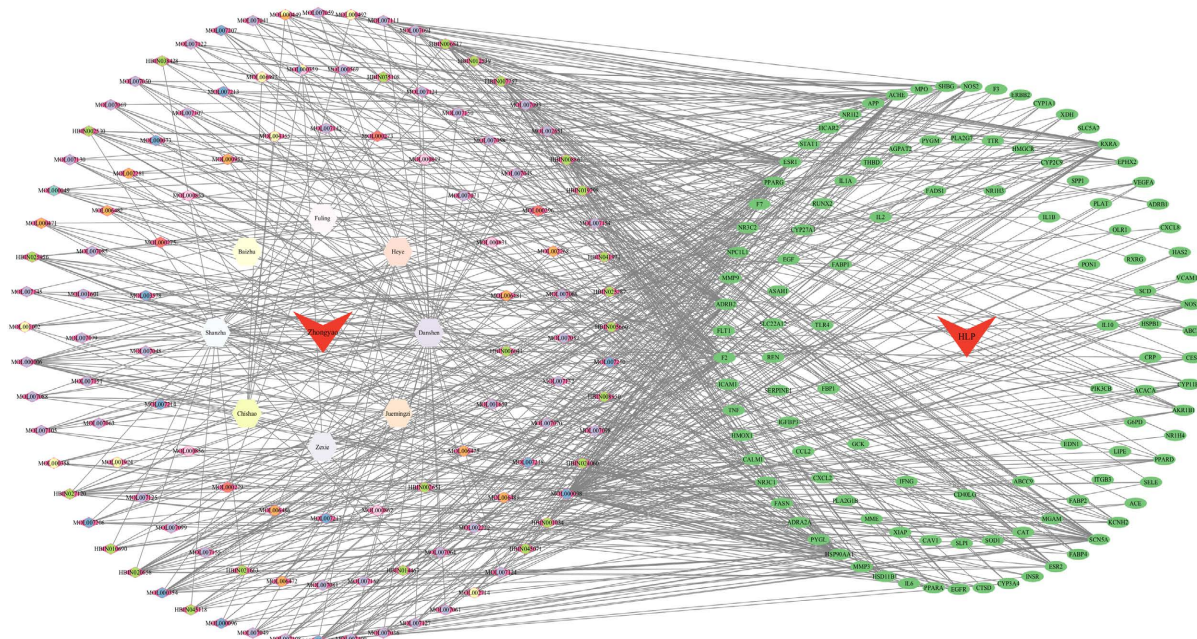


Figure 6. Herb-compound-target network

图 6. 中药 - 成分 - 靶点网络

3.2.5. PPI 网络图构建结果

将 PPI 网络数据导入 Cytoscape 3.10.3 软件进行可视化分析, 使用 CytoNCA 插件对网络进行拓扑属性分析。计算每个节点的网络拓扑参数, 包括介数中心性(Betweenness Centrality, BC)、紧密中心性(Close-ness Centrality, CC)和度中心性(Degree Centrality, DC), 以各参数的中位数(Median)作为筛选阈值, 选取同时满足 $BC > 11.754$ 、 $CC > 0.333$ 及 $DC > 5$ 的节点作为核心靶点。始共有 112 个节点、177 条边, 见图 7(a); 按上述方法进行第一次筛选得到了前 20 个共有基因, 共有 20 个节点、50 条边, 进行可视化处理, 见图 7(b); 同法第二次筛选得到了前 5 个共有基因作为最终核心基因, 共有 5 个节点、6 条边, 进行可视化处理, 见图 7(c)。表明细胞间黏附分子-1 (ICAM1)、白细胞介素-6 (IL-6)、表皮生长因子受体(EGFR)、干扰素- γ (IFNG)、过氧化物酶体增殖物激活受体 γ (PPARG)很可能在中医药治疗 HDL 的过程中起核心作用。

3.2.6. GO、KEGG 富集分析结果

设置 $p < 0.05$, $q < 0.05$ 进行筛选, GO 富集分析结果中, 生物过程(BP)显著富集于对细菌来源分子的应答、脂多糖的应答及类固醇代谢过程等通路。细胞组分(CC)以膜筏、膜微区及细胞顶区为主。分子功能(MF)集中体现为核受体活性、配体调节转录因子活性及核类固醇受体活性等, 见图 8。KEGG 富集分析结果聚焦于流体剪切应力与动脉粥样硬化、脂质与动脉粥样硬化及糖尿病并发症中 AGE-RAGE 信号通路等, 见图 9。

3.2.7. 分子对接结果

分子对接结果见表 6, 结合能均 < -6 kcal/mol, 分子对接结果显示均结合稳定, 见表 9、图 10。

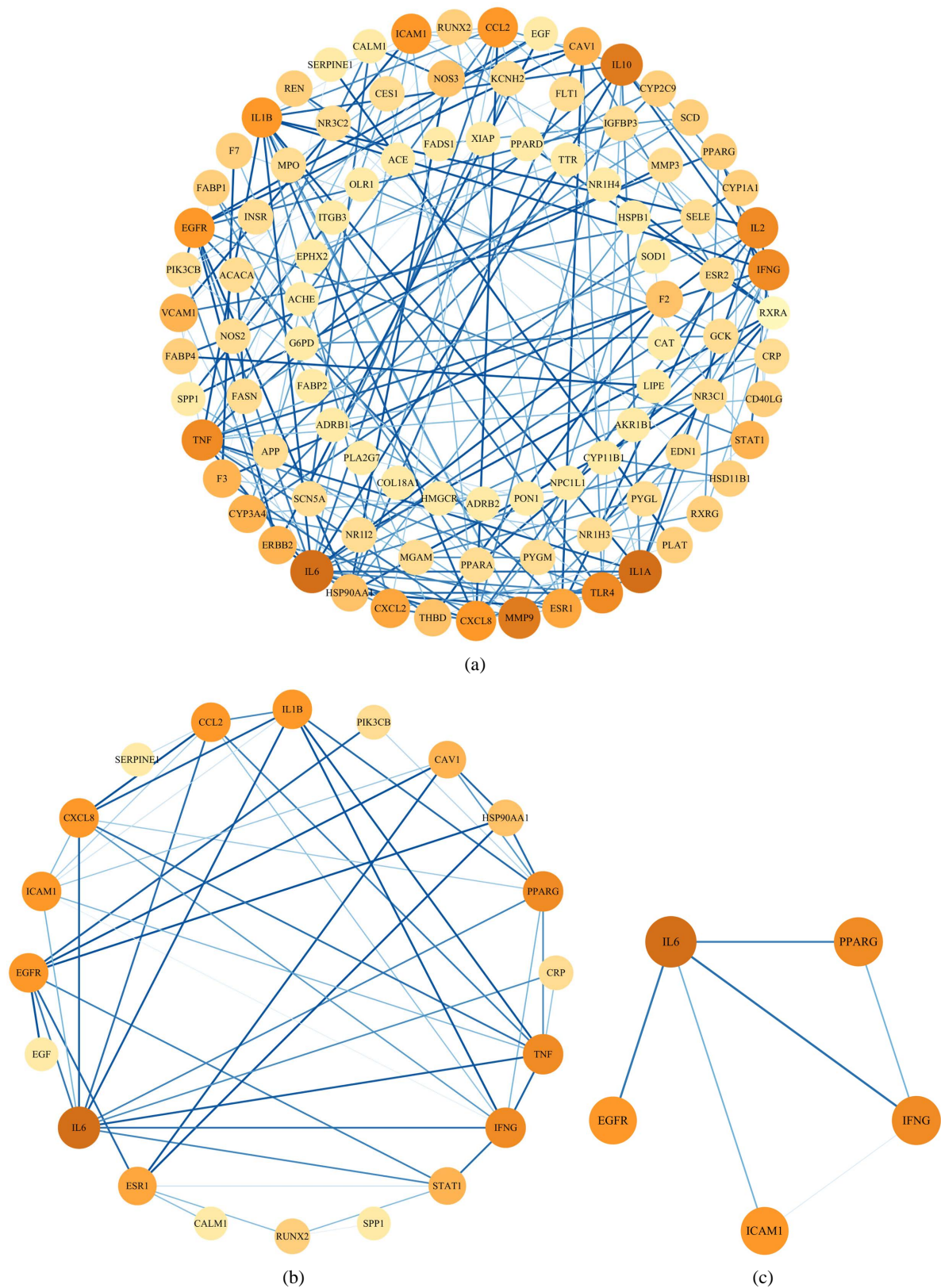


Figure 7. PPI network diagram
图 7. PPI 网络图

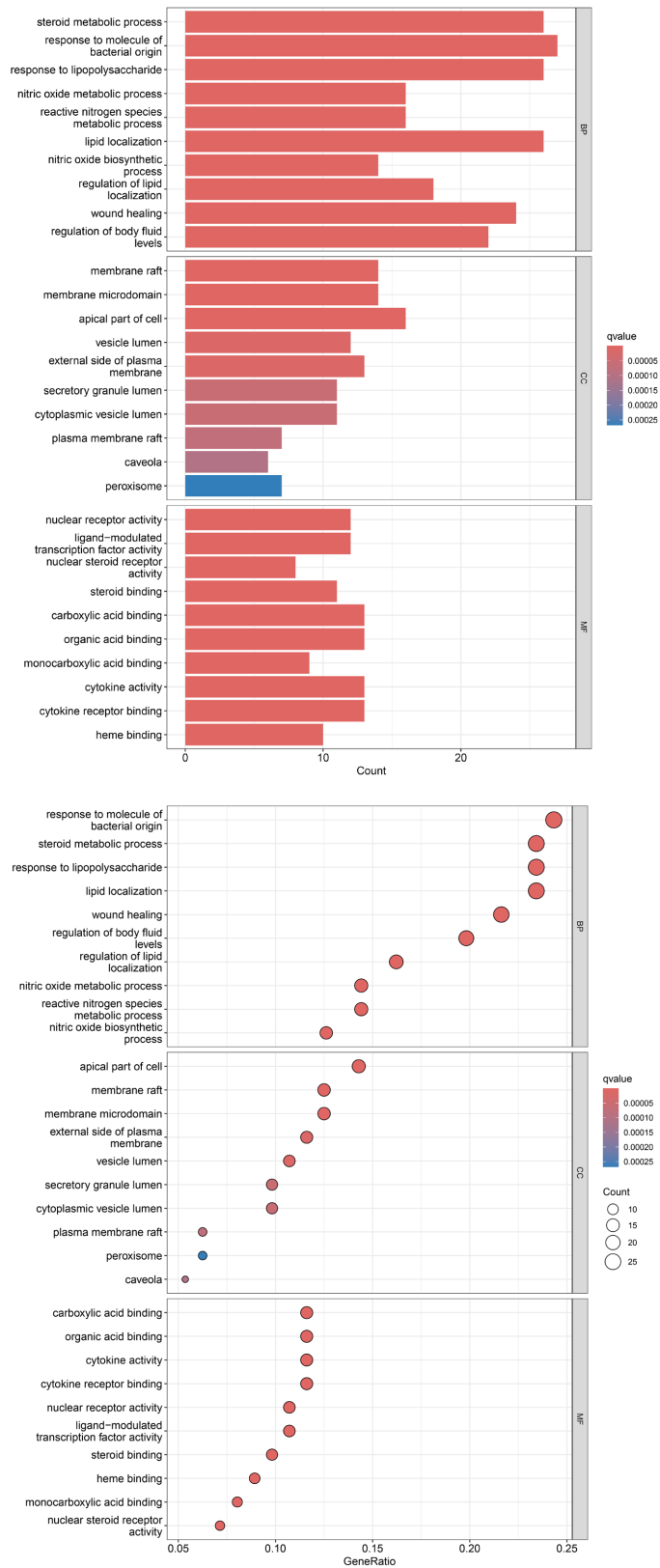


Figure 8. GO functional enrichment analysis
图 8. GO 功能富集分析图

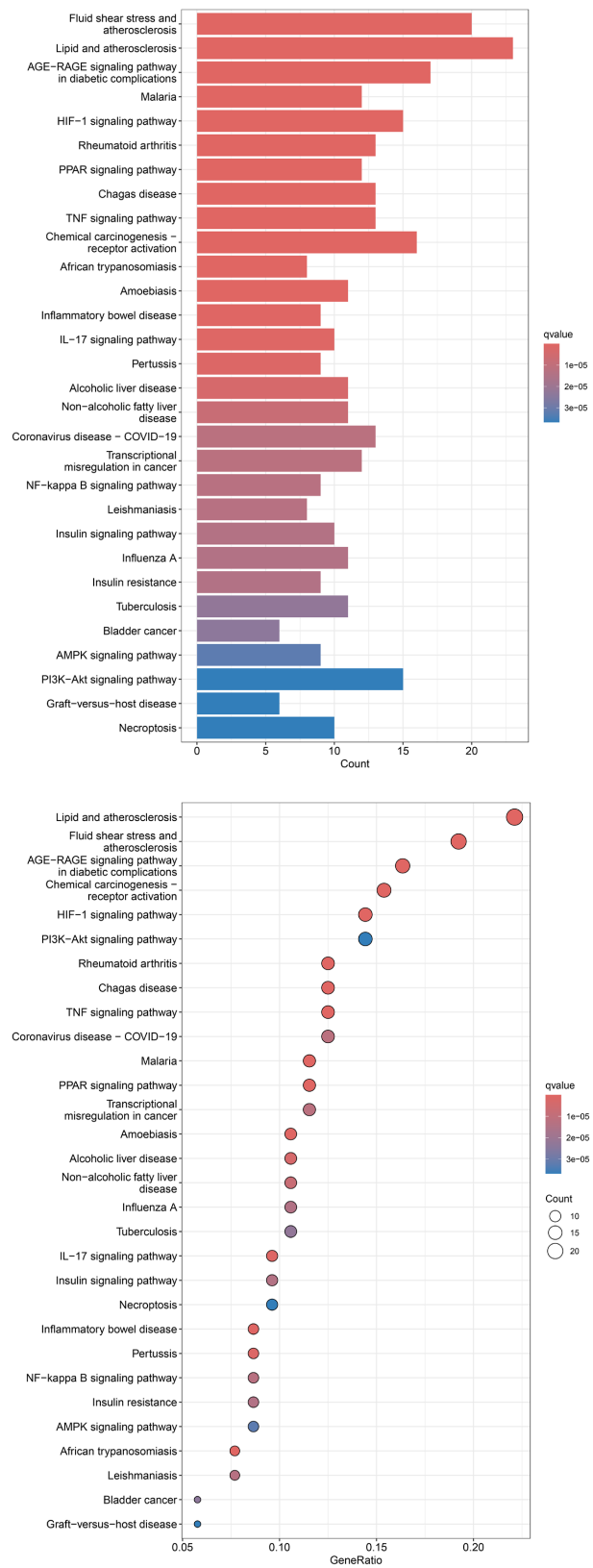


Table 9. Active compounds-target genes-binding energies
表 9. 活性成分 - 靶点名称 - 结合能

活性成分	靶点名称	结合能
木犀草素	PPARG	-9.1
槲皮素	EGFR	-7.9
木犀草素	IFNG	-7.3
槲皮素	ICAM1	-6.8
芍药苷	IL6	-6.8

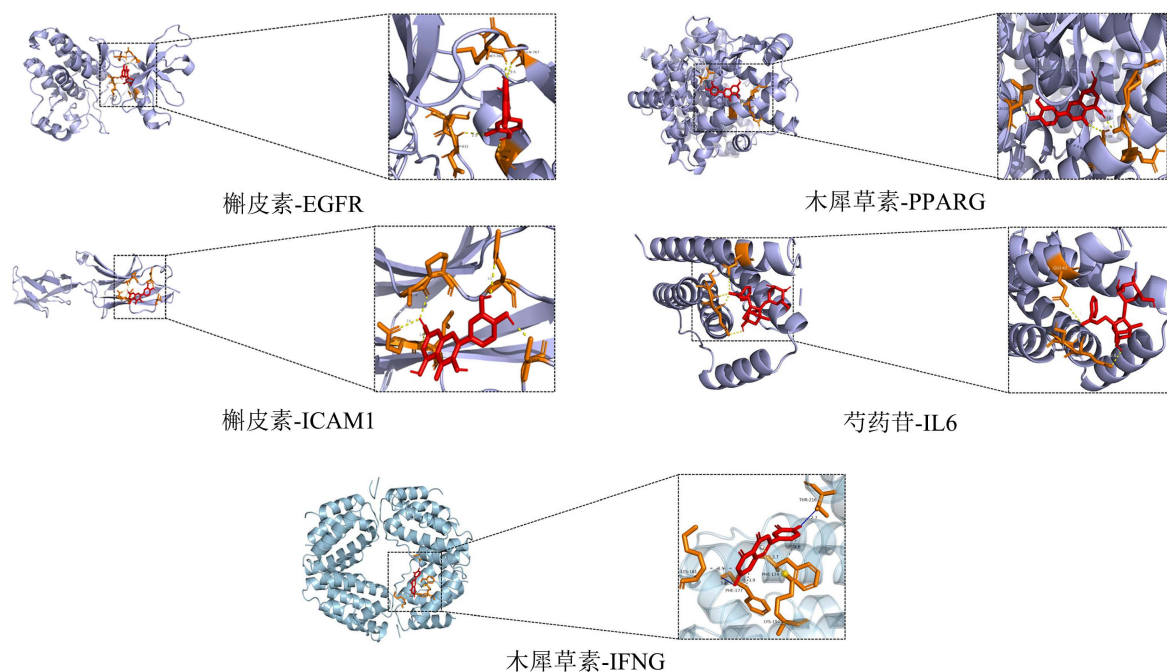


Figure 10. Molecular docking model diagram
图 10. 分子对接模式图

4. 讨论

本研究结合数据挖掘的聚类分析结果得到了 8 味核心中药，分别是山楂、泽泻、丹参、茯苓、白术、赤芍、荷叶、决明子。山楂善治食积，入肝经血分能活血化瘀。泽泻功善利水渗湿、泻热、化浊降脂，能引导下焦湿浊从小便而出。丹参功擅活血化瘀、通经止痛、凉血消痈，对痰浊黏滞、阻滞气机之病机有良好疗效。茯苓功善利水渗湿、健脾宁心，能增强运化水湿之力，将痰湿水饮利出。白术可补气健脾、燥湿利水，强健脾胃运化之枢。赤芍有清热凉血、散瘀止痛、清肝泻火之功，可化解血脉中的脂浊瘀滞、清解瘀久所化之热。荷叶能化湿、升阳、凉血止血，升发脾胃清阳之气、促进运化的同时又能化湿浊、降脂，起到“升清降浊”之功效。决明子功善清肝明目，润肠通便，有助于恢复肝的疏泄功能的同时为体内多余的膏脂浊邪提供了排泄通路。现代研究表明，山楂中的黄酮类、三萜类等成分是其降脂活性的关键，能通过抑制肝脏胆固醇合成限速酶的活性及其他负反馈调节回路来降低血脂水平[11][12]。泽泻主要活性成分为泽泻醇及其衍生物，可通过减少胆固醇的合成与吸收、促进胆固醇的排泄等方式降脂[13]。丹参活性成分主要是丹酚酸、丹参酮，可发挥抗炎和保护血管内皮细胞等作用[14][15]。茯苓主要活性成分是多

糖和三萜类化合物, 茯苓多糖可调节免疫, 三萜类化合物被证实有明确的降脂功效[16][17]。白术的活性成分为苍术酮、白术多糖等, 可通过调节肠道菌群和胃肠道动力的方式来改善消化功能、增强免疫力[18]。赤芍的活性成分包括芍药苷、芍药内酯苷等, 具有调节血脂及保护血管内皮的作用[19][20]。荷叶降脂减肥的主要活性成分是生物碱类、黄酮类化合物等, 可通过抑制脂肪酶活性、减少外源性脂肪吸收、促进脂质分解代谢和排泄等多途径发挥作用[21]。决明子的活性成分包括蒽醌类等, 有抑制肠道胆固醇吸收、促进胆汁酸及脂质排泄、调节肠道菌群的作用[22][23]。

通过网络药理学技术发现核心药物治疗 HLD 的主要活性成份是隐丹参酮、芍药苷、槲皮素、木犀草素等。隐丹参酮可通过抑制促炎因子释放、Ca²⁺通路传导等方式发挥显著的抗炎作用[24][25]。芍药苷为单萜类糖苷化合物, 可调节体内脂质代谢水平、影响脂质硬化斑块的形成[26]。槲皮素为黄酮类化合物, 现代研究证实其可通过增加胰岛素受体 β 链和胰岛素受体底物 1 的表达缓解胰岛素抵抗, 抑制肝脏脂肪合成、促进脂肪分解[27][28]。木犀草素属于黄酮类化合物, 可通过减少脂质合成、增加脂质代谢的方式来减少病理性脂肪的蓄积[29], 还可以作用于 NF- κ B 等信号通路发挥抗炎作用[30]。

通过 PPI 网络拓扑分析最终得到了 5 个核心靶点, 分别是: PPARG、EGFR、IL6、ICAM1、IFNG。PPARG 是脂质代谢的核心调控因子, 参与调控胆固醇逆向转运的关键蛋白 ABCA1/ABCG1 的表达, 促进巨噬细胞内过量胆固醇的外排, 还可缓解脂质过度蓄积, 抑制泡沫细胞形成[31]。有研究发现, EGFR 激活可启动 EGFR-ERK1/2 信号通路, 促进清除血液中的 LDL-C, 从而保护血管内皮、降低血脂[32]。IFNG、IL6 可通过上调巨噬细胞清道夫受体 LOX-1/CD36、SR-A 的表达, 促进 ox-LDL 的摄取和细胞内蓄积, 从而导致巨噬细胞向泡沫细胞转化[33][34]。ICAM1 表达的上调可促进单核内皮细胞黏附, 促进巨噬细胞的生成, 为泡沫细胞的形成提供了必需的细胞来源, 已证实降低 ICAM1 的表达有助于减缓高脂血症等代谢性疾病的进展[35][36]。

富集分析结果显示生物功能主要集中在类固醇代谢、对细菌来源分子的应答、对脂多糖的应答、一氧化氮代谢、活性氮物种代谢等过程, 信号通路主要有: 脂质与动脉粥样硬化通路、PPAR 信号通路、TNF 信号通路等, 脂质与动脉粥样硬化通路主要包含着脂质代谢 - 炎症 - 内皮损伤三环节, 使得血液中过量的 LDL 更易侵入并滞留于动脉内膜, 启动后续的氧化、炎症和吞噬过程, 且该通路的表达量与高脂血症患者颈动脉斑块风险增加呈正相关, 可视作高脂血症导致心血管并发症的核心通路之一[37][38]。PPAR 通路是脂代谢的核心转录调控枢纽, 其家族成员: PPAR α 表达下调可导致甘油三酯清除障碍, 激动剂可显著降低高甘油三酯血症患者心血管事件风险; PPAR γ 激动不足时可导致游离脂肪酸溢出; PPAR γ 磷酸化后可促进胆固醇的排出[39][40]。TNF 信号通路是高脂血症、炎症反应中的关键介质, 在高脂血症环境下, 脂肪组织、肝脏和血管壁会过量产生 TNF- α , 引发并维持系统性慢性低度炎症状态, 极易导致血管内皮损伤、加速动脉粥样硬化斑块进展和破裂[41][42]。

5. 总结

综上, 本研究利用数据挖掘技术, 得到中医药治疗高脂血症的用药规律及作用机制, 结合关联规则分析结果得到了中医药治疗高脂血症的核心药物: 白术 - 赤芍 - 丹参 - 茯苓 - 荷叶 - 决明子 - 山楂 - 泽泻, 通过网络药理学及分子对接技术, 得到了可能的作用机制。然而, 本研究存在一定局限性, 如文献数据库收集可能有限、不全面, 干性实验可能与动物实验结果存在差别, 仍待进一步通过动物实验来证实, 以期临床治疗高脂血症提供一定的参考。

基金项目

云南省临床医学中心科研项目“加味抵挡汤通过 MYC-Caspase-3 信号轴干预难溶性静脉血栓栓塞症的作用机制研究”(2024YNLCYXZX0163)。

参考文献

- [1] 吴人坚, 刘因华, 敖明月, 李琴, 等. 中医药通过调控肠道菌群及短链脂肪酸治疗高脂血症的研究进展[J]. 云南中医中药杂志, 2025, 46(9): 97-101.
- [2] 王增武, 刘静, 李建军, 等. 中国血脂管理指南(2023年)[J]. 中国循环杂志, 2023, 38(3): 237-271.
- [3] 刘铖源, 鲍陶陶, 黄展鹏, 等. 方朝晖运用健脾益肾化痰通络法治疗高脂血症临床经验[J]. 中医药临床杂志, 2025, 37(10): 1955-1958.
- [4] Song, P.K., et al. (2019) Trends in Lipids Level and Dyslipidemia among Chinese Adults, 2002-2015. *Biomedical and Environmental Sciences*, **32**, 559-570.
- [5] 陆红, 王婷婷, 任雅萍. 自拟降脂汤治疗高脂血症(痰湿血瘀型)的临床效果[J]. 上海医药, 2017, 38(10): 24-26, 40.
- [6] 吴蝉, 王青, 刘延庆, 等. 降脂方联合阿托伐他汀钙治疗痰浊阻遏型高脂血症临床研究[J]. 新中医, 2025, 57(21): 40-46.
- [7] 娜仁花, 吴斌, 赵明芬. 中西医治疗高脂血症研究进展[J]. 新疆中医药, 2024, 42(6): 139-142.
- [8] 钟赣生, 杨柏灿, 等. 中药学[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2021.
- [9] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
- [10] Daina, A., Michielin, O. and Zoete, V. (2017) SwissADME: A Free Web Tool to Evaluate Pharmacokinetics, Drug-Likeness and Medicinal Chemistry Friendliness of Small Molecules. *Scientific Reports*, **7**, Article No. 42717.
- [11] 舒丽梅, 王姝雯, 白旭峰, 等. 山楂叶黄酮类成分药理作用及机制研究进展[J]. 中药材, 2024, 47(12): 3192-3199.
- [12] 张祺嘉钰, 赵佩媛, 孙静, 等. 山楂的化学成分及药理作用研究进展[J]. 西北药学杂志, 2021, 36(3): 521-523.
- [13] 胡泽琦, 程冰冰, 贾九洁, 等. 泽泻及其活性成分治疗代谢性疾病的作用机制研究进展[J]. 中国现代应用药学, 2024, 41(15): 2156-2166.
- [14] 杨艳, 韦炎龙, 方峰. 丹参中活性成分在心血管疾病中的研究进展[J]. 中医临床研究, 2020, 12(21): 37-40, 56.
- [15] 孔令雷, 杜冠华. 丹参饮的现代研究进展[J]. 中药药理与临床, 2019, 35(3): 197-200.
- [16] 路平, 史汶龙, 杨思雨, 等. 茯苓化学成分及药理作用研究进展[J]. 中成药, 2024, 46(4): 1246-1254.
- [17] 浦雪梅, 李雪, 何旭东, 等. 药食同源大品种茯苓中多糖与三萜研究进展[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2023, 25(7): 2561-2573.
- [18] 林学玉, 陈泽璇, 张彤, 等. 白术对胃肠道的药理作用及其机制的研究进展[J]. 上海中医药杂志, 2025, 59(11): 76-84.
- [19] 张石凯, 曹永兵. 赤芍的药理作用研究进展[J]. 药学实践杂志, 2021, 39(2): 97-101.
- [20] 张悦, 付晓琪, 徐紫晨, 等. 赤芍的化学成分、药理作用和质量标志物的预测分析[J]. 中国新药杂志, 2025, 34(15): 1602-1607.
- [21] 王静一, 徐紫晨, 陈曙光, 等. 荷叶的化学成分、药理作用研究进展及质量标志物预测[J]. 中国新药杂志, 2025, 34(15): 1624-1630.
- [22] 董玉洁, 蒋沅岐, 刘毅, 等. 决明子的化学成分、药理作用及质量标志物预测分析[J]. 中草药, 2021, 52(9): 2719-2732.
- [23] 袁有才, 李力恒, 李岩, 等. 决明子化学成分及药理作用研究进展[J]. 辽宁中医药大学学报, 2025, 27(10): 199-208.
- [24] 李佳莉, 张利, 辛佳芸, 等. 隐丹参酮药理作用及其新型制剂技术的研究进展[J]. 中草药, 2024, 55(14): 4930-4938.
- [25] Wu, Y., Wu, Y., Li, B. and Yan, Z. (2020) Cryptotanshinone: A Review of Its Pharmacology Activities and Molecular Mechanisms. *Fitoterapia*, **145**, Article ID: 104633. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2020.104633>
- [26] 陈园, 杜利新, 李涛, 等. 芍药苷对心血管疾病的药理作用及其新型药物制剂的研究进展[J]. 湖南中医药大学学报, 2025, 45(7): 1394-1400.
- [27] 刘良浩, 宋庆良, 潘茂兴, 等. 槲皮素缓解非酒精性脂肪性肝病作用机制的研究进展[J]. 中国病理生理杂志, 2025, 41(9): 1832-1838.
- [28] 白家奇, 张宇, 郑曲, 等. 淫羊藿及其有效成分治疗膝骨关节炎的研究进展[J]. 实用中医内科杂志, 2026, 40(2): 115-119.
https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=BbvBZ4vy5aRVKiorDxNI_hqwIL_whRftPCMI1joYLRo4k2m8oUuj8gfSmKS4oгу2ocvOJZuJ1sQG9nIeG-FNYu68DhFny_VpgynNDeOMVe2bh1N4uYOVPUE7uFjauc-dyOc7sZwVnKd2vbCigVdFOK2h_zEYIp1vjTFDjNSaOHNcW5U0eWvkGAHI5e7LxcL_AgGA7joV5BSiG4=&unipl

[atform=NZKPT&language=CHS](#)

- [29] 毛傲洁, 田华捷, 赵瑜, 等. 木犀草素治疗非酒精性脂肪性肝病作用机制研究进展[J]. 世界中医药, 2025, 20(3): 513-518.
- [30] 杨萍, 刘军刚, 李学娟, 等. 木犀草素治疗炎症性疾病作用机制研究进展[J]. 中草药, 2025, 56(22): 8424-8435.
- [31] Ye, G., Gao, H., Lin, Y., Ding, D., Liao, X., Zhang, H., *et al.* (2019) Peroxisome Proliferator-Activated Receptor A/G Reprogrammes Metabolism Associated with Lipid Accumulation in Macrophages. *Metabolomics*, **15**, Article No. 36. <https://doi.org/10.1007/s11306-019-1485-6>
- [32] Hu, D., Wang, L., Qi, L., Yang, X., Jin, Y., Yin, H., *et al.* (2025) Resveratrol Improved Atherosclerosis by Increasing LDLR Levels via the EGFR-ERK1/2 Signaling Pathway. *Lipids in Health and Disease*, **24**, Article No. 167. <https://doi.org/10.1186/s12944-025-02585-8>
- [33] Hashizume, M. and Mihara, M. (2012) Atherogenic Effects of TNF- α and IL-6 via Up-Regulation of Scavenger Receptors. *Cytokine*, **58**, 424-430. <https://doi.org/10.1016/j.cyto.2012.02.010>
- [34] 霍鑫, 蔡许超, 肖敏. 长链非编码 RNA IFNG-AS1 靶向 miR-19b-1-5p 调控 oxLDL 诱导的血管内皮细胞增殖、凋亡的机制研究[J]. 中国细胞生物学学报, 2021, 43(2): 293-301.
- [35] 唐茂林. 增强子相关的 lncRNA PSMB8-AS1 促进血管炎症和动脉粥样硬化的机制研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 广州医科大学, 2024.
- [36] 郑方芳, 邓琴琴, 熊芳芳, 等. 前蛋白转化酶枯草溶菌素 9 抑制剂通过降低血管细胞黏附分子-1 减缓载脂蛋白 E 基因敲除小鼠动脉粥样硬化进展[J]. 中国当代医药, 2024, 31(16): 20-25.
- [37] Libby, P. (2021) The Changing Landscape of Atherosclerosis. *Nature*, **592**, 524-533. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03392-8>
- [38] Schmidl, C., Vladimer, G.I., Rendeiro, A.F., Schnabl, S., Krausgruber, T., Taubert, C., *et al.* (2019) Combined Chemosensitivity and Chromatin Profiling Prioritizes Drug Combinations in CLL. *Nature Chemical Biology*, **15**, 232-240. <https://doi.org/10.1038/s41589-018-0205-2>
- [39] Rock, J.R., *et al.* (2022) Single Center First Year Experience and Outcomes with Impella 5.5 Left Ventricular Assist Device. *Journal of Cardiothoracic Surgery*, **17**, Article No. 124.
- [40] 刘晓炎, 涂世进, 周娟, 等. 调控动脉粥样硬化泡沫细胞形成的信号通路研究进展[J]. 赣南医科大学学报, 2024, 44(10): 981-987, 1004.
- [41] 郭龙宇. 2 型糖尿病合并非酒精性脂肪性肝病患者血清 ADPN、TNF- α 、IGF-1 水平及意义[J]. 中国卫生工程学, 2025, 24(4): 495-497, 500.
- [42] Sogorski, A. and Kolbenschlager, J. (2019) Response to “Letter to the Editor Regarding ‘Improvement of Local Microcirculation through Intermittent Negative Pressure Wound Therapy (NPWT)’”. *Journal of Tissue Viability*, **28**, 48-49. <https://doi.org/10.1016/j.jtv.2018.10.003>