

基于数据挖掘和网络药理学的含党参方剂 治疗心悸用药规律及分子机制研究*

姚帅君, 温 岩, 朱建华, 田雅娟, 杨继红, 闫敬来[△]

山西中医药大学, 山西 晋中 030619

[摘要] 目的:探讨含党参方剂治疗心悸的用药规律及党参的作用机制,为党参的临床应用及中药新药研发提供参考。方法:基于数据挖掘技术,运用SPSS Modeler与SPSS Statistics软件,对治疗心悸的含党参方剂开展常用药物配伍及组方规律分析;采用网络药理学方法解析党参治疗心悸的分子机制,并通过Cytoscape软件完成可视化处理;借助AutoDock、PyMOL等软件实施分子对接,进一步运用Discovery Studio软件开展分子动力学模拟分析。结果:共筛选出治疗心悸的含党参方剂88首,提炼出高频中药15味;通过关联规则分析获得高频药物组合28个,聚类分析得到药物聚类组合6组,因子分析共提取公因子10个。网络药理学筛选得到党参活性化学成分31个,经京都基因与基因组百科全书(Kyoto encyclopedia of genes and genomes, KEGG)富集分析,得到相关通路34条。分子对接结果显示,半胱天冬酶3(Caspase-3, CASP3)与甾醇的结合活性最强(结合能为-7.7 kcal/mol)。结论:党参可能通过调节表皮生长因子受体、CASP3、白细胞介素6、血管内皮生长因子A等靶点,干预细胞凋亡、缺氧诱导因子1、雌激素、缩宫素等信号通路,从而发挥治疗心悸的作用,为后续深入研究党参的活性成分提供了理论依据。

[关键词] 心悸;党参;网络药理学;数据挖掘

[中图分类号] R285 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 2096-9600(2026)03-0122-08

Medication Rules and Molecular Mechanisms of Dangshen-Containing Formulas in the Treatment of Palpitation: A Study Based on Data Mining and Network Pharmacology

YAO Shuaijun, WEN Yan, ZHU Jianhua, TIAN Yajuan, YANG Jihong, YAN Jinglai[△]

Shanxi University of Traditional Chinese Medicine, Jinzhong 030619, China

Abstract Objective: To explore the medication rules of Dangshen-containing formula in the treatment of palpitation and the underlying mechanisms of Dangshen, thereby providing a reference for the clinical application of Dangshen and the development of novel traditional Chinese medicines. Methods: Based on data mining technology, commonly used drug combinations and formula composition rules of Dangshen-containing formulas for the treatment of palpitation were analyzed using SPSS Modeler and SPSS Statistics software. Network pharmacology methods were employed to elucidate the molecular mechanisms of Dangshen in treating palpitation, and visualization was performed using Cytoscape software. Molecular docking was conducted using AutoDock and PyMOL software, followed by molecular dynamics simulation analysis using Discovery Studio software. Results: A total of 88 Dangshen-containing formulas for the treatment of palpitation were screened, from which 15 high-frequency traditional Chinese medicines were identified. Through association rule analysis, 28 high-frequency drug combinations were obtained. Cluster analysis yielded 6 clustered drug groups, and factor analysis extracted 10 common factors. Network pharmacology screening identified 31 active chemical components of Dangshen. Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes (KEGG) enrichment analysis revealed 34 related pathways. Molecular docking results showed that Caspase-3 (CASP3) exhibited the strongest binding activity with stigmasterol, with a binding energy of -7.7 kcal/mol. Conclusion: Dangshen may exert its therapeutic effect on palpitation by regulating targets such as epidermal growth factor receptor, CASP3, interleukin-6, and vascular endothelial growth factor A, thereby intervening in signaling pathways including apoptosis, hypoxia-inducible factor 1, estrogen, and oxytocin. These findings provide a theoretical basis for subsequent in-depth research on the active components of Dangshen.

Keywords palpitation; Dangshen; network pharmacology; data mining

党参为桔梗科植物党参 *Codonopsis pilosula* Nannf.、素花党参 *C. pilosula* Nannf. var. *modesta* (Nannf.) L. T. Shen 或川党参 *C. tangshen* Oliv. 的干燥根^[1]。党参之名,始见于

清代吴仪洛《本草从新》:“参须上党者佳,今真党参久已难得。肆中所卖党参种类甚多,皆不堪用。唯防风党参,性味和平足贵。根有狮子盘头者真,硬纹者伪也。”^[2]《本草纲目拾遗》记载:“味甘平,

补中益气,和脾胃,除烦恼,解渴,中气微虚,用以调补,甚为平安。”^[3]党参主要分布于华北、东北、西北部分地区,全国多数地区引种。党参是山西的道地药材,主产于山西平顺、武乡、陵川、壶关、襄垣、长治、五台、代县、应县等地^[4]。心悸是一种由心之气血阴阳亏虚,或痰饮瘀血阻滞引起的病症,多伴有心脉不畅、心中跳动急剧、心神不安等症状,在临床上多呈阵发性,情志波动或劳累过度时易发,常伴有失眠、健忘、眩晕、耳鸣等。西医学认为,心悸常见病因包括心脏搏动增强、心律失常和心脏神经症等^[5]。中医学理论认为,此病治疗时应标本同治,虚实兼顾,常以益气养阴、化痰活血为主^[6]。《素问·平人氣象论篇》云:“胃之大络,名曰虚里……乳之下其动应衣,宗气泄也。”^[7]宗气积聚于胸中,贯注于心肺之脉,其盛衰尤与脾胃运化功能密切相关。党参味甘性平,具有益气生血之功效,通过健运脾胃,滋其化源,补养宗气,从而使心血充盈,心神得养,心悸得安。本研究以此为切入点,通过数据挖掘、网络药理学、分子对接及分子动力学模拟等方法,深入探究含党参方剂治疗心悸的用药规律及分子机制,旨在为党参的资源开发与利用提供参考和思路。

1 资料与方法

1.1 资料来源 所选取的含党参方剂来源于两部分:一部分来自国家人口与健康科学数据共享平台中医药数据中心(<http://dbcenter.cintcm.com/>),该平台主要负责中医药领域各类科学数据的共建共享与挖掘分析工作;另一部分来自《中医方剂大辞典》^[8],该辞典是一部整理历代中医著作编纂而成的大型方剂学工具书。

1.2 处方筛选 在中国方剂数据库中,以“心悸”为关键词进行检索,共得到处方180首,其中含党参的处方共60首;在《中医方剂大辞典》中检索得到含党参的处方28首。将这88首处方导入WPS Excel工作表,按“编号,药物”格式录入,建立数据库。

1.3 数据标准化 依据《中华人民共和国药典》(2020年版)^[9]及《中药药名辞典》^[10]的药物名称,在WPS Office表格软件中对方剂内药物名称进行规范化处理,如将“熟地”统一为“熟地黄”“怀山药”统一为“山药”。

1.4 数据分析 1)描述性分析:借助WPS Office表格软件对高频药物的频数进行描述性统计,并使用Python语言绘制高频药物词云图。2)四气五味、归经、类别统计分析:参照“十三五”规划教材《中药学》^[11],对88首含党参处方的药物

进行四气五味、归经及类别的频次统计,并使用Python语言制作雷达图。3)关联规则分析:借助SPSS Modeler 18.0软件中的Apriori算法对高频药物进行关联规则分析。4)复杂网络分析:借助SPSS Modeler 18.0软件的图形网络功能,根据药物间的关联关系绘制用药整体网络图。5)聚类分析:借助SPSS Statistics 19.0软件对中药进行层次聚类分析,归纳治疗心悸的常用药物组合。6)因子分析:借助SPSS Statistics 19.0软件中的降维模块进行主成分分析,并运用KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)检验和Bartlett球形检验进行适应性检验。

1.5 网络构建与分析 登录中药系统药理学数据库与分析平台(traditional Chinese medicine systems pharmacology database and analysis platform, TCMSAP)(<https://old.tcmsp-e.com/tcmsp.php>),根据生物利用度(OB)≥30%且类药性(DL)≥0.18的标准筛选党参的化学成分,并借助该数据库获取其对应靶点蛋白。在UniProt蛋白质数据库(<https://www.uniprot.org/>)中查询靶点蛋白对应的基因名并进行匹配。在GeneCards数据库(<https://www.genecards.org/>)中以“palpitation”为关键词检索心悸相关靶点信息。利用Python语言提取党参与心悸的交集基因,并导入Cytoscape 3.7.2软件对关键靶标网络进行可视化。

1.6 基因功能和通路富集分析 将药物-疾病交集基因导入DAVID数据库(<https://david.ncifcrf.gov/>)进行基因本体论(gene ontology, GO)和京都基因与基因组百科全书(Kyoto encyclopedia of genes and genomes, KEGG)富集分析,使用微生信在线作图软件对分析结果进行可视化。

1.7 蛋白-蛋白相互作用(protein-protein interaction, PPI)网络构建 将药物-疾病交集基因导入STRING数据库(<https://string-db.org/>),获取并下载相互作用文件,构建PPI网络,并使用Cytoscape软件进行可视化分析。

1.8 分子对接验证 将STRING相互作用文件导入Cytoscape软件,依据节点连接度(degree)值,利用插件筛选出排名前4的关键基因和排名前4的核心化合物。通过TCMSAP数据库下载核心化合物的mol2格式结构文件,使用AutoDock Tools转化为pdbqt格式。在蛋白质数据库(protein data bank, PDB)(<http://www.rcsb.org/>)中下载关键基因的PDF格式三维结构文件。使用PyMOL软件

对靶蛋白进行去水、加氢等处理,利用 AutoDock Tools 将其转换为 pdbqt 格式。运行 AutoDock Vina 进行半柔性分子对接,计算化合物与靶蛋白结合的最低结合能,最后使用 PyMOL 软件对对接结果进行可视化处理。

1.9 分子动力学模拟 将分子对接中结合能排名前 4 的配体-受体对接构象导入 Discovery Studio 软件,采用 CHARMM36 力场,经过确定模拟盒子、添加溶剂、定义离子、能量最小化、预平衡等步骤,进行 20 ns 的分子动力学模拟。随后,对体系的均方根偏差(root-mean-square deviation, RMSD) 进行分析,以评估化合物在结合口袋中的稳定性。

2 结果

2.1 药物频次统计 对 88 首含党参处方进行用药频次统计,共涉及 148 味中药,其中频数≥12 的中药共 15 味。使用频率较高的前 5 味药物分别为:党参、茯苓、甘草、当归、白术,见表 1、图 1。

2.2 四气五味、归经、类别统计分析 参照《中药学》^[1]教材对 148 味中药的四气五味、归经及类别进行频次统计,并使用 Python 绘制坐标雷达图。

结果显示:四气中以温性药为主,其次为寒性、平性;五味中以甘味药最多,其次为辛味、苦味;归经中以入脾经、心经的药物最多;药物类别以补虚药为主,其次为清热药、解表药。见图 2。

表 1 中药使用频数表(频数≥12) 次

序号	中药	频次	序号	中药	频次	序号	中药	频次
1	党参	88	6	麦冬	19	11	茯神	14
2	茯苓	36	7	远志	17	12	熟地黄	14
3	甘草	32	8	桂枝	16	13	酸枣仁	13
4	当归	25	9	地黄	15	14	五味子	13
5	白术	22	10	黄芪	15	15	白芍	12



图 1 词云分析图

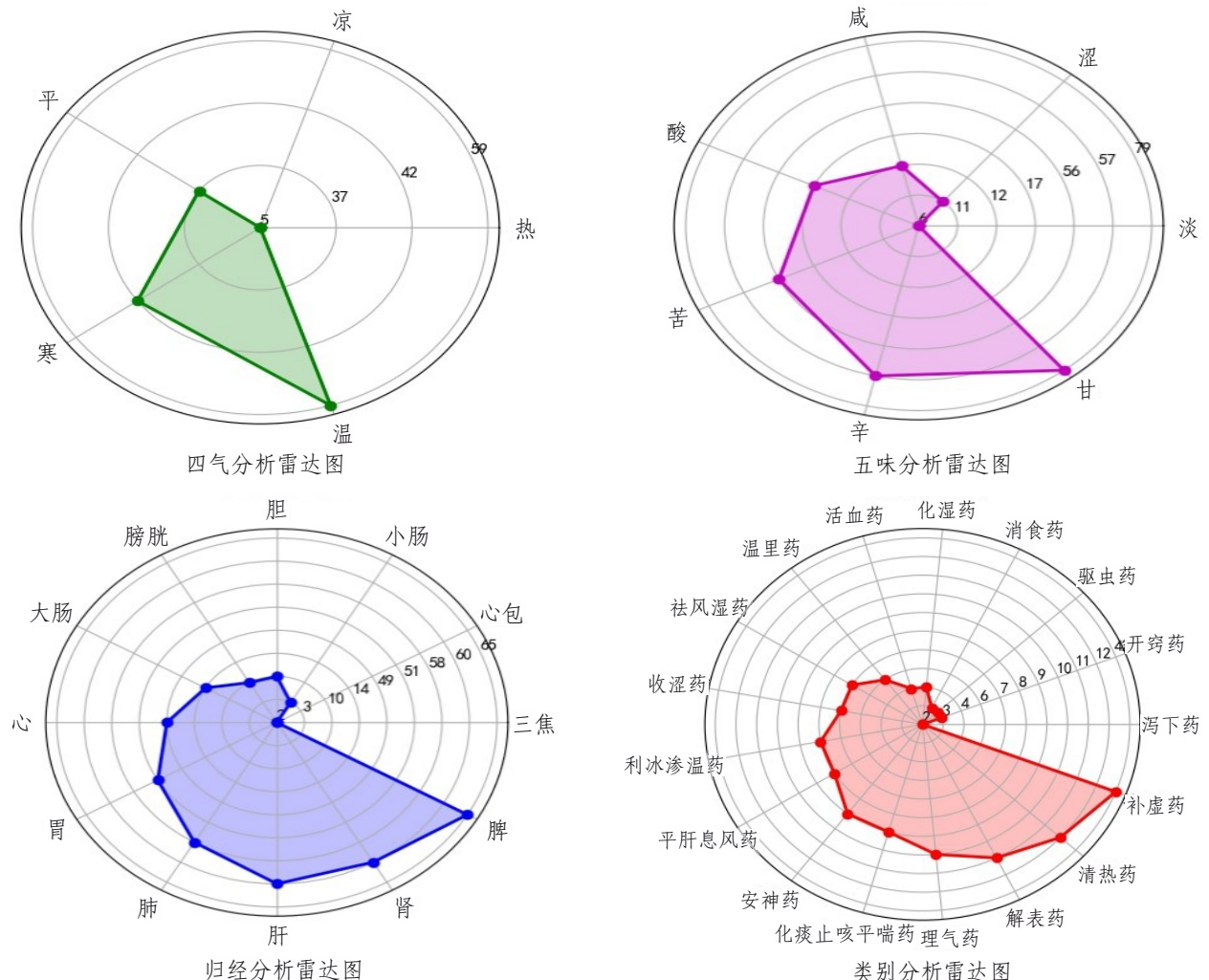


图 2 四气五味归经类别频次统计雷达图

2.3 关联规则分析 应用SPSS Modeler 18.0建立Apriori关联分析模型,设置最小置信度为80%,最小支持度为20%,进行药对关联规则分析,选取增益≥1的药对,按支持度从高到低排列,部分结果见表2。其中,党参-茯苓为支持度最高的药对。

表2 关联规则分析表

后项	前项	支持度 百分比/%	置信度 百分比/%	增益
党参	茯苓	59.01639344	100	1.016666667
党参	甘草	52.45901639	96.88	0.984895833
党参	当归	40.98360656	100	1.016666667
党参	白术	36.06557377	100	1.016666667
党参	甘草 茯苓	34.42622951	100	1.016666667
党参	麦冬	31.14754098	100	1.016666667
党参	远志	27.86885246	100	1.016666667
党参	桂枝	26.2295082	100	1.016666667
党参	白术 茯苓	26.2295082	100	1.016666667
甘草	当归 茯苓	26.2295082	81.25	1.548828125
党参	当归 茯苓	26.2295082	100	1.016666667
白术	黄芪	24.59016393	80	2.218181818
茯苓	黄芪	24.59016393	80	1.355555556
党参	黄芪	24.59016393	100	1.016666667
麦冬	地黄	24.59016393	80	2.568421053
党参	地黄	24.59016393	100	1.016666667
白术	黄芪 党参	24.59016393	80	2.218181818
茯苓	黄芪 党参	24.59016393	80	1.355555556
麦冬	地黄 党参	24.59016393	80	2.568421053
茯苓	当归 甘草	24.59016393	86.67	1.468518519
党参	当归 甘草	24.59016393	100	1.016666667
党参	茯神	22.95081967	100	1.016666667
党参	熟地黄	22.95081967	100	1.016666667
党参	酸枣仁	21.31147541	100	1.016666667
党参	五味子	21.31147541	100	1.016666667
党参	远志 当归	21.31147541	100	1.016666667
党参	远志 茯苓	21.31147541	100	1.016666667
党参	白术 甘草	21.31147541	100	1.016666667

2.4 复杂网络分析 采用SPSS Modeler 18.0绘制治疗心悸的用药整体网络图,连线粗细表示药物间关联的强弱,见图3。

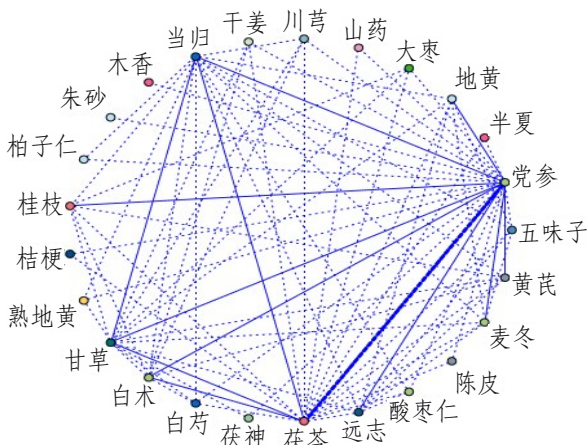


图3 治疗心悸用药整体网络图

2.5 聚类分析 采用SPSS Statistics 19.0对频数排名前30的中药进行系统聚类分析,度量区间采用Pearson相关性,组间联接方法构建树状图,见图4,共得到6组药物聚类组合。第一组(五味子、丹参、麦冬、地黄、桔梗、朱砂)体现滋阴养血、补养安神之法;第二组(当归、远志、酸枣仁、柏子仁、石菖蒲)体现润养心气、安神定志之法;第三组(茯神、熟地黄、党参、山药)体现宁心益智、补养心气之法;第四组(附子、阿胶)体现阴阳双补之法;第五组(大枣、生姜、半夏、桂枝、干姜、甘草)体现温通心阳、调和营卫之法;第六组(茯苓、陈皮、白芍、川芎、白术、黄芪、木香)体现健脾养心、气血双补之法。

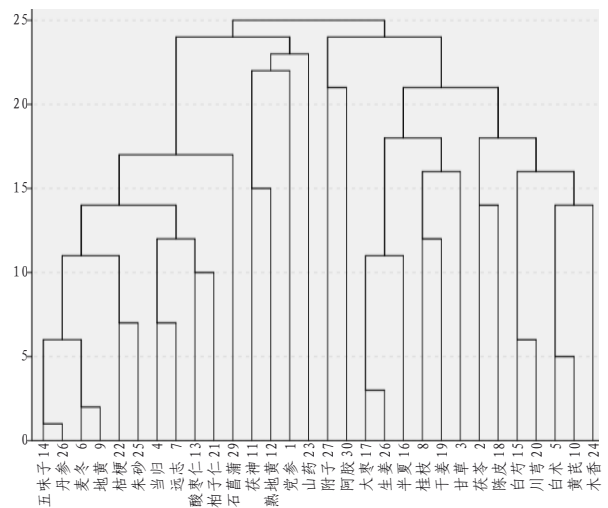


图4 中药聚类分析树状图

2.6 因子分析 对频数排名前30的药物进行因子分析,得出KMO统计量=0.512,Bartlett球形检验 $\chi^2=722.155, P=0.000 < 0.05$,表明适合做因子分析。采用主成分分析法,提取特征值>1的因子10个,累计贡献率为69.759%。通过具有Kaiser标准化的最大方差法旋转得到旋转成分矩阵,将药物归入其载荷值最高的公因子,得到10个公因子。见表3、图5。

表3 公因子信息表

公因子	因子贡献率/%	药物
F1	15.226	丹参、地黄
F2	11.087	川芎、白芍、白术
F3	8.647	生姜、大枣
F4	6.874	熟地黄、当归
F5	5.579	黄芪、远志
F6	5.268	山药
F7	4.886	木香、石菖蒲
F8	4.669	干姜
F9	3.924	陈皮
F10	3.599	附子、黄芪、川芎

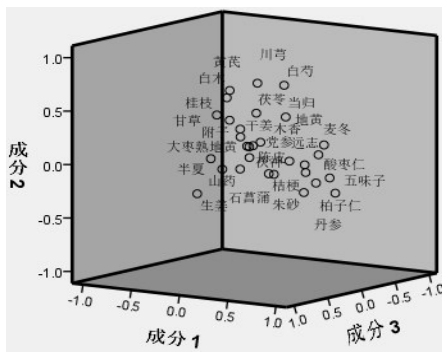


图5 因子分析旋转成分图

2.7 党参治疗心悸的分子机制探讨

2.7.1 党参化学成分及靶点收集 在TCMSP数据库中检索得到党参的化学成分31个,主要包括炔类、木质素类、生物碱类、萜类、甾体类、糖类^[12]。这31个成分在UniProt数据库中匹配到205个相关靶点,部分示例见表4。

表4 党参化学成分及靶点(前20)

分子ID	分子名称	靶点符号
MOL001006	poriferasta-7,22E-dien-3beta-ol	PGR
MOL001006	poriferasta-7,22E-dien-3beta-ol	NCOA2
MOL001006	poriferasta-7,22E-dien-3beta-ol	NR3C2
MOL002579	capsaicin	RELA
MOL002579	capsaicin	VEGFA
MOL002579	capsaicin	BCL2
MOL002579	capsaicin	FOS
MOL002579	capsaicin	CASP3
MOL002579	capsaicin	NFKBIA
MOL002579	capsaicin	JUNB
MOL002579	capsaicin	ALOX5
MOL002579	capsaicin	NFE2L2
MOL002579	capsaicin	GFAP
MOL002579	capsaicin	BQ8482-111048
MOL002579	capsaicin	TGFA
MOL002579	capsaicin	CTRC DKFZp779K0837
MOL002579	capsaicin	TRPV1
MOL002579	capsaicin	CACNA1H
MOL002579	capsaicin	HBB

2.7.2 疾病靶点收集 在GeneCards数据库中以“palpitation”为关键词,共检索得到1662个心悸相关潜在作用靶点。

2.7.3 获取药物-疾病交集基因 利用Python将党参的205个作用靶点与心悸的1662个靶点取交集,得到28个共同的潜在作用靶点(药物-疾病交集基因),并绘制韦恩图。见图6。

2.7.4 “药物-成分-靶点-疾病”网络构建 通过Cytoscape 3.7.2软件构建党参治疗心悸的“药物-成分-靶点-疾病”调控网络。见图7。

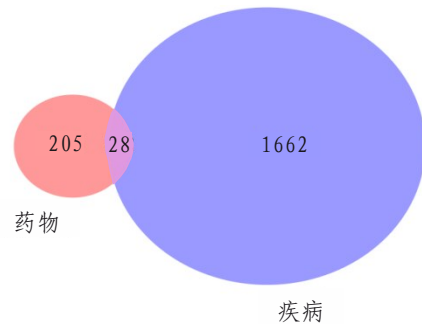
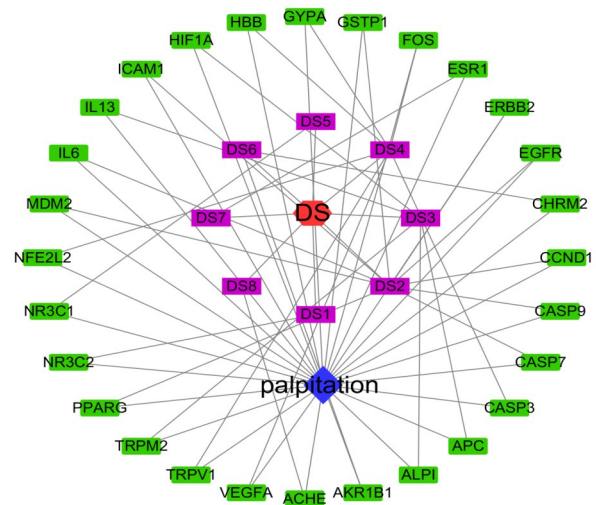


图6 党参与心悸交集靶点韦恩图



注:红色代表药物;蓝色代表疾病;浅紫色代表有效成分;绿色代表药靶。

图7 “药物-成分-靶点-疾病”网络图

2.7.5 GO功能和KEGG通路富集分析 GO富集分析得到123个生物过程(BP)条目,主要涉及一氧化氮生物合成的正调控、细胞对过氧化氢的反应等;15个细胞组成(CC)条目,主要涉及细胞质基质、细胞膜等;31个分子功能(MF)条目,主要涉及一氧化氮合酶调节活性、受体信号蛋白酪氨酸激酶活性等。KEGG富集分析得到34条通路,主要涉及细胞凋亡、HIF-1信号通路、雌激素信号通路、缩宫素信号通路等。选取前10条富集结果绘制气泡图,见图8。

2.7.6 PPI网络构建 将STRING相互作用数据导入Cytoscape,绘制交集基因的PPI网络图见图9。图中红色节点表示连接度(degree)较高,在网络中属于核心靶点。

2.7.7 分子对接验证 依据连接度筛选出排名前4的核心化合物:木犀草素(luteolin)、芹菜素(apigenin)、辣椒素(capsaicin)、豆甾醇(stig-

masterol);排名前4的关键基因为EGFR、CASP3、IL-6、VEGFA。从PDB数据库下载对应靶蛋白(PDB

ID:6Z4B,1GWF,3RCD,6V7K)进行分子对接,结果见表5。

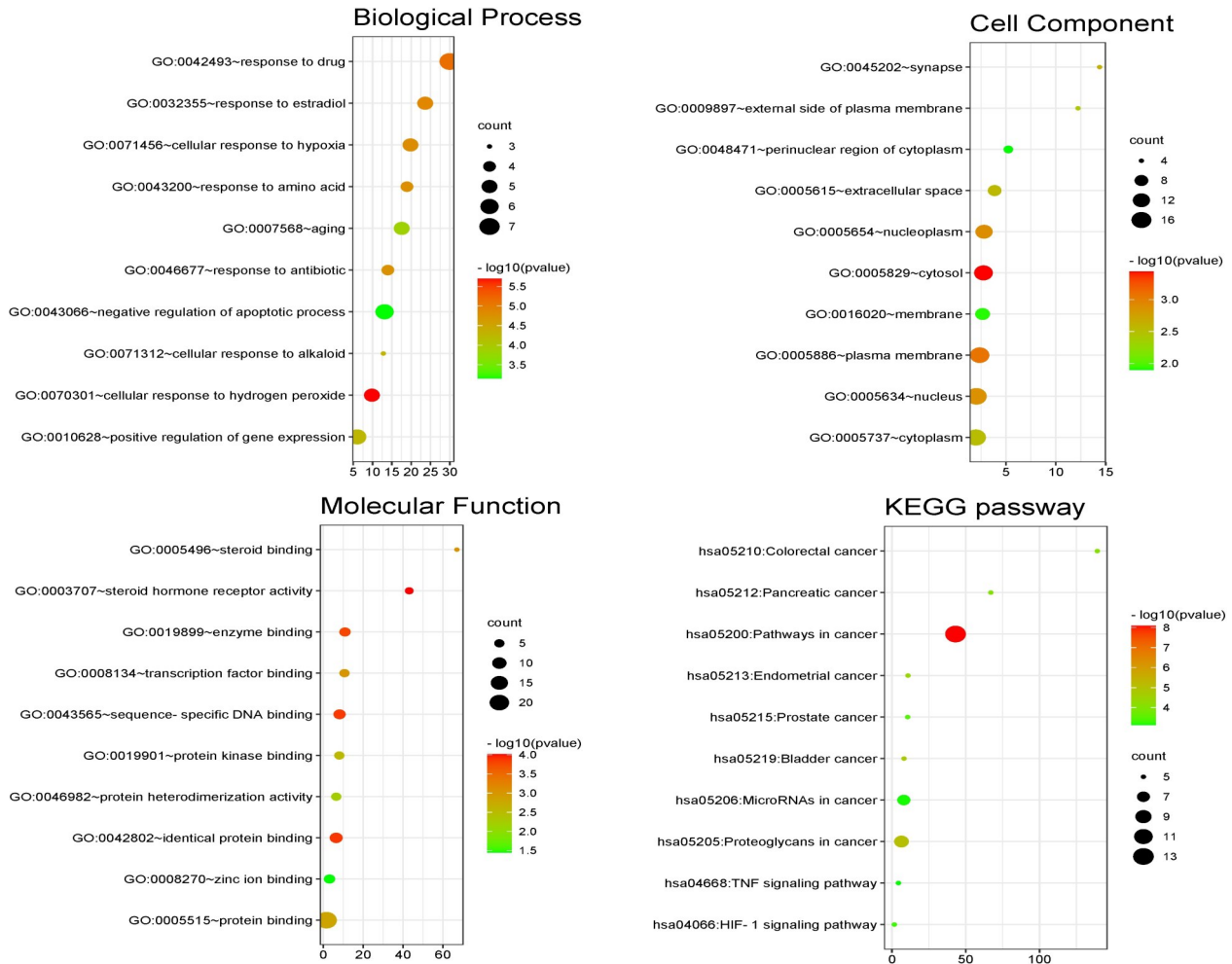


图8 GO和KEGG富集分析气泡图

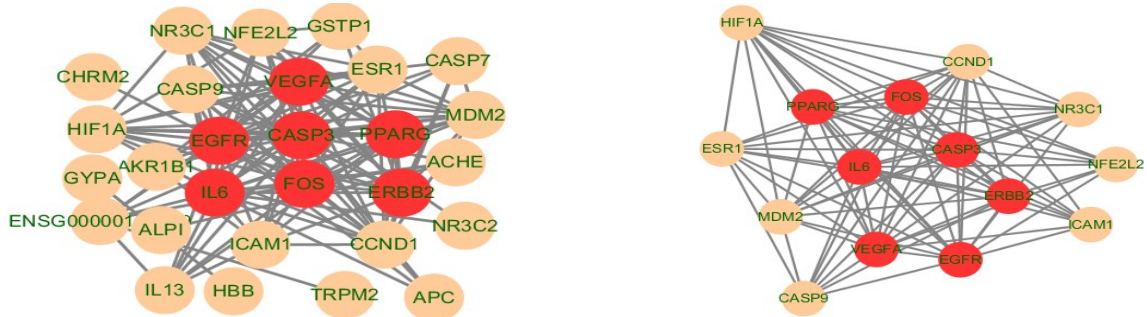


图9 交集靶点PPI网络图

表5 分子对接结合能

化合物	结合能/(kcal·mol ⁻¹)			
	EGFR	CASP3	IL-6	VEGFA
辣椒素(capsaicin)	-6.6	-6.8	-4.4	-5.3
芹菜素(apigenin)	-5.7	-7.4	-4.8	-6.2
木犀草素(luteolin)	-5.6	-7.3	-4.7	-6.4
豆甾醇(stigmasterol)	-4.3	-7.7	-4.5	-6.4

通常认为结合能(ΔG) <0 kcal/mol表明可自发结合,且值越低亲和力越强^[13]。结合能分析显示,

CASP3与豆甾醇的结合能最低(-7.7 kcal/mol),结合活性最强。使用PyMOL软件对结合能排名前4的“化合物-靶蛋白”对接构象进行可视化展示,见图10。

2.7.8 分子动力学模拟 对芹菜素、豆甾醇、木犀草素、辣椒素与CASP3的复合物体系进行20 ns的分子动力学模拟,得到各体系的RMSD变化曲线,见图11。RMSD值趋于稳定表明模拟体系达到平衡,复合物结构稳定^[14]。

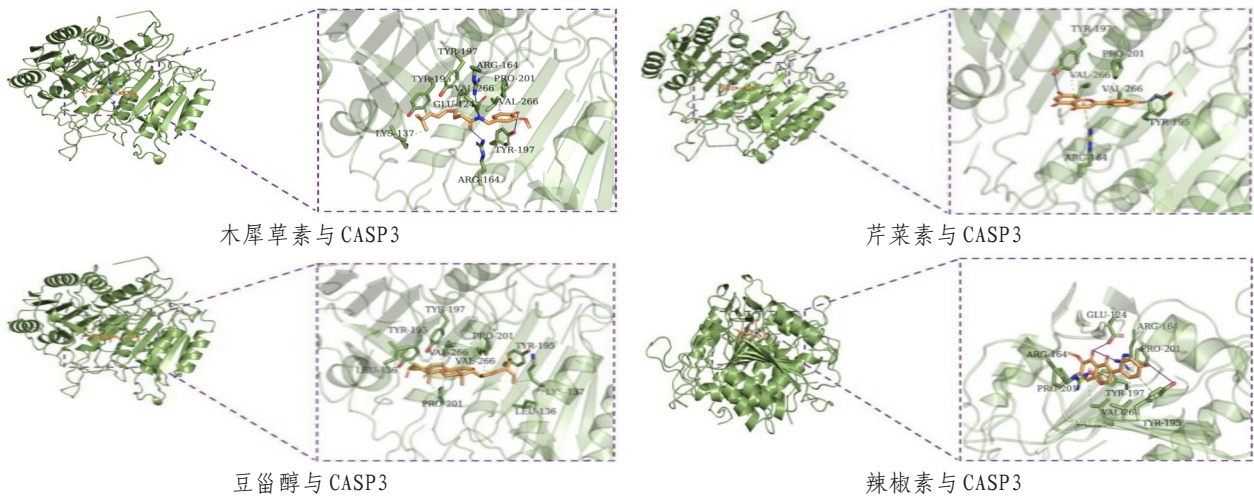


图 10 核心化合物与 CASP3 的分子对接模式图

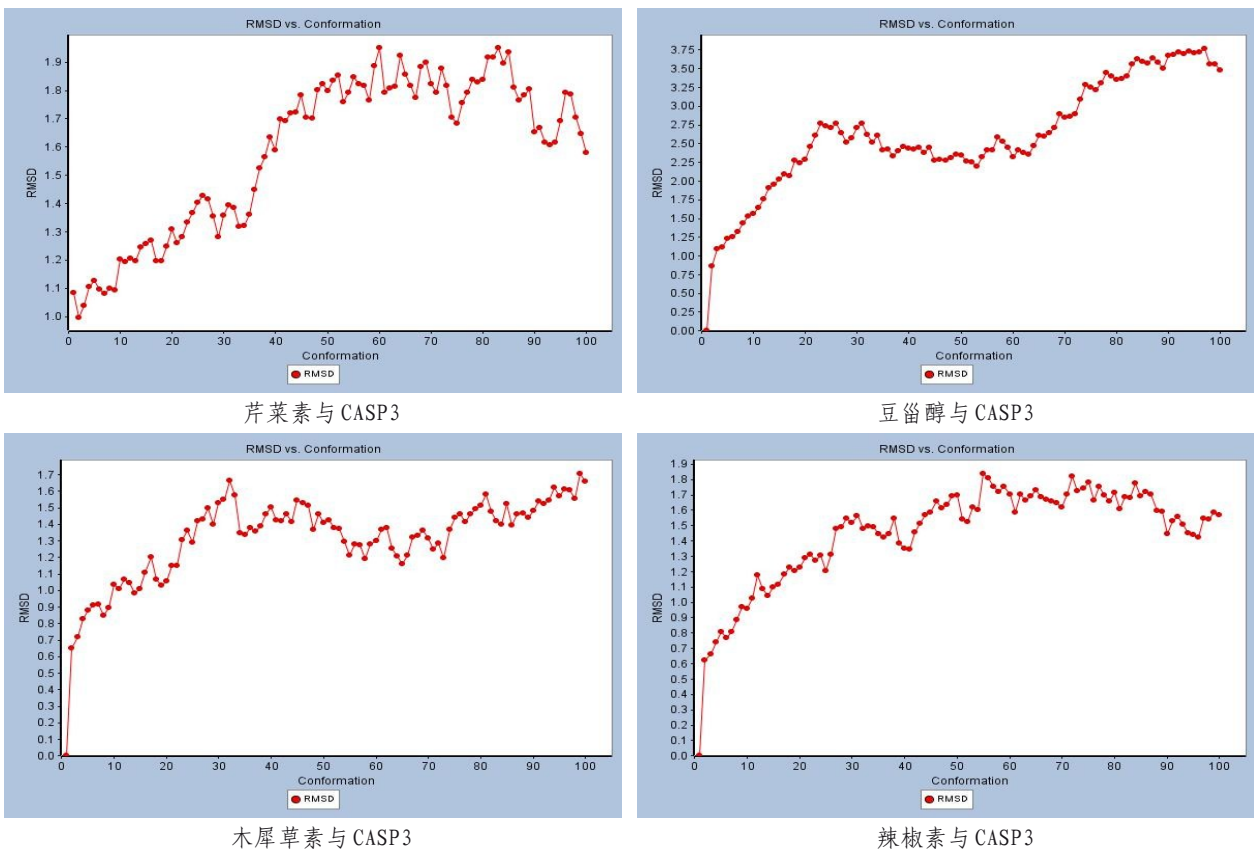


图 11 核心化合物与 CASP3 复合物模拟的 RMSD 变化曲线图

本文从药物频次统计入手,通过关联规则、聚类、因子等分析方法,揭示了含党参方剂治疗心悸的组方规律. 通过网络药理学构建“药物-成分-靶点-疾病”网络,揭示了党参治疗心悸多成分、多靶点、多通路协同作用的特点^[15-16]。

从药物频次统计可见,高频药物为党参、茯苓、甘草、当归、白术,可视为四君子汤加当归,为中医治疗心悸以益气活血为主提供了依据。关联规则支持度最高的药对为党参-茯苓,二者配伍共奏补益心脾、宁心安神之效。网络药理学分析发现,党参治疗心悸的核心化合物主要为辣椒素、木犀

草素、芹菜素、豆甾醇,核心靶点涉及 EGFR、CASP3、IL-6、VEGFA,相关通路主要包括细胞凋亡、HIF-1 信号通路、雌激素信号通路、缩宫素信号通路等。

辣椒素是一种香草酰胺类生物碱,研究表明其可通过减轻心脏负荷和心肌坏死来改善心功能,并通过加快血液循环发挥心脏保护作用^[17]。木犀草素是一种黄酮类化合物,能提高心肌细胞抗氧化能力,减少缺血再灌注导致的心律失常和心肌损伤^[18-19]。芹菜素亦为黄酮类化合物,可通过提高机体抗氧化能力、抑制 NF- κ B/TGF- β 通路活化,从而抑制心脏成纤维细胞活化,发挥抗心肌

纤维化作用^[20]。豆甾醇是植物甾醇之一,在改善和预防心脑血管疾病中具有重要作用^[21]。

EGFR为受体酪氨酸激酶,其促心律失常作用可能与促进钠通道蛋白酪氨酸磷酸化、增强心肌细胞兴奋性相关^[22]。CASP3是细胞凋亡的执行者,其激活可导致心肌细胞凋亡,与心血管疾病发生密切相关^[23]。IL-6可通过影响心肌细胞内钙离子稳态,损害心肌收缩力,从而介导心律失常^[24]。VEGFA是血管生成的关键生长因子,心肌缺血时可促进新生血管形成,建立侧支循环,挽救濒死心肌^[25]。细胞凋亡是心肌损害及后续心律失常、心衰的关键环节^[26]。HIF-1是缺氧应答的关键转录因子,心肌缺血时该通路激活可限制梗死面积、改善心功能并促进血管新生^[27]。雌激素(主要为雌二醇)可通过其信号通路减少心肌梗死面积、抑制细胞凋亡、降低室性心律失常风险,发挥心脏保护作用^[28]。缩宫素是一种具有血管活性的肽类激素,其引起心律变化的机制可能与心肌细胞存在缩宫素受体有关,该信号通路激活可能导致心肌细胞电活动不稳定,诱发快速性心律失常^[29]。本文综合运用数据挖掘和网络药理学方法,对含党参方剂治疗心悸的用药规律及分子机制进行了深入探讨,为党参的临床应用和资源开发提供了参考,也为中医治疗心悸提供了现代药理学依据和支持。

参考文献

- [1] 康廷国. 中药鉴定学[M]. 北京:中国中医药出版社,2016:160.
- [2] 赵学敏. 本草纲目拾遗[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020:23.
- [3] 张瑞贤. 植物名实图考校释[M]. 北京:中医古籍出版社,2008:130-131.
- [4] 刘德军. 药用动植物种加工技术·党参[M]. 北京:中国中医药出版社,2001:3.
- [5] 郝春会. 中西医结合治疗心悸的疗效观察[J]. 临床医药文献电子杂志,2010,3(7):1223-1224.
- [6] 吴洁. 心悸的中医辨证施治体会[J]. 临床合理用药杂志,2017,10(29):30-31.
- [7] 牛兵占. 黄帝内经素问译注[M]. 北京:中医古籍出版社,2003:153.
- [8] 彭怀仁. 中医方剂大辞典[M]. 北京:人民卫生出版社,1993:1-11946.
- [9] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 2020年版. 北京:中国医药科技出版社,2020:1-6.
- [10] 蔡永敏. 中药药名辞典[M]. 北京:中国中医药出版社,1999:1-47.
- [11] 王建. 中药学[M]. 2版. 北京:中国医药科技出版社,2019:1-300.
- [12] 谢琦,程雪梅,胡芳弟,等. 党参的化学成分、药理作用及质量控制研究进展[J]. 上海中医药杂志,2020,54(8):94-104.
- [13] 杨昱,赵峻,邓峰,等. 基于网络药理学及分子对接研究参芪扶正注射液抗非小细胞性肺癌的作用机制[J]. 世界中医药,2021,16(20):2957-2965.
- [14] 张心苑. 基于Discovery Studio分子模拟药物设计软件的拉伸分子动力学[J]. 智慧健康,2018,4(7):74-76.
- [15] 朗霞,张海虹,李会芳. 巴戟天治疗抑郁症在整合药理学下的作用机制探索[J]. 药物评价研究,2019,42(1):63-69.
- [16] 杨继红,姚帅君,贺文彬,等. 基于数据挖掘和分子对接探讨含党参方剂治疗消渴用药规律及分子机制研究[J]. 西部中医药,2025,38(8):24-30.
- [17] 曹翔,李晶,于海涛,等. 辣椒素对心肌梗死大鼠心功能及梗死面积的影响[J]. 中国老年学杂志,2019,39(10):2490-2492.
- [18] 闫庆峰,闫高峰,李跃萍,等. 木犀草素对冷保存大鼠心脏心功能及氧化应激反应的影响[J]. 昆明医学院学报,2012,33(2):27-30.
- [19] 余林波,周鹏,林谦,等. 基于网络药理学和分子对接技术探讨芪参六味方治疗心肌纤维化的作用机制[J]. 西部中医药,2025,38(8):51-58.
- [20] 王峰. 微小RNA-122-5p和155-5p在芹菜素改善TGF-β1/Smads介导心肌纤维化中作用的研究[D]. 苏州:苏州大学,2020.
- [21] 张蕾,陈庆森,阎森丽,等. 植物甾醇对心血管疾病作用的研究现状[J]. 食品科学,2013,34(23):344-350.
- [22] 冯梅,向继州,刘慧. 表皮生长因子受体在心肌缺血再灌注心律失常中的作用及机制[C]. 第十届全国心血管药理学学术会议暨2010国际心血管药理高峰论坛论文集. 成都:中国药理学会,2010:52-57.
- [23] 谢亚芹,李秀芬,赵娟,等. 不同剂量瑞舒伐他汀对心肌缺血再灌注损伤大鼠心肌细胞凋亡及caspase-3的影响[J]. 重庆医学,2019,48(1):27-30.
- [24] ALÍ A, BOUTJDIR M, AROMOLARAN A S. Cardioprotective, inflammation, and arrhythmias: role for interleukin-6 molecular mechanisms [J]. Fronti physiol, 2019,10:8-10.
- [25] 毛瑞明,杜中波,高卫民,等. 大鼠急性心肌缺血后血管内皮生长因子的表达变化[J]. 法医学杂志,2012,28(3):179-184.
- [26] 张小蕾,黄伟,杨琪琪,等. 电针预处理对心肌缺血/再灌注损伤大鼠线粒体活性氧诱导的细胞凋亡的影响[J]. 针刺研究,2020,45(12):961-967.
- [27] 张圆,曹志鹏,毛瑞明,等. HIF-1α、VEGF-A在心律失常大鼠心肌组织中的变化[J]. 法医学杂志,2017,33(3):225-231.
- [28] 朴伶华,姜圣男,柳贤德. 雌激素对小鼠心肌细胞ATP敏感性钾离子通道活性的影响[J]. 中国比较医学杂志,2014,24(6):16-21.
- [29] 刘斌. 无痛人流术缩宫素子宫肌注引起心率失常观察[J]. 实用妇科内分泌电子杂志,2019,6(22):139,141.

收稿日期:2025-09-26

*基金项目:山西省国际科技合作重点研发项目(201803D421006);山西省科技基础条件平台项目(201605D121011);山西中医药大学科研项目(2020PY-FZ-15)。

作者简介:姚帅君(1998—),男,硕士学位。研究方向:区域医学史。

△通讯作者:闫敬来(1979—),男,硕士研究生导师,副教授。研究方向:中医医史文献研究。Email:yjl@sxtcm.edu.cn。