

DOI: 10.20135/j.issn.1006-8147.2025.01.0019

论著

# 基于网络药理学及分子对接探讨丹参治疗特发性耳鸣的作用机制

王俊臻<sup>1</sup>, 霍磊<sup>2</sup>

(1.天津中医药大学第二附属医院耳鼻喉科, 天津 300250; 2.天津中医药大学第二附属医院中医外科, 天津 300250)

**摘要** **目的:**通过网络药理学及分子对接研究丹参治疗特发性耳鸣的作用机制。**方法:**通过中药系统药理学数据库与分析平台(TCMSP)筛选丹参的药物成分,使用 Swiss Target Prediction 预测药物成分的作用靶点;运用人类基因组数据库(GeneCards)及人类孟德尔遗传疾病在线数据库(OMIM)获取特发性耳鸣的疾病靶点,利用 venny 2.1 获取交集靶点。使用 String 进行蛋白质互作(PPI)网络分析并使用 Cytoscape 构建网络图,利用 DAVID 数据库进行基因本体(GO)和京都基因与基因组百科全书(KEGG)分析。使用 Cytoscape 软件构建“成分-靶点-通路”网络图。利用化学数据库(PubChem)、生物大分子结构数据库(PDB)及分子可视化软件(PyMol)、AutoDockTools1.5.7 软件进行分子对接。**结果:**研究发现丹参中的 31 个有效成分通过多条通路直接作用于 13 个疾病靶点以治疗特发性耳鸣,其中黄酮素、毛地黄黄酮、诺坦申酮、隐丹参酮等是核心成分,PTPT11、TERT、STAT3、MMP9、AKT1 蛋白是至关重要的靶点。基因功能注释分析结果显示,交集基因最可能相关的生物过程主要涉及对紫外线-A 的细胞反应、内在凋亡信号通路的负调控、细胞对脂多糖的反应、对凋亡过程的负调控等,细胞组分主要涉及细胞外空间、细胞外泌体、细胞外基质、核质和等离子膜等,分子功能主要涉及丝氨酸型内肽酶活性、肽链内切酶活性、肽酶活性、金属内肽酶活性和 ATP 结合等。通路富集分析结果提示,丹参主要参与脂质和动脉粥样硬化、松弛素、脂肪细胞因子、催乳素(PRL)、白细胞介素(IL)-17、内分泌抗性、肿瘤坏死因子(TNF)、雌激素等信号通路。分子对接显示黄酮素和 MMP9、TERT、AKT1 靶点具有较好的结合力。**结论:**丹参主要通过调节脂质和动脉粥样硬化、松弛素、脂肪细胞因子、PRL、IL-17、内分泌抗性、TNF、雌激素等信号通路的 PTPT11、TERT、STAT3、MMP9、AKT1 等靶点治疗特发性耳鸣。

**关键词** 丹参;特发性耳鸣;网络药理学;分子对接;作用机制

中图分类号 R25

文献标志码 A

文章编号 1006-8147(2025)01-0019-06

## The mechanism of salvia miltiorrhiza in the treatment of idiopathic tinnitus based on network pharmacology and molecular docking

WANG Junzhen<sup>1</sup>, HUO Lei<sup>2</sup>

(1. Department of Otolaryngology, The Second Affiliated Hospital of Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 300250, China; 2. Department of Surgery, The Second Affiliated Hospital of Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 300250, China)

**Abstract** **Objective:** To study the mechanism of salvia miltiorrhiza in the treatment of idiopathic tinnitus through network pharmacology and molecular docking. **Methods:** The drug components of salvia miltiorrhiza were screened using the Traditional Chinese Medicine Systems Pharmacology Database and Analysis Platform (TCMSP), and the Swiss Target Prediction was used to predict the target of drug components. GeneCards and OMIM were used to obtain disease targets of idiopathic tinnitus, and venny 2.1 was used to obtain intersection targets. Protein-protein interaction (PPI) network analysis was conducted using STRING, and network diagram was constructed with Cytoscape. Gene ontology (GO) and Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes (KEGG) analysis were performed using DAVID database. The Component-Target-Pathway network diagram was constructed using Cytoscape software. Molecular docking was performed using chemical databases (PubChem), biomacromolecule structure databases (PDB), molecular visualization software (PyMol) and AutoDock Tools 1.5.7 software. **Results:** It was found that 31 active components of Salvia miltiorrhiza directly acted on 13 disease targets to treat idiopathic tinnitus through multiple pathways, among which lutein, digitalone, notemschenone and cryptotanshinone were core components, and PTPT11, TERT, STAT3, MMP9 and AKT1 were crucial targets. The results of gene function annotation analysis showed that the biological processes most likely related to intersection genes mainly involved cellular response to UV-A, negative regulation of intrinsic apoptotic signaling pathway, cellular response to lipopolysaccharide, negative regulation of apoptotic process, etc. Cell components mainly involved extracellular space, extracellular exosome, extracellular matrix, nucleoplasm, plasma membrane, etc. The molecular

**作者简介** 王俊臻(1987-),女,主治医师,硕士,研究方向:中西医结合治疗耳鼻咽喉科常见疾病;通信作者:霍磊,E-mail:tjzydxhuolei@126.com。

functions mainly involved serine-type endopeptidase activity, endopeptidase activity, peptidase activity, metalloendopeptidase activity, ATP binding and so on. The results of pathway enrichment analysis showed that salvia miltiorrhiza was mainly involved in lipid and atherosclerosis, relaxin, adipocytokine, prolactin (PRL), interleukin (IL)-17, endocrine resistance, tumor necrosis factor (TNF), estrogen and other signaling pathways. Molecular docking analysis showed good binding force between lutein and the targets of MMP9, TERT, and AKT1. **Conclusion:** Salvia miltiorrhiza treats idiopathic tinnitus by regulating PTPT11, TERT, STAT3, MMP9, AKT1 and other targets of lipid and atherosclerosis, relaxin, adipocytokine, PRL, IL-17, endocrine resistance, TNF, estrogen and other signaling pathways.

**Key words** salvia miltiorrhiza; idiopathic tinnitus; network pharmacology; molecular docking; action mechanism

耳科常见三大症状:耳鸣、耳聋和眩晕,是现代临床的三大难题,其中耳鸣的治疗效果不佳。耳鸣指患者在安静环境、外界没有任何声源刺激的情况下,耳部主观感知到的一种异常声音<sup>[1]</sup>。特发性耳鸣是耳鸣的一种特殊类型,指不存在任何外源性的声或电刺激下的一种声音感觉,于 2021 年全国耳鸣专家共识研讨会提出。耳鸣是一种疾病,同时也是多种疾病可表现出来的一种临床症状。随着现代社会模式的变化、现代工业的出现,社会压力、环境噪音及无线电刺激等日渐增加,耳鸣患者越来越多,以年轻患者居多,且常常伴有心理疾病的症状,如烦躁、焦虑、抑郁等,严重影响患者的身心健康和生活质量<sup>[2-3]</sup>。由于耳鸣的病因、发病机制和病理生理变化均不明确,目前尚无特效的治疗方法和药物<sup>[4]</sup>。

中医学上认为耳鸣由心、肾、肝、脾、肺五脏腑功能紊乱引起,风火痰湿邪气上犯耳窍,气血阴阳逆乱所致<sup>[5]</sup>。目前临床以气机调理和活血通窍为治疗原则,并突出中医特色,因人而异,辨证论治及全身多脏腑共同调理的治疗观念。根据耳鸣的临床症状分实证和虚证:实证为风热外袭证、肝火上扰证、痰火瘀结证 3 种;虚证为心血不足证、脾气虚弱证、肾精不足证、肾气亏虚证 4 种。中医治疗耳鸣包含中医内治法和外治法,而以内治法使用较广,其中又以中草药治疗为首选,依据望、闻、问、切进行辨证论治,进行精准和个体化治疗。中医药治疗特发性耳鸣疗效显著,笔者临床工作中应用活血药物治疗特发性耳鸣,其中常用药物为丹参,其临床疗效较好,但丹参治疗特发性耳鸣的具体机制尚不明确。因此,本研究通过网络药理学方法和分子对接技术分析丹参治疗特发性耳鸣的有效药物成分、相关靶点蛋白以及分子通路,为丹参治疗特发性耳鸣提供基础理论依据。

## 1 材料与方法

1.1 药物成分筛选 查询中药系统药理学数据库与分析平台(TCMSP, <http://tcmispw.com/tcmisp.php>)及 ETCM(<http://www.tcmip.cn/ETCM/>)中丹参的药物成分,将口服生物利用度(OB)≥30%且药物相似

度(DL)≥0.18 作为 TCMS 中的筛选参数;将类药性值(Drug likeness Weight)≥0.49 且 ADMET Absorption Level 为 0 或 1 作为传统中药百科全书的数据库 ETCM 中的筛选参数 [Drug likeness Weight 在 0~1,分为 3 级:弱(weak)<0.49;0.49≤中(moderate)≤0.67;好(good)>0.67;药物动力学(ADMET Absorption Level)共 4 级:0 为“好(Good)”、1 为“中(Moderate)”、2 为“低(Low)”、3 为“较低(Verylow)”]。将所得成分输入 PubChem(<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>)统一药物成分名称,同时下载成分的 3D/2D 结构,以便用于后期预测靶点和分子对接;在 PubChem 中未检索到的成分,通过文献查询自行绘画其 2D 结构。

1.2 药物作用疾病靶点筛选 通过 Swiss Target Prediction(<http://www.swisstargetprediction.ch/>)检索药物成分所对应的靶点,筛选靶点和保留最终所使用靶点的设置参数是置信度(probability)≥0.12。运用人类基因组数据库(GeneCards, <https://www.genecards.org/>)及人类孟德尔遗传疾病在线数据库(OMIM, <https://omim.org/>),以“idiopathic tinnitus”为检索词获取疾病靶点,GeneCards 选取相关性得分(relevance score)≥6.6 的疾病靶点。然后将药物靶点和疾病靶点导入 venny2.1 网站分析交集,将共同靶点数据输出,共同靶点即认为是丹参治疗特发性耳鸣的作用靶点。

1.3 蛋白-蛋白相互作用(protein-protein interaction, PPI)分析 将药物靶点和疾病靶点交集后的共同靶点导入 STRING(<https://string-db.org/>)网站分析靶点 PPI,隐去游离靶点并选择剩下靶点,分析数据结果保存并采用 Cytoscape3.7.0 软件进行图形构建和可视化分析。

1.4 基因功能注释分析 将交集靶点导入 DAVID 数据库(<https://david.ncifcrf.gov/>),分别进行生物过程(biological process, BP)、分子功能(molecular function, MF)、细胞组分(cellular component, CC)的基因本体(gene ontology, GO)富集分析及京都基因与基因组百科全书(Kyoto encyclopedia of genes and ge-

nomics,KEGG)信号通路分析,选取  $P<0.05$  的数据。使用 KEGG(<https://www.kegg.jp/>)绘制关键通路图。

**1.5 “成分-靶点-通路”网络构建** 将药物成分、交集靶点和通路数据输入 Cytoscape 软件,进行分析处理并构建“成分-靶点-通路”网络图,体现出药物成分、交集靶点和主要通路间相互作用,利用Cytoscape 插件 Analyze network 分析网路数据,依据“degree”值排序筛选出网络中核心成分和核心靶点。

**1.6 药物成分和核心靶点进行分子对接** 选取核心成分与其作用的重要靶点进行分子对接。在化学数据库(PubChem)获取对接化合物的 3D 结构,在生物大分子结构数据库(PDB)获取对接靶蛋白及配体的结构,利用 AutoDockTools1.5.7 软件进行分子对接。并利用 PyMol 软件进行可视化。

## 2 结果

**2.1 药物成分筛选** 数据库共检索出丹参成分 202 个。整理、检索靶点后得到药物成分 31 个。

**2.2 药物成分靶点、疾病靶点和交集靶点** 通过检索后得到有效药物成分靶点 279 个,去除重复靶点后得到单一靶点 139 个。通过疾病库的检索后,将数据库靶点进行汇总,去除重复靶点保留后得到单一靶点 288 个。药物靶点与疾病靶点取交集得到丹参治疗特发性耳鸣的作用靶点 13 个(图 1)。

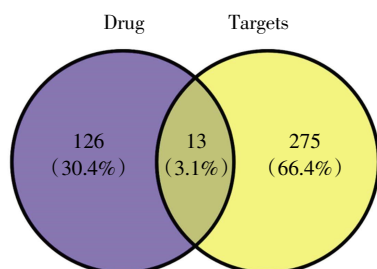


图 1 交集靶点韦恩图

Fig.1 Wayne diagram of intersecting targets

**2.3 PPI 网络** 将药物、疾病靶蛋白的共同靶蛋白进行 PPI 分析,得到作用节点 13 个,PPI 联系线 38 条,如图 2。靶蛋白作用的重要性和靶点间的紧密联系相关,联系越紧密表明靶蛋白越重要。

**2.4 GO 富集分析** 对交集靶点进行 BP、CC 及 MF 的 GO 富集分析,得到 BP 52 个、CC 8 个、MF 12 个。以 Log q 值进行降序排序,分别将排序前 5 位的 BP、CC、MF 制作柱形图,见图 3。基因功能注释分析结果显示,交集基因最可能相关的 BP 主要涉及对紫外线-A 的细胞反应、内在凋亡信号通路的负调控、细胞对脂多糖的反应、对凋亡过程的负调控等;CC 主要涉及细胞外空间、细胞外泌体、细胞外基质、核质和等离子膜等,MF 主要涉及丝氨酸型内肽

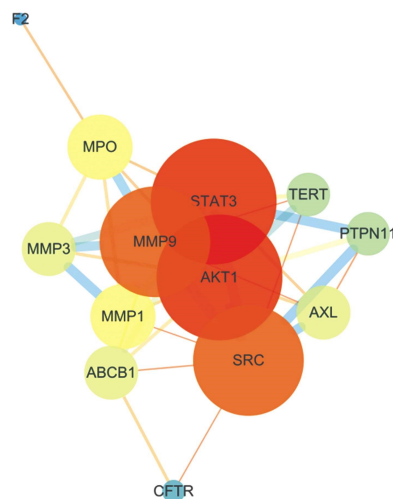


图 2 交集靶点 PPI 网络图

Fig.2 PPI network diagram of intersection targets

酶活性、肽链内切酶活性、肽酶活性、金属内肽酶活性和 ATP 结合等。

**2.5 KEGG 信号通路分析** 对药物、疾病共同靶蛋白进行 KEGG 分析,结果获得有效的分子通路是 33 条,以 Log q 值进行降序排序,将值较大的前 20 条分子通路制作气泡图,见图 4。通路富集分析结果提示,丹参主要参与脂质和动脉粥样硬化、松弛素、脂肪细胞信号因子、催乳素(PRL)、白细胞介素(IL)-17、内分泌抗性、肿瘤坏死因子(TNF)、雌激素等信号通路。

**2.6 网络图构建** 根据  $P$  值从小到大排序,选取前 5 条通路做成分-靶点-通路网络图(图 5)。结果表明,丹参有 31 个有效药物成分可以作用于 13 个靶蛋白,治疗特发性耳鸣,机制和多个信号通路相关,网络图还表明丹参治疗特发性耳鸣具有成分多、靶点多和分子通路复杂的特点。其中黄体素、毛地黄黄酮、诺坦申酮、隐丹参酮等是核心成分。排序后得到度值  $\geq 5$  的有效成分是 Luteolin(表 1),Luteolin 是丹参治疗特发性耳鸣的核心成分。分析排序后得到度值  $> 5$  的靶点 PTPN11、STAT3、MMP9、TERT、AKT1 等,提示这些靶点是丹参治疗特发性耳鸣的核心靶点。

**2.7 分子对接** 依据度值进行降序排序,接收前几位的化合物,按照度值排序,筛选排名前 10 位的靶点和药物成分以及网络图中度值较大的靶蛋白,将二者进行分子和配体的接合,其中分子结合能大小是结合性能的体现,结合能和对接性成反比,目前认为结合能  $\leq -5.0$  kcal/mol 是良好结合性能的参数,结合能数据见表 2。部分核心成分与相作用的关键靶点的分子对接结果见图 6。

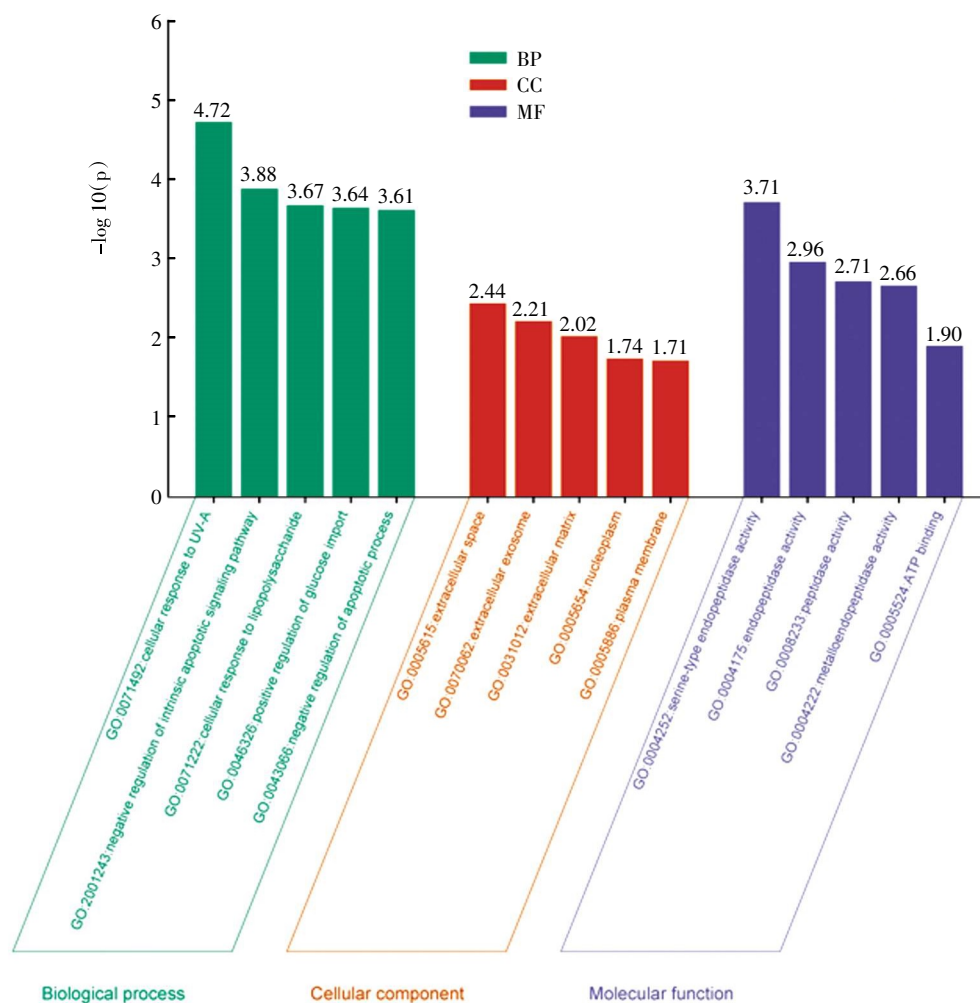


图 3 GO 分析柱状图

Fig.3 GO analysis bar chart

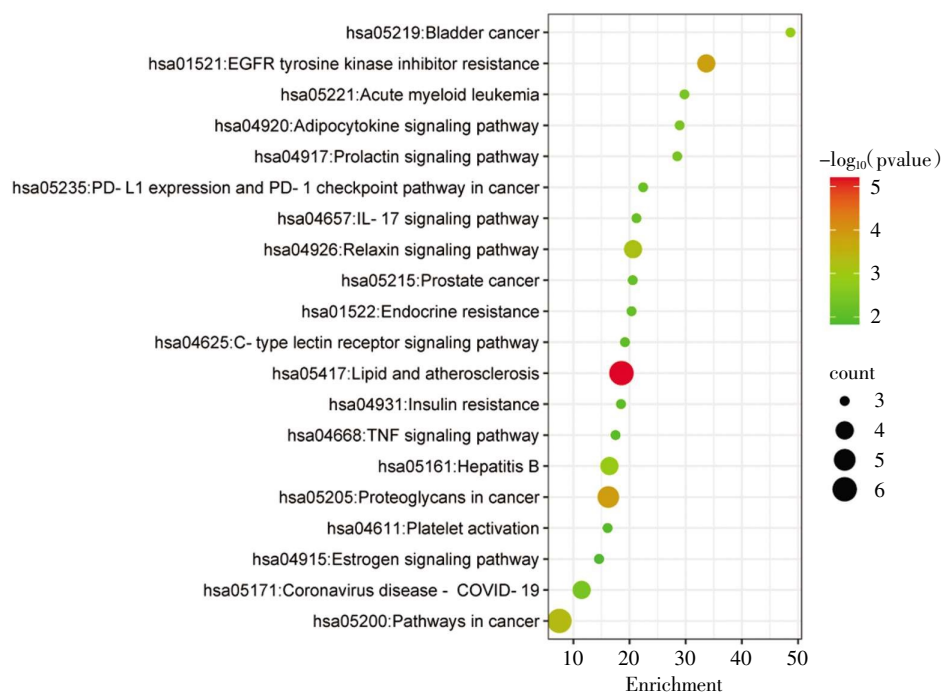


图 4 KEGG 气泡图

Fig.4 KEGG bubble diagram



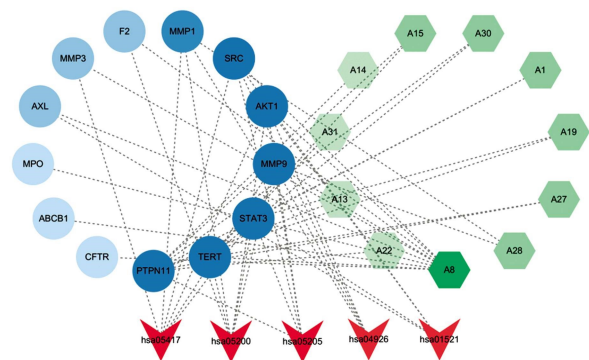
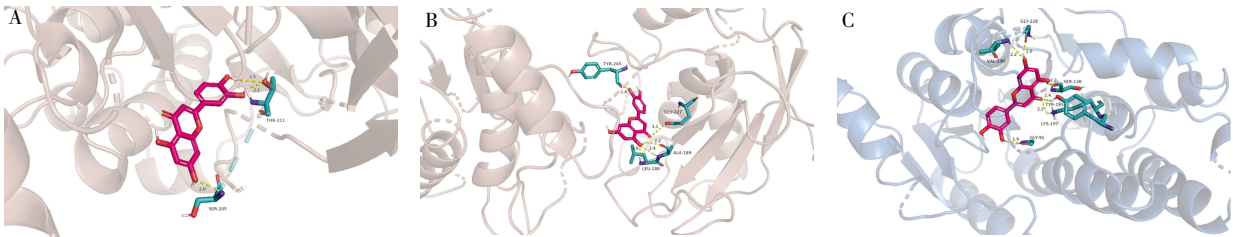


图 5 成分-靶点-通路网络图  
Fig.5 Composition-target-path network diagram



注：A：AKT1-Luteolin；B：MMP9-Luteolin；C：TERT-Luteolin  
图 6 分子对接图  
Fig.6 Molecular docking diagram

3 讨论

丹参味苦,性微寒,入心、肝经,具有活血化瘀、通经止痛、清心除烦、凉血消痈之效<sup>[6-7]</sup>。丹参为我国传统中药,始载于《神农本草经》,列为上品,之后历代本草均有记载,享有“一味丹参,功同四物”的盛誉。《本草正》言“丹参,养血活血,生新血,行宿血……心脾肝肾血分之药”,提示丹参为血分代表药,在《妇人良方》丹参饮、《古方汇精》一味通瘀饮中皆仅一味丹参而成方,足见古代医家对丹参功效的认可。现代药理研究发现丹参在抗肿瘤、保护心脑血管、调节女性生殖、抗氧化方面有显著疗效,在抗炎、抗纤维化、治疗肾脏疾病、防治骨质疏松等方面也发挥着巨大作用<sup>[8-9]</sup>。

目前耳鸣的发病机制尚不清楚,影响因素颇多且相互作用,因此发病机制极其复杂。中医药治疗耳鸣具有个体化全方面治疗的特点,不仅是调理肾脏功能,而是以五脏紊乱理论,由心、肾、肝、脾、肺五脏腑功能紊乱和体质调理开始,也很重视患者的身心和情绪及环境易感因素和敏感声音刺激,关注患者耳鸣的发作时间、发作特点和伴随症状,辨证施治,重视舌诊,多脏腑联合治疗,做到精准治疗<sup>[10]</sup>。中医药治疗耳鸣方法较多,主要为内治、外治和特殊疗法,内治法主要以中药治疗为主,外治法包含针灸、穴位注射和刺络放血等,特殊疗法主要包含正确的引导患者平时心理变化、情绪身心变化和控

表 1 核心成分  
Tab.1 Core components

成分名称	度值	成分来源
Luteolin	10	丹参

表 2 核心成分与重要靶点分子对接结果  
Tab.2 Molecular docking results of core components and important targets

对接化合物	对接靶蛋白	最低结合效能(kcal/mol)
Luteolin	MMP9	-7.64
Luteolin	TERT	-6.91
Luteolin	AKT1	-5.84

制外在的易感因素等方法。现代西方医学以对症改善神经作用为主,中医更具有标本兼治和内外兼修的整体治疗观念,更能够改善耳鸣症状和去除病因<sup>[11-12]</sup>。现代临床治疗耳鸣继承中医多年的经验,除调理气机之外,增加了活血通窍的治疗原则,更能够突出辨证施治和整体治疗理念以及减少伴随症状和病情加重的可能。

特发性耳鸣发病机制与组织缺血引起的缺氧状态相关,而中药丹参具有活血改善血循环和抗氧化的作用。耳鸣治疗的目标:明显降低耳鸣甚至是消除对患者日常生活习惯和工作习惯的影响。耳鸣严重时不仅影响患者正常作息,而且还会影响患者的身心健康和正常心理,因此临床中医师不仅要治疗耳鸣,还要使用改善身心和睡眠的药物。比较常见的是临床使用心理辅导或调节终末血管的药物来改善患者的睡眠和身心健康。近些年临床常用治疗耳鸣药物:改善血液循环的血管扩张剂和钙离子拮抗剂、中成药;改善能量代谢药物,如 ATP、辅酶 A;抗焦虑、抗抑郁药,如多虑平、舒乐安定;抗惊厥药,如卡马西平、氯硝西泮<sup>[13]</sup>。由于后两类不良反应较大,且长期应用有加重耳鸣的可能,临床上常使用前两类药物。而丹参作为“血药之冠”,能够活血通窍,治疗特发性耳鸣时能够显著改善血液循环及耳鸣的症状。

本研究发现丹参中的 31 个有效成分通过多条

通路直接作用于13个疾病靶点治疗特发性耳鸣,其中黄体素、毛地黄黄酮、诺坦申酮、隐丹参酮等是核心成分,PTPT11、TERT、STAT3、MMP9、AKT1是至关重要的靶点。基因功能注释分析结果显示,交集基因最可能相关的BP主要涉及对UV-A的细胞反应、内在凋亡信号通路的负调控、细胞对脂多糖的反应、对凋亡过程的负调控等;CC主要涉及细胞外空间、细胞外泌体、细胞外基质、核质、等离子膜等;MF主要涉及内肽酶活性、肽酶活性、金属后肽酶活性、ATP结合等。通路富集分析结果提示丹参主要参与脂质和动脉粥样硬化、松弛、脂肪信号、PRL、IL-17、内分泌抗性、TNF、雌激素等信号通路。分子对接显示黄体素和MMP9、TERT、AKT1靶点有较好的结合力。研究隐丹参酮抑制小鼠移植弥漫性大B细胞淋巴瘤生长的机制,实验结果显示:STAT3磷酸化增加,组织的炎性反应和炎性因子分泌减少,此外还能够抑制血管内皮生长因子分泌,从而抑制肿瘤细胞增殖<sup>[14]</sup>。研究丹参抗氧化机制的结果显示,丹参通过调节AKT因子表达,干预Nrf2-HO-1信号通路激活,从而抑制氧化应激,保护组织免受氧化损伤<sup>[15]</sup>。

综上所述,丹参主要通过调节脂质和动脉粥样硬化、松弛、脂肪信号、PRL、IL-17、内分泌抗性、TNF、雌激素等信号通路的PTPT11、TERT、STAT3、MMP9、AKT1等疾病靶点,治疗特发性耳鸣。

#### 参考文献:

- [1] 贾若,孙凤新,刘博. 耳鸣和情绪认知的相关性研究[J]. 中华耳科学杂志,2016,14(2):158-162.
- [2] 田如如,孙建军. 年龄与患病率差异及危险因素的耳鸣流行病学分析[J]. 中华耳科学杂志,2016,14(6):823-827.
- [3] HENRY J A. "Measurement" of tinnitus[J]. Otol Neurotol,2016,37(8):e276-e285.
- [4] 张熙,段育任,南志勇,等. 老年感音神经性耳聋的干预进展[J]. 世界中西医结合杂志,2018,13(11):1620-1623,1628.
- [5] 马海燕,艾炳蔚,李晓倩,等. 中医药治疗特发性耳鸣的研究进展[J]. 中外医学研究,2023,21(34):181-184.
- [6] 国家药典委员会编. 中华人民共和国药典一部2020年版[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020.
- [7] 原景,杜韩,万梅绪,等. 丹参有效成分及丹参类制剂抗炎药理作用的研究进展[J]. 药物评价研究,2021,44(11):2322-2332.
- [8] MEIM X D, CAO Y F, CHE Y Y, et al. Danshen: a phytochemical and pharmacological overview[J]. Chin J Nat Med,2019,17(1):59-80.
- [9] 屈媛,王婷,付慧婕,等. 丹参有效成分及药理作用研究进展[J]. 辽宁中医药大学学报,2024,26(9):172-176.
- [10] 魏然,王嘉玺,姜辉,等. 基于数据挖掘探讨刘大新教授治疗特发性耳鸣用药规律[J]. 中国医药导报,2021,18(35):8-14.
- [11] 王鑫,白丽君,王静. 裴正学教授治疗耳鸣的经验[J]. 中医研究,2018,31(12):37-40.
- [12] 张丽丽,赵磊,李嘉莹. 针刺“老十针”联合“四神穴”治疗神经性耳鸣临床疗效观察[J]. 中华中医药杂志,2019,34(3):1259-1262.
- [13] 米彦芳,宋云韬,王言言,等. 己酮可可碱缓释片和银杏叶滴剂治疗主观特发性耳鸣的疗效对比[J]. 中国实用神经疾病杂志,2022,25(2):212-215.
- [14] 汪丽佩,金超英,王一奇,等. 隐丹参酮抑制STAT3磷酸化改变弥漫大B细胞淋巴瘤移植瘤微环境作用的研究[J]. 中国药理学杂志,2023,58(8):683-688.
- [15] 姜茜茜,张敬美,薛思明,等. 丹参酮I基于Akt-Nrf2抗氧化通路减轻多柔比星诱导的心脏毒性[J]. 药科学报,2022,57(10):3077-3085.

(2024-05-03 收稿)

·读者·作者·编者·

## 《天津医科大学学报》对医学符号的使用说明

统计学符号不论用哪种字母,也不论大写或小写一律都用斜体。要注意区分拉丁字母和希腊字母。例如均数的符号是英文 $\bar{x}$ ,卡方的符号是希腊字母 $\chi^2$ ,自由度的符号是希腊文“ $\nu$ ”,样本的相关系数是英文“ $r$ ”。

化学元素及核素在医学写作时一般多采用符号,都是拉丁字母正体大写。离子态是在右上角用数字加“-”或“+”表示。例如 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{P}^{3-}$ 等等,不采用 $\text{Ca}^{++}$ 、 $\text{P}^{---}$ 、 $\text{Al}^{+3}$ 、 $\text{O}^{-2}$ 表示。核素的核子素(质量数)应写在元素符号的左上角,例如 $^{131}\text{I}$ 、 $^{32}\text{P}$ 。表示激发状态的 $m$ 写在右上角,例如: $^{99\text{m}}\text{Te}$ 、 $^{133\text{m}}\text{In}$ 。在科技论文和专著中不应写核素的中文名称,即不能写成 $^{131}$ 碘、 $^{133}$ 铟 $^m$ 等。

近几年分子生物学发展很快,并已渗透到许多学科,大多数分子生物学名词术语的符号已有统一的确定形式,要对符号的来源及其内涵有深刻的了解,使用时不致发生错误,例如:RNA有rRNA(ribosomal RNA)、tRNA(transfer RNA)、mRNA(messenger RNA)3类。r、t、m是表示类型的符号应小写,RNA应大写。

本刊编辑部